

25

CAM SEMPOZYUMU BİLDİRİLER

YAYINA HAZIRLAYANLAR

A.Semih İşevi

Melek Orhon

Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş

Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı
(Hizmete Özel)

7 Mayıs 2010

İş Sanat Kültür Merkezi

Copyright © 2010 Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.

(Hizmete Özeldir) / Para ile satılmaz

Kaynak göstermek kaydıyla alıntı yapılabilir.

Bildirilerden yazarları sorumludur.

Yayına Ait Bilgiler

Sınıflama/yer	: UDC 666.1 (56) "2010" (063)=943.5 CAMİ 2010
Eser Adı	: 25. Cam Sempozyumu Bildiriler Kitabı
Yazar(lar) Adı	: ed. A. Semih İşevi / Melek Orhon
Kapak Tasarımı	: Dr. Hakan Sesigür
Yayın Tarihi	: Aralık 2010
Yayınlayan	: Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş. Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcılığı
Cilt/Sayfa	: 272 Sayfa, 19x27,5 cm
Dizi	: Cam Araştırma Merkezi Kütüphane - Dokümantasyon Bölümü Yayınları Sempozyumlar Dizisi: 25
Konu	: 1. Glass Problems 2. Glass Technology 3. Congresses

Baskı Bilgisi

1. Baskı	: Aralık 2010 (400 adet)
Yapım & Dizgi	: Armoni Nüans Baskı Sanatları San. Tic. Ltd. Şti.
Telefon	: (0216) 540 36 11
Faks	: (0216) 540 42 72
E-posta	: info@armoninuans.com
Adres	: Yukarı Dudullu Bostancı Yolu Cad. Keyap Çarşısı B-1 Blk. No: 24 Ümraniye / İstanbul



Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş.

Cam Araştırma Merkezi

İş Kuleleri, Kule 3 34330 4. Levent / İstanbul

Telefon : (0212) 459 55 50

Faks : (0212) 459 57 73

Web : <http://www.sisecam.com.tr>

Intranet : <http://kutuphane.sisecam.com.tr>

İÇİNDEKİLER

SAYFA

Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikalarında Son Yıllardaki Gelişmeler <i>Doç. Dr. Serhat Çakır</i>	11
Sanayii ve Ticaret Bakanlığı Tarafından Özel Kesime Verilen Araştırma, Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Destek Programları <i>Sinan Kabaloğlu</i>	39
Future Trends in Glass Research <i>Dr. Klaus Bange</i>	43
Çevresel Bir Bakışla Cam Ambalajda Gelecek <i>Güner Gözüm - Haluk Şardağ – Volkan Aydeniz</i>	69
Glass - Coming Together to Shape the Future <i>Michael Greenman</i>	77
Strengthened Glass Frontiers <i>Prof. Dr. Arun Varshneya</i>	89
Numerical Modelling of Glass Container Forming Processes <i>Prof. Dr. Matthew Hyre</i>	111
Cam Ev Eşyası Üretiminde Son Yirmi Yıldaki Teknolojik Değişimin Öyküsü <i>Tuğrul Misoğlu</i>	135
Fotovoltaik Sektörü Değer Zincirinde Üniversite Sanayii İşbirliği <i>Prof. Dr. Şener Oktik</i>	149
Silisyum Tabanlı Dilim (wafer) ve İnce Film Güneş Gözeleri Teknolojileri <i>Prof. Dr. Raşit Turan</i>	161
CdTe ve CIGS Güneş Pilleri <i>Dr. Bülent Başol</i>	177
Yeni Nesil Fotovoltaik Hücreler <i>Prof. Dr. Sıddık İçli</i>	183
Submerged Combustion Melting and Macro Furnace Energy Balances <i>John Brown</i>	197
Yeni Nesil Yalıtım Camları ile Enerji Tasarrufu <i>Haluk Güreren</i>	219
Low-Emissivity Coatings for Transportation and Architectural Glazing <i>Dr. James J. Finley</i>	239

Cam Sempozyumlarının Çeyrek Asrı: 25. Cam Sempozyumu

Cam sempozyumlarının 25 yıllık geçmişi, bütün bilim ve teknik alanları da etkileyen önemli küresel gelişmelerin yaşandığı yılları kapsar. Türkiye yetmişli yılların sonunda toplumsal, siyasal ve ekonomik çalkantıların içine sürüklenirken, ülkenin önde gelen sinai kuruluşlarından biri olan Şişecam, tarihi misyonunun doğal dürtüsü ile teknik ilerlemeyi kendi bünyesinde geliştirmeye karar vermiştir. 1976 yılında alçak gönüllü kaynaklarla ancak stajyerlik bir yaklaşımla oluşturulan Ar-Ge birimi aradan geçen 25 yıl içinde üretim gruplarıyla etkileşim halinde hem bilimsel ve teknolojik yetkinlikleri, hem de kısa ve uzun vadeler için yarattığı değer ile önemli gelişme göstermiştir. Daha yakın dönemlerde gruplarımızda da Ar-Ge faaliyetleri örgütlü olarak yoğunlaşmış ve çeşitlenmiştir.

Şişecam'ın teknik mükemmelleşme çabalarının göstergeleri arasında Cam Problemleri Sempozyumu (2008 yılından itibaren Cam Sempozyumu adını almıştır) önemli bir yer tutar. Cam üretiminde karşılaşılan sorunlar ve bulunan çözüm yolları ile, yeniliklerin üretim süreçlerine ve ürünlere kazandırılması bu toplantılarda sunulan çalışmaların ana konularıdır. Cam Problemleri Sempozyumu teknik iletişimin sağlanması, yani geliştirme çabalarının başka birimlere anlatılması yanında çok önemli bir misyonu daha gerçekleştirmiş, teknoloji odaklı bir şirketin tüm yönetim ve teknik kadrolarının buluşma platformu halinde gelmiştir. Ele alınan konular zaman zaman makro ve mikro ekonomik gelişmelere, toplumsal değişmelere, pazarlama, yönetim biçimleri ve benzeri alanlara genişlemiştir. 1985 yılında ilki düzenlenen Cam Sempozyumlarında sunulan bildiriler incelendiğinde teknoloji eğilimleri, üretim sürecinin sorunlu bölümleri, farklı üretim gruplarının odaklandığı alanlar, vb. ilginç bilgilere ulaşmak mümkün oluşabilir.

Üretim birimlerinin teknoloji ve müşteri karakteri, olgun bir sanayi içinde daralan iyileştirme olanaklarının ne şekilde değerlendirilebileceğini de belirlemektedir. Şişecam rekabetçiliğin farklı, ancak birlikte koşulması gereken kulvarları olan yenilik yaratma, maliyet düşürme ve kalite artırma konularında bir teknoloji kuruluşudur.

“Cam Sempozyumu”nun 25.si 07 Mayıs 2010 tarihinde İş Sanat Kültür Merkezinde 300 katılımcı, 1 panel ve 3 oturumda toplam 15 bildiri ile gerçekleştirilmiştir.

Sempozyumda sunulan bildirileri daha önceki yıllarda olduğu gibi kitap kapsamında derleyerek, değerli bir belge ve yazılı kültürümüzün bir parçası olarak topluluğumuzun hizmetine sunmaktan mutluluk duymaktayız.

Topluluğumuzun en önemli bilimsel-teknolojik paylaşım ortamlarından biri olan sempozyumu muza verdikleri destek için başta Yönetim Kurulu Başkanımız Prof. Dr. Ahmet Kırmızı ve Araştırma ve Teknoloji Genel Müdür Yardımcımız Dr. Yıldırım Teoman olmak üzere, tüm katılımcılara ve emeği geçenlere şükranlarımızı sunarız.

Editörler
Semih İşevi
sisevi@sisecam.com.tr

Melek Orhon
meorhon@sisecam.com.tr

AÇILIŞ KONUŞMASI



Prof. Dr. Ahmet Kırman
Yönetim Kurulu Başkanı

“Bu yıl Şirketimizin kuruluşunun 75.yılıni kutlarken, Cam Sempozyumumuzu da 25 yıldır ara vermeksizin sürdürmenin haklı gururunu yaşıyoruz. Cumhuriyetin ilanı sonrasında, Atatürk tarafından İş Bankası’na tevdi edilen görev doğrultusunda, 14 Ağustos 1934’de Paşabahçe’de temeli atılan ve 01 Temmuz 1935’de ilk üretimine başlayan Şirketimiz, bugün ana iş kolu olan cam üretiminde, büyüklüğü bakımından hayati coğrafyasında lider konumundadır.

25 yıl önce yepyeni umutlarla Şirket içi bilgi paylaşımı ve çalışanlar arası iletişimi arttırmak amacıyla başlattığımız ve bu yıl da yine hep birlikte taptaze heyecanlar ve yeniliklerle 25.sini gerçekleştireceğimiz Sempozyumumuz’un, açılış konuşmasını yapıyor olmaktan büyük memnuniyet duyduğumu belirtmek isterim.

Bilgiyi ve tecrübeyi paylaşmak adına yürüttüğümüz bu gelenekte bugün de, sözlerime yine bilginin ve Ar-Ge’nin önemini bir kez daha vurgulayarak başlamak istiyorum.

Bilgi günümüzde işletmeler için önemli bir varlık durumuna gelmiştir. Maddi ve finansal varlıklar işletmelerin uzun dönemli başarısında artık etkisini kaybetmekte, onların yerini bilgi almaktadır. “Bilgi Yaratan Şirket” kitabında Nonaka, “En iyi bilgi ve enformasyona sahip olan, istikrarlı bir şekilde yeni bilgi yaratan, bu bilgiyi organizasyonun her yerine geniş ölçüde yayan, yeni teknolojilerde ve ürünlerde hızla kullanan firmaların başarılı oldukları görülmektedir” diyerek bilginin şirketlerin uzun vadeli mevcudiyetlerinde temel parametre olduğunu vurgulamaktadır. En iyi Yönetim Kitapları arasında yer alan “Geleceği Kazanmak”ta Hamel ve Parahaland ise bu durumu, “Geleceğe yolculuğun yakıtı para değil, işgörenlerin duygusal ve zihinsel enerjisidir” sözleriyle ifade etmektedir.

Bilgi yaratmada işletmelerin yatırım yaptığı temel proseslerden en önemlisi araştırma-geliştirmedir. Dolayısıyla Ar-Ge bilginin somut ürünlere dönüştüğü, katma değeri yüksek dönüşüm prosesi olup, işletmeler için en önemli entelektüel sermayedir.

Değişim içinde yaşadığımız çağın temel niteliği olup, bu değişim olgusu ekonomik, politik, sosyal ve buna benzer birçok alanda kendini göstermektedir. İnsanoğlu, yaşadığı bugünkü uygarlık düzeyini, ulaştığı sosyal ve ekonomik refahı teknolojik gelişmelere borçludur. Bu gelişmelerin ana kaynağı buluş ve yeniliklerdir. Buluş ve yeniliklerin temel kaynağı ise temel ve uygulamalı Araştırma-Geliştirme faaliyetleridir.

Bugün, modern çağın modernliğinin ve teknolojik olarak gelişmişliğinin temelinde Ar-Ge faaliyetleri bulunmaktadır. Ülkelerin refah düzeylerinin yüksek olmasının, uluslararası siyasi ve ticari arenada daha güçlü ve söz sahibi olabilmesinin ve ekonomik anlamda güçlü olabilmesinin ardında güçlü bir sanayi oluşumunun, teknolojik yatırımların gerçekleştirilmesi gereğinin ve ne ölçüde teknolojiye dayalı yüksek katma değer taşıdıklarına bağlı hale geldiği artık yadsınamaz bir gerçek olarak tüm insanlığın karşısında durmaktadır. Teknolojinin en temel girdisini oluşturan bilginin temelinde ise bilimsel araştırmalar yatmaktadır.

Ar-Ge, yetkinliği geliştirme, yenilik, buluş, ürün geliştirme ve süreç iyileştirme de dahil olmak üzere var olan işi yenileme veya genişletme, ya da yeni işler yaratma potansiyeline sahip ve teknolojiyle ilgili her türlü faaliyeti kapsar. Teknolojik gelişmeler, firmalar tarafından yapılan araştırma ve geliştirme

faaliyetleri sonucu buluş ve yenilikler (inovasyon) şeklinde ortaya çıkmaktadır. Teknolojik gelişme ve yenilik, makro düzeyde ekonomik büyümeye neden olurken, mikro düzeyde firmaların karlarının ve pazar paylarının artmasına yol açmaktadır.

Teknolojik anlamda gelişen rekabet ortamında, "Teknolojiyi üreten ülkeler" gelişmiş ülkeler yelpazesinde pozisyon alırken, gelişmekte olan ülkeler ise teknolojiyi transfer etmek ve bu yolla sanayileşmek için bunun bedelini ödemek durumunda kalmaktadırlar. Gelişmekte olan ülkelerin, dünya pazarında rekabet edebilmesi ve sanayi varlıklarını sürdürülebilmesi için, teknolojik inovasyonda yetkinlik kazanması ve bu yetkinliklerini kendi Ar-Ge'lerine dayandırmaları gerekmektedir. Bilim bir ölçüde uluslararası olsa da, teknoloji geliştirmek, Ar-Ge bilincinin oluşması ulusal bir kavramdır.

Bir ülkede bilim ve teknolojiye verilen önem ve gelişmişliğin ölçüsü olarak, Ar-Ge harcamalarına ayrılan kaynağın, GSYİH (gayri safi yurt içi hasıla) içindeki payı alınır. Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payı yüzde 2'den fazla ise o ülkeler gelişmiş ülke sayılırlar. Teknolojik gelişme küresel bir boyut kazanmış olsa da, teknolojik gelişmeler yaklaşık 15-20 kadar gelişmiş ülkede yapılmakta olup, bu ülkeler, dünyada Ar-Ge için yapılan harcamaların yüzde 95'ini gerçekleştirmektedirler. Buna karşın, dünya nüfusunun yaklaşık yüzde 70'ini oluşturan gelişmekte olan ülkeler ise, toplam Ar-Ge harcamalarının yalnızca yüzde 5'ini gerçekleştirmektedir.

Türkiye İstatistik Kurumunun 2008 yılında yayınladığı rakamlar baz alınarak çeşitli kuruluşların (Deloitte, R&D Magazine) Türkiye'de yürütülen Araştırma Geliştirme Faaliyetleri ile ilgili hazırladıkları raporlarda, Türkiye'deki Ar-Ge faaliyetlerinin mevcut durumu aktarılırken, bu alandaki çalışmaların ülkemizde gelişmiş ülkelerin gerisinde kaldığına işaret edilmektedir. Yukarıda da değinildiği gibi, ülkelerin gelişmişlik düzeylerini gösteren Ar-Ge harcamalarının Türkiye'de gayri safi yurtiçi hasılaya oranının binde 7 olduğu belirtilmekte, bu değer ise 4,5 milyon YTL'ye (2,3 milyar Euro) karşılık geldiğine dikkat çekilmektedir. Bu rakam ile Türkiye'nin yıllık Ar-Ge harcama tutarı, dünyanın araştırma geliştirme faaliyetlerine en çok kaynak ayıran üç büyük şirketten (ki bunlar otomotiv devleri Ford Motor, General Motors ve ilaç sektörünün önde gelen kuruluşu Pfizerdir) her birinin yıllık Ar-Ge harcamalarının yarısından daha az miktardadır.

Ülkeler bazında Ar-Ge harcamalarında OECD'nin "Bir Bakışta Bölgeler-Regions at a Glance 2009" raporu'nda verildiği üzere, en fazla Ar-Ge harcamalarına pay ayıran ülkeler olarak ilk 3 sırada İsveç, Finlandiya ve Japonya yer almakta ve bu ülkeler Kore tarafından izlenmektedir. Söz konusu raporda "Meksika, Slovak Cumhuriyeti, Polonya ve Türkiye en az Ar-Ge yoğunluğuna sahip ülkedir" ifadesi yer almaktadır. Türkiye Ar-Ge'de sadece Polonya, Slovak Cumhuriyeti ve Meksika'nın önünde yer almaktadır. Ar-Ge'de OECD lideri İsveç ve Finlandiya'da bu alanda çalışan kişi sayısı binde 34 iken, Türkiye'de binde 4, Meksika'da ise binde 2 düzeyinde bulunmaktadır.

Dünya nüfusunun yüzde 1,1'ini oluşturan, zenginlikte dünyanın binde 6'sını, bilimsel bilgi üretiminde ise yaklaşık binde 9'unu temsil eden ülkemizde, uluslararası düzeyde rekabet edebilmek ve ekonomik refah seviyesini artırabilmek için, bir yandan araştırma alanlarının bütünleştirilmesi, araştırma temelini güçlendirilmesi ve yapılandırılması yolunda yeni mekanizmalar geliştirilmeli, diğer yandan da oluşturulacak bir bilim ve teknoloji politikası çerçevesinde teknoloji üretme olanakları geliştirmeli, Ar-Ge faaliyetlerini güçlendirmelidir.

Ülkemizde teknoloji geliştirme ve uygulama konularında üzerine düşen görevi 1976 yılından bu yana kurumsal Ar-Ge şemsiyesi altında yerine getirmeye çalışan Şirketimiz'in, bu alandaki faaliyetlerini ivme kazandırarak sürdürme hedefi son dönem misyonları arasında yer almaktadır.

Bu faaliyetler kapsamında, Ar-Ge alt yapısını destekleyerek bilimsel alanda gelişimi ve yenilikçi yaklaşımları ile rekabet gücünün artması için önemli bir fırsat ve destek olduğuna inandığımız 5746 sayılı

“Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi” hakkında kanunun yayınlanmasının ardından, 2009 yılı ikinci çeyreğinde Cam Araştırma Merkezimizin “Ar-Ge Merkezi” olma başvurusu yapılmıştır. Geçirilen denetimler sonrasında 14 Temmuz 2009 tarihi itibari ile söz konusu kanun kapsamında Cam Araştırma Merkezi “Ar-Ge Merkezi” olarak tescil edilmiştir.

Cam Araştırma Merkezinin “Ar-Ge Merkezi” olarak tescili sayesinde, kanun kapsamındaki tüm muafiyet, indirim, destek ve teşviklerden yararlanılabilecektir. Bu teşvikler ve şirketimizin Ar-Ge için ayırdığı kaynaklar birlikte değerlendirildiğinde, Ar-Ge ye ayrılan toplam pay önemli ölçüde artacaktır. Bu da Ar-Ge tabanlı projelerin sayı ve boyutlarını büyüterek ŞİŞECAM’ın uluslararası düzeyde rekabet gücünü kuvvetlendirecek ve konumunu pekiştirecektir.

Şirketimizin Ar-Ge’ye verdiği önemin bir göstergesi olarak 25 yıldır sürdürdüğümüz Cam Sempozyumumuzun bu yılki içeriği, alışa geldiğimizden farklı bir yaklaşımla hazırlanmış olup, Ar-Ge ve inovasyon teması üzerine programlanmıştır.

Doğal yakıt kaynaklarına alternatif olabilecek yenilenebilir enerji konusu, küresel ısınma ve doğal enerji kaynaklarının hızla tüketilmesi gerçekleri ile son dönem Ar-Ge çalışma konularının merkezini oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynağı; bu kaynaktan alınan enerjiye eşit oranda veya kaynağın tükenme hızından daha hızlı bir şekilde kendini yenileyebilmesi ile tanımlanmaktadır. En genel yenilenebilir enerji formu, güneşten gelendir. Bu bağlamda cam endüstrisi için en güncel pazar teması, yenilenebilir enerji başlığı altında güneş pilleri olacaktır. Bu konuya olan ilginin bir ifadesi olarak da bu yılki Sempozyumumuzun 3. oturumunda, ülkemizde bu konudaki değerli uzmanların katılımıyla bir panel gerçekleştirilecektir.

Ayrıca cam sanayinin önümüzdeki nesillere aktarımında yararlanılacak yol haritası, camın malzeme olarak zafiyetlerinden biri olan kırılabilirliğine karşı mukavemetinin artırılması, üretimindeki yüksek enerji tüketimini azaltma gibi cam endüstrisinin geleceğinde önemli başlıklar olabilecek konularda yurt içi ve yurt dışından çeşitli uzmanları ağırlayacağımız bu sempozyumumuzun, katılımcılara farklı bir lezzet sunması dileğiyle sempozyumu açarken, bu büyük organizasyonda emeği geçen herkese teşekkür ederim. “

Doç. Dr. Serdar Çakır

Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanı - TÜBİTAK
serhat.cakir@tubitak.gov.tr

Doç. Dr. Serdar Çakır, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu'nda (TÜBİTAK) Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanı olarak görev yapmaktadır. OECD-CSTP Committee of Science Technology Policy (Bilim Teknoloji Politikası Komitesi), OECD-NESTI National Experts of Science and Technology Indicators (Ulusal Bilim ve Teknoloji Gösterici Uzmanları), GSF Global Science Forum (Küresel Bilim Forumu) kurullarında Türkiye'yi temsil etmektedir. Aynı zamanda, Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) Fizik Bölümü'nde araştırma uzmanlığı olduğu plasma-fizik ve optoelektronik konularında ders vermektedir. Doktorasını, Almanya Max-Planck Enstitüsü'nden almıştır.

Özet

Bilim, teknoloji ve yenilik uzun dönemli ekonomik ve toplumsal gelişmenin en önemli itici gücüdür. Güçlü ekonomiler bilim, teknoloji ve yenilik ekseninde sürdürülebilir rekabet gününce erişebilmektedir.

TARAL'ın (Türkiye Araştırma Alanı) 4 ana amacı şunlardır:

1. Ülkemiz insanının yaşam kalitesini yükseltmek
2. Toplumsal sorunlara çözüm bulmak
3. Ülkemizin rekabet gücünü artırmak
4. BT kültürünü topluma mal etmek ve yaygınlaştırmak

Ana hedefler olarak ta;

1. Ar-Ge'ye olan talebi artırmak
2. Bilim insanı, mesleki ve teknik eleman sayısını ve niteliğini artırmak
3. Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payını artırmak



Bu amaç ve hedefler doğrultusunda ülkemizin son yıllarda bilim, teknoloji ve yenilik alanında büyük bir atılım içerisinde olduğunu söyleyebiliriz.

Kamu kaynaklarından Ar-Ge harcamalarına ayrılan payın son dönemlerde artması bilim, teknoloji ve yenilik alanındaki çalışmalara ivme kazandırdığı açıktır. Bu gelişmeleri daha da hızlandırabilmek amacıyla, gerek ülke gerek bölge düzeyinde Ar-Ge ve yenilik potansiyelini ortaya çıkararak, bölgemizin ve ülkemizin rekabet gücünü artırmak ve sürdürülebilir kılmak hedeflenmektedir.

Buna bazı örnekleri:

TÜİK 2009 yılı için Ar-Ge istatistiklerini bu yılsonuna doğru açıklayacaktır. Dolayısı ile 2008 değerleri elimizde bulunmaktadır. Ayrıca ülke mukayesesi yapabilmek için diğer ülkelerin bilinen en son 2007 yılı değerleri alınmıştır.

Bu durumda 2008 sabit fiyatları ile 2003 yılında 2.6 milyar TL olan Ar-Ge Harcamaları 2008 yılında 6.9 milyar TL ye çıkmıştır. Yani üç katlık bir artış söz konusudur. Türkiye 2002 – 2007 yılları

arasında artış hızına bakıldığında dünyada %119 ile Çin'den sonra ikinci ülkedir.

Ülkemiz, 2002-2007 yılları arasında dünyada araştırmacı sayısını en hızlı artıran ikinci ülke olmuştur. Artış oranı iki kattan fazladır. 2002 yılında 29 bin olan tam zaman eşdeğer araştırma personeli sayısı 2008 yılında 67 bine ulaşmıştır. Bu da yaklaşık olarak 2.3 kat artış demektir. 2013 hedefimiz 150 bin araştırma personelidir.

Kamu kaynaklarından ayrılan pay, özel sektörün de Ar-Ge çalışmalarını da ivmelendirmiştir.

Özel sektör Ar-Ge fonlaması 2007 yılında tarihimizde ilk kez kamu fonlarını yakalamıştır. Yine ilk kez 2008 yılında Özel Sektör tarafından gerçekleştirilen Ar-Ge harcamaları da fonlamanın yanında kamu sektörünü geçmiştir.

Sadece 2009 yılında TÜBİTAK

desteklerinden ilk defa yararlanmak için 1.000 yakın firma başvuruda bulunmuşlardır. Yine 2009 yılında TÜBİTAK-DTM kaynaklı hibe destek programından özel sektör Ar-Ge ve yenilik projelerine 412 milyon TL ödenmiştir.

Özel sektöre sağlanan doğrudan kamu Ar-Ge desteklerinin yanında, Araştırma ve Geliştirme (Ar-Ge) Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkındaki 5746 sayılı Kanun 12 Mart 2008 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Bu kanun ile özel sektör Ar-Ge ve yenilik çalışmalarına büyük vergi teşvik ve istisnaları sağlanmıştır.

Tüm olumlu gelişmelere rağmen, gelişmiş ülkelerle mukayese ettiğimizde, Türkiye'mizin ve bölgemizin sahip olduğu büyük potansiyeli göz önüne aldığımızda Ar-Ge ve yenilik çalışmalarında birlikte yakalayabileceğimiz yeni fırsatlar ile kat edebileceğimiz uzun bir yolumuzun olduğu açıktır.



Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikalarında Son Yıllardaki Gelişmeler:

Doç. Dr. Serhat ÇAKIR
TÜBİTAK Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Daire Başkanı

25. Cam Sempozyumu
7 Mayıs 2010, İstanbul



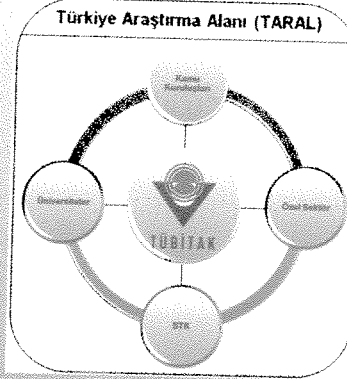
Kapsam

- Türkiye Araştırma Alanı (TARAL)
- 2005-2010 Ulusal Bilim ve Teknoloji Uygulama Planı
- Kamu Ar-Ge Destekleri
- Teknoloji Platformları



Türkiye Araştırma Alanı (TARAL)

İlkeler
Hedefler
Ortak Amaçlar
Ulusal Öncelikler

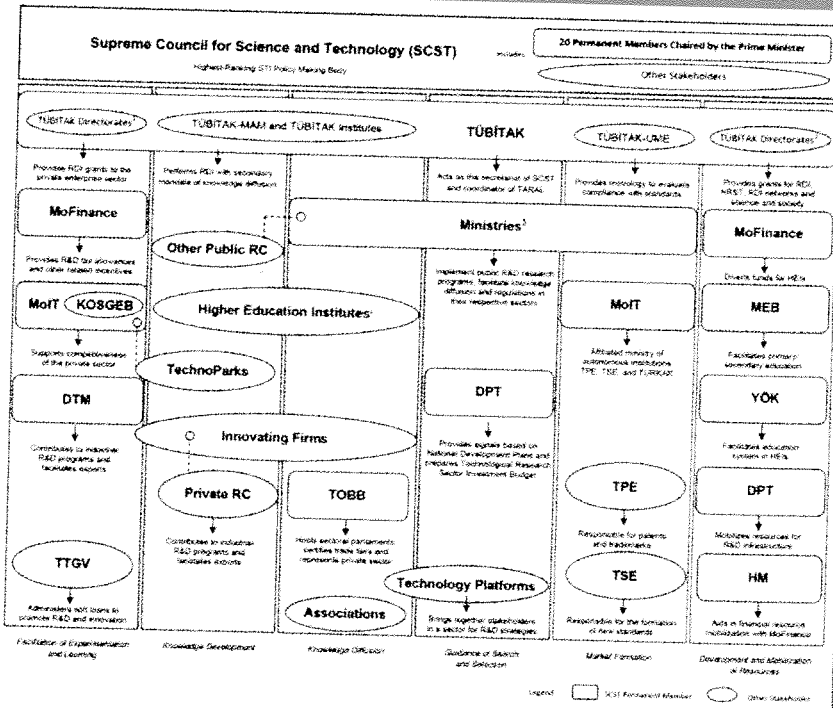


TARAL Amaçları

- 1 • Ülkemiz insanının yaşam kalitesini yükseltmek;
- 2 • Toplumsal sorunlara çözüm bulmak;
- 3 • Ülkemizin rekabet gücünü artırmak;
- 4 • Bilim ve teknoloji kültürünü topluma mal etmek ve yaygınlaştırmak.



Ulusal Bilim, Teknoloji ve Yenilik Sistemi





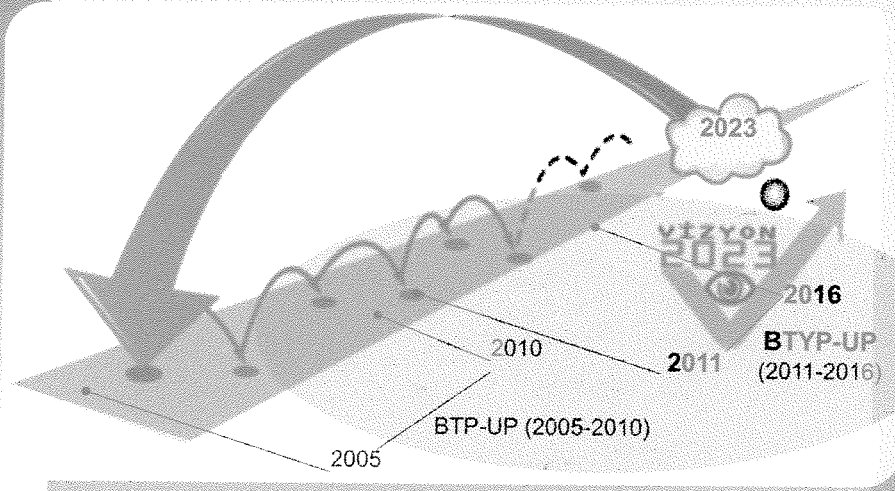
Somut Hedefler (2013)

Ortak Ulusal Vizyon ve Mutabakat Ar-Ge Harcamasının GSYİH'a Oranı (%2)

Temel Amaçlar
Yaşam kalitesi
Sorunların çözümü
Rekabet gücü
Bilim okuryazarlığı

Ar-Ge
Personeli
(150 000 TZE)

Ar-Ge'ye olan talep
(Cari açık, kamu alımlarında
yurtdışı alımların payı)



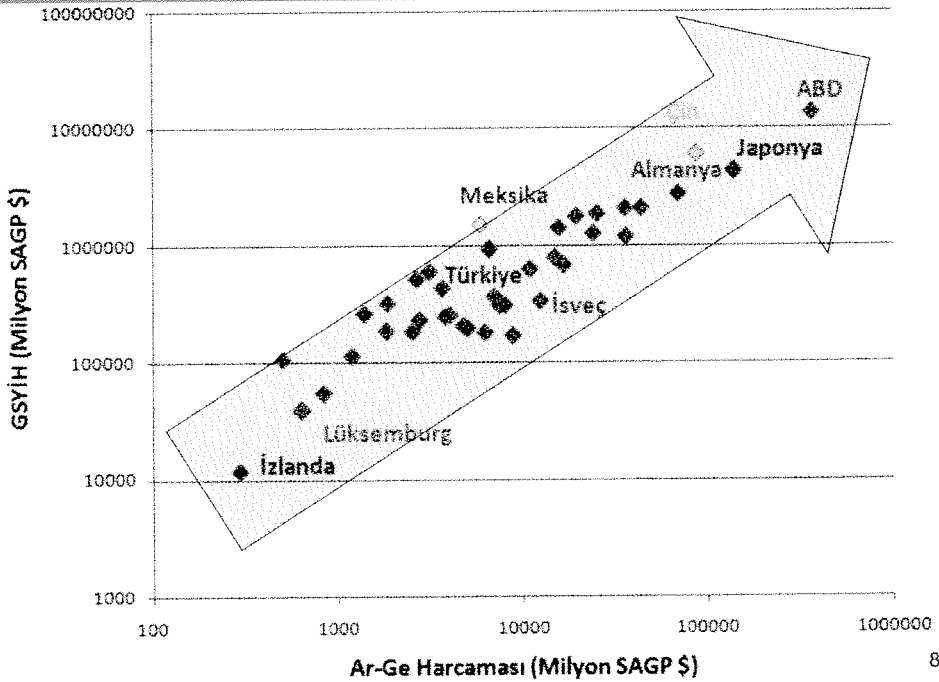


BTP-UP 2005-2010 Stratejik Amaçlar

- 1 • Bilim ve Teknoloji farkındalığının ve kültürünün geliştirilmesi
- 2 • Bilim insanı yetiştirilmesi ve geliştirilmesi
- 3 • Sonuç odaklı ve kaliteli araştırmaların desteklenmesi
- 4 • Ulusal Bilim ve Teknoloji yönetiminin etkinleştirilmesi
- 5 • Özel sektörün Bilim ve Teknoloji performansının güçlendirilmesi
- 6 • Araştırma ortamının ve altyapısının geliştirilmesi
- 7 • Ulusal ve uluslararası bağlantıların etkinleştirilmesi

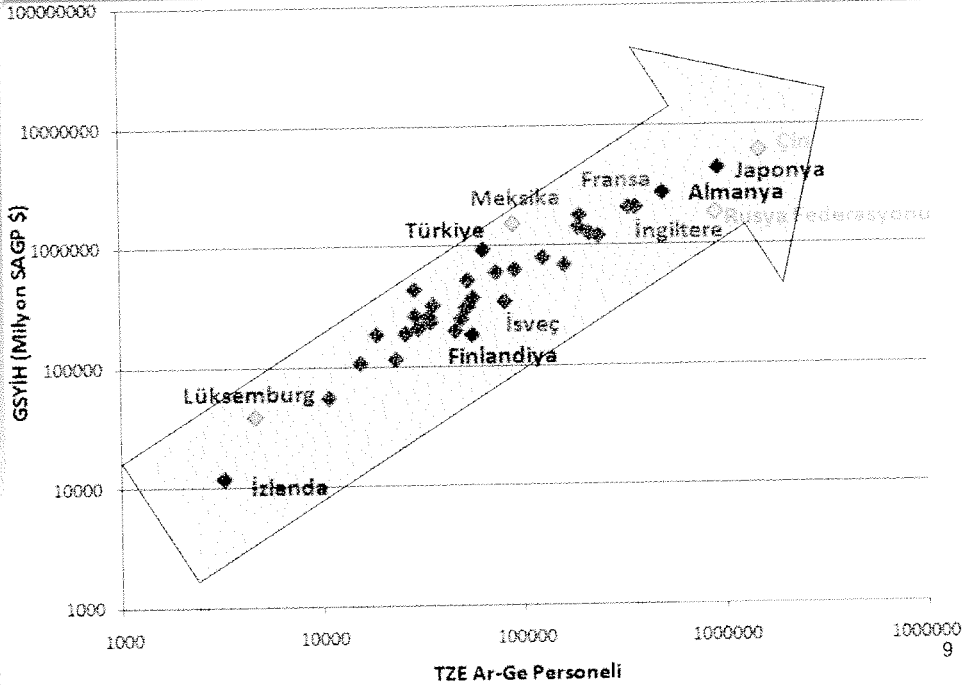


Ar-Ge Harcaması GSYİH ilişkisi (2007)





TZE Ar-Ge Personeli GSYİH İlişkisi (2007)



Ar-Ge ve Yenilik

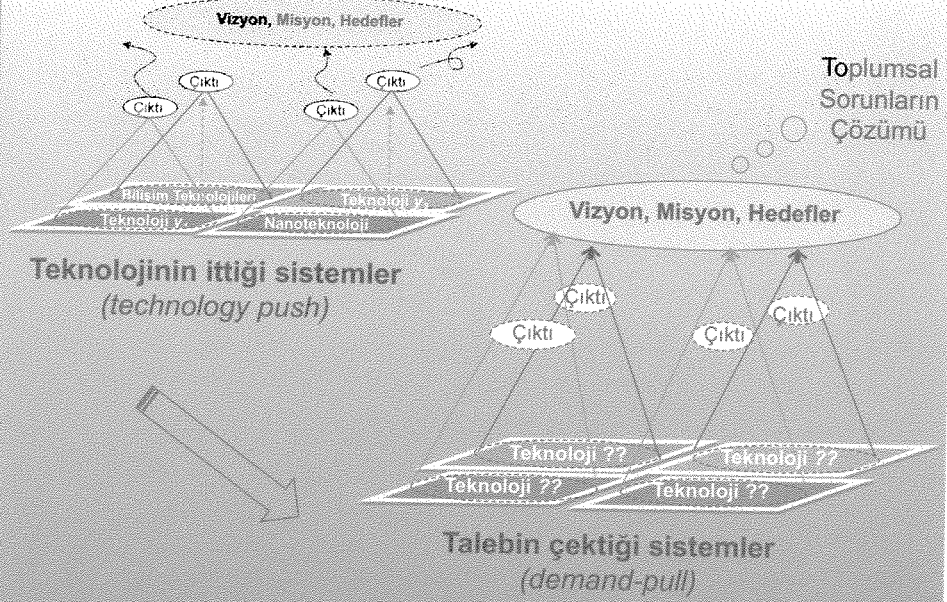
“Ar-Ge, parayı bilgiye dönüştürmek iken;

Yenilik, bilgiyi paraya dönüştürmektir.”

Esko Aho, Finlandiya Eski Başbakanı



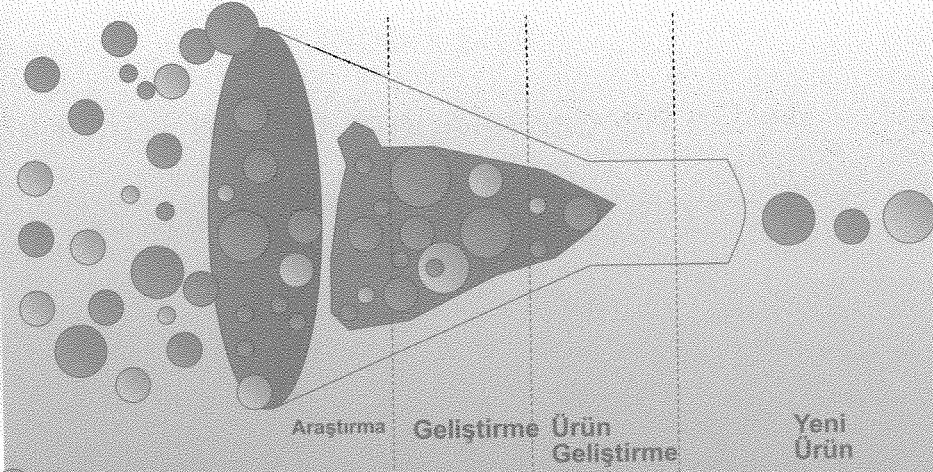
BTY Gündemlerine Genel Bakış



Açık Yenilik – Kapalı Yenilik

- **Kapalı yenilik paradigması**
 - Sıfır Toplamlı Oyunlar (Zero-sum Game)
 - Mutlak kazanan ve mutlak yenilen
 - Araştırmanın gizliliği, işbirliğine kapalılık
- **Açık yenilik paradigması**
 - Pozitif Toplamlı Oyun (Pozitif-sum Game)
 - Kazan-Kazan modeli
 - Coopetition = İşbirliği (Cooperation) + Rekabet (Competition)
 - Yenilik Sürecinin Demokratikleşmesi

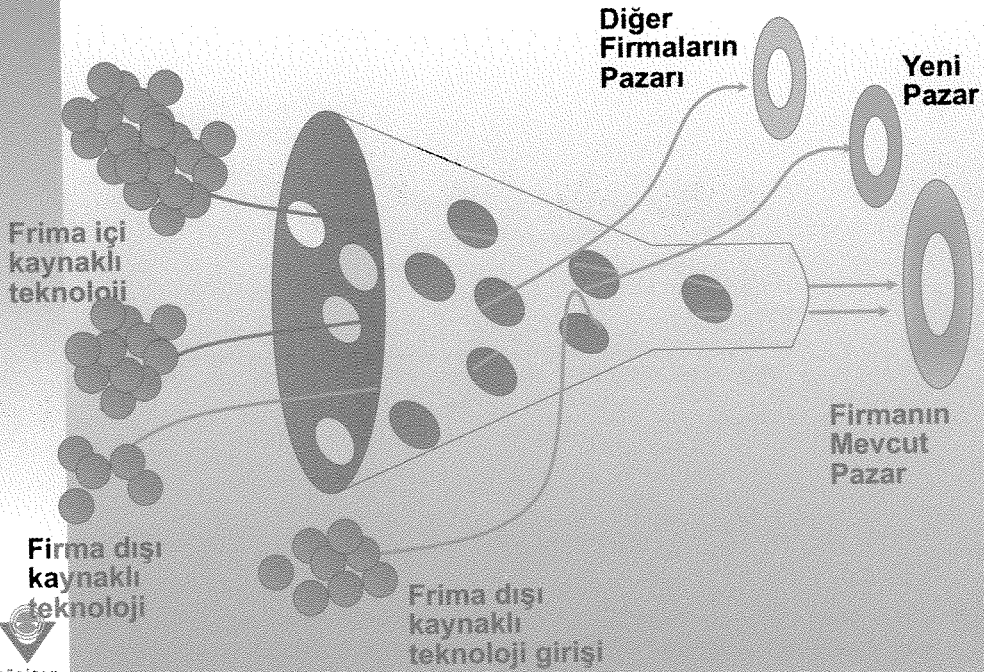
Geneleksel (Kapalı) Yenilikçilik



- Firma İçi Fikirler
- Firma Dışı Fikirler
- Karma Fikirler



Yeni "Açık Yenilikçilik" Paradigması



- Firma içi kaynaklı teknoloji
- Firma dışı kaynaklı teknoloji
- Firma dışı kaynaklı teknoloji girişi



2005-2010 Bilim ve Teknoloji Uygulama Planı

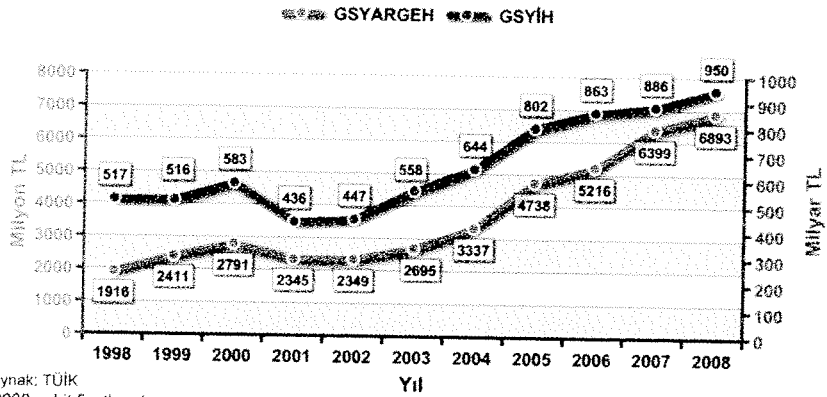
Ana Hedef 1:

Ar-Ge harcamalarının GSYİH içindeki payını artırarak, 2013 yılında %2 hedefine ulaşmak

17



Ar-Ge Harcamaları*



2002-2008 arasında

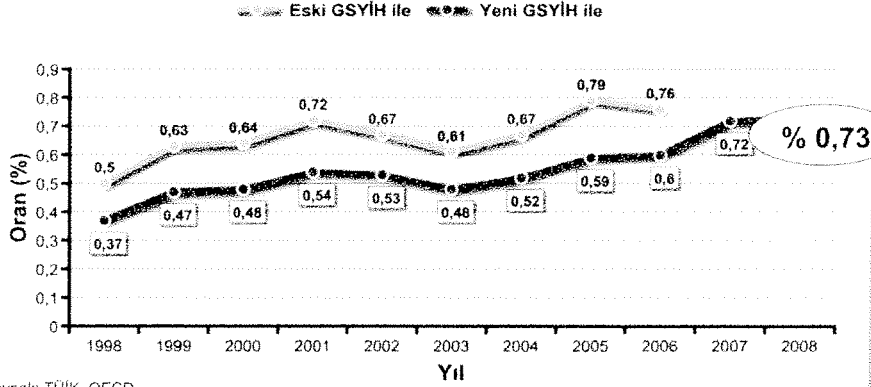
Ar-Ge harcaması 2,9 katına çıktı.



18



Ar-Ge Harcamasının GSYİH'ye Oranı



Kaynak: TÜİK, OECD

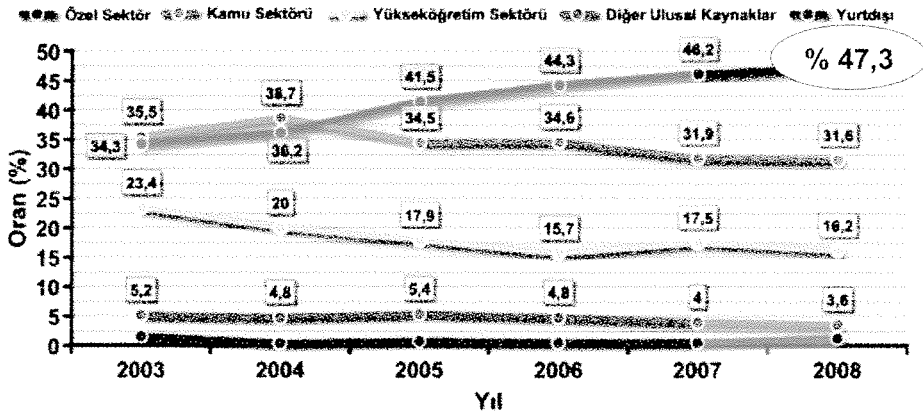
AB-27 (2007): % 1,77



19



Ar-Ge Harcamalarının Finans Kaynakları



Kaynak: TÜİK

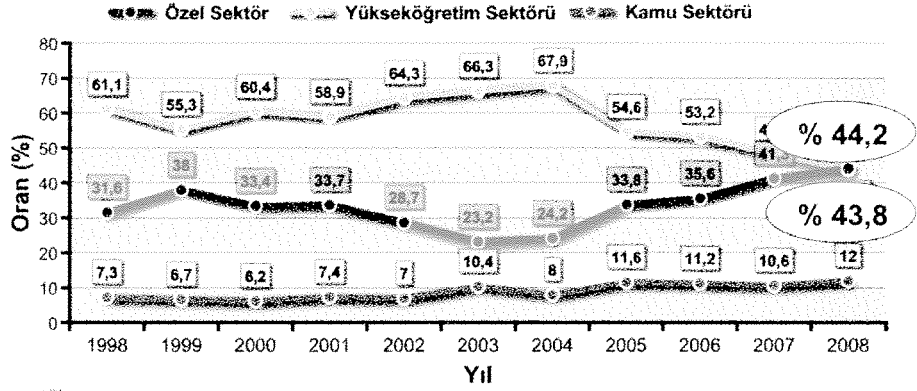
Özel Sektörün payı % 47,3'e çıktı.

Hedef (2013): % 55



20

Gerçekleştiren Sektörler Bazında Ar-Ge Harcamaları Oranı



Kaynak: TÜİK

İlk defa Özel Sektörün payı % 44,2'ye çıktı.
Hedef (2013): % 60

Sektörler Bazında Ar-Ge Harcamaları Oranı (%)

Sektör	2002	2008	ABD 2007	AB-27 2007	TR 2013 Hedefi
Yüksek Öğretim	64	44	13	22	26
Özel Sektör	29	44	72	63	60
Kamu	7	12	11	14	14

2002'de AB ortalamasının 1/3'ü kadar iken,
2008'de AB ortalamasının 2/3'ünden fazla.



2005-2010 Bilim ve Teknoloji Uygulama Planı

Ana Hedef 2:

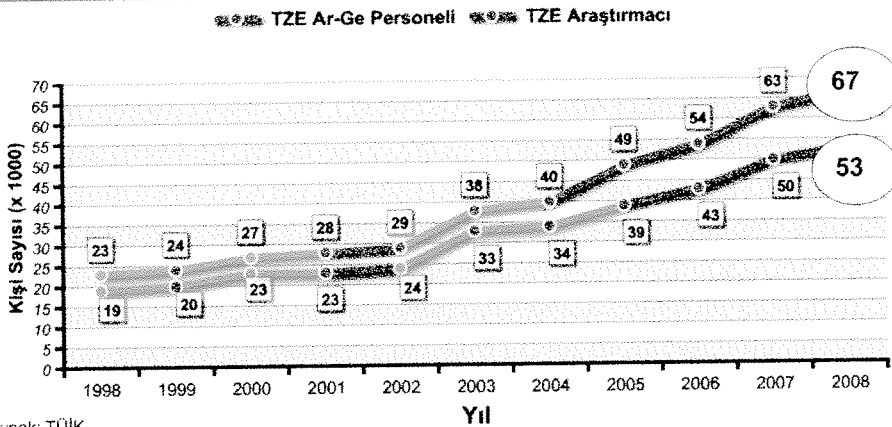
Bilim insanı sayısını ve niteliğini artırmak,
2013 yılında 150 000 TZE Ar-Ge personeli
hedefine ulaşmak



23



TZE Ar-Ge İnsan Gücü



Kaynak: TÜİK

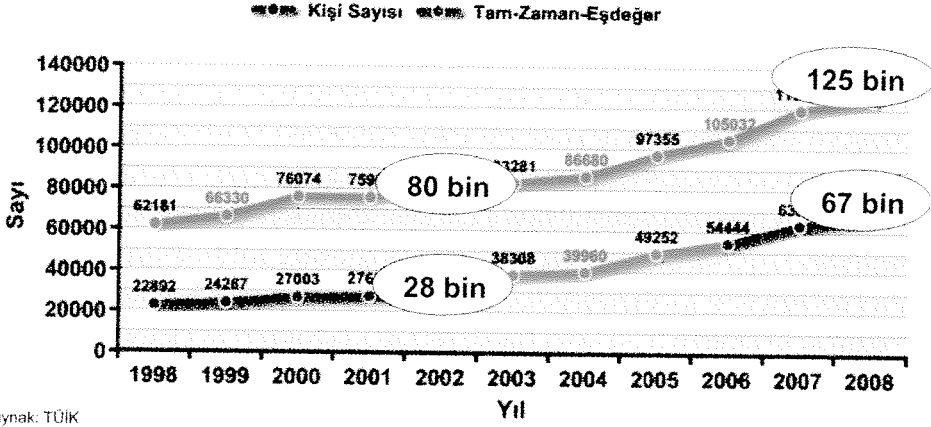
2002-2008 arasında

TZE Ar-Ge personeli sayısı 2,3 katına çıktı.



24

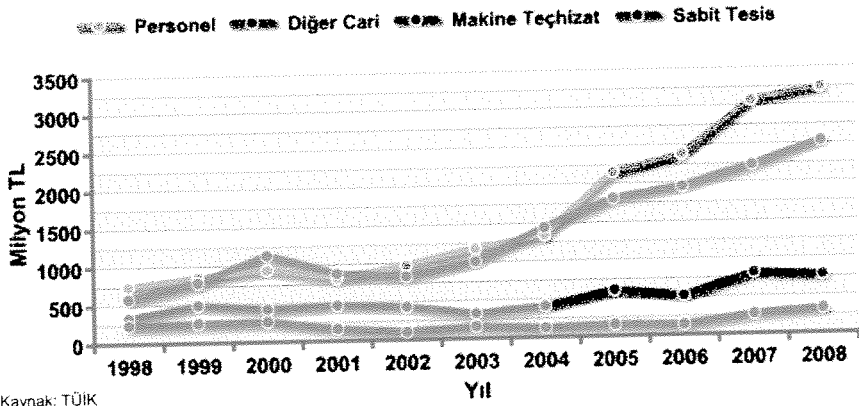
Toplam Ar-Ge Personeli



Ar-Ge Kapasitesinin Geliştirilmesi



Ar-Ge Harcamalarının Dağılımı*



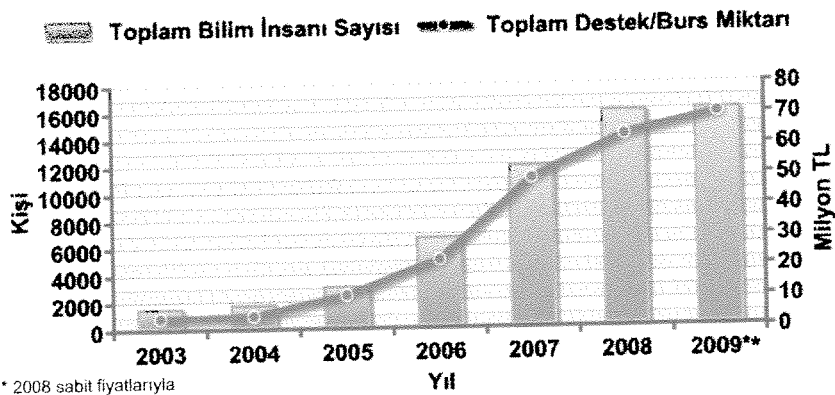
Gelişmeler
BTYK kararları ile aynı doğrultuda gerçekleşti.



27



TÜBİTAK - Bilim İnsanı Destekleri*



2003-2009

Bilim insanı sayısı, 9 kattan fazla,
Destek bütçesi ise 17 kat arttı.



28



Uluslararası Araştırmacılar Koordinasyon Komitesi (UAKK)

- BTYK'nın 18. Toplantısı, 2008/201 no.lu kararı
- Amaçları:
 - Ülkemizde bulunan veya ülkemize gelmek isteyen uluslararası araştırmacılar için geliş ve kalış sürecindeki sorunların çözülmesi.
 - Uluslararası araştırmacıların çalışmak için ülkemizi seçmelerine neden olacak uygun araştırma/sosyal ikliminin oluşumunu sağlayacak kısa vadeli iyileştirmelerin yapılması.



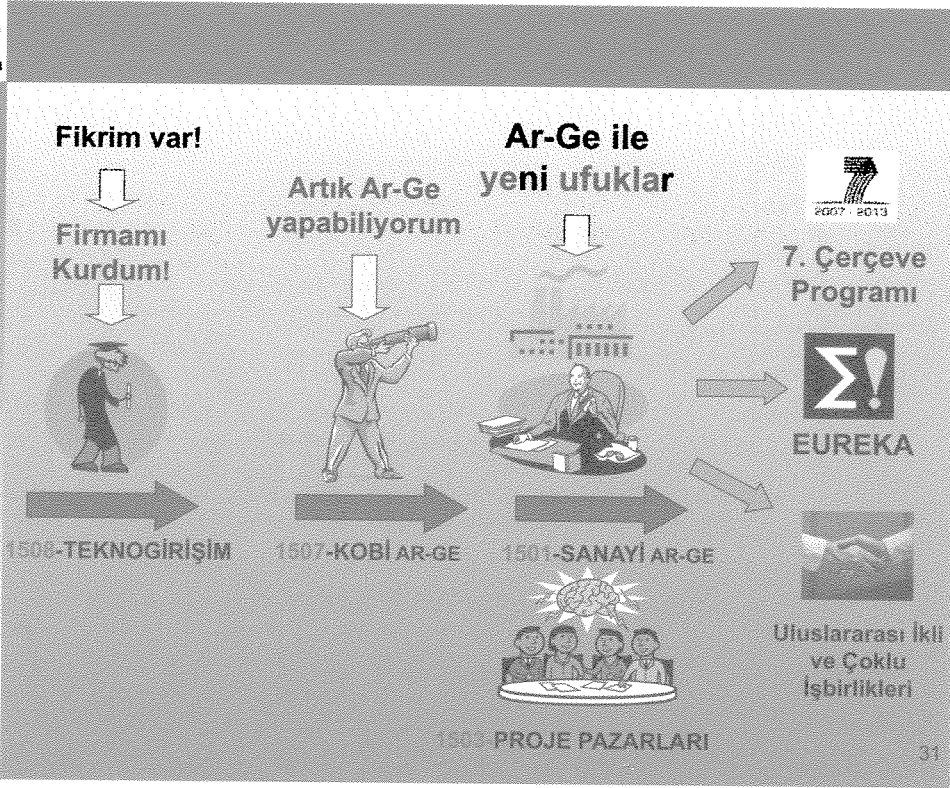
29



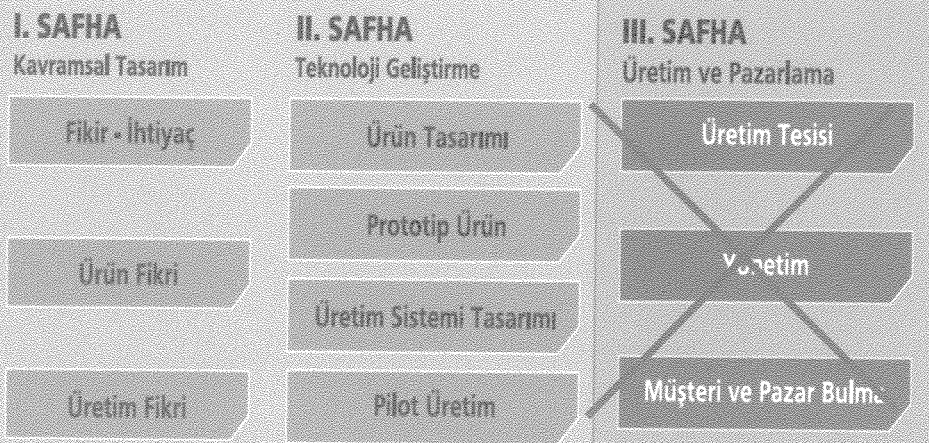
TÜBİTAK Ar-Ge ve Yenilik Destekleri



30



Desteklenen Ar-Ge ve Yenilik Aşamaları

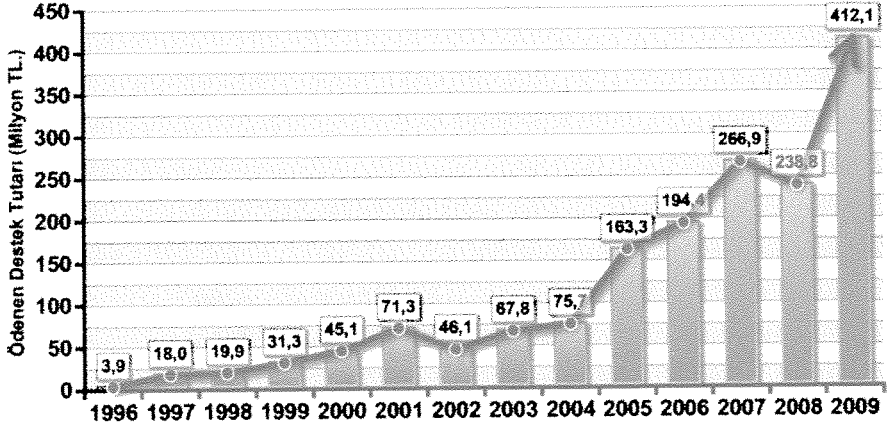


Bu safhaları içeren projeler desteklenmektedir

Yatırım ve Pazarlama aşamaları desteklenmemektedir



TÜBİTAK TEYDEB Hibe Destek Tutarı



2004-2009 arasında

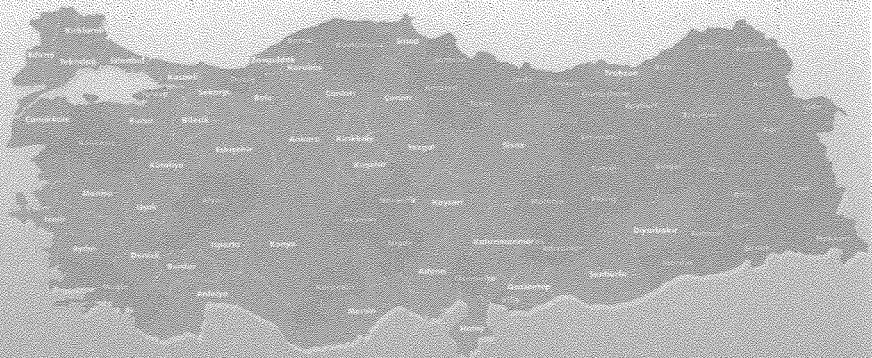
Hibe destek tutarı 5,4 kat arttı.



* 2008 yılı sabit fiyatlarıyla

TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge ve Yenilik Destekleri

2003



1995-2003 yılları arasında sanayi Ar-Ge desteklerinden yararlanmış illerimiz.



TÜBİTAK Sanayi Ar-Ge ve Yenilik Destekleri

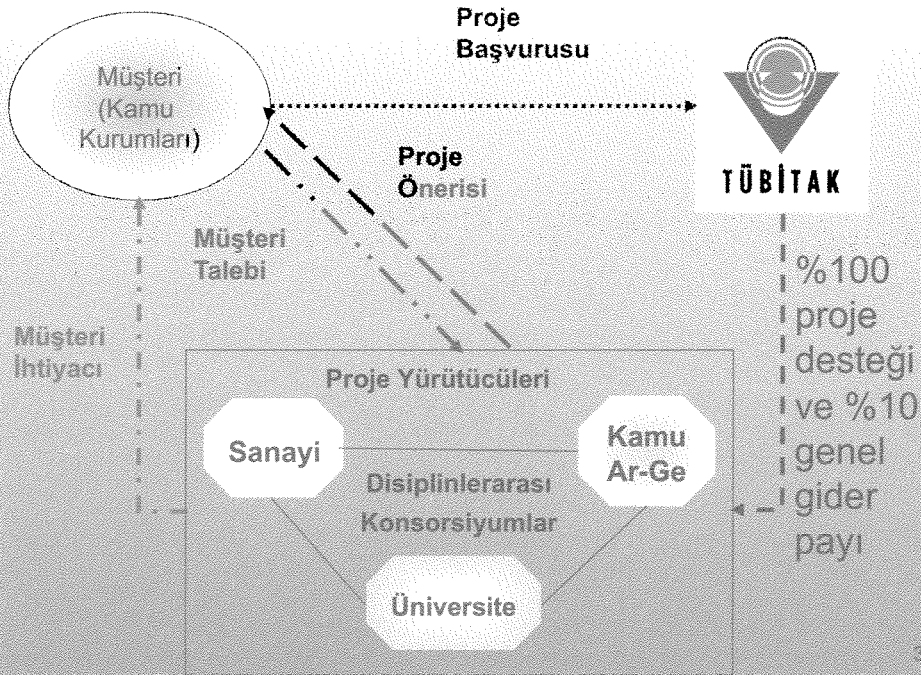
2009



1995-2009 yılları arasında sanayi Ar-Ge desteklerinden yararlanmış illerimiz.



Ar-Ge ve Yeniliğe Dayalı Kamu Tedariği



36



TÜBİTAK – 1007 Programı*

BTP-UP Stratejik Amaç 3

	KAMAG	SAVTAG
Önerilen Proje Sayısı	634	66
Desteklenen** Proje Sayısı	107	41
Desteklenen** Projelerin Bütçesi (Milyon TL)	302	530
Ödenen Destek Tutarı (Milyon TL)	271	243
Toplam Destek Tutarı (Milyon TL)	514	



* 30 Nisan 2009 itibarıyla kümülatif

** Sonuçlanan ve yürürlükteki projeler dahil edilmiştir.

37

TÜBİTAK Akademik Ar-Ge Destekleri

2003



39

TÜBİTAK Akademik Ar-Ge Destekleri

2009



40



Ar-Ge Teşvik Yasası

Ar-Ge ve yenilik faaliyetleri için çeşitli vergi teşvik ve istisnaları sağlandı.

- En az elli tam zaman eşdeğer Ar-Ge personeli istihdam eden Ar-Ge Merkezlerine,
- Kamu kurum ve kuruluşları ile kanunla kurulan vakıflar tarafından veya uluslararası fonlarca desteklenen Ar-Ge ve yenilik projeleri yürütücülerine
- Rekabet öncesi işbirliği projeleri yürütücülerine,
- Teknoloji merkezi işletmelerine
- Teknogirişim sermaye desteklerinden yararlananlara,



41



Ar-Ge Teşvik Yasası

- Ar-Ge harcamalarının yüzde 100'ü o yıl vergiden düşülecek, ayrıca amortisman yoluyla daha sonraki yıllarda vergi matrahından indirilecek.
- Ar-Ge personelinin ücretleri üzerinden hesaplanan gelir vergisinin yüzde 80'i, doktoralı olanlarda ise yüzde 90'ı istisna kapsamında.
- Ar-Ge personeli sigorta primi işveren hissesinin yarısı, 5 yıl süreyle bütçeden karşılanacak.



42



Ar-Ge Teşvik Yasası

- Söz konusu faaliyetlerle ilgili düzenlenen kağıtlara damga vergisi istisnası.
- Ar-Ge ve yenilik faaliyetlerinde bulunan işletmelerin kamu kurum ve kuruluşları, kanunla kurulan vakıflar ile uluslararası fonlardan aldıkları destekler Kurumlar Vergisi Kanununa göre vergiye tabi kazancın tespitinde dikkate alınmayacaktır.



43



Teknoloji Platformları



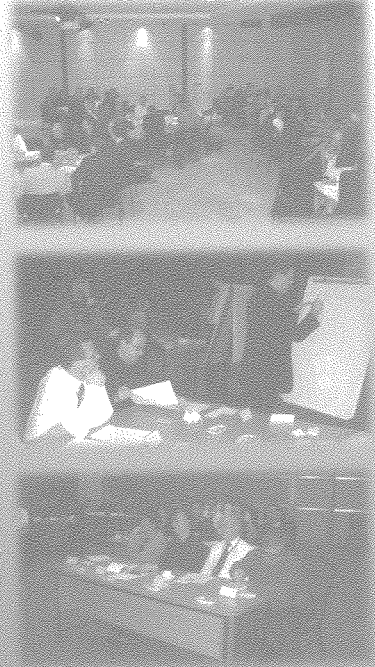
Sektörel ve Yerel BTY Politikaları



Teknoloji Platformları Girişimi

Aşağıdaki sektörlerde TP oluşumunu tetiklemek üzere, Teknoloji Platformu Oluşturma Çalıştayları düzenlenmiştir:

- Tekstil
- Metal
- Elektrik ve Elektronik
- Otomotiv
- Denizcilik ve Deniz Teknolojileri
- İlaç
- Enerji
- Tarım



TP'ler ile ilgili beklentiler

- Sektörel öngörü doğrultusunda platformlar üyeleri arasında işbirliği ve iletişimin gelişmesi
 - Platformlardan rekabet öncesi işbirliklerinin doğması
- Sektörel Stratejik Araştırma Gündemi'nin (SAG) belirlenmesi ve uygulanması
- Yenilik faaliyetlerinin önündeki engellerin kaldırılması için bir iradenin oluşturulması
- Diğer sektörlerle örnek teşkil etmesi ve özgün inisiyatifler ile yeni TP'lerin kurulması

Otomotiv Teknoloji Platformu



OTOMOTİV TEKNOLOJİ PLATFORMU
Ar-Ge ve İnovasyon, Teknolojik Gelişmeler ve Bilişim ve Farklılaşma Çözüm Önerileri

Platform İçeriği
OTEP Üyeleri
Üyelere Yararları
OTEP İdari Yapısı
Faydalı Linkler

OTOMOTİV TEKNOLOJİ PLATFORMU

HOŞGELDİNİZ...

Üye Gözütü...

21.10.2009 tarihinde bu sitede faaliyetlerini sürdürmekte olan "Otomotiv Teknoloji Platformu" (OTEP) bu sitede önemli dokümanlar bölümünde sunulmuştur.

OTEP akarsu faaliyetleri resmi faaliyetleri farklı sektörlerde faaliyet gösteren üyeleri bir araya getirerek, bir araya gelerek gerçekleştirilecek faaliyetleri şu başlıkları ile:

- 1- Platformun sitede [1]11] ile ilgili 1999 yılında çalışmalarını
- 2- 11/10/2009 tarihinde düzenlenen toplantıda, toplantıda ve konferanslarda bir araya gelerek çalışmalarını sürdürmektedir.
- 3- 11/10/2009 tarihinde 1. Çarşılar düzenlemesi yapılarak Otomotiv Sektöründe Ar-Ge SAG'da önemli rol oynayan "Otomotiv Teknoloji Platformu" ve "Otomotiv Sektörü" hakkında daha geniş bir şekilde görüşmeler yapılarak değerlendirilmiştir. Bu toplantıda, konu ile ilgili olarak konuşulan konuların tartışılması gündeme gelmiştir.

OTomotiv Teknoloji Platformunun Çıktıları

Vizyon Deklarasyonu: Otomotiv teknolojileri, geniş bir sosyo-ekonomik çerçevede ele alınacak ve uzun vadede (20-25 yıl gibi) bir dönem için vizyon belirlenecektir.

Stratejik Araştırma Planları: Vizyon dokümanında belirlenen hedeflere ulaşmak için gereken uzun vadede araştırma hedeflerini, ulaşılmaları gereken anahtar alanları ve en nihayetinde faaliyetleri, araştırmaları belirleyecektir.

Misyonumuz:
Ar-Ge ve İnovasyon yeteneğini geliştirecek işbirliği ve politikaları oluşturulması.

Vizyonumuz:
Türkiye Otomotiv Sektörü Ar-Ge ve İnovasyon faaliyetlerini uluslararası alanda rekabetsiz hale getirmektir.

Araçlarımız:
Araştırma ve İnovasyon için "Ar-Ge ve İnovasyon" raporları, konferanslar, çalışmalar, ve teknolojik olarak inovatif bir ekonomi ortaya çıkarmak için ulusal, bölgesel ve Avrupa düzeyindeki faaliyetleri koordinasyonla birlikte çalışarak başarıya ulaşmaktır.

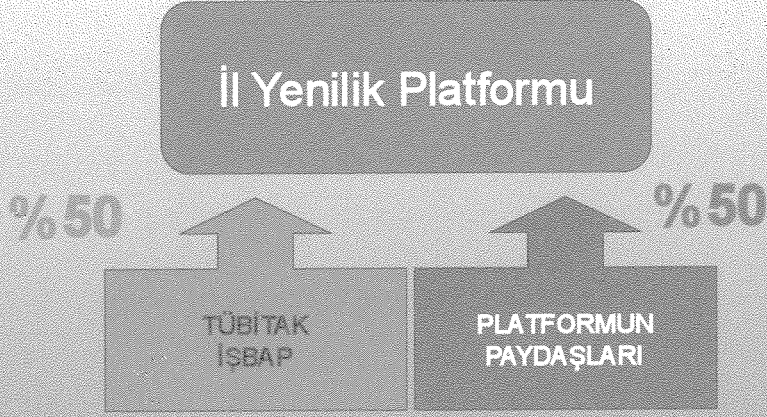
Hedeflerimiz:
- Ulusal Ar-Ge ve İnovasyon yeteneğini geliştirecek işbirliği gerekli teknoloji stratejilerinin ve poli politikaların belirlenmesi.

İŞBAP projesi yürürlüğe girmiştir.

<http://www.otep.org.tr>

Teknoloji Platformlarının Sürdürülebilirliği

FINANSAL DESTEK



3 yıl yılda en fazla 250 bin lira



49

İŞBAP'a Kimler Başvurabilir?

- Sanayi ve iş dünyasından kurum ve kuruluşlar
- Üniversiteler
- Kamu kurum ve kuruluşları
- Bunların oluşturduğu konsorsiyumlar

Yılın herhangi bir döneminde başvuru yapılabilir.



İŞBAP'la Desteklenen Faaliyetler ve Karşılanan Giderler

- Toplantı, organizasyon ve seyahat giderleri
- Büro, makine ve techizat
- Bilgi yayma ile ilgili giderler
- Web sayfaları, veri bankaları ve sanal laboratuvarlar kurmak için gerekli harcamalar (donanım, yazılım ve diğer)
- Fikri ve sınai hizmetler ile danışmanlık ücretleri
- PTİ, burs, işçilik ücretleri



TÜBİTAK

Cam Teknolojileri Platformu???



TÜBİTAK

Teşekkür Ederim...

<http://www.tubitak.gov.tr/politikalar>

serhat.cakir@tubitak.gov.tr
politikalar@tubitak.gov.tr



Sanayii ve Ticaret Bakanlığı Tarafından Özel Kesime Verilen Araştırma, Teknoloji Geliştirme ve Yenilik Destek Programları



Sinan Kabaloğlu

T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı

sinan.kabaloglu@sanayi.gov.tr

Günümüzde toplumların ekonomik gücünü ve refah düzeyini belirleyen en önemli etken bilim ve teknoloji alanındaki gelişmelerdir. Bu gelişmelere uyum sağlayamayan ülkelerin 21. yüzyılda varlıklarını güçlü ve saygın bir biçimde sürdürebilmeleri mümkün değildir.

21. yüzyıla kadar ekonomideki klasik anlayış, arazi, iş gücü ve sermayeye dayalı parametrelerden oluşmakta iken, 21. yüzyılda bu üçlü parametreye teknoloji kavramının girmesi ile dünyada artık gücü tayin eden en önemli parametre teknoloji olmaya başlamış ve sonuçta teknolojik yetkinliğe sahip, bilgiyi teknolojiye dönüştüren toplumlar zengin, güvenli ve güçlü ülkeler haline gelmiştir.

Teknoloji üretiminin tarihi kronolojisine bakıldığında bu çalışmaların tüm dünyada üniversite-sanayi işbirliği içerisinde yapıldığı görülmektedir. Bu işbirliğinden amaç, bilginin, sermayenin ve nitelikli iş gücünün bir araya getirilerek teknoloji yoğun ürün ve üretim yöntemleri geliştirmektir.

Geleceğe dönük politikalarımızı ve stratejilerimizi, bilgi ve teknolojik gelişimin ülkelerin refah seviyesini belirleyen en önemli unsur olduğu, bilgi ve teknoloji üretip satamayan ülkelerin uluslar arası alanda rekabet edemeyeceği gerçeğinin göz önüne alınarak planlanması gerekmektedir.

Ar-Ge ve inovasyona yönelik politikaların



ve stratejilerin iyi belirlenmesinin yanında, Ar-Ge'ye ayrılan bütçe kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması da çok büyük önem arz etmektedir.

Ülkemizde Ar-Ge'nin gelişmesi, sanayimizin %98'ini oluşturan KOBİ'lerimizin geleneksel üretim yerine Ar-Ge ve inovasyona dayalı üretim yöntemlerini benimsemesi, üniversite-sanayi işbirliğinin kurumsallaşması ve üniversitelerde üretilen bilimsel bilginin ticarileştirilmesine bağlıdır.

Günümüzde, dünyanın hiçbir gelişmiş ülkesinde sanayiden uzak duran ve sanayiden bağımsız Ar-Ge çalışması yürüten bir üniversite kalmamıştır. Bu ülkelerde Üniversitelerde gerçekleştirilen Ar-Ge çalışmalarının büyük bir kısmı, sanayicinin ihtiyaçlarına yönelik olarak belirlenmekte ve sanayici tarafından desteklenmektedir.

Bakanlığımız özellikle son 7 yıllık süreçte, Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin desteklenmesi, girişimciliğin ve yenilikçiliğin özendirilmesi ve teşvik edilmesine yönelik çok önemli yasal düzenlemeler hayata geçirmiştir.

- 6 Temmuz 2001 tarihinde yürürlüğe giren “4691 sayılı Teknoloji Geliştirme Bölgeleri Kanunu”
- 7 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe giren “5593 Sayılı Kanun”,
- 12 Mart.2008 tarihinde yürürlüğe giren “5746 Sayılı Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun”

Bu yasal düzenlemeler sayesinde ülkemiz bilginin, sermayenin ve nitelikli iş gücünün bir arada olduğu, uluslararası alanda, teknoloji yoğun ürün ve üretim yöntemleri geliştiren, rekabet edebilen gerçek anlamda bir güç, bir üs, bir cazibe merkezi haline gelecektir.

Bundan on yıl öncesinde hayal gibi görünen bu söylemler çok güçlü bir iradeyle birer birer gerçeğe dönüşmüştür.

4691 Sayılı Kanun kapsamında, 2001 yılından itibaren Bakanlığımız tarafından 38 adet Teknoloji Geliştirme Bölgesi kurulmuştur.

Ülkemizin hemen hemen her bölgesinde kurulan Teknoparklar ile;

- Ülke sanayisine, teknolojik bilgi üretme, yenilik geliştirme, ürün kalitesini yükseltme, yeni ve ileri teknolojilere uyum sağlama kabiliyeti kazandırılarak ülkemizin uluslararası alanda rekabet edebilir bir yapıya kavuşturulması,
- Kent çevresinin canlandırılması, yüksek teknoloji kullanan sektörlerde istihdamın büyümesi, teknoloji kökenli

küçük işletmelerin ve ortaklıkların ortaya **çıkartılması**,

- Yerel yönetimlerin teknolojik gelişmede aktif hale **getirilmesi**,
- Bölgesel kaynaklar ile bölgenin araştırma kapasitesi ve yüksek öğretim kurumları arasında daha verimli ve aktif ilişkiler **kurulması** ve
- Diğer bölgelerden yüksek teknoloji firmaları yöreye **kazandırılması** amaçlanmıştır.

Ekonomik ve sosyal şartlar açısından bölgeleri arasında önemli farklılıklar bulunan ülkemiz için ayrı bir önemi bulunan Teknoloji Geliştirme Bölgelerinin, bu amaca hizmet edecek duruma gelmesinin sağlanmasında, hem Bakanlığımıza hem de bölgelerin içinde bulunduğu üniversiteler ile Teknopark Yönetici şirketlerine önemli görevler düşmektedir.

Teknoparkların, bölgeler arası gelişmişlik farkının azaltılmasına yönelik önemli etkilerinin olduğu herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir.

Son 7 yıllık süreçte ülkemizde;

- Kurulan teknopark sayısı 38’e,
- Faaliyette olan teknopark sayısı 26’ya,
- Firma sayısı 1.364’e,
- İstihdam edilen personel sayısı 11.918’e,
- Üzerinde çalışılan proje sayısı 3.576’7ya,
- İhracat 540 Milyon A.B.D. Dolarına,
- Yabancı firma sayısı 53’e, bu firmalarca yapılan yatırım tutarı 450 milyar A.B.D. Dolarına,

- Firmalar tarafından bu güne kadar başvurusu yapılan/tasdik edilmiş patent sayısı 297'ye ulaşmıştır.

İkinci önemli düzenleme:

7 Mart 2007 tarihinde yürürlüğe giren 5593 Sayılı Kanun

Bu Kanun ile Ar-Ge ve yenilikçilikle ilgili çalışmalarının kapsamı genişletilmiş ve üniversite-sanayi işbirliğinin kurumsallaşması yönünde önemli bir adım atılmıştır. Bu kanun kapsamında Bakanlığımız tarafından dünyada örneklerine rastlayamayacağınız **Sanayi Tezleri Destekleme Programı** başlatılmıştır.

Ülkemiz sanayisinin rekabet gücü açısından karşılaştığı sorunların üniversitelerle işbirliği içerisinde çözüme ulaştırılması **amacıyla** başlatılan bu program **sayesinde** sermaye, bilgi ve nitelikli iş gücü bir araya getirilerek yüksek katma değer sağlayan ürün ve üretim yöntemleri geliştirilmesi sağlanmıştır.

Sanayi Tezleri Destekleme Programı kapsamında bu güne kadar; **38 üniversite ve 16 farklı araştırma alanına ait, 250 Milyon TL bütçeli, 636 proje başvurusu yapılmıştır.**

Başvurusu yapılan bu projelerin, **206 tanesi Bakanlığımızca desteklenmekte** olup bu güne kadar yaklaşık **27 Milyon TL** ödenek **geri dönüşümsüz** hibe olarak aktarılmıştır.

Bakanlığımız, önümüzdeki 2010 -2023 yılları arasındaki dönemi, AR-GE ve inovasyon yönelik büyük bir atılım dönemi olarak görmektedir.

Bu bağlamda, Bakanlığımız tarafından, sanayimizin bilgi ve teknoloji yoğun üretime geçmesi, toplam ihracat içinde Yüksek Teknolojili Ürünlerin payının artırılması amacıyla bu yıl itibariyle **üç yeni destek programı daha başlatılacaktır.**

Bu programlar;

- Teknolojik Ürün Patent Destek Programı,**
- Teknolojik Ürün Ar-Ge Yatırım Destek Programı,**
- Teknolojik Ürün Tanıtım ve Pazarlama Destek Programıdır.**

Dolayısıyla, bu 4 önemli programla, Bir teknolojik ürünün hayal safhasından tüketicinin kullandığı **ana kadar ki** tüm aşamalar desteklenir hale gelecektir.

Üçüncü önemli yasal düzenleme:

Bakanlığımız ve **Maliye Bakanlığı** işbirliğinde hazırlanan, **12 Mart 2008 tarihinde** yürürlüğe giren **“5746 Sayılı Araştırma ve Geliştirme Faaliyetlerinin Desteklenmesi Hakkında Kanun”**

Bu Kanun ile ülkemizde yürütülen Ar-Ge ve yenilikçilik çalışmalarına yeni bir boyut kazandırılmış, Ar-Ge çalışması yürüten yerli ve yabancı tüm işletmelerin, Ar-Ge harcamalarına önemli oranda teşvik ve muafiyetler sağlanmıştır.

Ayrıca, bu Kanun kapsamında, Bakanlığımız tarafından, 2009 Nisan ayında üniversite lisans son sınıf mezun adayı gençle, Yrd. Doçent durumundaki tüm üniversite kesiminin, teknoloji ve yenilik odaklı iş fikirlerini, katma değer ve nitelikli istihdam yaratma potansiyeli yüksek teşebbüslere dönüştürebilmelerini teşvik etmek

“Teknogirişim Sermayesi Desteği Programı” başlatılmıştır.

Teknogirişim Sermayesi Desteği kapsamında, yeni ve yenilikçi fikirleri olan genç girişimcilere bir defaya mahsus olmak üzere teminat aranmaksızın karşılıksız en fazla 100.000 TL hibe destek verilmektedir.

2009 yılında, Teknogirişim Sermayesi Desteğinden istifade etmek için girişimciler tarafından, Bakanlığımıza 157 başvuru yapılmış olup, yapılan değerlendirme neticesinde 78 adet girişimciye ait projelerin desteklenmesi uygun

görölmüştür. 2010 yılı için ise 724 başvuru yapılmış olup Bu başvurulardan 100 asil, 100 yedek olmak üzere 200 iş fikri desteklenmeye değer bulunmuştur.

Sanayimizin uluslararası pazarlarda yüksek rekabet gücü elde etmesinde ve ülke refahının artmasında en önemli unsurların bilgi ve teknoloji tabanlı üretim yöntemlerinin yaygınlaştırılması hedeflenerek başlatılan bu programların başarısı, **ülkemizin gelecek 10 yılda güçlü, refah seviyesi yüksek, rekabet edebilen bir ülke haline gelmesinde büyük önem arz etmektedir.**

Dr. Klaus Bange

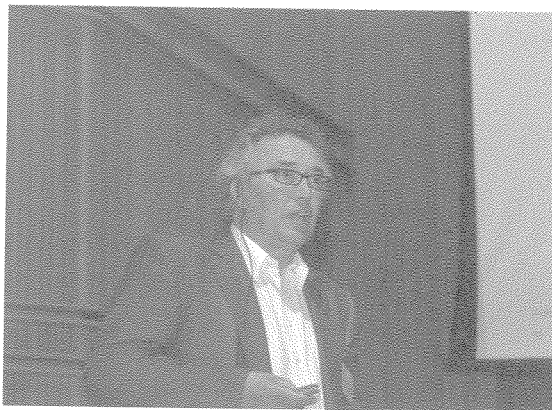
SCHOTT AG

klaus.bange@schott.com

Dr. Klaus Bange (60) attained his diploma in physics in 1980 and his Ph.D. in 1982 at the Technical University in Berlin. Afterwards he was employed by the Fritz-Haber-Institute of the Max-Planck-Society in Berlin and by the National Bureau of Standards in Washington D.C. (USA). His special interests were surface science, electrochemistry, semiconductors, and thin films.

In 1984, he changed to the SIEMENS AG in Berlin, where he was responsible for the process development of thin films. In 1987 he became employed by Schott Glas in Mainz and took over various tasks related with the characterization and development of thin films for "Electrochromic Devices". He headed the departments "Electron Microscopy and Thin Films Analysis" and "Solid State Analysis". From 1997 he succeeded in building up the profit center "Analysis Measurement Services", which marketed the scientific services of 90 employees within the Schott group as well as externally. From 2001 he was heading "Luminescence Technology", which was an independent unit of SCHOTT Spezialglas GmbH. In the time from 2005-2010 he has been "Senior Principal Scientist" for SCHOTT AG.

His scientific achievements have been published in over 130 articles and books. For the "International Commission on Glass" (ICG) he was chairman of the TC 19 (Glass Surface Diagnostics), vice-chairman of



the "Coordinating Technical Committee" (CTC) and from 2004-2009 he was Chair of the CTC. For the "Deutsche Glastechnische Gesellschaft" (DGG) he was organizing the "DGG Glas Forum" from 2004-2009.

Abstract

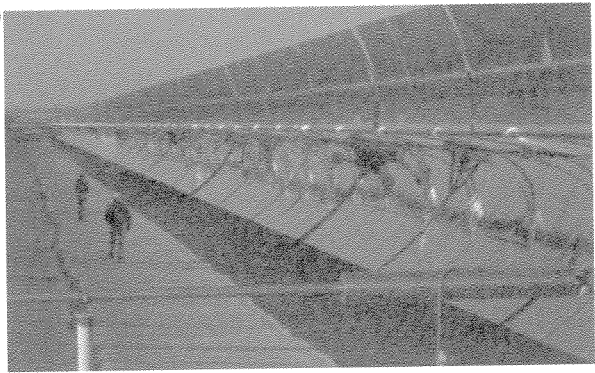
The various tools of technology foresight - which are relatively new mechanism for strategic decision-making - will be presented briefly and processes are described which involve a systematic attempt for looking into the long-term future of science, technology and economy, the environment and society, with the aim of identifying the emerging generic technologies and the underpinning areas of strategic research. The approach will be exemplified with different results for glass and the key learnings for future glass research will be summarized.

Future Trends in Glass Research

Klaus Bange

Outline

- Instruments to look into the future
- Statements on the future of glass
- Results of road mapping
- Consequences for R&D
- Summary



Future trends, Klaus Bange

©

Outline

▪ Instruments to look into the future

- Statements on the future of glass
- Results of road mapping
- Consequences for R&D
- Summary



Future trends, Klaus Bange

©

Instruments to look into the future

... the most attractive application of glass in 2025 will be ...??



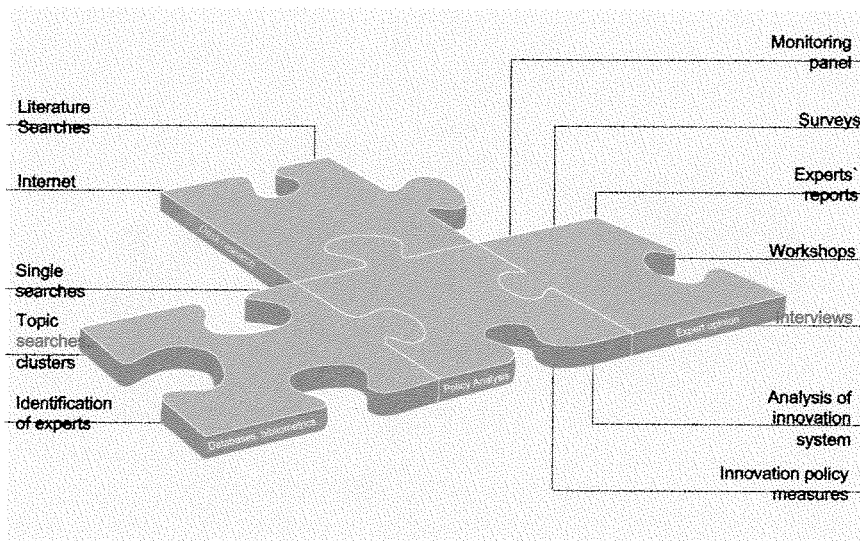
Future trends, Klaus Bange
©

Page 3

SCHOTT
glass made of ideas

Instruments to look into the future

... Methodological Diversity: The basis for Future Perspectives



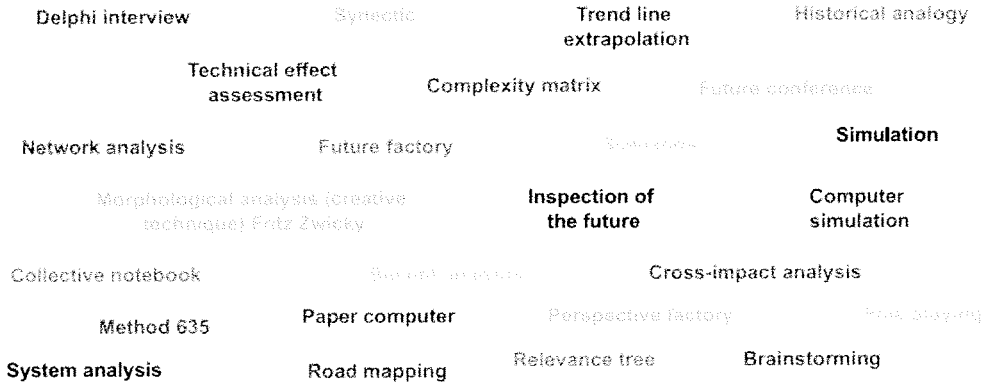
Future trends, Klaus Bange
©

Page 4

SCHOTT
glass made of ideas

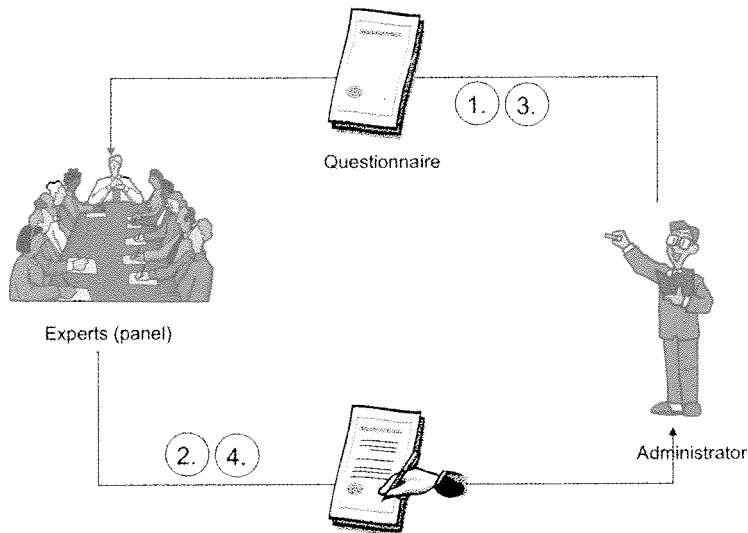
Instruments to look into the future

... future studies (foresight, futurology) reflects how today's changes will become tomorrow's reality
 ... many methods are applied for future studies



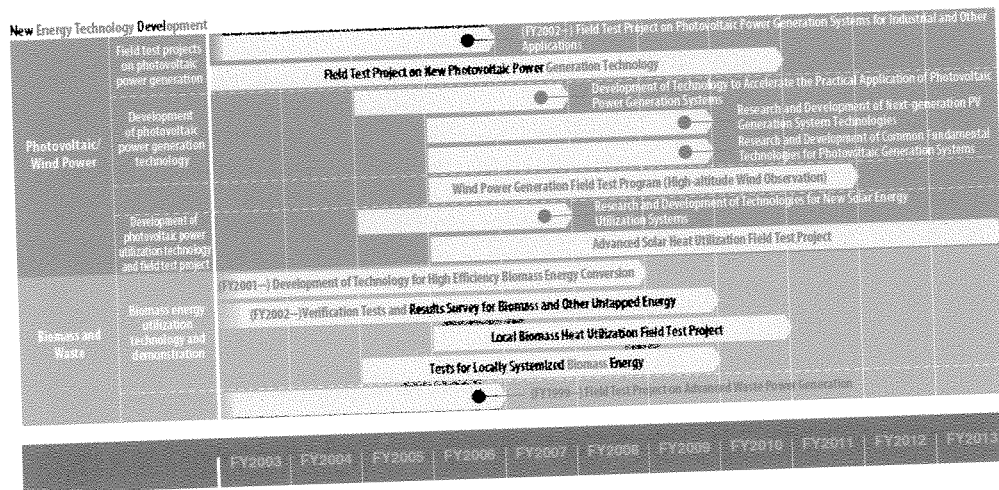
Instruments to look into the future

... the Delphi technique is a method for obtaining forecasts ...



Instrument to look into the future

... innovation roadmaps summarize trends in a simplified version



Instruments to look into the future

... Mega-trends describing longtime and comprehensive transformation processes

- 01: Demographic Change
- 02: New Level of Individualization
- 03: Booming Health
- 04: Women on the Rise
- 05: Cultural Diversity
- 06: New Mobility Patterns
- 07: Digital Lifestyles
- 08: Learning from Nature
- 09: Ubiquitous Intelligence
- 10: Convergence of Technologies
- 11: Globalization 2.0
- 12: Knowledge-based Economy
- 13: Business Ecosystems
- 14: Changes in the Business World
- 15: New Consumption Patterns
- 16: Rerouting of Energy and Resources
- 17: Climate Change and Pollution of the Environment
- 18: Urbanization
- 19: New Political World Order
- 20: Growing Global Security Threats

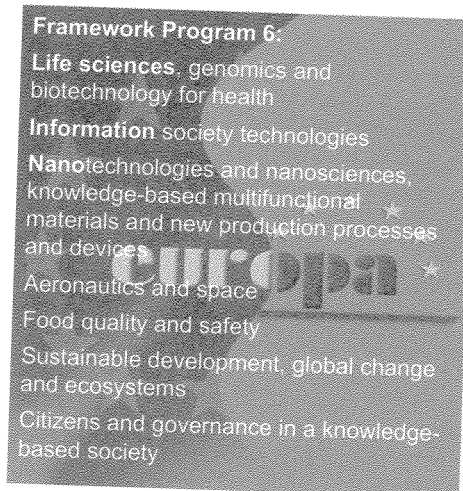
Instruments to look into the future

... Mega-trends describing longtime and comprehensive transformation processes

- 01: DEMOGRAFISCHER WANDEL
- 02: NEUE STUFE DER INDIVIDUALISIERUNG
- 03: BOOMENDE GESUNDHEIT
- 04: FRAUEN AUF DEM VORMARSCH
- 05: KULTURELLE VIELFALT
- 06: NEUE MOBILITÄTSMUSTER
- 07: DIGITALES LEBEN
- 08: LERNEN VON DER NATUR
- 09: UBIQUITÄRE INTELLIGENZ
- 10: KONVERGENZ VON TECHNOLOGIEN
- 11: GLOBALISIERUNG 2.0
- 12: WISSENSBASIERTER ÖKONOMIE
- 13: BUSINESS ÖKOSYSTEME
- 14: WANDEL DER ARBEITSWELT
- 15: NEUE KONSUMMUSTER
- 16: UMSTEUERN BEI ENERGIE UND RESSOURCEN
- 17: KLIMAWANDEL UND UMWELTBELASTUNG
- 18: URBANISIERUNG
- 19: NEUE POLITISCHE WELTORDNUNG
- 20: WACHSENDE GLOBALE SICHERHEITSBEDROHUNGEN

Instruments to look into the future

... the future needs of societies are transferred in public funding

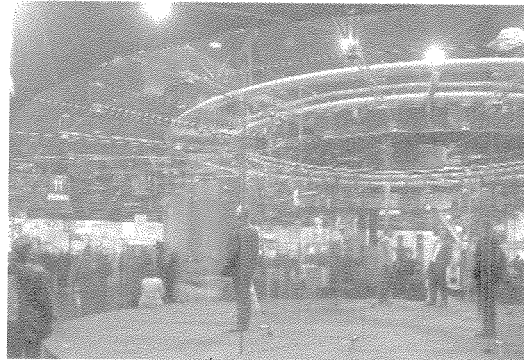


Outline

- Instruments to look into the future

Statements on the future of glass

- Results of road mapping
- Consequences for R&D
- Summary



Future trends, Klaus Bange

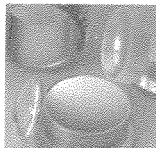
©

Statements on the future of glass (I)

... the New Glass Forum (JPN) claims that the new future fields of glasses are **optoelectronics, display, storage, biology, environments and new energy**

Optics

- Glass for the optical communication system
- Micro-lens array, DOE
- IC photomask
- Synthetic quartz glass
- High precision aspherical lens

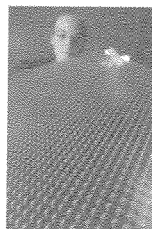


Electronics

- Glass magnetic disc
- Low temperature sintered multilayered substrate glass
- New zero expansion glass ceramics

Display

- Substrate for PDP
- Glass paste/frits for PDP
- Substrate glass for TFT- liquid crystal display
- Substrate glass for OLED



Future trends, Klaus Bange

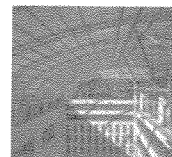
©

Architectural and Automobile

- High functional glass for architectural
- High functional glass for automotive

Chemical and Biochemical

- Anti-viral glass
- Micro-chemical chip
- Pharma packaging

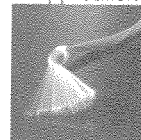


Environment and Energy

- Substrate glass for thin film PV cells
- Glass for fuel cells
- Glass for solar thermal applications

AO Technology

- Light storage glass
- Nano-glass



Page 12

SCHOTT
glass made of ideas

Statements on the future of glass (IV)

... the Chinese Ministry of Science and Technology (MOST) has the following list of R&D priorities

Basic Research

frontier basic research that reflects Chinese resources and natural advantages, advanced research that is likely to progress well, basic research that is important for the development of engineering or technology

Automation

CIMS, robot technologies



Biotechnology

biomedicines, vaccine production, gene therapy, transgenic animals, post-genomics

Agriculture

development of improved crop species by traditional breeding methods (high yield, high stress), prevention of desertification, new fertilizers

Computing

high-performance computing, software

Information Science

optoelectronics, telecommunications, information processing

Future trends, Klaus Bange

©

Energy

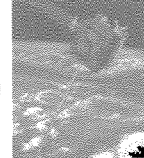
new energy sources (wind, solar, bio-energy), battery technology, advanced nuclear reactor technology

Materials Science

advanced materials, nanomaterials

Space

continued development of launcher and satellite technology, communication satellites, manned space flight



Environmental

sustainable development generally, clean coal technology, clean car technology, earth observation

Ocean Science

marine biotechnology, marine survey and resources development



Page 15

SCHOTT
glass made of ideas

Statements on the future of glass (V)

... the MOST is funding many R&D fields on materials

- Advanced polymer composites

- Advanced polymers

- Biometrics

- Biopolymers

- Industrial biotechnology

- Catalysts

- Electronic materials and chemicals

- Engineering elastomers

- Fuel cells

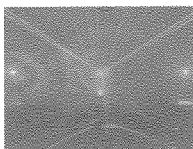
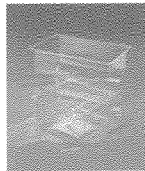
- High-energy density batteries

- High-performance ceramics

- High-performance fibers

- High-purity rare earths

- Laser and laser materials



- Membranes

- Micro-electromechanical system (MEMS)

- Nanomaterials

- Photonic materials

- Photovoltaic cells

- Piezoelectric materials

- Polymers and chemicals for advanced medical applications

- Sensors

- Specialty coatings (inorganic and organic)

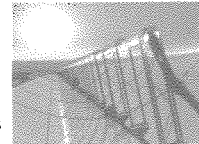
- Specialty films

- Solar control films and coatings

- Superconductors

- Surface modification technology

- Ultrafiltration



Future trends, Klaus Bange

©

Page 16

SCHOTT
glass made of ideas

Backup

Statements on the future of glass (VI)

... the "Glass Industry Technology Roadmap" from the GMIC (Glass Manufacturing Industry Council) names the following challenges

Strategic Goals			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 20% cost reduction ▪ 100% glass recycle in manufacturing ▪ 6 sigma quality 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ reduce the gap between actual and theoretical energy use by 50% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 20% reduction in air and water emissions ▪ 100% post consumer recycling where consumption > 5lb/capita 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ broaden market with new products
Technology Challenges			
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Efficient thermal transfer ▪ Process measurement and control ▪ Functional glass properties 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Process characterization and modeling ▪ Materials limitations ▪ Cost reduction 	
Production Efficiency	Energy Efficiency	Environmental Performance	Innovative Uses
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Advanced process control system ▪ Advanced measurement techniques ▪ Process improvements ▪ High-temperature materials ▪ Process design 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Integrated furnace models ▪ Improved thermal efficiency ▪ New glassmaking technologies ▪ Refractory materials ▪ Glass melter user facility 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Emission characterization and modeling ▪ Emission measurement and control ▪ Pollution prevention ▪ Process modifications ▪ Post-market recycling 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Communications and electronics ▪ Structural uses ▪ Novel uses ▪ Surfaces and coatings ▪ Advanced Processing and control

Statements on the future of glass (VII)

... at the 1st International Congress on Ceramics (Toronto, June 2006) the following roadmap sessions took place

- Biology and Medicine
- Consumer Products
- Electronics
- Energy
- Environment
- Glass and Optical Materials
- Innovation and Invention
- Multiple Applications
- Transportation



Statements on the future of glass (VIII)

... a roadmap process is started in Germany by order of the DFG



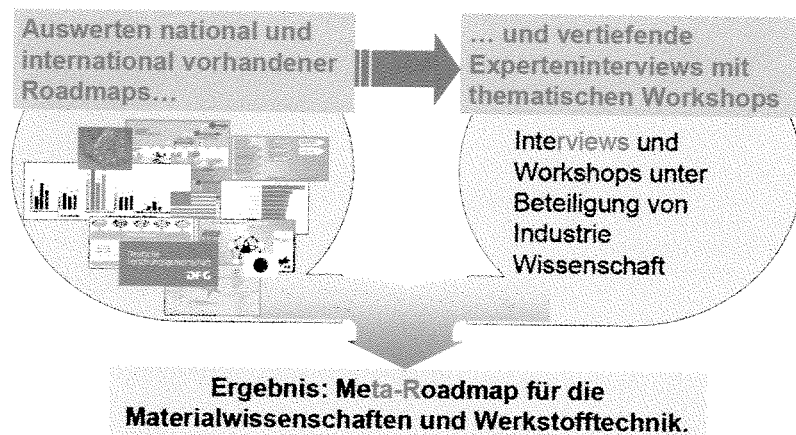
Lehrstuhl für Innovations- und TechnologieManagement
Universität Kassel
Univ.-Prof. Dr. habil. Marion A. Weissenberger-Eibl
Dipl.-Oec. Stephan Speith
Dipl.-Kfm. Klemens Joachim

BAM
Prof. Dr.-Ing. Pedro Dolabella Portella
DFG
Dr.-Ing. Frank Fischer

Statements on the future of glass (IX)

... all available data were collected

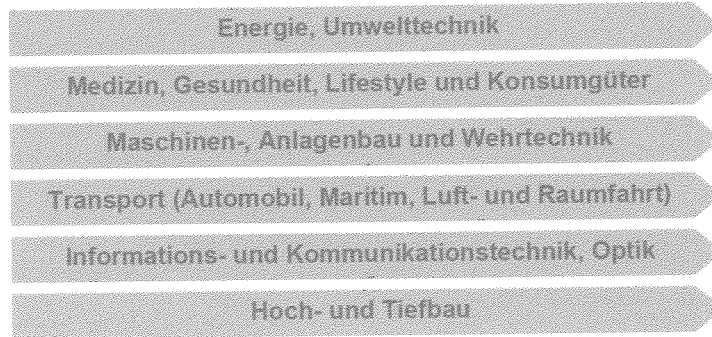
Aus vorhandenen Roadmaps und ergänzenden Interviews wird
eine Meta-Roadmap erarbeitet.



Statements on the future of glass (X)

... several application fields are defined

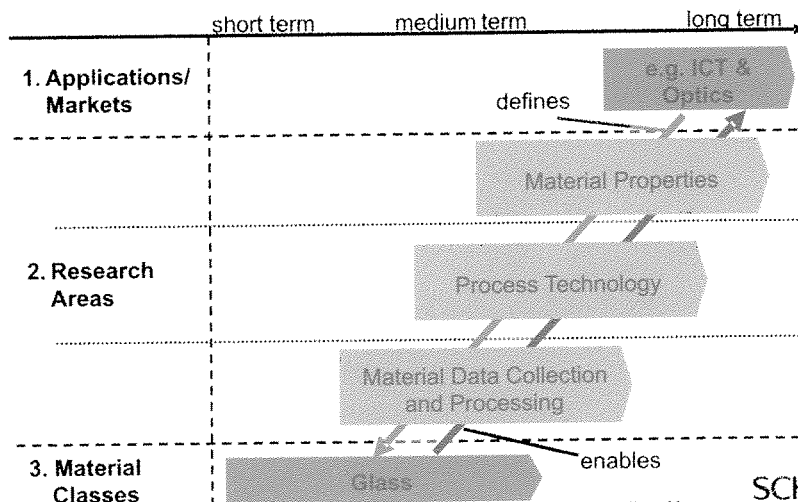
Den Ausgangspunkt der Betrachtung bilden die Anforderungen an zukünftige Werkstoffe in den Anwendungsfeldern.



➔ Aus den Anwendungsfeldern kann der Erkenntnisbedarf für die Materialeigenschaften und die Prozesstechnik abgeleitet werden.

Statements on the future of glass

... a roadmap structure should consist of different levels linked by certain requirements, e.g. defined from a market perspective



Statements on the future of glass

... the ICG roadmap process

- 2006: prepared in several CTC meetings
 2007: the kick-off event Strasbourg at ICG2007 congress
 2008: -"Advanced Materials and Innovative Glass Melting Technologies"
 in Brig, Switzerland
 -follow up melting technology and a
 - first workshop on "Glass and Entropy" in Trencin, Slovakia
 2009: -"Glass Surface and Stress Corrosion Mechanism on Nanoscale"
 in Montpellier, France, and
 -„Materials (Bio) Brig II" in Schaan, Liechtenstein
 - "Glass and Entropy II" in Aberystwyth, UK
 -"Basic Glass Science" in Montpellier, France with
 -satellites on Atomistic Simulation,
 Melting Technology
 Bioglass.

Status of the ICG roadmapping

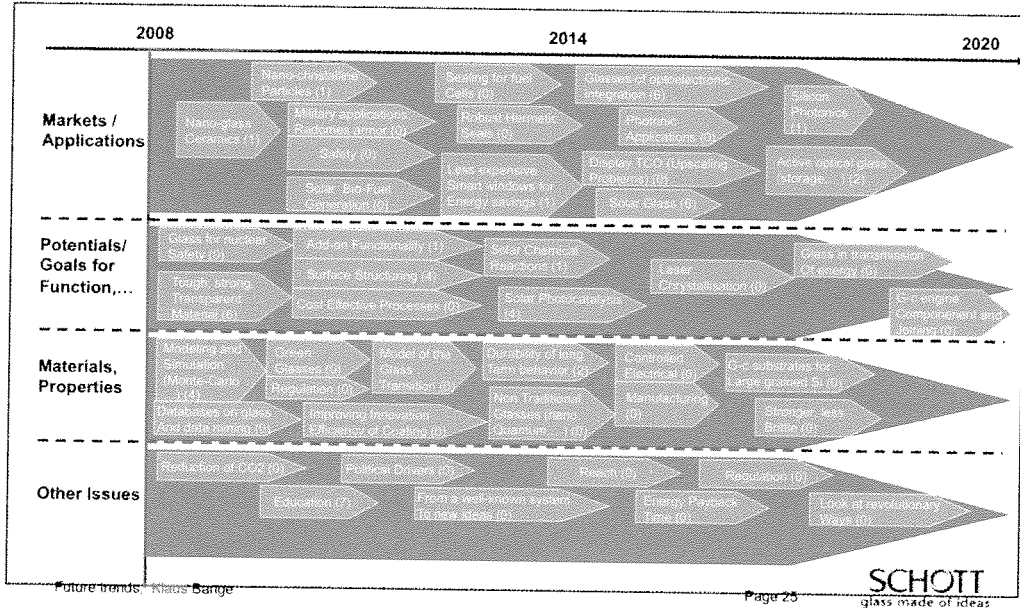
..... minutes are available
 a booklet is in press

- * 3. RESULTS OF THE ROADMAPPING WORKSHOPS
- * 3.1 Glass melting technology
- * 3.2 Materials for technical and medical application
- * 3.3 Basic Glass Science
- * 3.4 Glass Surfaces & Stress Corrosion Mechanism
- * 3.5 Application related topics

Planned in 2010: Atomistic Simulation, May at Corning
 : Surfaces& Thin Films, August in Paris
 : Sensors for Melting, Nov in Eindhoven

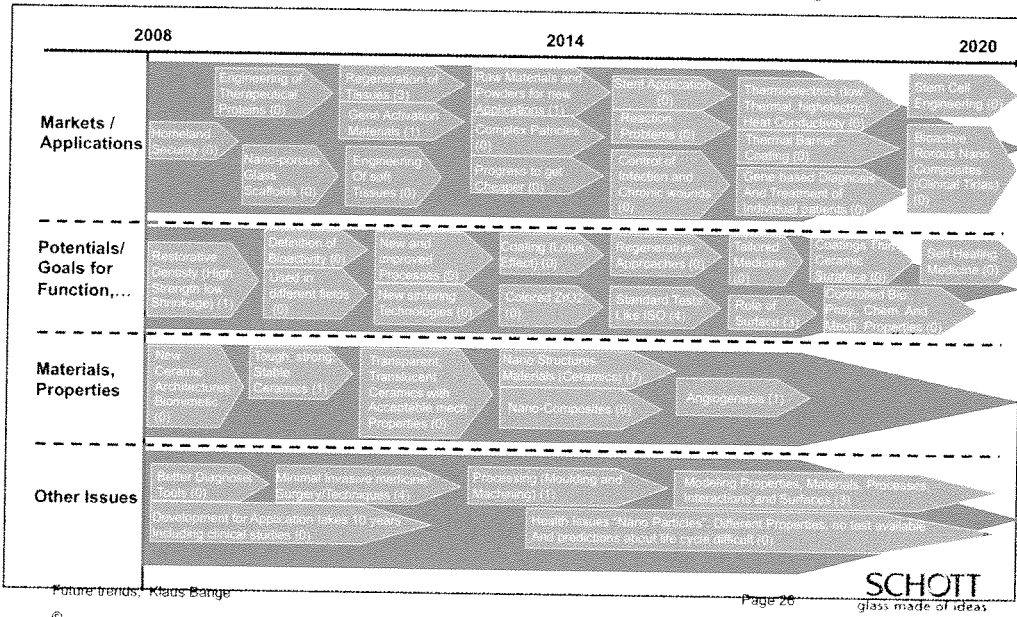
Statements on the future of glass

... ICG roadmap for glass and glass ceramic exhibits the high potential



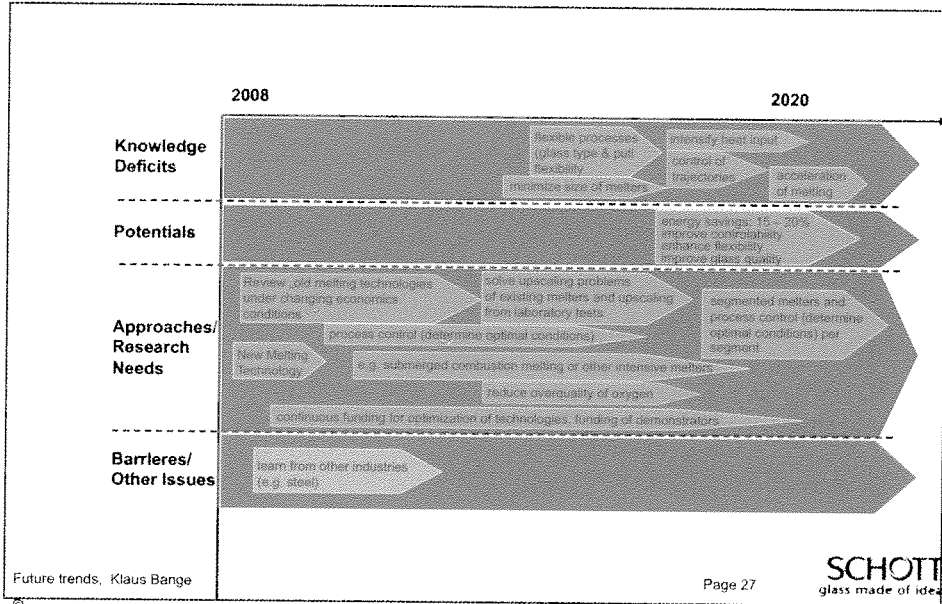
Statements on the future of glass

... ICG roadmap: materials for biomedicine are an expanding field



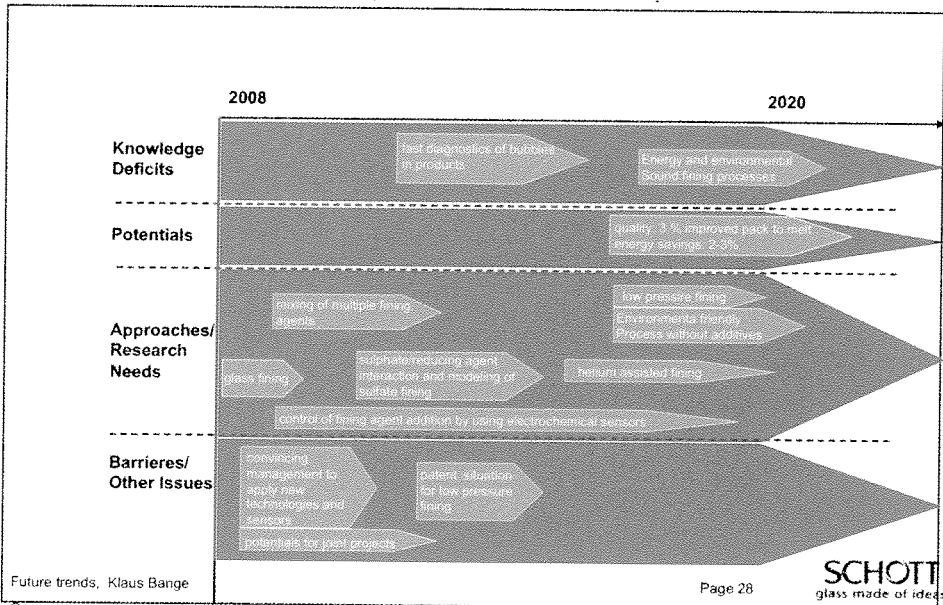
Statements on the future of glass

... ICG roadmap for new melting technologies are in the focus



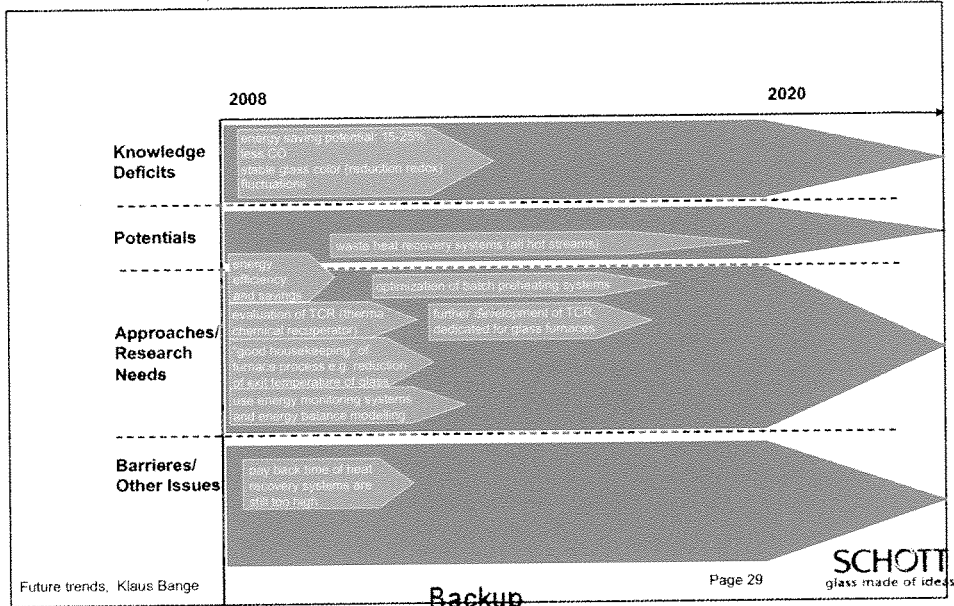
Statements on the future of glass

... ICG roadmap: glass fining needs further development



Statements on the future of glass

... ICG roadmap for energy efficiency and waste heat recovery



Future trends, Klaus Bange

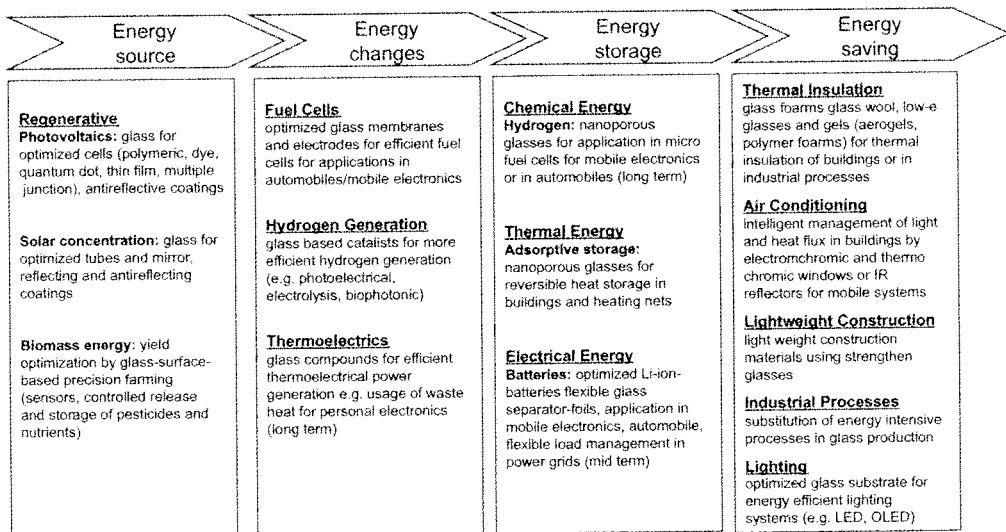
Backup

Page 29

SCHOTT
glass made of ideas

Statements on the future of glass

... various applications for glass are possible in the sector energy



Future trends, Klaus Bange

Backup

Page 30

SCHOTT
glass made of ideas

Statements on the future of glass

... glass can play an important role in combating the effects of climate change

glass application	energy issue	effects on climate
> glasses for photovoltaics	▪ environment-friendly energy generation	no pollution
> glass mirrors & glass tubes for solar power plants	▪ environment-friendly energy generation	no pollution
> fiber glass	▪ reduction of heat loss ▪ replacement of heavier materials in transportable devices (cars, air plane, ...)	> 400 million mt CO ₂ /y in EU ???
> low-E glazing	▪ replace simple & double glazed units	> 140 million mt CO ₂ /y in EU
> low-energy glass light bubbles	▪ four times better energy efficiency	???
> container glass	▪ recyclable post consumer waste ▪ reduction of weight	▪ 25% energy reduction ▪ 315 kg of CO ₂ per tonne glass

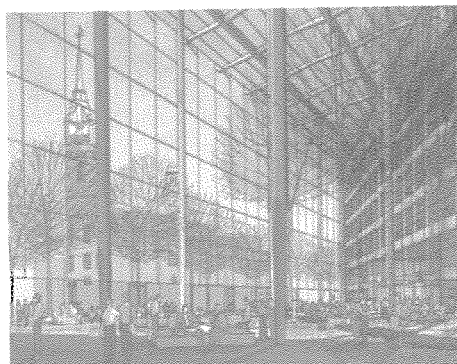
... the potential benefits of glass have not yet been recognized in the EU/Government

Outline

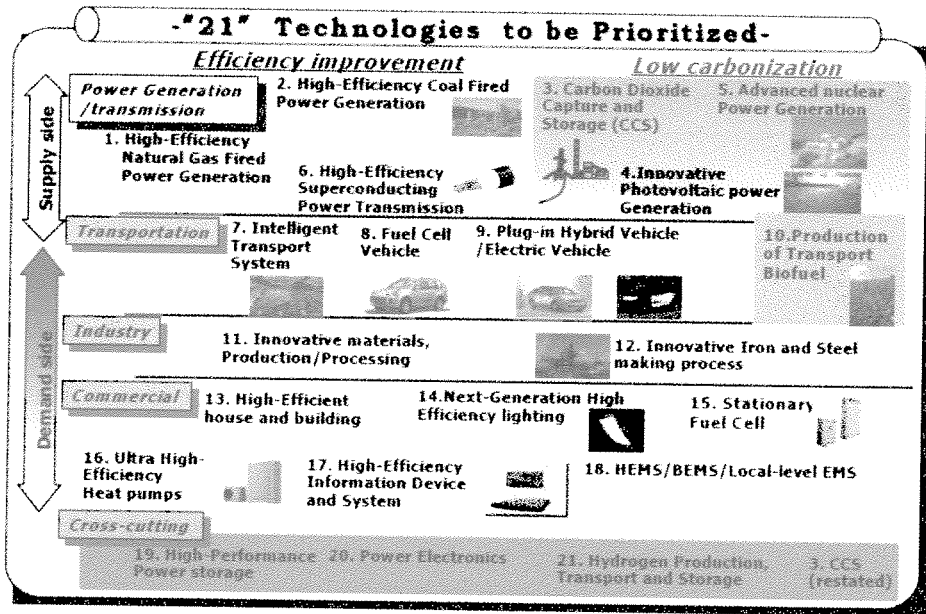
- Instruments to look into the future
- Statements on the future of glass

Results of road mapping

- Consequences for R&D
- Summary

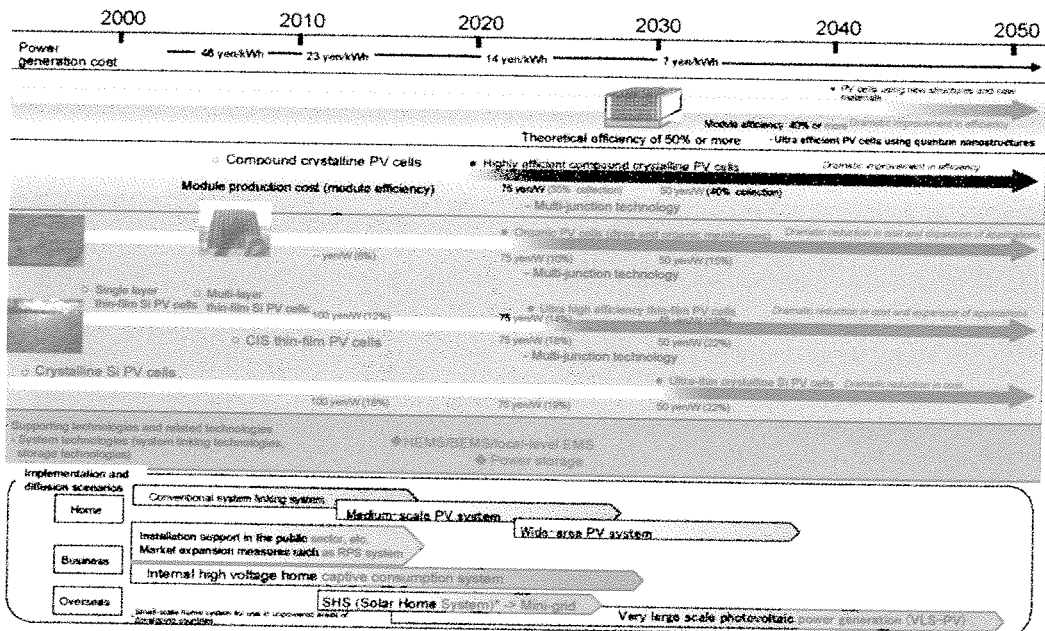


21 Innovation fields for "Cool Earth 50". (METI, 2008)



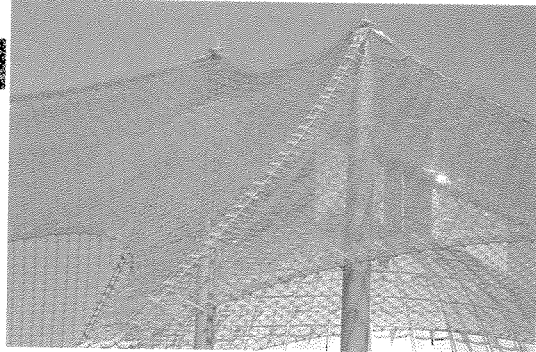
* EMS: Energy Management System, HEMS: House Energy Management System, BEMS: Building Energy Management System

PV Technology Development Roadmap



Outline

- Instruments to look into the future
- Statements on the future of glass
- Results of road mapping
- **Consequences for R&D**
- Summary



Future trends, Klaus Bange

©

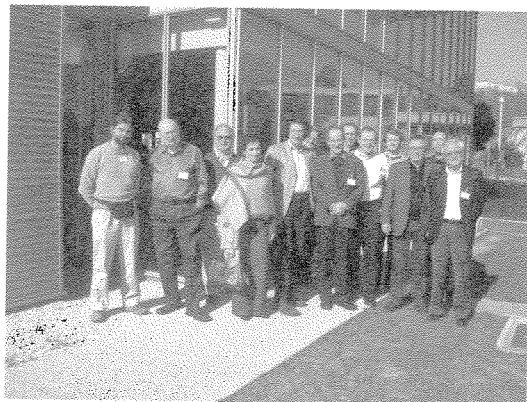
Strength of Glass

.....unbreakable glassthe holy grail of 21 century

Intrinsic mechanical strength of glass is high but.....

- < in reality the mechanical properties are poor
- < damages, defects

ICG roadmap workshop in 2009 in Montpellier on „Glass surface defects and stress corrosion mechanism“



Future trends, Klaus Bange

©

Questions on the future.....answered by the experts....

- What will be a topic stating an **exceptional success** to be published in a well-known high-ranked research journal in 2025 concerning your R&D field?
- Please name future **key challenges** (till 2025) regarding your field of expertise and your presentation and indicate the specific year when you expect the topic to become a real **bottleneck** for the future developments.
- What would be
 - the **key breakthrough** and when is it likely to occur
 - what must happen concerning the research field if this topic will never be successful?

Future trends, Klaus Benge

Page 37

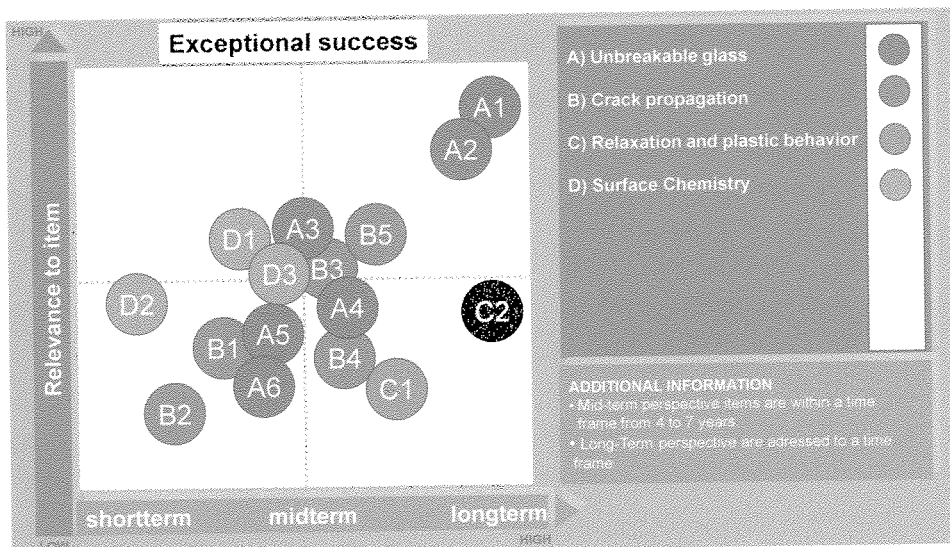
SCHOTT
glass made of ideas

©

Summary of exceptional success related to surface stress corrosion mechanisms

WS Surface stress corrosion in the nanoscale

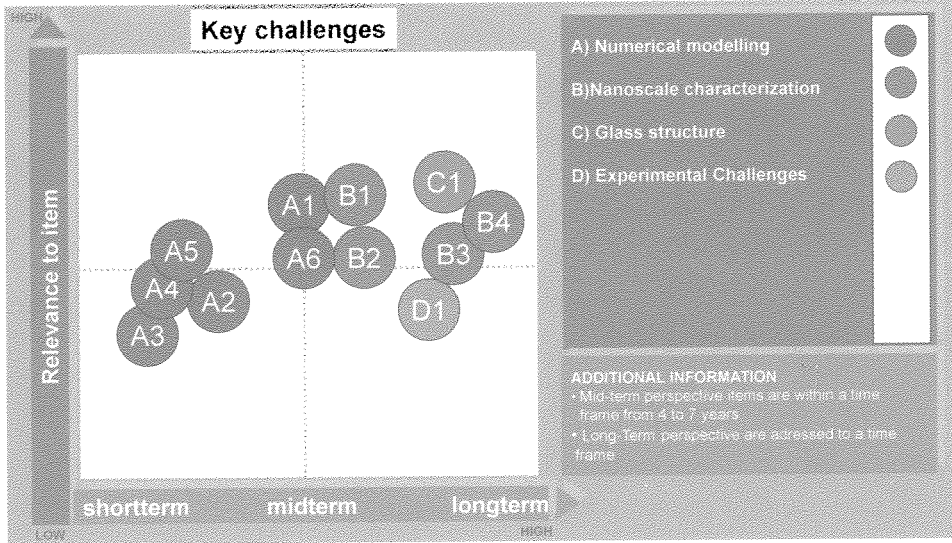
EFONGA-WS Montpellier, February 2009



Summary key challenges related to surface stress corrosion mechanisms

WS Surface stress corrosion in the nanoscale

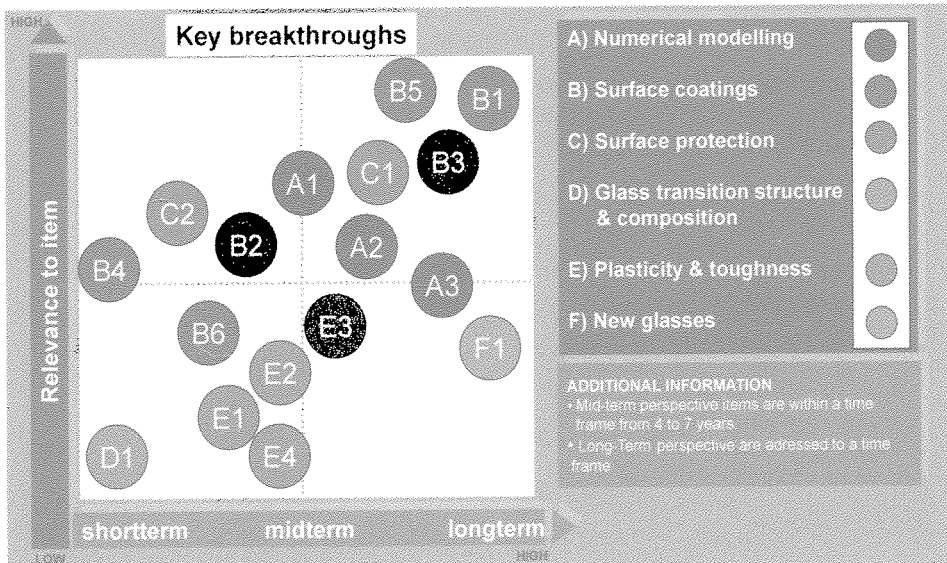
EFONGA-WS Montpellier, February 2009



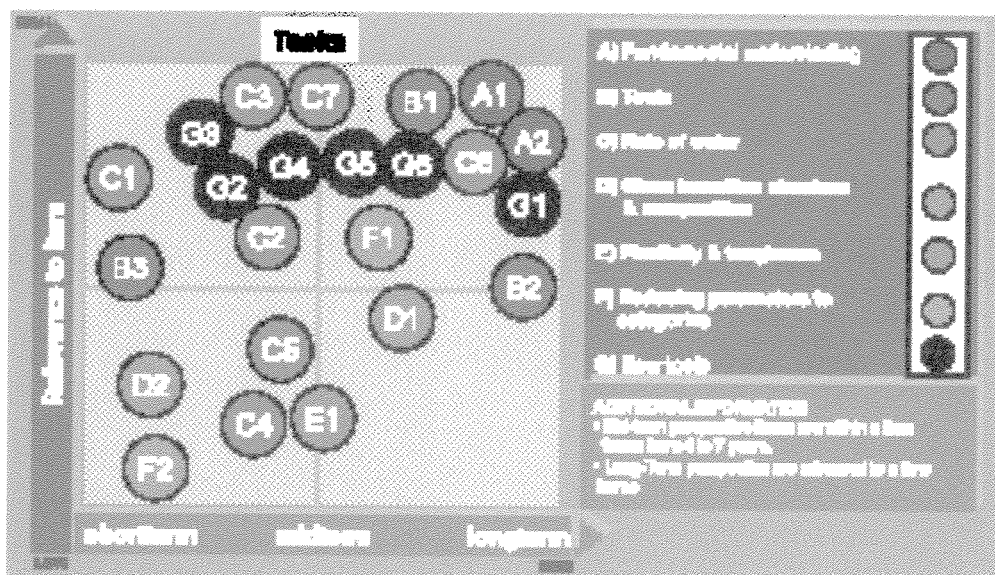
Summary of key breakthrough related to surface stress corrosion mechanisms

WS Surface stress corrosion in the nanoscale

EFONGA-WS Montpellier, February 2009

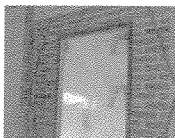
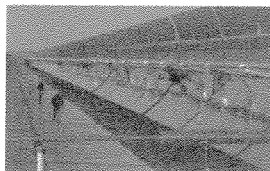
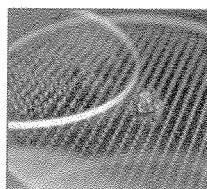


R&D tasks of the future



Summary

- Various **instruments** are available which reflect how today's changes and developments will become reality in the future
- The **superior material** glass with unique characteristics is indispensable for improving the quality of life
- Many **new applications** are based on **established** glass types
- Different **added value processes** make new applications possible
- **technology roadmaps and foresights** are important tools for different actors.....



Acknowledgement

- SCHOTT AG & many colleagues
- International Commission on Glass (ICG)
- Deutsche Glastechnische Gesellschaft (DGG)
- Society of Glass Technology (SGT)
- New Glass Forum (NGF)
- Institute on new Functionality of Glass (IMI)
- ...
- ...
- ...

Future trends, Klaus Bange
©

Page 43

SCHOTT
glass made of ideas

Obrigado

Maraming salamat

Vielen Dank

Dzienkuje

谢谢
(Xie xie)

Komapsumnida

Gracias

Shukran gazilan

Cok sagolun

Dakujem vám

Mnogo blagodarya

Stort Tack

Thank you

Merci

Multumsec

Spasibo

Bedankt

Grazie

Terima kasih

Nagyon Köszönöm

Paljon kiitoksia

どうも有難うございました。

Future trends, Klaus Bange
E fharisto poli

Dekuji

(Arigato)

Shukriya

SCHOTT
glass made of ideas

Fig. 3.1.4: Tailored Batch Technology

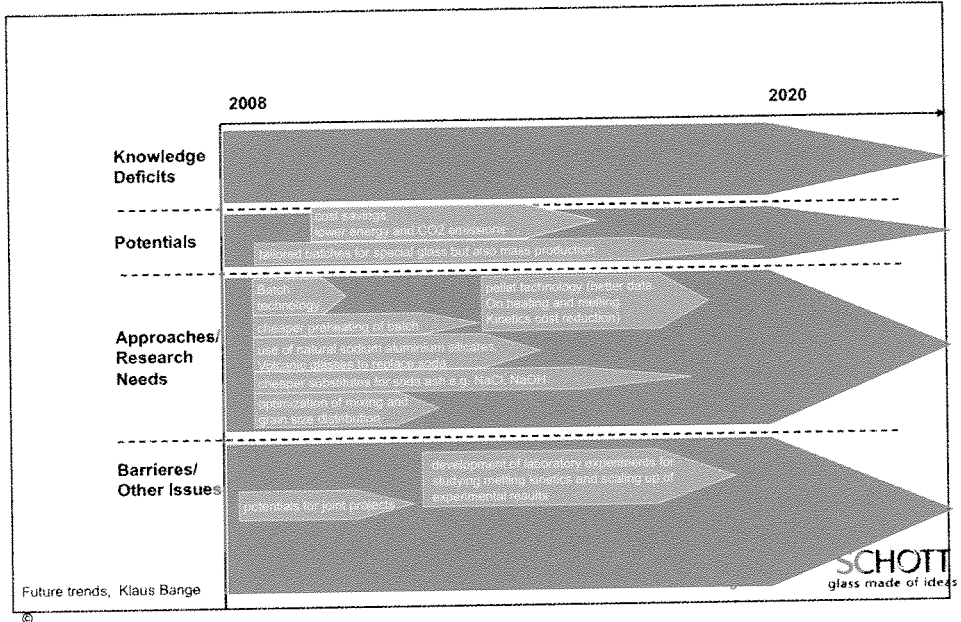
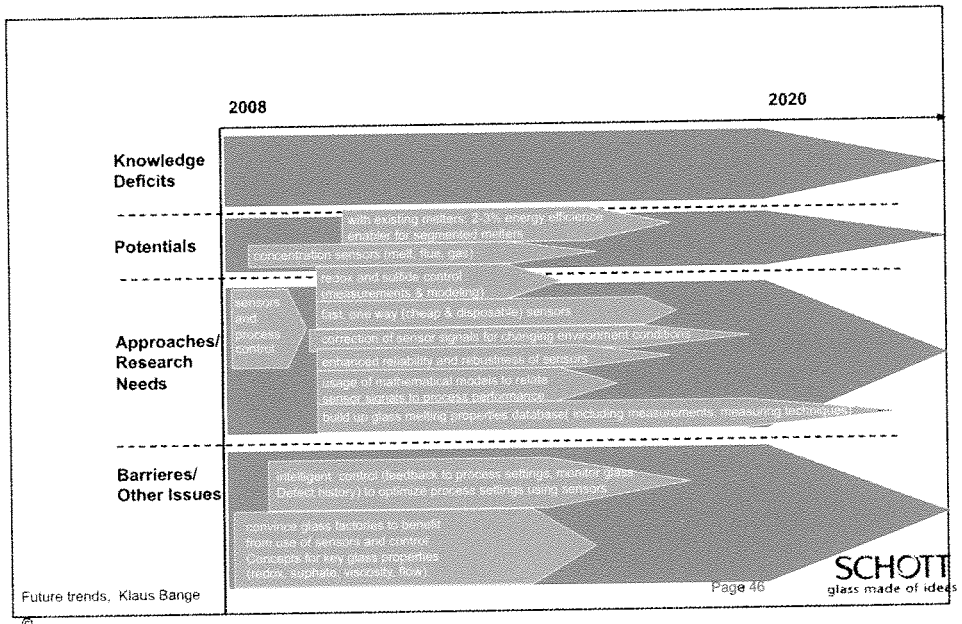
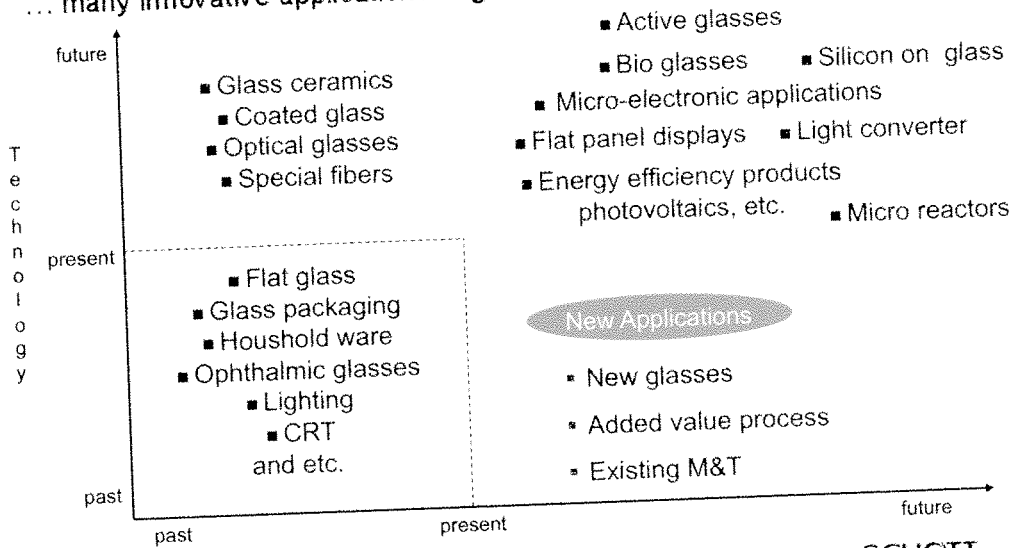


Fig. 3.1.6: Sensors and Process Control



Statements on the Future of glass (XXIII)

... many innovative applications of glass are on the horizon

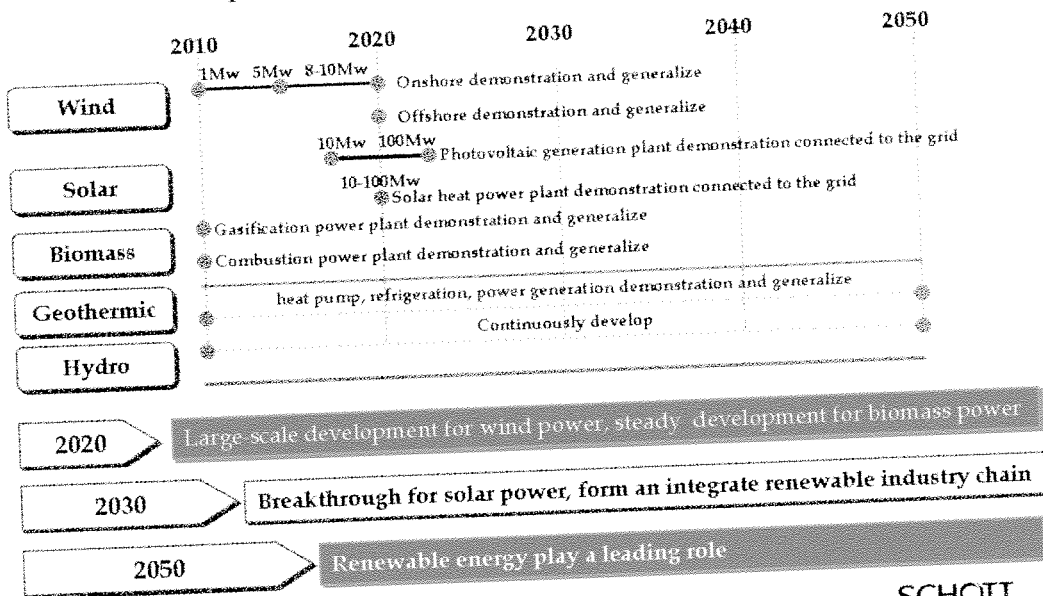


Future trends, Klaus Bange

Page 47

SCHOTT
glass made of ideas

Roadmap for Renewable Energy Power Technology-20% in 2050



Future trends, Klaus Bange

Page 48

SCHOTT
glass made of ideas

Roadmap for renewable energy technology in China

Güner Gözüm - Haluk Şardağ - Volkan Aydeniz

Anadolu Cam Sanayii A.Ş./Cam Ambalaj

ggozum@sisecam.com

hsardag@sisecam.com

vaydeniz@sisecam.com

Güner Gözüm

Güner Gözüm, Anadolu Cam Sanayii A.Ş.'nin İş Geliştirme Müdürü olarak görev yapmaktadır. Anadolu Cam'daki kariyerine 1984 yılında Cam Sıralı Kap Üretim Mühendisi olarak başlamıştır. 1985 yılı itibariyle Müşteri Teknik Hizmetleri'nde çalıştığı sıfatıyla görevini sürdürmüştür. 2000 yılında Topkapı Fabrikası'nın Kalite Müdürlüğü'ne atanmış ve 2002 yılından sonra aynı fabrikada Üretim Müdürü pozisyonunda 3 yıl hizmet etmiştir. 2005 yılında Çayırova Fabrikası Müdürü ünvanını almış, fabrikanın Yenişehir'e taşınması ve Yenişehir Fabrikası'nın kurulması aşamalarında Fabrika Müdürlüğü görevine devam etmiştir. 2006 yılında görevini halen başında bulunduğu İş Geliştirme Müdürlüğü'nde devam ettirmek üzere Anadolu Cam Yönetim Merkezi'ne atanmıştır.

Haluk Şardağ

Haluk Şardağ, Cam Ambalaj Grubu Geliştirme Başkan Yardımcısı olarak görev yapmaktadır. Makina mühendisliği dalında lisans eğitimini Columbia University, makina mühendisliği ve mühendislik yönetimi dallarında yüksek lisans eğitimini Stanford University de tamamlayarak 1985 yılında Trakya Cam Sanayii A.Ş.'de İşletme Mühendisi olarak çalışmaya başlamış, askerlik görevinden sonra Şişecam bünyesinde sırası ile Proje ve Teknik Hizmetler Müdürlüğü Proje Mühendisi, Cam Ambalaj Grubu İş Geliştirme Müdürü, Çayırova Şişe Fabrikası Fabrika Müdürü olarak görev yapmış ve 2005 yılında şu anki pozisyonuna atanmıştır.

Volkan Aydeniz

Volkan Aydeniz, 2002'de İstanbul Teknik Üniversitesi'nde Çevre Mühendisliği Lisans, 2006'da New York Institute of Technology'de Enerji Yönetimi Yüksek Lisans eğitimini tamamlamıştır. 2004 yılından itibaren, City of New York Department of Environmental Protection'da içme suyu dağıtım ve atıksu toplama hatlarının inşasında müfettişlik ve başmüfettiş vekilliği görevlerinde bulunmuştur. 2008 yılında Anadolu Cam Yönetim Merkezi'nde başladığı Çevre Mühendisliği görevini halen sürdürmektedir.

Özet

Ürünlerin çevresel etkilerinin azaltılması, giderek artan ölçüde bir rekabet unsuru haline gelecektir. Sektörde fark yaratmak ve sektöre yön vermek

isteyen birçok kuruluş, çevre dostu imajı oluşturabilmek ve enerji kullanım maliyetlerini aşağıya çekebilmek amacıyla önemli yatırımları hayata geçirmişlerdir. Anadolu Cam Sanayii A.Ş., enerji yoğun sektörlerden olan cam üretiminde faaliyet gösteren bir firma olarak, enerji verimliliği çalışmalarını hızla sürdürmektedir. Cam ambalajın rakip ambalajlara göre en önemli dezavantajı olan yüksek ağırlık, bunun enerji maliyetleri ve çevresel etkilerine katkısı, daha hafif cam ambalaj üretimini hayati ölçüde önemli kılacaktır. Cam sektöründeki teknolojik gelişmeler, bilgi ve deneyimlerimizle bir araya getirilerek hafifleştirme çalışmaları başlatılmış ve birçok ürünün ağırlığı önemli miktarda azaltılmıştır. Hafifleştirilmiş ürünler, hammadde ve enerji tasarruflarının yanında ambalaj atığı miktarında ve çevresel etkilerin bir ölçütü olan karbon ayak izinde ciddi azalmaları da beraberinde getirmektedir. Ayrıca, cam ambalajın malzeme özelliği dolayısıyla %100 geri dönüştürülebilir ve sonsuz kez tekrar cam ambalaj üretiminde kullanılabilir olması, kapalı yaşam döngüsüne sahip tek ambalaj malzemesi olarak ön plana çıkmasını sağlamaktadır. Bu özellik, cam ambalajın gelecekteki en önemli rekabet gücünü oluşturacaktır. Cam ambalaj atıklarının toplanarak geri dönüşüm işlemleri ile Fırına Hazır Cam Kırığı (FHCK) haline getirilmesi ve ikincil hammadde olarak cam ambalaj üretim prosesine yeniden dahil edilmesi, çevreye olumsuz etkilerin minimuma indirilmesi ve enerji sarfiyatının azaltılması bakımından büyük önem arz etmektedir. Üretimde kullanılan cam kırığı oranının artırılması, hammadde kullanımını da azaltarak doğal kaynak sarfiyatının önünde geçilmesine büyük katkı sağlayacaktır. Avrupa Cam Üreticileri Birliği FEVE'nin 2007-2009 yılları arasında sürdürdüğü, Anadolu Cam'ın da veri sağladığı cam ambalaja yönelik LCA (Yaşam Döngüsü Analizi) çalışmasının sonucunda da hafif ambalajın ve cam kırığı kullanımının çevresel etki kategorilerine katkıları daha net anlaşılmıştır.

Giriş

Sanayinin çevresel konulara önem vermeye başlaması, dünyada sanayileşmenin başladığı tarihten günümüze kadar geçen süre ile karşılaştığında çok yakın bir tarihe denk gelmektedir. Uzun süre sadece üretime odaklanan sanayi, günümüzde tüm geliştirme ve iyileştirme çalışmalarını bu yöne kanalize etmiştir. Üretimde gerçekleştirilen ilerleme ve standardizasyondaki başarıların ardından, kalite bir rekabet faktörü olarak devreye girmiş ve Kaliteyi arttırmaya ve sanayide belirli bir kalite standardını yakalamayı hedefleyen sanayi kuruluşları arasındaki fark, kalite politikaları bakımından da zaman içerisinde kapanmıştır.

Her iki süreçte de geliştirme çalışmalarında rakiplerinin gerisinde kalanlar, çıtayı gereken yükseklikte tutamayanlar tarihin tozlu sayfaları arasında yerlerini almıştır. Bu süreçlerde, günün şartlarını sağlayan, diğer bir deyişle günü kurtaran kuruluşlar varlıklarını idame ettirmeyi başarmış; fakat yarını dünden gören, vizyonu geniş, aksiyon planlarını yasalar gerektirdiğinde ya da rakipler uyguladığında değil, gelecekte şartlar gerektireceği için yapanlar diğerleriyle arasındaki farkı ortaya koymuş, piyasayı peşinden sürükleyen köklü kuruluşlar haline gelmişlerdir.

Dün üretim ve kalite politikaları piyasalara nasıl şekil vermişse, gelecekte de çevre politikaları da kimlerin kalıcı ya da gidici, kimlerin büyük ya da küçük olacaklarını belirleyecektir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da her ne kadar şirketlerin konuya yaklaşımları belirlenmiş, çevre politikaları çarklara etkisini göstermeye başlamış olsa da, ülkemizin sanayisinin çevre konularında henüz emekleme aşamasında olması, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de tutarlı ve katı bir çevre politikasını benimseyen kuruluşların rekabette önemli bir avantajı da ellerinde bulundurması anlamına gelmektedir. Çevre politikalarının ülkemiz sanayisine entegrasyonun başladığı ve durdurulmasının mümkün olmadığı bu süreçte, Anadolu Cam da yarışa ülkemiz ambalaj sektörünün birçok temsilcisinden önce başlayarak kazanma yolunda kendine avantaj sağlamayı hedeflemiştir. Şirketimiz, uygulamaya koyduğu projeler yanında, gelecekte hayata geçirilmeye hazır projelerin de altyapısını oluşturmaya

devam etmektedir.

Türkiye, kentselleşme sürecine yakın zamanda girmiş bir ülke konumundadır. Her ne kadar bu süreç diğer sanayileşmiş ülkelerle kıyaslandığında aşırı hızlı görünse de, bu hızın olumlu etkilerinin yanında dezavantajları da yok değildir. Bu dezavantajların en göze çarpanlarından biri de, kişisel ve toplumsal düzlemde modern yaşamın nimetlerine aşırı kanalize olunması ve kısa vadeli bakış açıları nedeniyle çevresel düzenlemelerde yaşanan gecikmedir. Avrupa ve Kuzey Amerika'da sanayileşme sürecinde göz ardı edilen doğal kaynakların sınırlı olduğu gerçeği ve ekolojik dengenin dış etkenlere karşı hassasiyeti, ancak uzun yıllar boyunca süren faaliyetlerin geri döndürülemez hasarlara yol açması ve direk etkilerinin bireylerin günlük hayatlarında kolaylıkla hissedilebilmesi sonrasında gündeme gelmiştir. Sanayi toplumu olma yolunda yola daha geç çıkan ve önünde diğer sanayileşmiş ülkelerin sinai kalkınma sürecinde yaşadıkları ayrıntılarıyla yer alan bir ülke olmamıza rağmen, ülkemizin sanayi sektörü de aynı hataları yapmaktan geri kalmamıştır. Doğal kaynaklar sınırsızmış gibi hammadde tedarikinde kullanılmış, sularımıza hiç kirlenmeyecekmiş gibi atıksular deşarj edilmiş, gökyüzünün renginin değişmesi ise "sis" "pus" gibi doğal nedenlere bağlanmıştır.

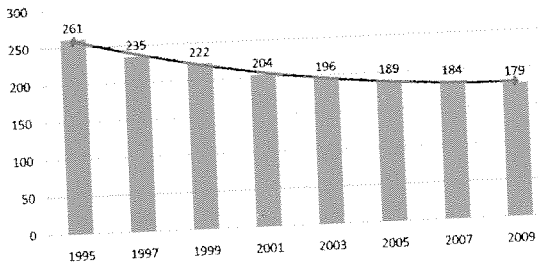
Bu bilinçsizce üretim ve tüketim çılgınlığı, ulaşım ve iletişim teknolojilerindeki gelişimin hızlanması, bireyler ve kurumlar arasındaki etkileşimin gün geçtikçe daha da etkin hale gelmesi sonucu ve duyarlı çevrelerin ve daha sonra da kanun yapıcıların konuya el atmasına kadar devam etmiştir. Bu kapsamda, gelecekte çevresel faaliyetlerin Türkiye'de hak ettiği öneme kavuşması kaçınılmaz hale gelmiştir.

Bu bağlamda, Anadolu Cam olarak çevre konularında birçok çalışmayı yürütmekteyiz. Enerji verimliliği, CO₂ emisyonlarının azaltılmasına yönelik envanter hazırlığı, NO_x emisyonlarını azaltma, ağır metal içerikli baskı boylarından organik boyalara geçiş gibi çalışmaların da bulunduğu portföyümüzden iki farklı fakat birbiriyle yakın ilişkisi bulunan "hafifletme" ve "geri dönüşüm" konularında yaptıklarımızı ve yapacaklarımızı ele aldık.

Hafifletme

Günümüzde giriş bölümünde bahsettiğimiz üzere dünyamızda hammadde kaynaklarının sınırlı olduğu aşikardır. Bu bağlamda hammadde kullanımına bağımlılığın azaltılması için hafifletme projeleri çerçevesinde önemli adımlar atılmış olup, uygulamalar devam ettirilmektedir. Aşağıdaki tabloda (Tablo 1), yıllar itibarı ile gelinen nokta açıkça görülmektedir.

Tablo 1: ACS ortalama ürün ağırlığı tablosu



Çalışmalarda amaçlanan;

Üretilen ambalajın hacminde, dayanımında ve görsel kalitesinde kayıp olmaksızın;

- Hammadde, enerji ve su tasarrufu
- Cam ambalajın karbon ayakizini düşürme
- Daha az füzyon ile daha fazla ürün üretme
- Ürün nakliyesinde avantaj
- Dolu ürünün nihai kullanımında taşıma kolaylığı

sağlamaktır. Tablodan da görüleceği üzere yaklaşık 15 yıllık süreçte ortalama ürün ağırlığında % 31,5 hafifletme elde edilmiştir.

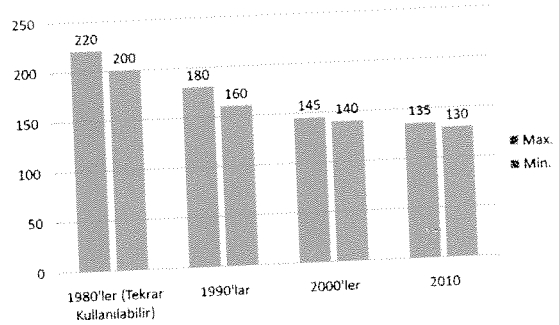
Günümüzde cam ambalaj sanayi' nde ağırlık azaltma ile ilgili çeşitli yöntem ve teknikler uygulanmaktadır. Anadolu Cam, bu yöntem ve teknikleri sürekli takip etmekte olup, çeşitli geliştirme projeleri ile de uygulamalarına yansımaktadır. Bunlardan;

- Düzgün cam dağılımının sağlanmasına, (Örn. NNPB (Narrow Neck Press-Blow))
- Yüzey hatalarının önlenmesine, (Örn. NFS (New Forming System))

- Üretim sonrasında oluşacak hasarların minimize edilmesine yönelik (Örn. Yüzey Kaplama)

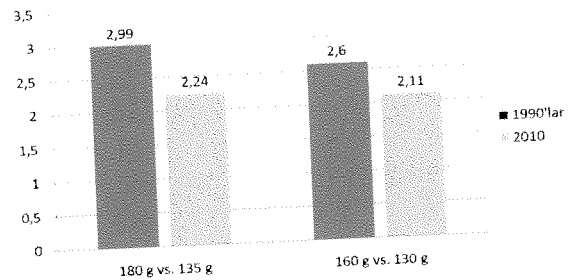
teknik ve yöntemler uygulamalarımızda temel teşkil etmektedir.

Tablo 2:

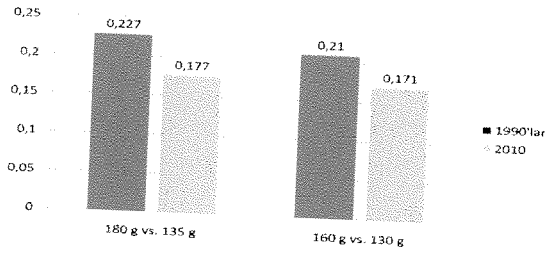


Tablo 2' de, Ambalajdaki cam dağılımını iyileştirerek dayanımını artırmaya yönelik bir teknoloji uygulaması ile sağlanan hafifletme görülmektedir. Bu teknoloji ile tekrar kullanılabilir maden suyu, meşrubat ve bira şişelerinden tek kullanımlık şişelere geçiş sağlanmış ve % 36' ya varan bir hafifletme sağlanmıştır. Bu teknoloji, dar boyunlu şişelerin presleme metodu ile şekillendirilmesi olup, çeşitli sektörlerdeki şişeler hedef alınarak çalışmalar sürdürülmektedir.

Tablo 3: (Birincil Enerji İhtiyacı(MJ)-cradle to cradle)



Bu çalışmalarda, tablo 3 ' teki birinci örnekte birincil enerji ihtiyacı(MJ) % 25; ikinci örnekte ise, % 18;

Tablo 4: Karbon Ayak izi (kg CO₂ eşdeğer)

Tablo 4' te de görüldüğü üzere % 22 ve %18,5 karbon ayak izi (kg CO₂ eşdeğer) azaltılması sağlanmıştır.

Böylece; 2010 yılı bütçesindeki 1,63 milyar adetlik üretimde 1990'lardaki ağırlığa kıyasla tasarruflar:

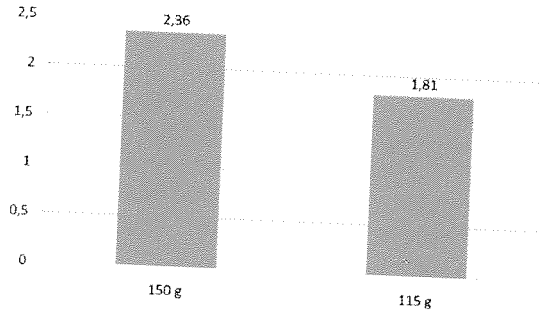
- 90.000 ton hammadde
- 1,22 milyar MJ enerji(3.150.000 m³ doğalgaz) tasarrufu elde edilmiş ve
- 81.500 ton C emisyonu (**Yılda yak. 27.000 aracın trafikten çekilmesine eşd.**) azaltılmıştır.

Diğer bir teknikte ise;

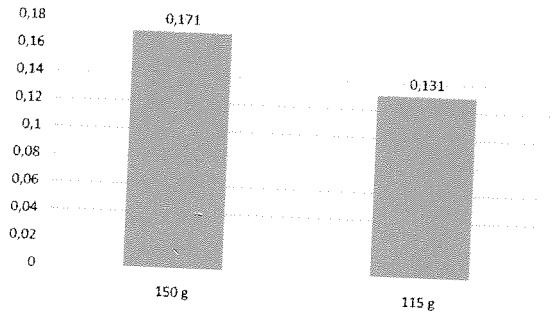
- Camdaki iç yüzey hasarlarını azaltarak mukavemeti çok yüksek olan saf cama yaklaşma amaçlanarak, ambalajın iç yüzeyi ile temas eden hava, ekipmanın temiz olması, kontaminasyonun engellenmesi esas alınmıştır. Bu sayede darbe dayanımı artırılmış ve bu nedenle basınçsız şişelerde hafifletme imkanı sağlanmıştır.

New Forming System(NFS) olarak adlandırılan bu teknik şu anda meyve suyu ve süt şişelerinde uygulanmaktadır.

Bu uygulama ile 150 gr olan bir meyve suyu şişesi aynı şekil ve hacimde olmak üzere 35 gr hafifletilerek 115 gr olarak üretilmeye başlanmıştır. Dolayısı ile Birincil Enerji İhtiyacı (Tablo 5) ve karbon ayak izi(kg CO₂ eşdeğer)(Tablo 6) % 23 azaltılmıştır.

Tablo 5: (Birincil Enerji İhtiyacı(MJ)- cradle to cradle)

BİRİNCİL ENERJİ İHTİYACI-MJ

Tablo 6: (Küresel Isınma Potansiyeli - kg CO₂ eşd.)

Bu örnekte de görüleceği gibi;

Eski kalıpla üretim yapmakla yeni kalıpla yapılan üretim arasında yaklaşık 5.2 mio MJ(135.000 m³ Doğalgaz), ve 400 Ton hammadde tasarrufu elde edilmiş ve C emisyonu 300 ton azaltılmıştır.

Hafifletme projelerinin yanı sıra artan üretim ve dolun hızları, cam ambalaj üretimini destekleyen diğer uygulamaların başında gelen yüzey kaplama metotlarını da öne çıkarmıştır. Dolayısı ile şişe yüzeyinde oluşan mikro çatlaklardan doğabilecek hasarları minimize etmek, dolun, kapama, ambalajlama ve nakliye kaynaklı dış etkenlerden oluşabilen hasarları ve mukavemet kaybını önleme, artan dolun hızları paralelinde dolun hattı akışını hızlandırmak için yüzey kaplamaları büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda;

- Gelecekteki hedef, özel olarak geliştirilecek yüzey kaplama malzemeleri ile yüzey kusurlarının minimuma indirilmesi ve cam

minimuma indirilmesi ve cam ambalajın dayanımını artırarak, daha da hafif ambalaj üretimini mümkün kılmak,

- Camın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sınırlarını zorlayarak, daha az enerji ve doğal kaynak kullanımı ile ürün niteliğini en üst düzeye çıkarırken olumsuz çevresel etkileri de minimuma indirmek,
- Proseste ve tasarımda sağlanacak olan iyileştirmelerle hafifletme çalışmalarına hız kaybetmeden devam etmek,
- Cam dağılımını iyileştirmek,

Böylelikle ultra-ultrahafif şişeler üreterek ikame ambalajlar karşısındaki ağırlık dezavantajını yok etmek hedeflenmektedir

Cam Ambalajda Geri Dönüşüm

Geri dönüşüm, kullanım işlevini tamamlamış olan, tamamen veya kısmen geri dönüştürülebilir özellikteki atıkların, malzemeye özel çeşitli işlemlerden sonrasında hammadde haline getirilerek üretime tekrar dahil edilmesi anlamına gelmektedir. Geri dönüştürülebilir atıklar, hangi ürünlerin üretiminde hammadde olarak kullanılacağına bağlı olarak “açık döngülü geri dönüşüm” veya “kapalı döngülü geri dönüşüm” sürecine sahip olabilirler. Kapalı bir yaşam döngüsüne sahip olan cam ambalaj, hiçbir kalite ve malzeme kaybı olmadan sonsuza dek geri dönüşümü mümkün olan yegane ambalaj malzemesidir.

Cam ambalaj içerisinde tüketicinin kullanımına sunulan herhangi bir ürünün tüketilmesinin ardından cam ambalaj eğer tekrar kullanılabilir(depozitolu) bir ürün değilse atık haline gelerek geri dönüşüm sistemine dahil edilmek üzere tüketici veya atığın üretildiği yer (otel, lokanta vs.) tarafından kaynağında diğer atıklardan ayrı biriktirilir ya da cam kumbaralarına atılır. Lisanslı toplama/ayırma firmaları özel toplama araçlarıyla cam ambalaj atıklarını toplar. Toplama/ayırma tesisi (TAT)'deki ilk kaba ayırma işleminin ardından, geri dönüşüm tesisinde atığı ikincil hammadde haline getirmek üzere gerekli işlemler yapılır ve cam ambalaj üretimi yapan fabrikaya, ürüne

dönüştürülmek üzere gönderilir. Üretilen cam ambalaj, dolumcu tarafından kendi ürünü ile doldurularak tekrar tüketiciye sunulur.

Cam ambalajların geri dönüştürülmesindeki temel hedefler, hammadde olarak doğal kaynakların tüketimini azaltmak, özellikle ergitme için kullanılan enerjide tasarruf sağlamak, ekonomik değere sahip atık malzemenin düzenli depolama alanlarında gömülmesinin veya vahşi çöplüklerde ve doğada bertarafının önüne geçmek, çevresel etki kategorilerine (küresel ısınma potansiyeli, asidifikasyon, ötrifikasyon vb.) olumsuz katkıları azaltmak ve ilgili mevzuatın getirdiği yasal yükümlülükleri yerine getirmektir.

Cam ambalaj geri dönüşümünün, Anadolu Cam özelinde sağladığı faydalara gelindiğinde, ergitme için gerekli yakıt ve elektrik enerjisinden tasarrufların ön plana çıktığını görmekteyiz. Yakıt sarfiyatındaki azalmalarla doğru orantılı olarak, karbon emisyonlarında da ciddi düşüşler görülmektedir. Üretimde cam kırığı kullanım oranının artırılması, fabrikalarda hammaddeye bağımlılığı azaltmakta, düşük stoklarla çalışma imkanını da beraberinde getirmektedir. Bunun paralelinde, harman dairesi yatırım ve işletme maliyetlerinde azalmalar göze çarpmaktadır.

Cam ambalaj üretiminde yüksek kaliteli cam kırığının hammadde olarak kullanılması, ürün iç basınç dayanımını artıracak ve buna bağlı olarak hafifletme çalışmalarında önemli kolaylıklar sağlayacaktır.

Avrupa Cam Ambalaj Üreticileri Birliği FEVE'nin üyelerinin verdiği bilgiler doğrultusunda, 2008 yılındaki cam ambalaj geri dönüşüm oranlarının Avrupa ortalaması %64 olarak belirlenmiştir. (Grafik 1)

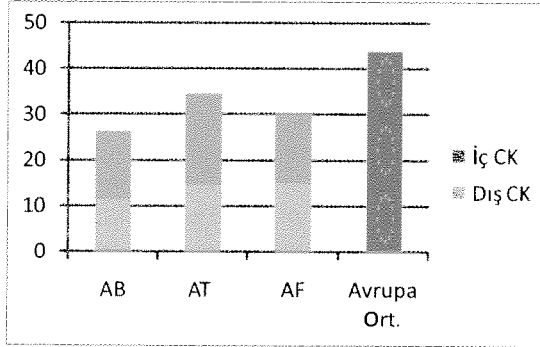
Grafik 1: 2008 yılı Avrupa cam geri dönüşüm oranları (FEVE, 2008)



Türkiye’de bu oran aynı yıl için %19’da kalmıştır. Avrupa ülkelerinin, geri dönüşüm konusunda çalışmalarla ülkemizden çok daha önce başlamış olması, bu farkı yaratan en önemli etken olarak göze çarpmaktadır.

Yine FEVE üyelerinin, üretimde dış kaynaklı cam kırığı kullanım oranlarının ortalamasına bakıldığında %44 gibi yüksek bir rakama ulaşmış oldukları görülmektedir. Anadolu Cam’ın AB Yenişehir, AT Topkapı ve AF Mersin Fabrikalarında dış cam kırığı kullanım ortalaması %12-13 seviyesinde seyretmektedir. (Grafik 2)

Grafik 2: ACS ve Avrupa cam kırığı kullanım oranları (ACYM, FEVE, 2009)



Türkiye’de cam geri dönüşümü, gerçek anlamda 1970’li yılların sonlarında cam ambalaj atığı toplama faaliyetleri ile başlamıştır. 1985 yılında, Anadolu Cam tarafından Fırına Hazır Cam Kırığı (FHCK) hazırlama işlemlerini gerçekleştirmek üzere Çayırova Cam Kırığı tesisi devreye alınmıştır.

Ülkedeki ilk cam kumbaraları, Şişecam’ın yatırımlarıyla 1987 yılından itibaren İstanbul’dan başlanarak hizmete sunulmuştur. 2007 yılında ülke genelinde sayısı 2700’e ulaşan cam kumbaraları ÇEVKO Vakfı’na devredilmiştir. Cam kumbaraları halen ÇEVKO tarafından işletilmekte, sayıları her geçen yıl hızla artmaktadır(2009 yılında 3250 adet).

Avrupa Birliği müktesebatı ile uyum sağlama çalışmaları dahilinde, ülkemizde de ambalaj geri dönüşümüne yönelik mevzuat belirlenmiş, Çevre ve Orman Bakanlığı’nın Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’nde 2020 yılına kadar ulaşılması gereken yıllık geri

dönüşüm hedefleri belirlenmiştir. (Tablo -7)

Tablo 7: Ambalaj malzemesi bazında yıllık geri dönüşüm hedefleri

Yıllar	Malzemeye göre yıllık geri kazanım hedefleri (%)			
	Cam	Plastik	Metal	Kağıt/Karton
2005	32	32	30	20
2006	33	35	33	30
2007	35	35	35	35
2008	35	35	35	35
2009	36	36	36	36
2010	37	37	37	37
2011	38	38	38	38
2012	40	40	40	40
2013	42	42	42	42
2014	44	44	44	44
2015	48	48	48	48
2016	52	52	52	52
2017	54	54	54	54
2018	56	56	56	56
2019	58	58	58	58
2020	60	60	60	60

Yetkilendirilmiş Kuruluş olan ÇEVKO Vakfı, yükümlülüklerini devraldığı piyasaya süren firmaların toplatması gereken ambalaj atıklarını bu hedefler doğrultusunda yerine getirmektedir. Yükümlülüğünü devretmeyen piyasaya sürenlerse, hedeflerini lisanslı ambalaj atığı toplama firmaları ile ikili sözleşmeler yaparak yerine getirmektedir.

Çevre ve Orman Bakanlığı’nın 24.06.2007 tarih ve 26562 sayılı Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği’nde “Kaynağında Ayrı Toplama” esas olarak belirlenmiş, yönetmelik bu kavram üzerine oturtulmuştur.

Yönetmelikte ambalaj atıkları yönetim sisteminin elemanları, belediyeler, lisanslı toplama/ayırma ve geri dönüşüm tesisleri, yetkilendirilmiş kuruluşlar(ÇEVKO, TÜKÇEV), piyasaya sürenler ve ambalaj üreticisi şeklinde yer almaktadır.

Ambalaj üreticisinin en önemli yükümlülüğü, ülke çapında geri kazanım kapasitesi yaratmak olarak belirtilmektedir. Bunun yanında,

Ambalajın tasarım aşamasından başlayarak, üretim ve kullanım sonrasında en az atık üretecek ve çevreye en az zarar verecek şekilde ambalaj üretme, ambalaj malzemesini tekrar

kullanıma, geri dönüşüme ve/veya geri kazanıma uygun olacak şekilde tasarlama, üretme ve piyasaya sunma, ambalaj atıkları yönetimi kapsamında tüketicileri bilgilendirici eğitim faaliyetleri yapma da ambalaj üreticisinin yükümlülükleri arasında yer almaktadır.

Ambalaj atığı toplama ve geri kazanım işlemleri belediyelerce hazırlanan "Atık Yönetim Planı" çerçevesinde gerçekleştirilir.

2009 yılı sonu itibarıyla, Çevre ve Orman Bakanlığınca Atık Yönetim Planı onaylanan 220 belediye mevcuttur. Bu planlar kapsamında ulaşılan nüfus, çoğunluğu Büyükşehirlerde olmak üzere 22 milyon kişi civarındadır.

Cam ambalaj atıklarının toplanmasında ülkemizde halen ciddi sorunlar yaşanmaktadır. Önceki bölümlerde de belirtildiği üzere, Avrupa ve Türkiye cam geri dönüşüm oranları arasında önemli farklar bulunmaktadır.

Mevcut sistemdeki sorunların kaynağında yerel yönetimlerin konuya yeterince önem vermemeleri yatmaktadır. Birçok belediye, yasal yükümlülüklerini yerine getiremediği gibi, ayrıca evsel atıkları toplattığı anlaşılan firmaların cam ambalaj atıklarını evsel atıklara karıştırmalarına göz yummaktadır. Toplanan bu atıklar karışık olarak düzenli depolama alanlarında gömülerek cam ambalaj atıklarının geri dönüşümü engellenmektedir.

Camın, diğer ambalaj malzemelerine kıyasla oldukça düşük bir ekonomik değere sahip olması da, özellikle toplama/ayırma firmalarının motivasyonunu olumsuz yönde etkileyen yadsınamaz bir gerçektir. Kaynağında ayrı toplamanın yüksek maliyetli bir faaliyet olması da, bu firmaların kar marjı yüksek malzemelere yönelmesine neden olmaktadır.

Halkın kaynağında ayrı toplama hakkında yeterince bilgilendirilmemiş olması ve eğitim faaliyetlerinin halen yetersiz kalmasının yanında, yerel yönetimlerin de ellerini taşın altına sokmakta tereddüt etmeleri (özellikle kaynağında ayrı toplama yapmayan işyeri ve konutlara cezai müeyyide uygulanması konusunda), sistemin gelişmesi için çaba sarf eden tarafların çalışmalarının verimini

düşürmektedir. Etkin bir kaynağında ayrı toplama sistemine sahip olamamız nedeni ile, sadece İstanbul'da her yıl tahmini 100.000 ton cam ambalaj atığının düzenli depolama sahalarında evsel atıklarla birlikte gömüldüğü tahmin edilmektedir. (Tablo 8)

Tablo 8: İstanbul'un düzenli depolama alanlarına giren günlük atık kompozisyonu (İSTAÇ, 2007)

Malzeme	%	Miktar (t/g)
Kağıt-Karton	12,69	1777
Tetrapak	0,49	69
Cam + türevleri	4,07	570
Pet	1,02	143
Poşet	8,45	1183
Plastik	2,54	356
Metal	0,45	40
Organik Madde	59,44	8321
Ahşap	0,21	29
Tekstil	3,99	559

Birçok tüketicinin, cam ambalajları farklı amaçlarla tekrar kullanması nedeniyle de, geri dönüşüm sistemine dahil edilmeyen bir miktar da söz konusudur.

Cam ambalaj geri dönüşümünde yaşanmakta olan bu sorunların üstesinden gelebilmek, ülke çapında sürdürülebilir bir sistem kurabilmek için hayata geçirilmesi şart olan bazı eylemler aşağıdadır:

- Kumbara sisteminin yaygınlaştırılması gerekmektedir.
- Tüketiciler kaynağında ayrı toplama hakkında bilinçlendirilmeli, yaptırımlarla oluşturulan bilincin işlevsellik kazanması sağlanmalıdır.
- Lisanslı toplama ayırma firmalarının sayısı ülke coğrafyasında verimli çalışmaya olanak tanıyacak şekilde artırılmalıdır.
- Yetkilendirilmiş Kuruluş tarafından lisanslı firmalara toplama faaliyetleri karşılığında ödenen destek primleri, sistemin geliştirilmesine ve yatırıma yönlendirilmelidir.
- Yerel yönetimler kar amaçlı değil, sonuç odaklı çalışmalı, Yönetmeliğe uyum sağlamalıdır.

- TAT ve GDT' ler tüm ambalaj atıklarına önem vermeli, sisteme camı da dahil etmelidir.
- Cam ambalaj atığı üretiminin yüksek olduğu işletmelere, kaynağında ayrı toplamaya yönelik bağlayıcı zorunluluklar getirilmelidir (işyeri ruhsatı alırken vs.)
- Ülke çapında GDT sayısı artırılarak nakliye masrafları aşağı çekilmelidir.
- Anadolu Cam, FHCK alım fiyatlarını güncel tutarak diğer ambalaj malzemeleriyle rekabeti optimize

etmekle birlikte, etkin kalite primleri ile GDT' lerinin modernizasyonuna destek olarak cam toplamayı lisanslı firmalar için cazip hale getirmelidir.

Bu eylemlerin hayata geçirilmesi ile birlikte, cam geri dönüşüm sisteminin Türkiye'de hızlı bir yükselişe geçmesi ve belki de Avrupa ülkelerindeki geri dönüşüm oranlarının yakalanması çok da zor olmayacaktır.

Ana hammadde olarak cam kırığının kullanılacağı, kumun sadece **katkı** maddesi sıfatıyla **nostaljik** bir unsur haline geleceği bir cam ambalaj üretimi, Anadolu Cam için **artık bir hayal olmamalıdır.**

Michael Greenman

Glass Manufacturing Industry Council
(GMIC)

mgreenman@gmic.org

Michael Greenman is the executive director of the Glass Manufacturing Industry Council (GMIC), located in Westerville, Ohio. He came to the GMIC in 1998 from Carr Lowery Glass Company in Baltimore, Maryland, where he was Manager of Special Projects starting in 1995. In that capacity he was a member of the Glass Industry Team that worked with the Department of Energy's Office of Industrial Technologies to develop a glass industry vision and the industry roadmap. Since joining the GMIC as its first executive director, the membership has grown substantially and a comprehensive program to help the glass industry to improve its energy efficiency, environmental responsibility and competitive effectiveness has been developed.

Michael did his undergraduate work at Carleton College in Northfield, Minnesota, and earned a degree in Romance languages from the University of Minnesota. He has fluency in several languages.

Michael's professional career prior to entering the glass industry covers 9 years in the U.S. Navy, where following service in a number of locations including Iceland and Cuba he resigned his commission as a Lieutenant in Public Affairs. 20 years in international business with Caterpillar and John Deere followed with assignments to South America, the Far East, Europe, Africa and the Middle East. He has also been Executive Director of a London-based fund management firm and a Third World development organization.

Abstract

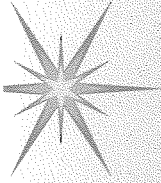
The Glass Industry in the United States, and perhaps elsewhere as well, has traditionally had limited conversations across sectors, and even within sectors. The Glass Manufacturing Industry Council



was created in 1998 to open up discussion between the container, flat, fiber and specialty sectors of the U.S. glass industry. Today those discussions are spreading around the world, as companies everywhere come to realize that there is much benefit to be derived from building coalitions to address and solve common challenges. We can all benefit when fundamental understanding is increased! Today our focus is on finding answers to the ages old question of why glass, a material that is intrinsically stronger and lighter than steel, operates in most applications at a minuscule percentage of its potential strength. An international project open to glass companies and universities around the world is underway to carry out research in these areas with the objective of increasing the use of glass in numerous new applications and increasing its value to society and the environment.

Other activities, projects and strategic direction for the GMIC will also be discussed.

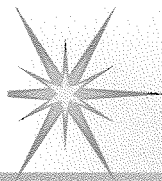
Glass - Coming Together to Shape the Future



Şişecam
Istanbul, Turkey
7 May, 2010

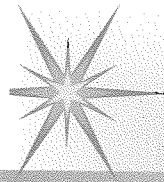


Michael Greenman
Executive Director

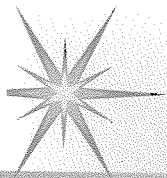
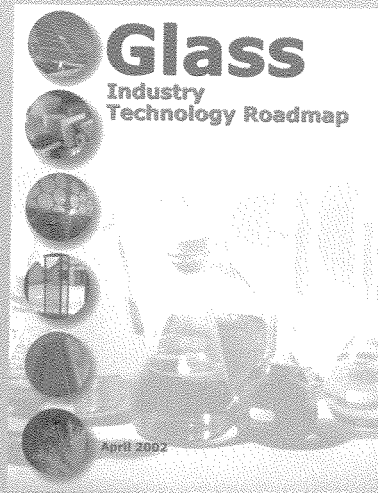
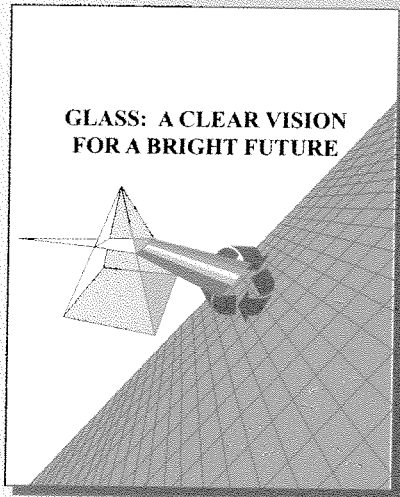


Outline

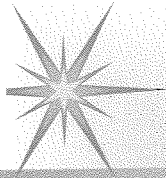
- GMIC Formed
- Strength
- Strategic Plan
- Waste Heat Management
- Glass Industry Image – ICG – TC-12
- Global Membership
- Glass Users
- Submerged Combustion Melter & NRG Balance



Glass Industry Vision

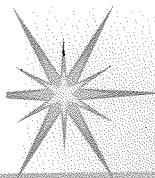


G M I C
**Glass Manufacturing
Industry Council**



Strength

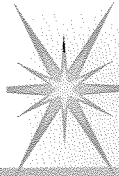
- Game Changer – “Usable Glass Strength”



Strength of Glass

*1 PSI= 0.00000689 GPa

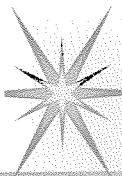
<u>Condition of Glass</u>	<u>lb/Square Inch (GPa*)</u>
➤ Surfaces ground and sandblasted	< 4,000 (0.027)
➤ Pressed Articles	3,000 – 8,000 (0.0206-0.551)
➤ Blown Ware:	
➤ Hot Iron Molds	4,000 – 9,000 (0.027-0.06)
➤ Paste Molds	5,000 – 10,000 (0.034-0.069)
➤ Inner Surfaces	15,000–40,000 (0.103-0.275)
➤ Drawn tubing or rod	6,000 – 15,000 (0.413-0.103)
➤ Window Glass	8,000 – 20,000 (0.551-0.138)
➤ LCD (0.65 mm)	~45,000 (0.31)
➤ Annealed fibers	
➤ Annealed	10,000–40,000 (0.069-0.275)
➤ Freshly drawn	30k –400k (0.207-0.275)
➤ Gorilla Glass (Smart Phones)	100k-200k (0.689-1.38)
➤ Telecommunications Fiber	>100,000 (0.689)
➤ Theoretical/Demonstrated	2,000,000!! (13.78)



Gorilla Glass

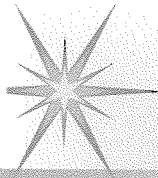


**Samsung
Ultra-Touch
(and others)**



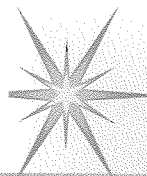
Glass Strength – Making it Happen!

- Bi-Annual Contest

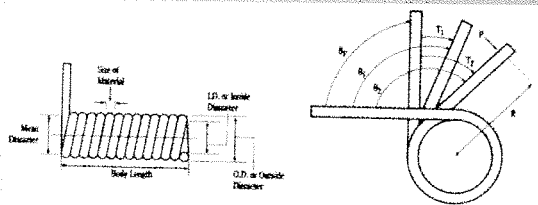
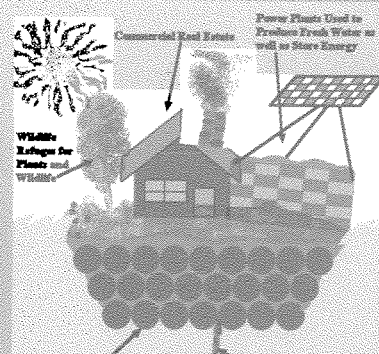


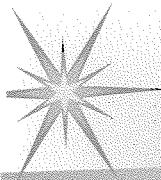
Possible New Markets for Ultra-Strong Glass

- Ultra-Thin film Solar Cells
- Energy Storage
- Glass Balloon Satellites
- Liquid Mirror Telescopes
- Structural Supports



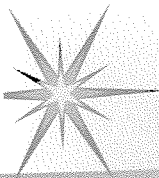
Ultra-Strong Glass





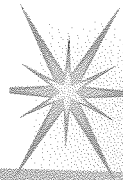
Glass Strength – Making it Happen!

- Bi-Annual Contest
- Meetings/Conferences
 - “Towards Ultrastrong Glass (Germany) – September 2008
 - “Roadmap Brainstorming” conference (Europe) – Spring 2009
 - Global Conference – at PacRim/GOMD/ICG (Vancouver) – June 2009
- Brain Trust
 - Identify experts around the world with interest/knowledge in glass strength.
 - <http://glass-fracture.org>



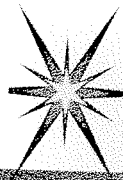
Glass Strength





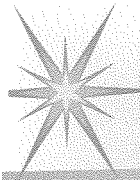
Glass Strength

- Game Changer – “Usable Glass Strength”
- Strength Steering Team (SST)
 - 7 glass companies
 - Universities, suppliers, users
- Core Research Team (CRT)
 - 6 Universities, glass companies, government agencies
- International Input



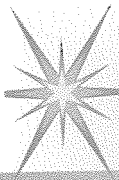
Coalition Objective

- Obtain a fundamental understanding of the initiation of flaws in multi-component oxide glasses, and
- Develop the next generation of glass technical experts and researchers.



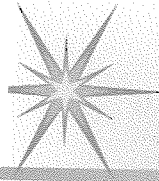
Plan Moving Forward

- Develop Coalition to support projects, cost-share with government programs (initially)
- Develop method for handling intellectual property
- Identify initial projects, long term direction and submit proposals

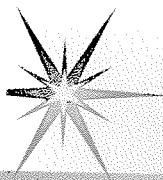
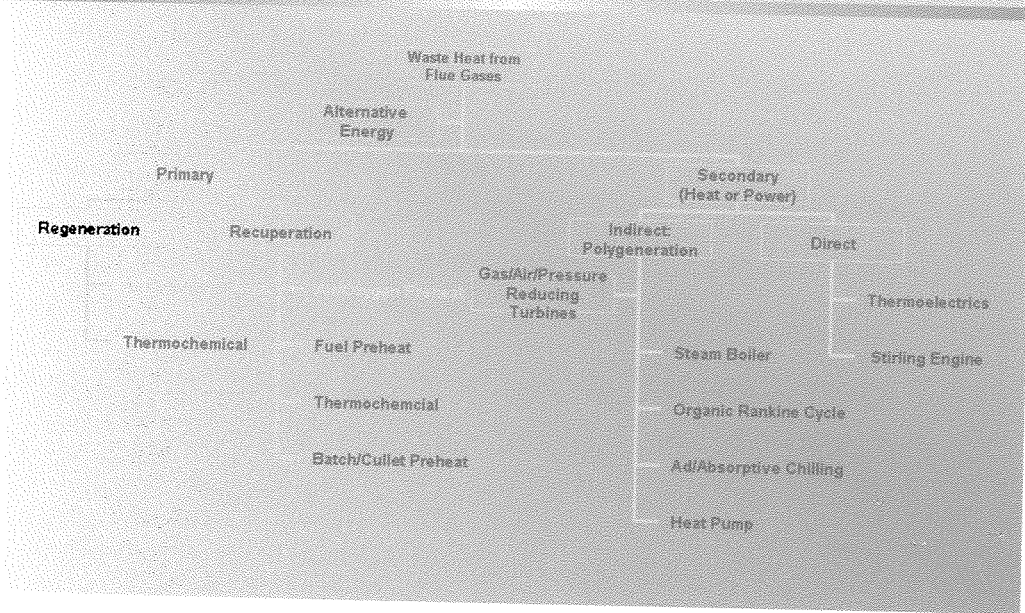


Waste Heat Management

- Strategic Plan Priority
- “Low Hanging Fruit”

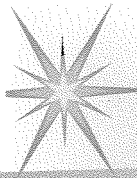


Waste Heat Recovery: General Concepts



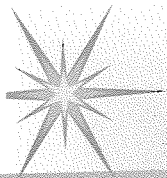
Solutions Matrix

Waste Heat Recovery Technology	Savings Potential	Issues
Preheated Air	0-5% Fuel Savings	<ul style="list-style-type: none"> • Cost/improvement ratio • Maintenance • Emissions
Fuel Preheating	2-4% Fuel (O ₂) Savings	<ul style="list-style-type: none"> • Low fuel temp. limitations with NG • Capital vs savings
Oxygen Preheating	3-6% Fuel and O ₂ Savings	<ul style="list-style-type: none"> • Limited oxygen preheat limit: <ul style="list-style-type: none"> - Safety - Exotic Materials may be needed • Cost and complexity
Batch and/or Cullet Preheating	10-35% Fuel (O ₂) Savings	<ul style="list-style-type: none"> • Capital • Maintenance concerns • Operational Concerns (e.g. Dry batch, segregation)
Thermochemical Recup or Regen	10-25% Fuel (O ₂) Savings	<ul style="list-style-type: none"> • Complexity (source of reforming gas, heat transfer) • Costs • New technology
CHP System: (Co- or Trigeration)	0.05-0.15 MW-h/ton	<ul style="list-style-type: none"> • Cost • Complexity



Strategic Planning

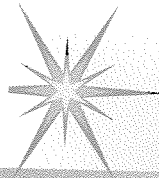
- Promote and Facilitate the Use of Glass
 - Educate Government and Industry
- Position the Industry to better meet Sustainability Demands
 - Workshops, partnerships, universities
- Broaden representation of the Glass Industry
 - Executive Advisory Board, International, broaden membership



Glass Industry Image

- International Commission on Glass
 - TC-12 – Glass, Society & Environment
- TC-12 Mission:

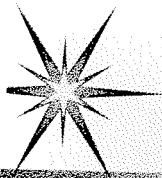
to offer a platform for the exchange of technical information on the benefits that glass products bring to society and the environment and to initiate, encourage and support promotion of the use of those products.



New Membership Areas

- Global Members
- Glass Users

- Now, John Brown, Technical Director



www.gmic.org

614-818-9423

Prof. Dr. Arun K. Varshneya,
Alfred University, Alfred NY
varshneya@alfred.edu

EDUCATION: Ph.D., Case Western Reserve University; materials science (1970)

HONORS:

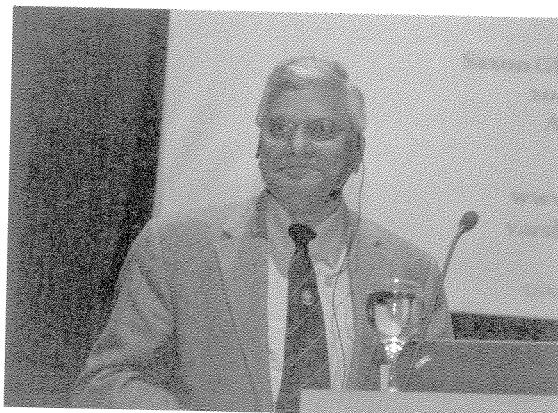
1. Recipient of the 2007 President's Award from the International Commission of Glass for lifetime services to glass science and technology profession.
2. Invited author for the INDUSTRIAL GLASS entry in 1998 edition of the **ENCYCLOPEDIA BRITANNICA**, Macropedia v. 21 pages 295-307.
3. Treasurer, The American Ceramic Society 2008-2010.
4. Fellow of the Amer Ceram Soc. And Society of Glass Technology (UK),

SOLO-AUTHORED BOOK:

1. "FUNDAMENTALS OF INORGANIC GLASSES" Second Edition. A 680-page textbook for junior/senior level undergraduate students and new-entry professionals covering the composition, structure, and properties of inorganic glasses. Society of Glass Technology UK. September 2006.

MAJOR INVITED ARTICLES (140 publications in print):

1. "Inorganic Glasses – Structure, Composition and Properties", pages 5.1 – 5.96, Invited chapter in "Handbook of Ceramics, Glasses, And Diamond, C. A. Harper editor, McGraw-Hill Book Co., New York, 2001, with T. P. Seward III.



2. "Inorganic Glasses – Commercial Glass Families, Applications, And Manufacturing Methods", pages 6.1 – 6.140, *ibid*, with T. P. Seward III.

PATENTS: Four.

CURRENT RESEARCH INTERESTS: Chemical strengthening of glass, chalcogenide glasses, finite element stress analysis and glass structural calculations using the method of molecular dynamics.

AS PRESIDENT OF SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.

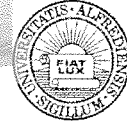
The Company was set-up as an entrepreneurial business in 1996. The Company supplies critically needed chemical strengthening of borosilicate glass auto injector cartridges for bee-sting emergency antidote. Chemically strengthened glass for needle-free injector, and windows for bullet and blast-resistant and several display applications are in the development stage.

Abstract

Glass products need to be thinner and stronger. Flat glass substrates, 4mm or thinner, for solar energy management, 1mm or thinner for personal

communication electronics display, transparent armor, and light weighted glass containers for pressurized beverage and medicines are at the frontiers in various stages of development. There are many technology issues mostly relating to the economics of producing a meaningfully

strengthened soda lime silicate glass, its reliability (reduce the "low strength tail"), and its edge-strength. This presentation addresses the strengthening technology of some glass products at the frontiers along with some of the associated issues. Chemical strengthening is emphasized.



STRENGTHENED GLASS FRONTIERS

Arun K. Varshneya

Professor of Glass Science & Engineering
NY State College of Ceramics at Alfred University
Alfred NY 14802

President
Saxon Glass Technologies, Inc.
200 N. Main Street
Alfred NY 14802

www.saxonglass.com
varshneya@alfred.edu

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



FRONTIER GLASS PRODUCT TECHNOLOGIES

Flat glass for solar energy generation and conservation

- Chemically strengthened substrate for photovoltaics
- Energy-intelligent glass window (thermal management)
- Electrochromic, photochromic, thermochromic, self-clean

Flat glass for electronic devices and commercial display technologies

- Communication: Cell (mobile) phones
- Entertainment: MP3 players, "nano pods"
- ATM windows, Laptops, others

Advanced safety glass windows (laminated, chemically strengthened)

- Architectural (hurricane-; Govt. buildings)
- Vehicles (military, dignitaries, trains)

Glass for architecture

- Curtain walls, support structures?

Lightweight glass containers

Pharmaceutical cartridges and vials

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



THEME

EMPHASIS: RESOURCE CONSERVATION
ENERGY CONSERVATION

More important glass applications of the future,

the “frontiers”,

will require **very strong** thin (<4 mm; some <1 mm) flat glasses and <2 mm or thinner glass containers.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Strengthening of glass

The underlying concepts to strengthen glass, i.e., increase σ_f are essentially five:

- (1) reduce the severity of the flaws (reduce K_I);
 - Firepolishing
 - Etching
- (2) control of environment in the immediate vicinity of the crack tip (increase K_{Ic});
- (3) polymeric coatings to reduce risk of surface damage (reduce c);
- (4) introduce compression in the surface (increase σ_a to reach σ_f level)
 - Overglazing
 - Thermal tempering/Heat strengthening
 - Chemical strengthening
- (5) **toughening**
 - crack pinning, deflection or crack-tip shielding (increase K_{Ic}).
 - glass-ceramics/filled glasses
 - lamination

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



This lecture focuses on glass strengthening as additional value-added component to benefit frontier glass products.

Emphasis is placed on chemical strengthening of glass.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Thermal tempering/heat strengthening

“Kind-HS” heat-strengthened glass has lesser degree of temper. Compression 3,500- 7,500 psi.

“Kind-FT” Full temper corresponds to ~3200 nm/in (1260nm/cm) birefringence through the midplane (tensile stress ~ 6400 psi), surface compression ~ 14,000 psi.

Process:

- Heat to a temperature corresponding to about 10^{10} poise.
- Hold until temperature is uniform.
- Chill rapidly so surface temperature drops below interior temperature.
- Continue rapid cooling until interior temperature is below the strain point. (This establishes the ΔT .)
- Continue cooling.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.

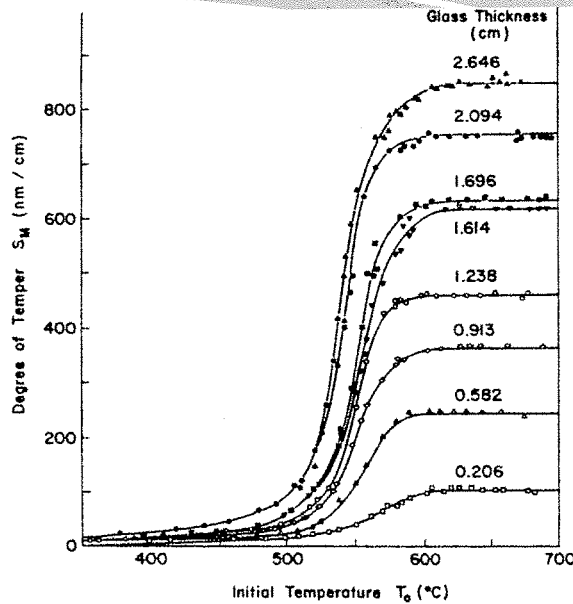


Critical factors:

- glass physical properties, particularly viscosity and thermal expansion
- geometry of glass part
 - THIN GLASS PRODUCTS (<3 MM) DIFFICULT TO THERMALLY TEMPER
 - GLASS CONTAINERS DIFFICULT TO THERMALLY TEMPER
- heat transfer coefficient (method of cooling)
- holding temperature (too hot - excessive distortion; too cold - excessive breakage (glass surface tensile stress exceeds 30 MPa (~ 4 ksi) during the strengthening process)
- FULL THERMAL TEMPER GENERALLY LEADS TO OPTICAL DISTORTION
HEAT STRENGTHENING LESSENS DISTORTION,
BUT, STRENGTHENING LEVEL IS NOT HIGH.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



3
FIG. 3. Degree of temper as function of glass thickness and initial temperature. Natural convection cooling (Bartenev, 1949).

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Magnitude of surface compression generally 2 to 2.2 times that of the midplane tension for regular convective cooling.

As much as ~2.6 times for fast cooling.

As much as 4 for liquid quench and solid contact cooling.

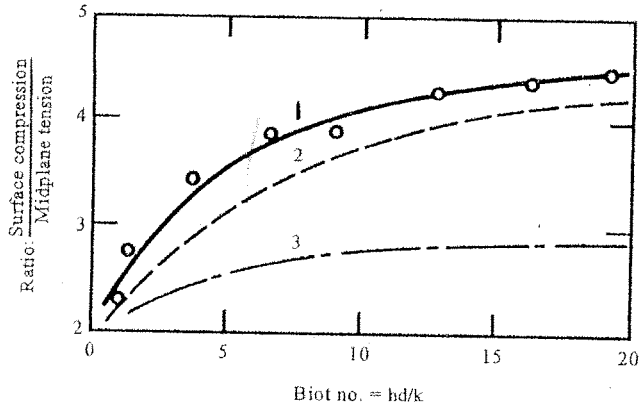


Figure 8.22 Ratio of "plateau level" surface compression to midplane tension as a function of Biot number. Curve 1 = experimental results. Curve 2 = predictions by Indenbom's theory. Curve 3 = predictions by Bartenev's theory.³³

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.

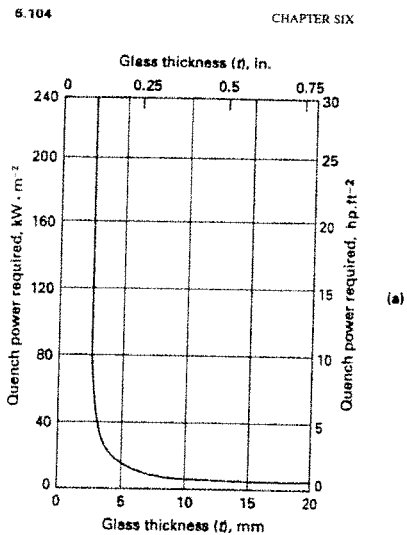
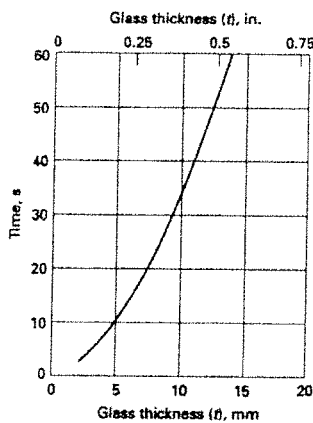


FIGURE 6.25 Effect of glass thickness on (a) air power and (b) quenching time required for full temper. Exit temperature, 620°C (1150°F). (R. A. McMaster et al., Ref. 7.)

Liquid medium quenching or solid contact thermodes require developing

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Glass for electronics device display Cell phones/MP3/iPad

Recent UN study suggests that there are 2 billion cell-phone subscribers in the world.

Brazil, Russia, India and China comprise 1 billion users.

By 2010, roughly half the world will be subscribing to mobile communication devices. (Slowed due to global economic downturn)

Personal mobile entertainment devices likely to rise rapidly.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Glass for personal mobile electronic devices display

As thin as 0.7 mm (may become thinner to reduce weight)

Needs to be strong so as not to break readily upon dropping

Market players need to show their competitive edge on quality

Doubtful that any one supplier can corner the world market because of supply chain issues.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



CURRENT TECHNOLOGY

Float glass can be made into 2 mm thickness, may be down to 1.6 mm thickness, but, no thinner.

Glass needs to be cut to shape, ground, polished, and edged

Technologies such as Corning's fusion-draw process which are capable of drawing thin flat glass can be cost-effective

Glass needs to be strengthened (many display windows in current cell phone products are not strengthened). Generally need to pass a 112 – 130 gram steel ball drop from a height of 2 feet to 3 feet. (Not standardized)

Glasses thinner than about 2 mm can not be strengthened to any significant level by thermal means.

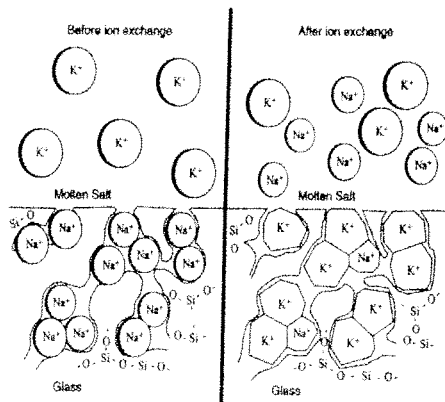
Only viable technology is chemical strengthening

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



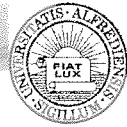
To strengthen soda-lime glass:



Glass is immersed in a molten KNO_3 bath. Sodium ions from glass surface diffuse out into the bath. Potassium ions occupy those sites. Stuffing leads to glass surface compression. Compression leads to glass strengthening.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Basic steps for chemical strengthening

- Immerse float glass in molten alkali nitrate containing bath
- Bath alkali ions should be larger than the glass alkali ions
- Temperature ~400 - 500°C
Do not immerse above T_g – else stresses relax
- Time ~ 2 hours to 100 hrs
Do not immerse only for ½ hour; else too small case depth
Do not immerse for too long, else stresses relax;
also expensive
- Surface usually can develop ~400 to 600 MPa compression;
decreases rapidly
- Compression “case depth” ~ greater than 25-30 microns
Must have at least 25 microns else not very forgiving to
Too deep a profile tends to have surface relaxation
- Interior tension generally small; ~ 20 to 40 MPa in 0.7 mm thin glass
Not enough to cause dicing.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.

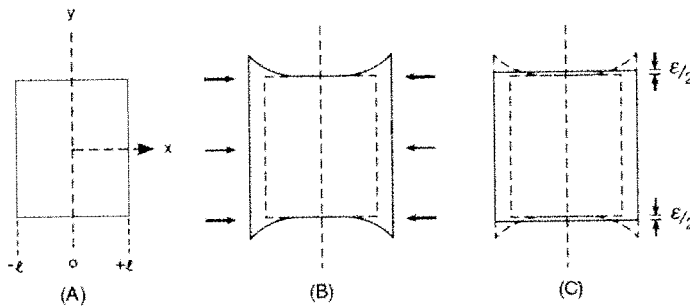
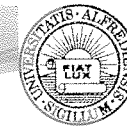


Figure 14-12. Dimension changes after ion exchange.
(A) No ion exchange. (B) Ion exchanged and unrestrained.
(C) Ion exchanged and restrained.

The stresses σ_{ii} are, hence, given by

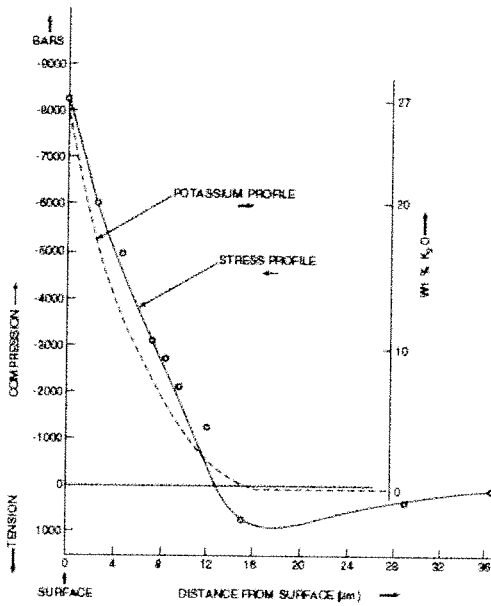
$$(\sigma_{zz})_x = 0, \text{ and}$$

$$(e_{yy})_x = (e_{zz})_x = \left[\frac{(BC)_x E}{(1-\nu)} \right] - \left[\frac{E}{\{2(1-\nu)L\}} \right] \int_{-L}^{+L} (BC)_x dx$$

L = half-thickness; E = Young's modulus; ν = Poisson's ratio
B = Network dilatation coefficient (“Cooper coefficient”)

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Concentration profile of the invading ion and the stress profile generally follow each other.

Low temperature processing assures glass remains optically undisturbed.

Limited to alkali-containing glasses.

Glass should no longer be cut, or ground (else a weak edge will be exposed)

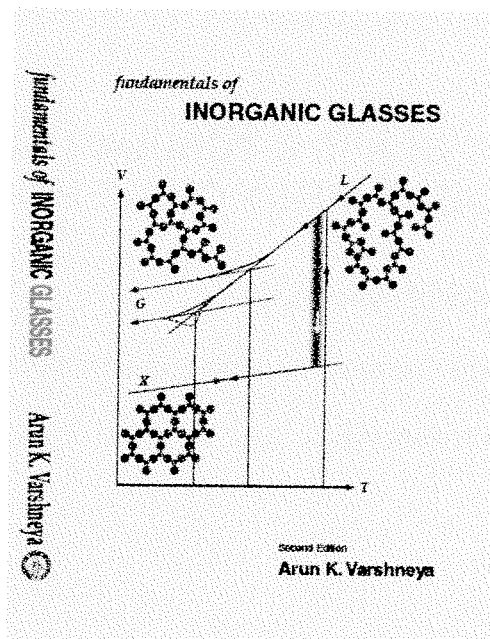
Slow, hence, very expensive

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Our "good book"



May 07, 2010

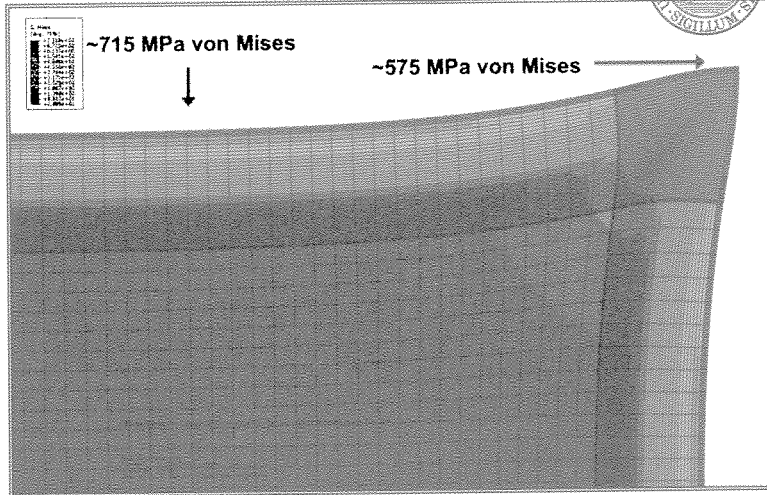
SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Saxon Glass Technologies, Inc.

Dimensional swelling and Edge-strength

Thin chemically-strengthened glasses swell and tend to be weak when hit upon the edge.



Saxon Glass Technologies development

We are actively developing new glass compositions and their chemical strengthening process.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Saxon Glass Technologies, Inc.



FLAT GLASS & TUBULAR GLASS FOR SOLAR ENERGY CONVERSION AND CONSERVATION.....

Perhaps the most important in terms of its influence on the society

Highest volume

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



SOLAR ENERGY CONVERSION USING PHOTOVOLTAICS

Glass is a passive element. Used only as a substrate to support the PV films

Discussed later in Session 3.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



KEY:

Significantly large **GLASS** substrate size (2100 mmX2400 mm)

Capability to build large modules (> 500 Watt) :
power density 100 w/m²

REQUIREMENTS FOR GLASS:

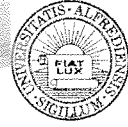
- Cover glass: Highly transparent to entire solar spectrum, generally "low iron" glass
- Back glass: Generally colored
- Thin (3 mm or less) yet strong (withstand hailstones, sand particle abrasion)
- Good adhesion between the thin film PV (e.g. transparent conducting oxides SnO₂:F and glass)
Delamination reduced by reducing Na content in glass surface by SO₂ treatment.
- Chemical durability (Test: 85°C, 85% RH exposure to 500 h)
- Low electrochemical corrosion at the interface. Apply ± 600V with respect to aluminum frame and other module.
- **Inexpensive**

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Saxon Glass Technologies, Inc.



For solar energy conversion

Chemical strengthening of traditional soda lime silicate "4-mm" float glasses, or < 1mm thin tubes would be adequate

Surface compression of 400 – 600 MPa and a case depth of 15 to 30 microns is produced inexpensively.

Can have good adhesion to films and good chemical durability

Sufficient to withstand most hailstones and other "low" impact projectiles.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Saxon Glass Technologies, Inc.



Flat glass for energy conservation

Energy consumption by residential and commercial buildings

In 1973, in the US, nearly 5% of the national energy consumption was attributed to the glass windows: for window-driven heating, cooling, or lighting required .

May 07, 2010

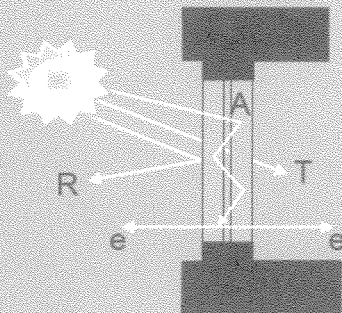
SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Solar Spectrum

Sustainable design goals –

often defined by terminology relating to the sun's energy and what happens when it hits a building

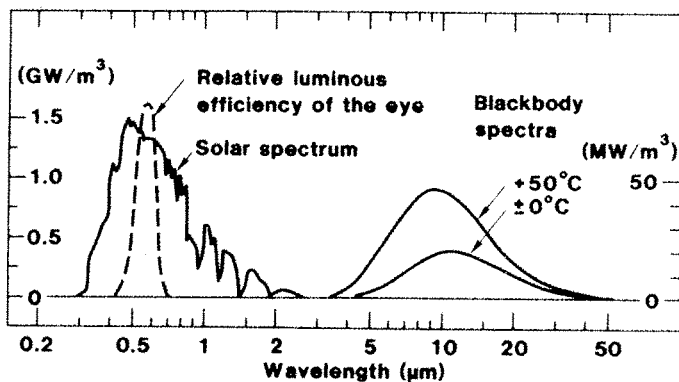


100% of the energy is either Reflected (R), Absorbed (A) or Transmitted (T)

In addition, a portion of the absorbed energy is re-emitted (e)

May 07, 2010

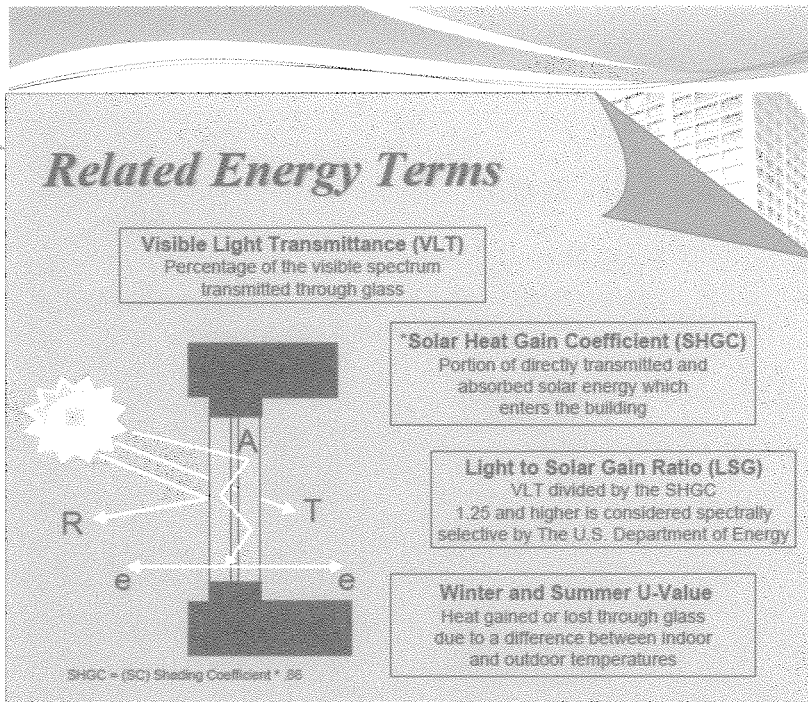
SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Spectra for blackbody radiation at two temperatures, solar radiation that has passed through the earth's atmosphere, and relative sensitivity of the human eye.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



(BTU/hr-sq ft-°F or W/sq m-°C)

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



FLAT GLASS WINDOW FOR ENERGY CONSERVATION

TERMINOLOGY:

U-Factor of a window assembly represents its insulating value = total heat transfer coeff. of the window system (in BTU/hr-sq ft-°F or W/sq m-°C). (The R-value = 1/U). The smaller the U-factor, the lower the rate of heat flow.

Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) = The ability to control heat gain directly or indirectly from solar radiation = or shading coefficient (SC) of the window.

Visible light transmittance (VLT) = amount of visible light transmitted through the glass. It affects energy by providing daylight that creates the opportunity to reduce electric lighting and cooling loads.

Air leakage: Heat loss or gain by air leakage through cracks in the window assembly = amount of air (cubic feet or cubic meters per minute) that passes through a square foot or square meter of window under given pressure conditions.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Warm climate:

Reduce solar IR transmission thru the window. ~50% reduction in SHGC.
No significant reduction in VLT.

Cold climate:

Reduce interior heat to be lost by radiation thru the window.
Low-E coated on surface 3 or 2 for IR (leave VLT unchanged).
Low conduction/convection by multiple-glazing (and/or gas-filled gap)

Temperate climate:

Mechanical regulation with window shades.
Chromogenic materials (photochromic, electrochromic, thermochromic).

“Net-Zero” buildings:

- (1)Energy conservation
- (2)Solar energy conversion to make up the difference
- (3)Energy storage methods or “debit-credit” with energy supplier

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



COATINGS:



Single low-e....glass / ZnOx / Ag / Zn (thin) / ZnOx / TiOx

In more general terms

glass / bottom oxide for adherence/ Ag layer / barrier / top oxide / overcoat

Double low-e glass / ZnOx / Ag / Ti (thin) / ZnOx / Ag / Ti (thin) / ZnOx / TiOx

In more general terms **glass / bottom oxide / bottom metal layer / barrier / middle oxide / top metal layer / barrier / top oxide / overcoat.**

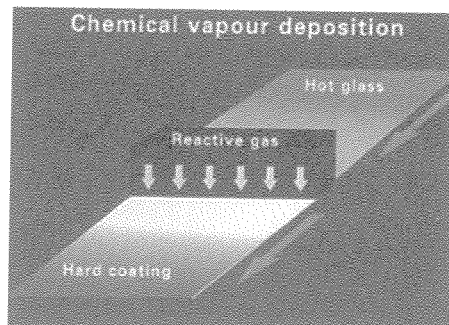
Triple low-e

For oxide layers: one can use one layer of Zn/Sn alloy in oxygen or layers of Zn and Sn.

For barrier layers most people use Ti.

For overcoat companies use TiOx or Si3N4

Process: CVD, sol-gel



May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.

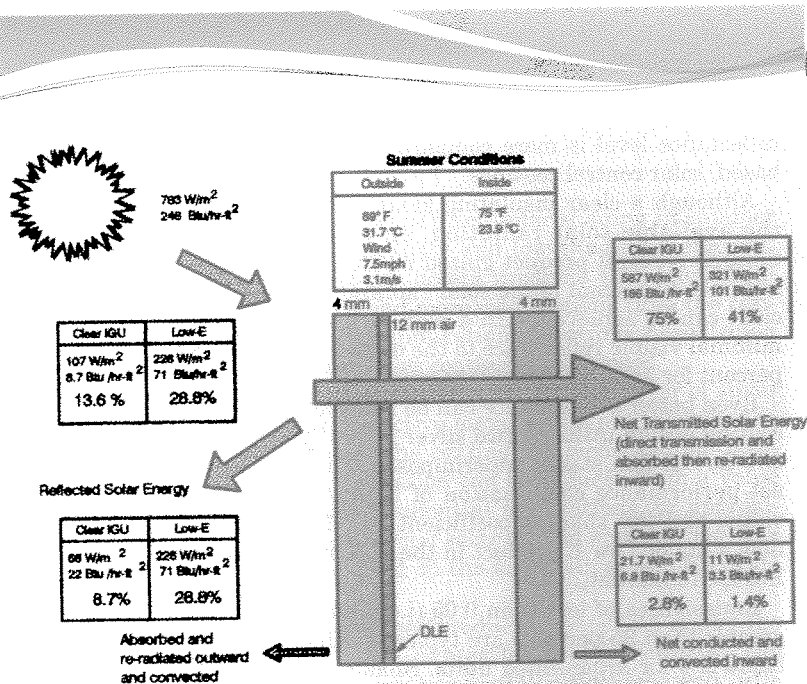
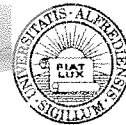


Figure 18.12 Double Low-E summer solar shading.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



What can help in overall conservation of energy and conversion of solar energy?



The answer is: chemically strengthened glass window

A 4-mm thick window can be mechanically adequate instead of a 6-mm thick window. However, glass should be strengthened to resist stress due to wind pressure and impact. (Thinner glass may deflect much).

Theoretical melting energy of glass = 2000 BTU per Lb
= 6000 BTU per Sq ft of 6 mm thick glass

Note 1 kWh = 3412 BTU

Overall energy expense estimates are as high as 30,000 BTU per sq ft of 6- mm glass.

Thus, 1/3 of the energy will be conserved.

What is the energy spent in chemical strengthening?
1700 BTU (= 0.5 kWh) per sq ft

Overall energy savings

Lower building weights

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Laminated glass

Two or more plies bonded together with PVB (polyvinyl butyrate) inner layer.

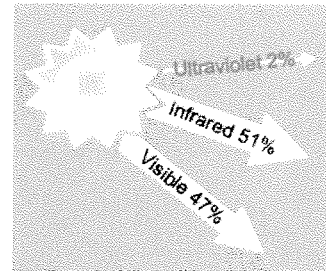
Use for: Hurricane-resistant
 -Florida building code
 Bullet and blast-resistant

For both these applications, key is a high surface compression and a very large case-depth (> 1/2 mm)

Other applications:

Sound-proofing
Reduce UV to 1%

UV is the reason for color fading or degradation of building facades, fabric and furnishings



May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



Saxton Glass Technologies' Ion-Armor™ glass develops very high surface compression (~ 800 MPa to 1 GPa) and very large case depth (600 μm to 1 mm) in 8 h to 1 day of immersion.

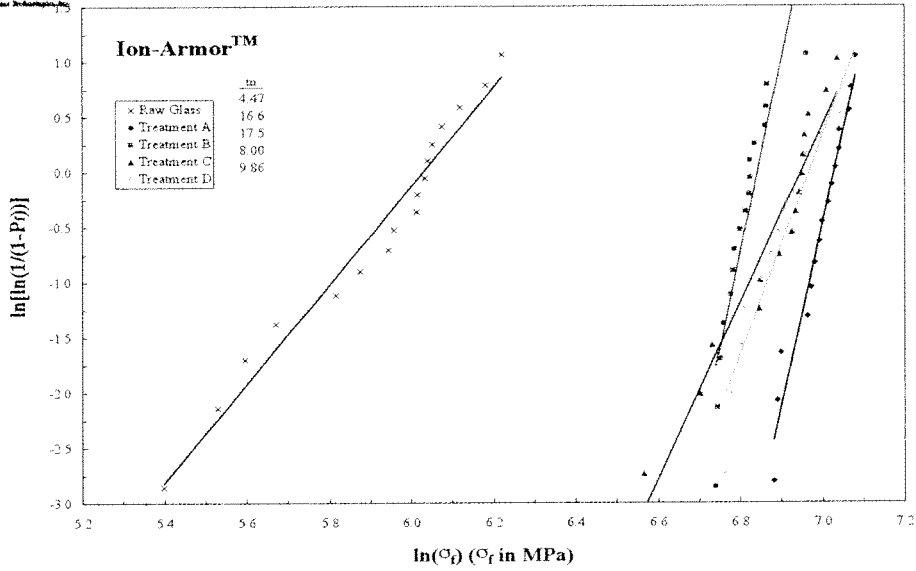


GLASS COMPOSITIONS FOR DEEP ION EXCHANGE

WT%	CORNING PPG 0317	PILKINGTON 6,518,211	ST. GOBAIN 5,773,148	ST. GOBAIN 6,333,285	ST. GOBAIN 11-Feb-03	ST. GOBAIN 30-Jun-98	ST. GOBAIN 25-Dec-01	SCHOTT 5,895,768	SCHOTT 20-Apr-99	ION-ARMOR	ION-ARMOR
SiO2	62.3	60-67	58-70	55-75	55-71			63-67.5	67.2		
Al2O3	16.4	15-20	5-15	1.5-5	>2			9.5-12	20.1		
Li2O		2-5							3.2		
MgO	3.3		4-10	4-8	4-11			3-9	1.1		
CaO	0.3			0-4.5					0.05		
BaO									0.9		
ZnO									1.7		
Na2O	12.8	8-12	12-18	10-18	9-16.5			8.5-15.5	0.4	0-2	
K2O	3.5		0.1-5	1-7.5	4-10			2.5-4	0.23	0-1	
B2O3				0-4							
TiO2	0.75							0.5-1.5	2.7	0-2	
ZrO2		1							1.7	0-3	
F											
COMPRESSI	400 MPa?	300-350 M	400 MPa	500 MPa	600 MPa	430	900 MPa	(550 MPa	1000 MPa	800 MPa	
TEMP	500C	375C	430C	415C	380C	425C	520C	500C	450C-475C	450C-475C	
DEPTH	225 mu	300 mu	500 mu	265 mu	90 mu	315 mu	220 mu	80 mu	600 mu	1000 mu	
TIME	1 day	1 day	4 days	18 days	2 days	8 days	20 h	8 days	8 hours	1 day	

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



OVERGLAZING

Glass-to-Glass sealing principle

The outer glaze should have compression.

Needs to have a smaller thermal contraction coefficient than the substrate.

Magnitude of stress proportional to the mismatch.

Corning's Corelleware.
Varshneya's glaze-spray.
OI's cased-gob.

A. Sandwich Seals

For the infinitely long and wide sandwich (length and breadth much greater than thickness) shown in Fig. 13, the in-plane stresses σ_x and σ_z (denoted σ_w^c for the core and σ_w^s for the skin) are equal and given by

$$\sigma_w^c = -\frac{E_s}{1-\nu} \left(\frac{a}{2c} + \frac{E_s}{E_c} \right)^{-1} \delta = \frac{-E_s \delta}{(1-\nu)(1+n)} \quad (22)$$

$$\sigma_w^s = \frac{E_c}{1-\nu} \left(\frac{2c}{a} + \frac{E_s}{E_c} \right)^{-1} \delta = \frac{E_s \delta}{(1-\nu)(1+1/n)} \quad (23)$$

where $\delta = (\alpha_c - \alpha_s)(T_R - T_Q)$, ν is a "composite Poisson ratio" given by

$$\nu = \left(\frac{a}{2c} \nu_c + \frac{E_s}{E_c} \frac{1 + \nu_s \nu_c}{1 + \nu_s} \right) / \left(\frac{a}{2c} + \frac{1 + \nu_c E_s}{1 + \nu_s E_c} \right)$$

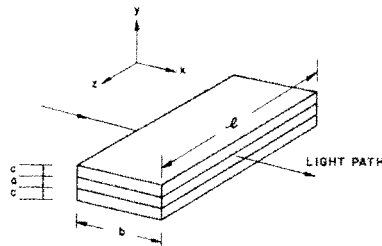


Fig. 13. Sandwich seal geometry.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



LIGHTWEIGHTED GLASS CONTAINERS for pressurized beverages

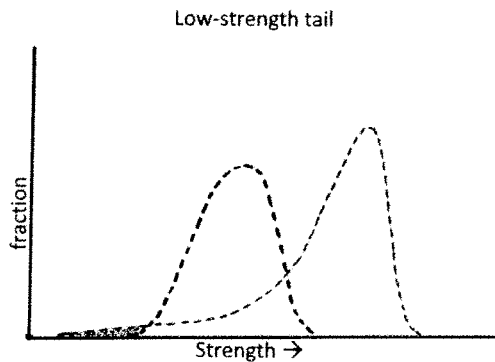
Discussed later.

Chemically strengthened

LOW-STRENGTH TAIL

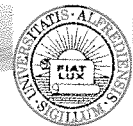
- Some glass flaws are inaccessible to penetration by the molten salt.
- Hence, a small fraction of containers do not chemically strengthen significantly.

Cased-Gob or Glaze-sprayed



May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.



SUMMARY

- (1) Almost all "frontier" glass technology products need to be thinner and stronger.
- (2) Flat glass for solar energy conservation and generation is the most important "frontier" product. These need to be < 4mm thin.
- (3) Other flat glass products such as display windows in electronic devices (mostly cell phones) need to be < 1 mm thin.
- (4) Transparent armor and general architectural may use lamination.
- (5) Lightweighted glass container, tubular solar generation modules, pharmaceutical containers likewise need to be thinner and stronger
- (6) For thermal tempering/heat strengthening, new efficient technology for liquid quenching and solid thermodes require R&D.
- (7) By far, the most important technology for glass strengthening is chemical strengthening.

May 07, 2010

SAXON GLASS TECHNOLOGIES, INC.

Prof. Dr. Matthew Hyre

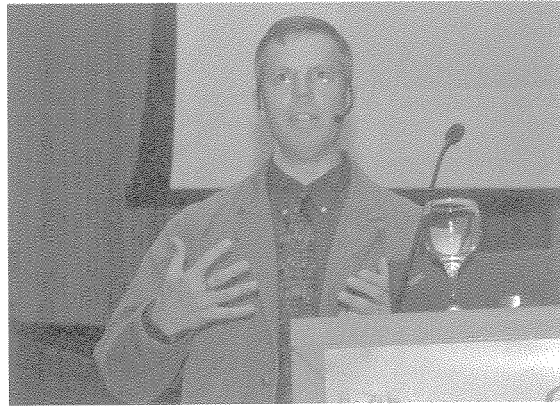
*Emhart Glass SA – Virginia Military
Institute*

HyreMR@vmi.edu

Dr. Matthew Hyre received his Bachelors Degree in Mechanical Engineering and Physics from the United States Military Academy at West Point. He holds a Master's degree in Mechanical Engineering from Villanova University and a Ph.D. in Mechanical Engineering from the Massachusetts Institute of Technology. He is the author of over 50 papers in the fields of computational modeling of glass forming and biomedical applications. He has lectured on these topics at universities around the world. He currently holds an Institute Professorship in the Mechanical Engineering Department at the Virginia Military Institute. Additionally he serves as the Senior Scientist at the Emhart Glass Research Center in Windsor Connecticut where he has worked for the past fifteen years.

Abstract

Recent advances in numerical simulation capabilities have made the modeling of both glass conditioning and forming processes feasible. Glass forming operations include large free surface deformations, conjugate heat transfer, and complex contact phenomena. In this paper, glass container forming processes are modeled to provide insight into the impacts of the various stages of forming and conditioning on final container quality. The numerical model utilizes finite elements and includes the effects of viscoelasticity, surface tension, and time varying heat transfer. Special attention is given to areas that require further



developments in numerical capabilities and to processes where boundary conditions and material properties are not well known. Comparisons of final container thickness profiles indicates that these algorithms offer promise toward developing and diagnosing forming technologies for producing higher quality containers in a more consistent manner.

In addition to final product prediction, methodologies have been developed to help identify the source of many forming defects – especially those occurring in the finish of containers. The simulations presented include both the thermo-mechanical and viscoelastic behavior of the glass as it cools to temperatures where the stress relaxation times approach the characteristic flow times. The models have the ability to identify regions of high stresses during forming and identify regions of potential defect formation.

EMHARTGLASS
BUCHER

Numerical Modeling of Glass Container Forming Processes

Progress and Problems

Matthew Hyre

Ph.D, Senior Scientist/ Physicist

Partnership for Physical Modeling Solutions

EMHARTGLASS
BUCHER

Introduction

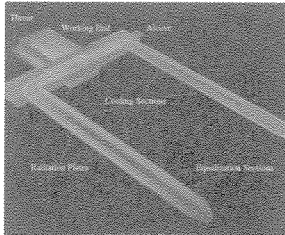
Goals of modeling efforts.

- Control of various gob/container parameters (weight, geometry, viscosity, etc.)
- Determine source of container variations
- Improve equipment, product design
- Increase final container strength
- Optimize cycle times, control strategies
- Reduce final product defects

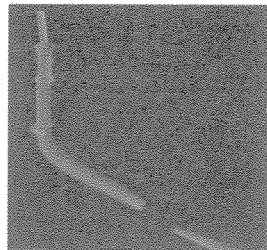
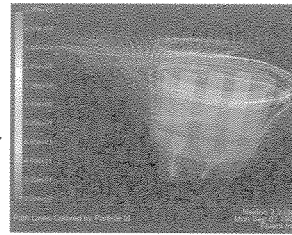
EMHARTGLASS
BUCHER

Gob Forming Models

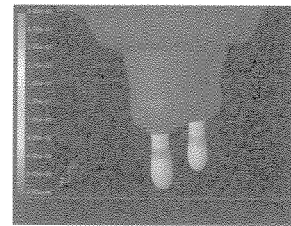
Working End/Forehearth



Feeder



Gob Transfer to Blank Mold

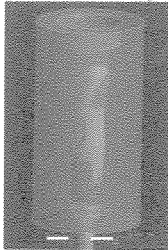


Gob Creation at Feeder

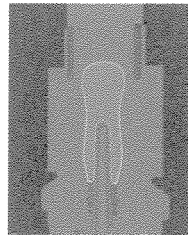
EMHARTGLASS
BUCHER

Container Forming Modeling

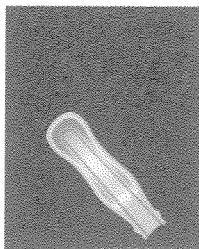
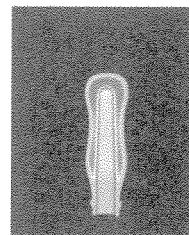
Gob Loading



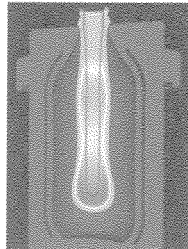
Parison Pressing



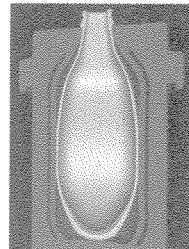
Inverted Reheat



Invert



Reheat/Stretch

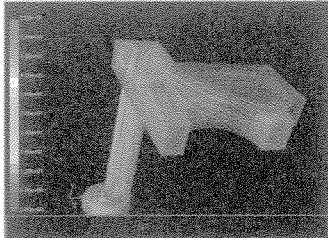


Final Blow

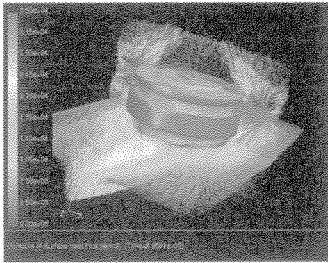
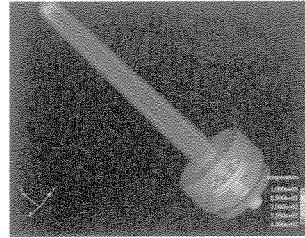
EMHARTGLASS
BUCHER Group

Equipment Cooling Models

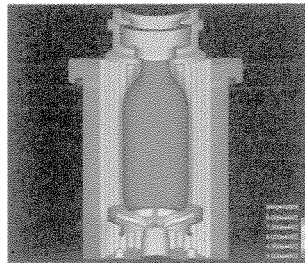
Vertiflow Ducting



Plunger Cooling



Neckring Cooling



Mold Cooling

EMHARTGLASS
BUCHER Group

Container Forming Model

Simulation of NNPB Forming Processes.

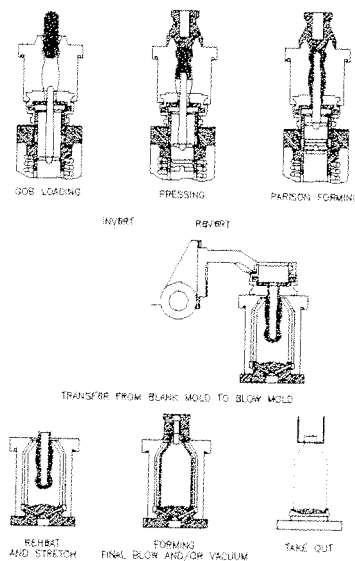


Introduction

Goals of container forming modeling effort.

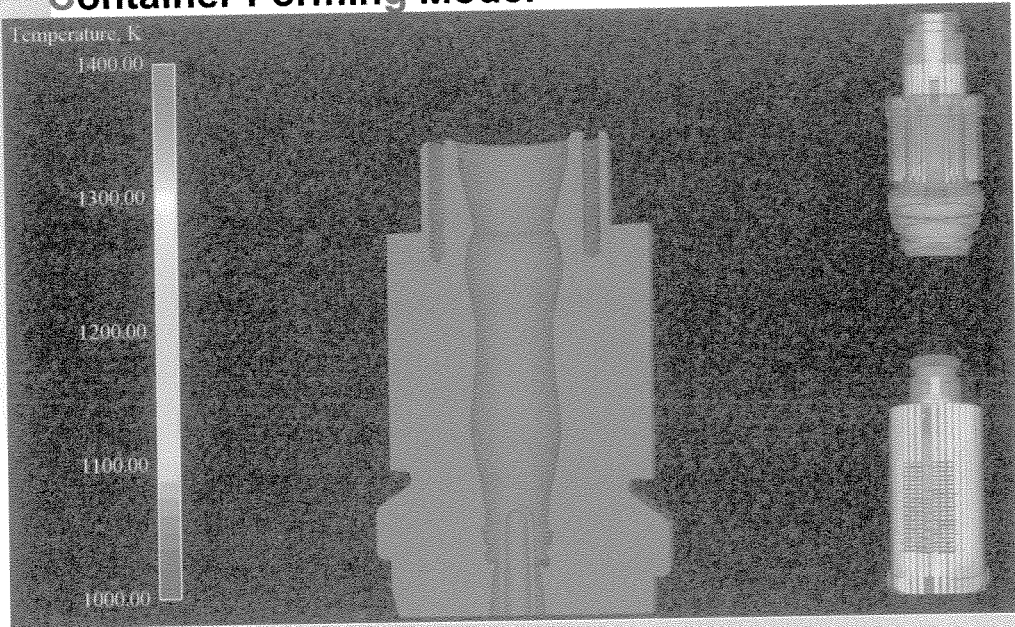
- Design of blank molds and mold cooling strategies
- Look for potential problem areas during forming process:
 - Large variation in container thickness
 - Non-uniform temperature distribution
 - Poor parison design
- Determine regions of high stress intensity
- Evaluate sources of high stress intensities, develop strategies to eliminate regions of potential check formation

Press & Blow Forming Process



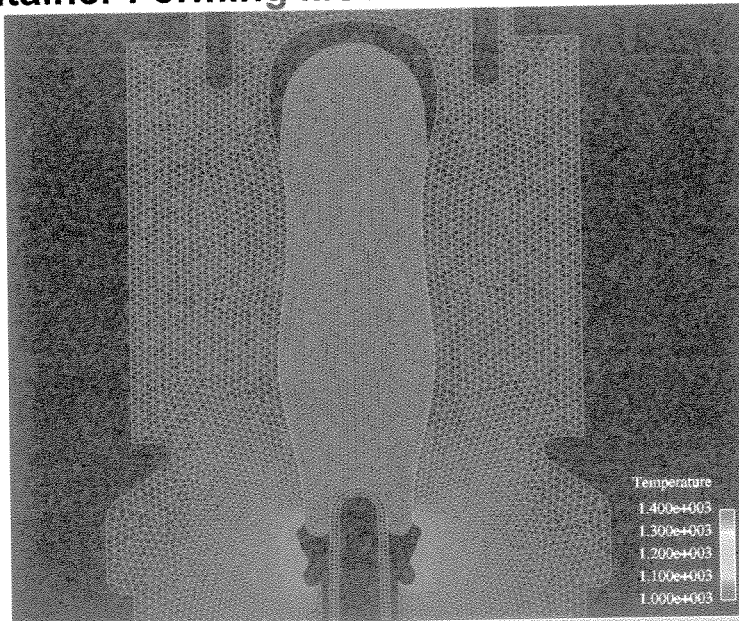
EMHARTGLASS
BUCHER Group

Container Forming Model



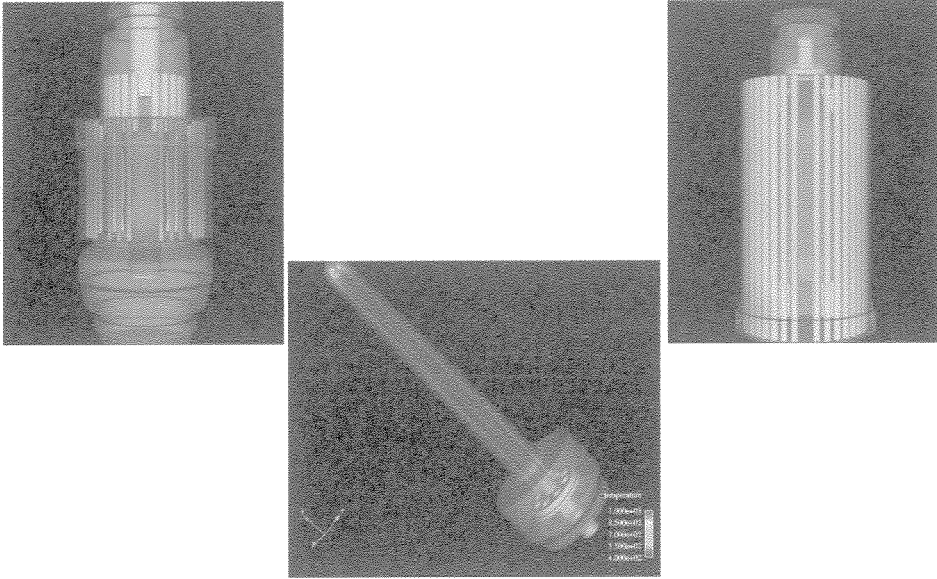
EMHARTGLASS
BUCHER Group

Container Forming Model – Beer



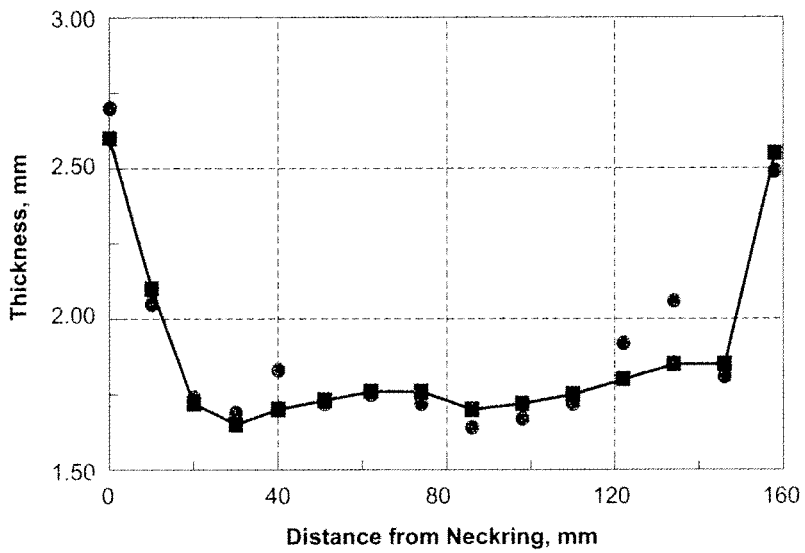
EMHARTGLASS
BUCHER COMPANY

Container Forming Model – Beer



EMHARTGLASS
BUCHER COMPANY

Container Forming Model – Beer



Forming Modeling Issues Still Outstanding

- Fundamental understanding of glass/mold heat transfer and the effects of mold lubricants
- Fluid dynamic (“slip”) condition at the glass mold interface
- Radiation modeling during forming
- Viscoelastic stress development and defect formation

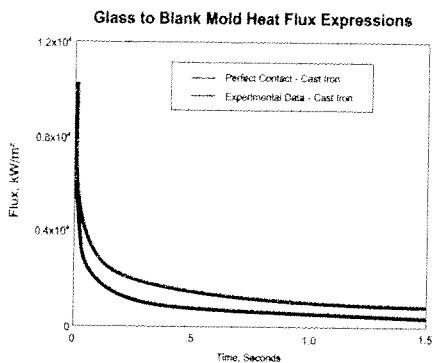
Heat Transfer – Most Critical Boundary Condition

Most studies assume a combination of the following:

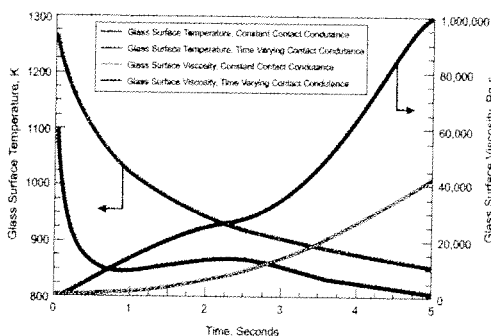
- Perfect contact between mold and glass
- Heat transfer coefficient between glass and mold is constant
- Heat transfer coefficient usually based on overall heat balance rather than local conditions

Constant vs. Transient Contact Conductance

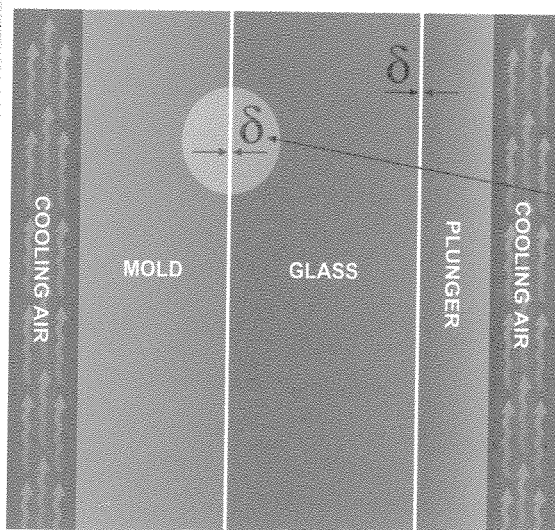
Perfect Contact Assumption



Constant Contact Conductance Assumption



Modeling Glass/Metal Contact Conductance



- δ Mean roughness
- δ_c Thermal compression
- δ_p Glass pressure

$$\delta = \delta_0 + \delta_c - \delta_p$$

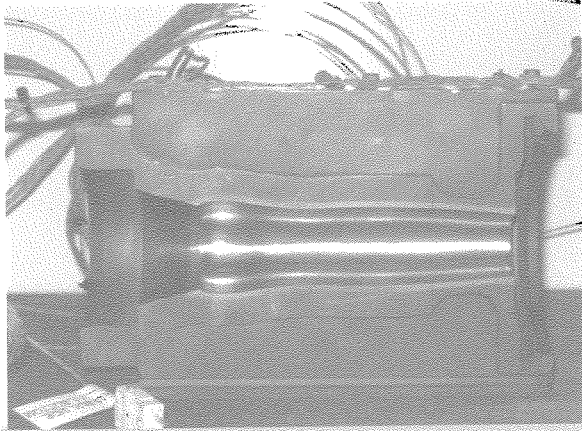
Continuum Contact Conductance

$$h_c = \frac{k_{gap}}{\delta}$$

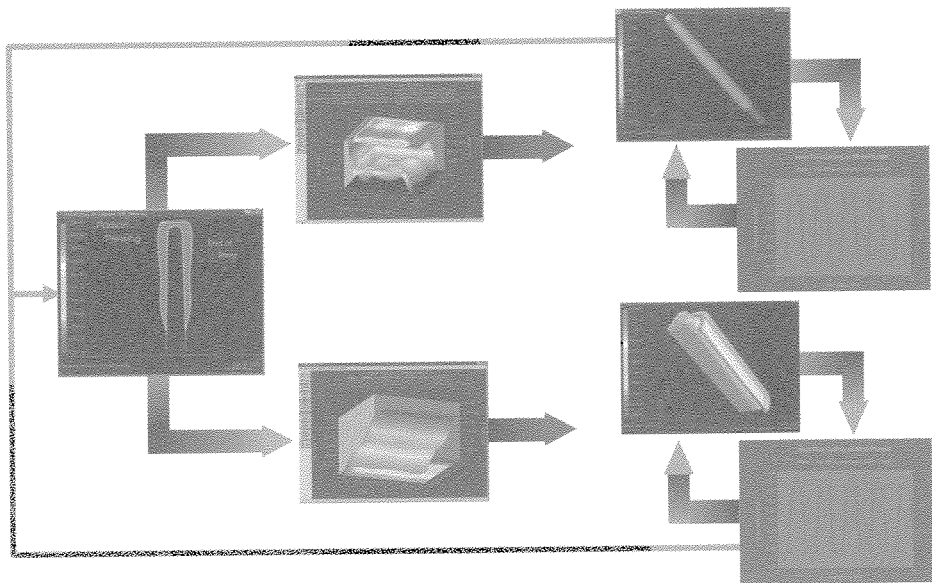
Experimentally Determined Heat Transfer

Glass-to-mold contact conductance experimentally modeled and includes the effects of:

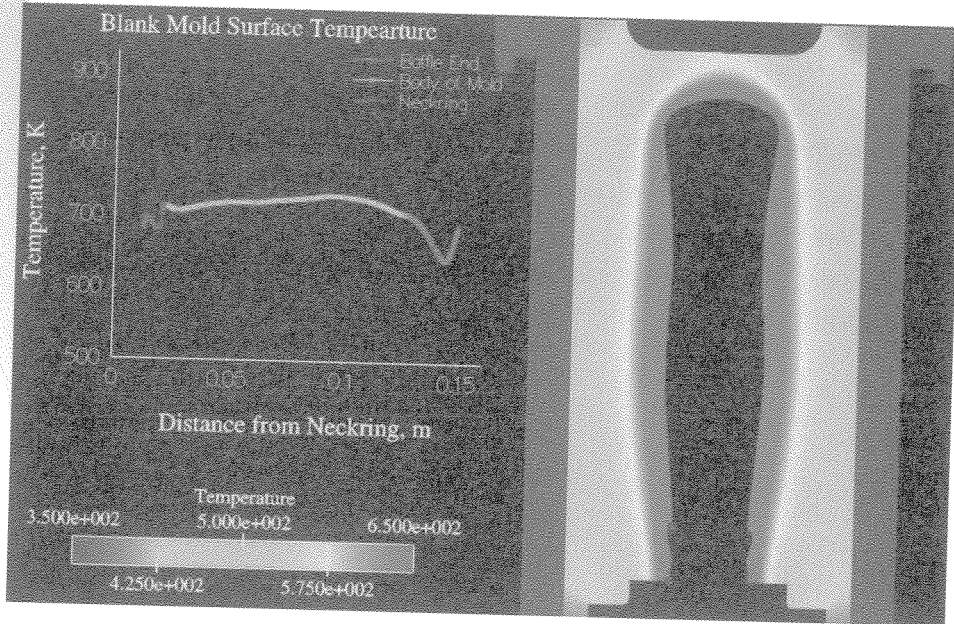
- Glass pressure
- Glass color
- Glass thermal expansion
- Initial glass temperature
- Initial mold temperature
- Mold type
 - (cast iron vs. Al-Br)



Blank Side Modeling Methodology



EMHARTGLASS
BUCHER COMPANY



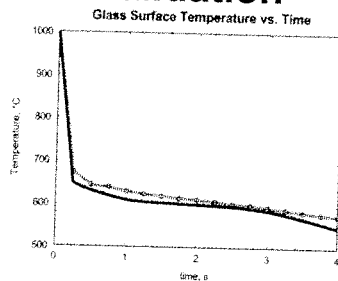
November 4, 10

19

EMHARTGLASS
BUCHER COMPANY

Heat Flux Model Validation

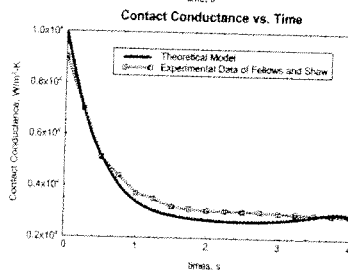
Glass Surface Temperature Measurements



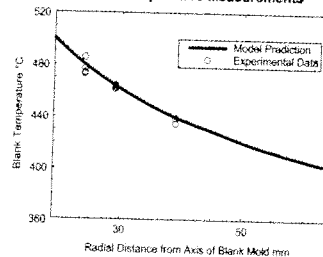
Parison Temperature at End of Press:
Calorimetric = 1015°C

Numerical Modeling = 1020°C
3.5% difference in total heat removed

Contact Conductance and Mold Temperature Measurements



Comparison of Model with Experimental Mold Temperature Measurements



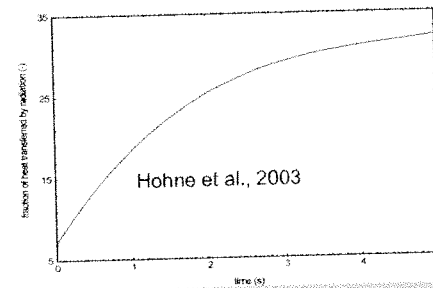
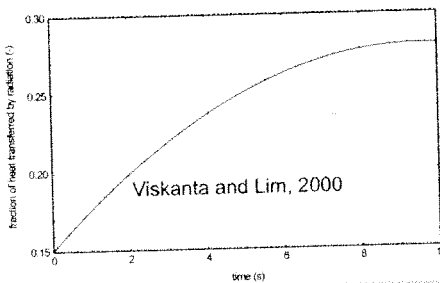
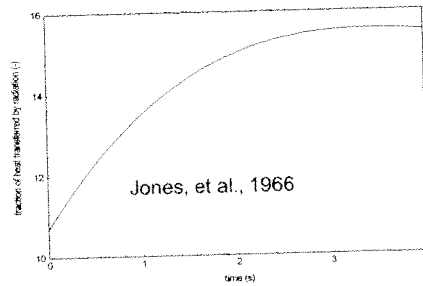
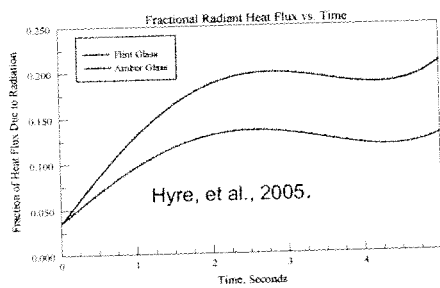
Glass/Mold “Slip” Condition

- Currently there exists only indirect evidence that the glass/mold interface is not a zero shear stress or zero velocity condition.
- The condition is heavily influenced by the number of cycles since the last swab.
- Experimental programs are underway which hope to quantify this effect.

Radiation Heat Transfer During Forming (Hasn't this been done already?)

1. No Lagrangian forming codes currently include a radiation model beyond the Rosseland approximation
2. A full discrete ordinates method approach would require meshing the air as well as the glass
3. Computation times would be very long
4. We didn't want to know the answer

The radiative contribution to heat transfer has been studied by several investigators for glass/mold heat transfer:



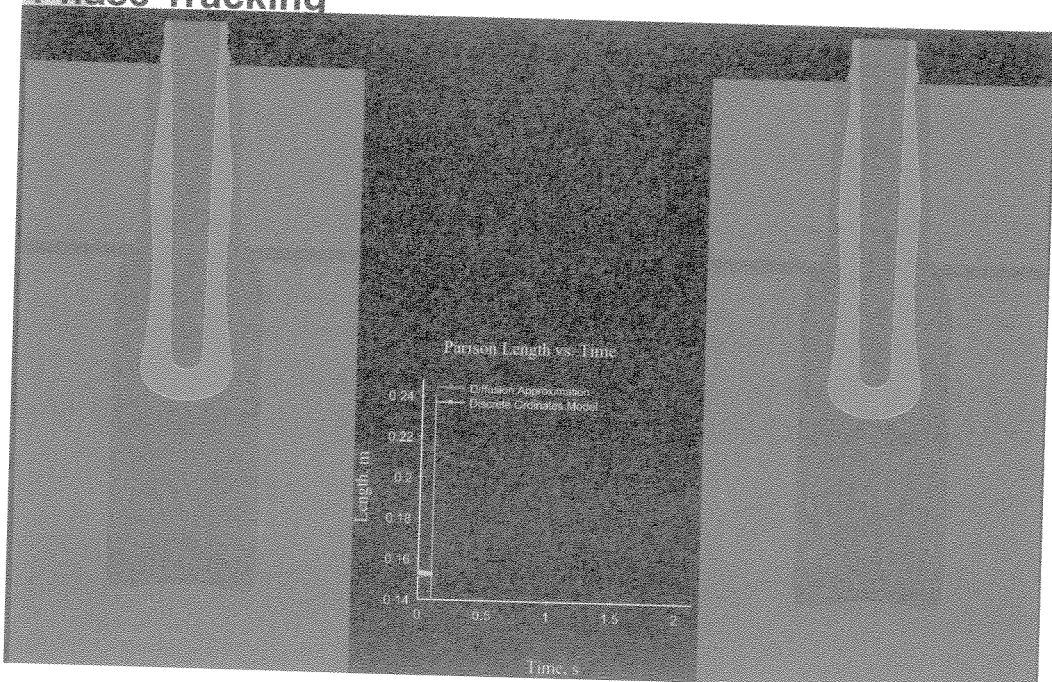
Radiative Heat Transfer during Forming

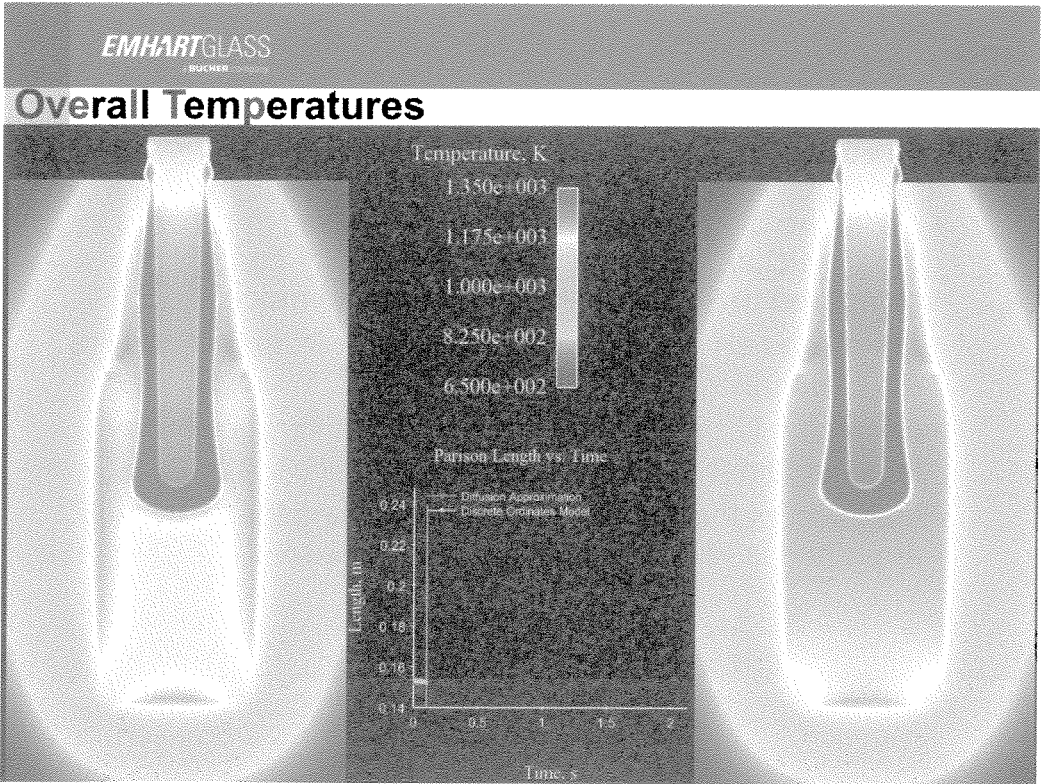
- Little work has been done in evaluating the appropriateness of using a diffusion approximation during the reheat/stretch process when the glass is not in contact with either the blank or blow mold.
- Recent studies have set out to answer: *Will a diffusion approximation accurately predict the reheat/stretch step in the forming process?*

Model Summary – Radiation Heat Transfer During Reheat/Stretch

- Two models were constructed
- First model had a full DOM radiation model
- Second model utilized an effective conductivity measured experimentally
- Models were two-dimensional axisymmetric
- Reheat/stretch was started with an initial temperature distribution corresponding to that when the blank molds open
- Computations were performed using a VOF model to track the glass/air interface

Phase Tracking



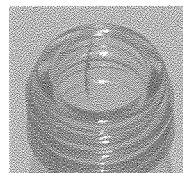
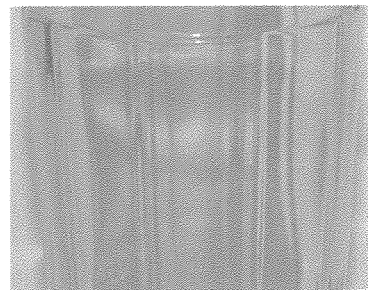
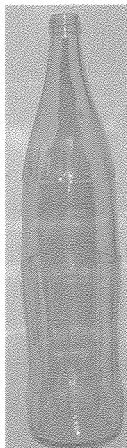


Results

- Using the diffusion approximation resulted in an error in the prediction of reheat stretch time of 41 percent compared to 13 percent using the DOM model
- There was an increase in heat transfer from the glass to the mold using the DOM model
- It remains to be determined what the difference in the final container thickness distribution will be
- Inclusion of the radiative properties using the DOM/VOF approach is very computationally expensive.

Viscoelastic Stresses and the Prediction of Defects

Flute valley check prediction in soda bottles.



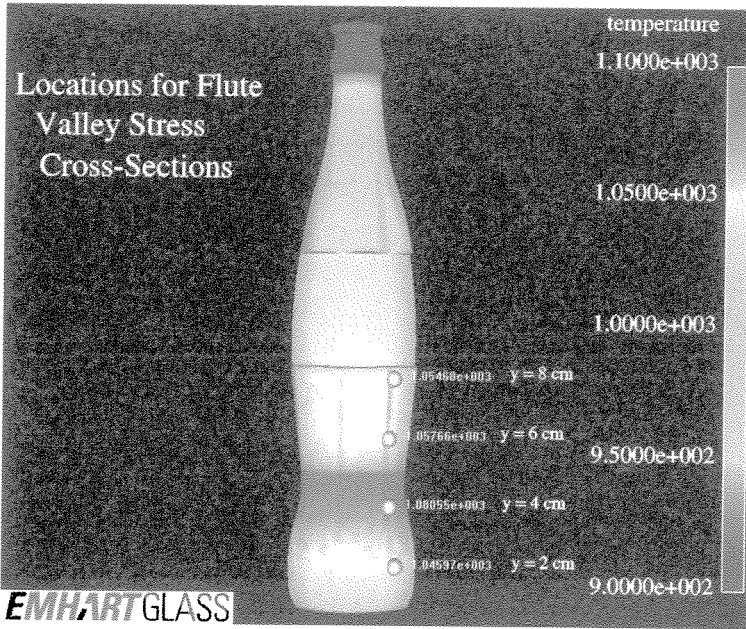
Background

- Glass is a viscoelastic liquid over its whole temperature range
- In the forming range, the elastic response is shifted to such short times it is usually not observable
- However, under the strain-time conditions found during the filling of the finish, the elastic response can give rise to large transient stresses
- These stresses can be large enough to “crack” the melt resulting in various defects

Mechanisms of Transient Stress Formation

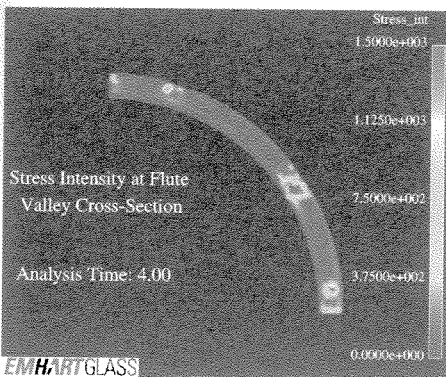
- Two mechanisms of glass stress development:
 1. Stress relaxation (time dependent response of a material to a strain or stress)
This type of stress occurs during forming
 3. Structural relaxation (deviation of the glass structure from its equilibrium state due to rapid cooling)
This type of stress occurs post-forming (tempering)

EMHARTGLASS
BUCHER

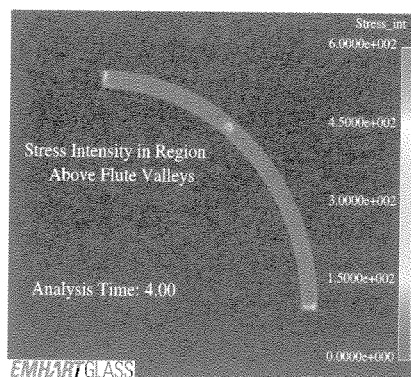


EMHARTGLASS
BUCHER

Y = 4 cm from bottom of bottle



Y = 8 cm from bottom of bottle

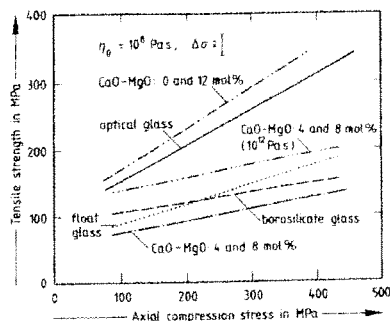
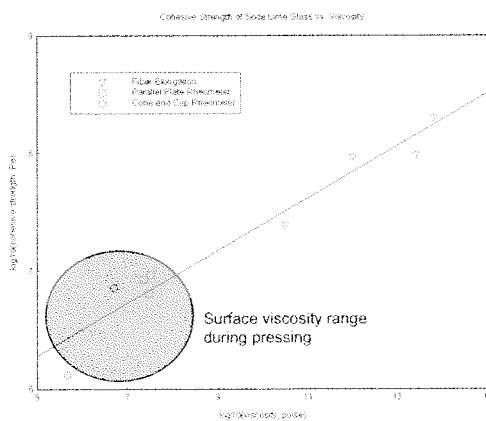


Stresses in Glass Containers

Source of flute valley checks near bottom of bottle appear to be due to 3 effects coming together:

- Large axial thermal gradients set up in blank mold
- Rapidly changing geometry (waist) and stress concentrators (flute valleys)
- Change in bottle thickness in flute valley region due to smaller diameter at waist

Fracture Limits for Glass Melts

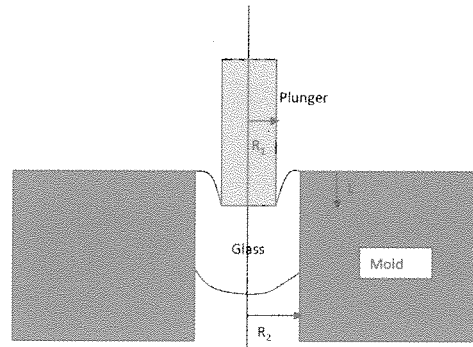


Stresses over $10^6 - 10^7$ Pa will fracture the glass melt (1.0 MPa is about 145 psi)

Stress Development – Simple Calculations

Simple model of parison pressing:

Finish forming can be approximated a cylinder moving in the axial direction inside another co-axial cylinder.



$$\text{Shear Strain } \gamma = \frac{L}{R_1 \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)} \cong \frac{L}{R_2 - R_1}$$

$$\text{Strain Rate } \dot{\gamma} = \frac{L}{\xi (R_2 - R_1)}$$

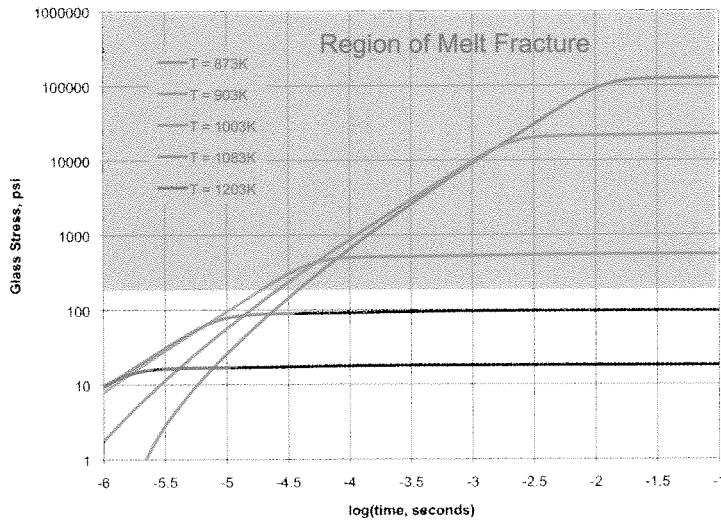
ξ is the time to press the finish

Stress Development – Simple Calculations

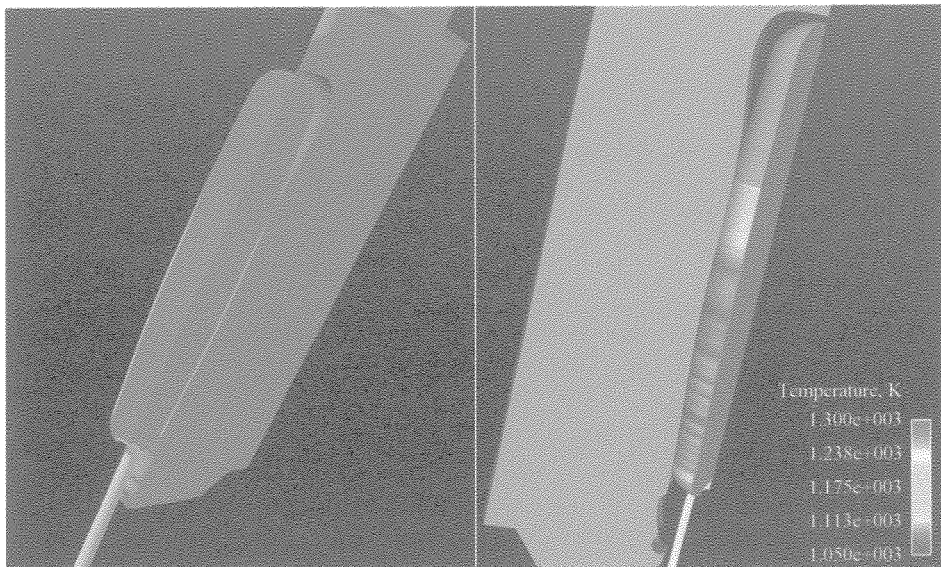
Variable	Value
R_1	1.95 cm
R_2	2.54 cm
L	3 – 12 cm
ξ	0.1 to 0.5 seconds
γ	10 – 40 cm/cm
	20 – 400 sec ⁻¹

Stress Development – Simple Calculations

Glass Shear Stress over Time

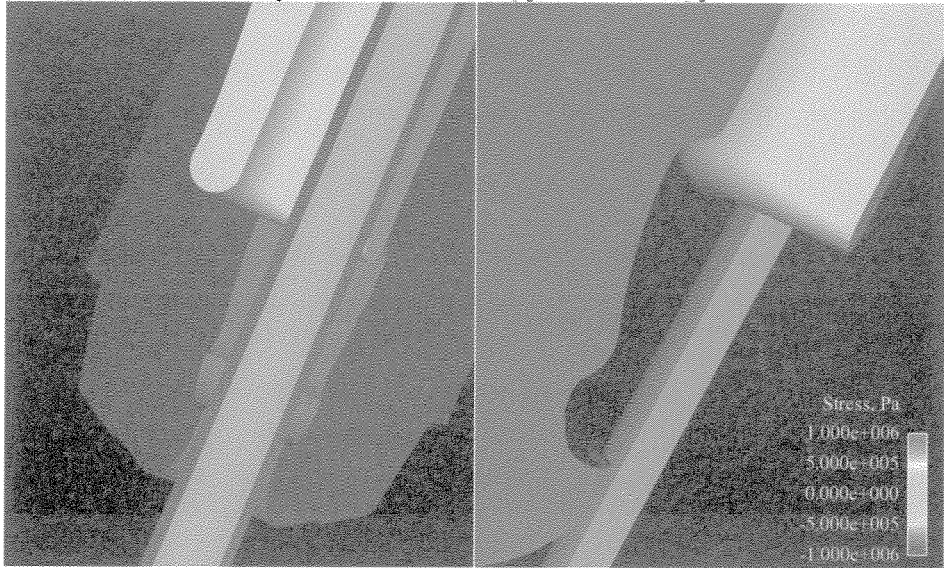


Numerical Implementation of Defect Models



EMHARTGLASS
BUCHER GROUP

Numerical Implementation of Defect Models: Stress Development During Forming

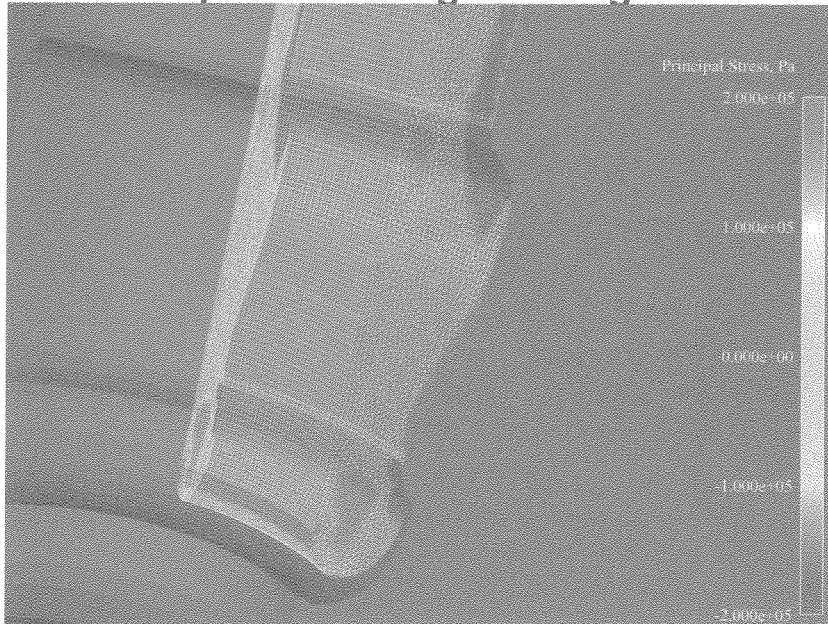


November 4, 10

41

EMHARTGLASS
BUCHER GROUP

Stress Development During Forming



November 4, 10

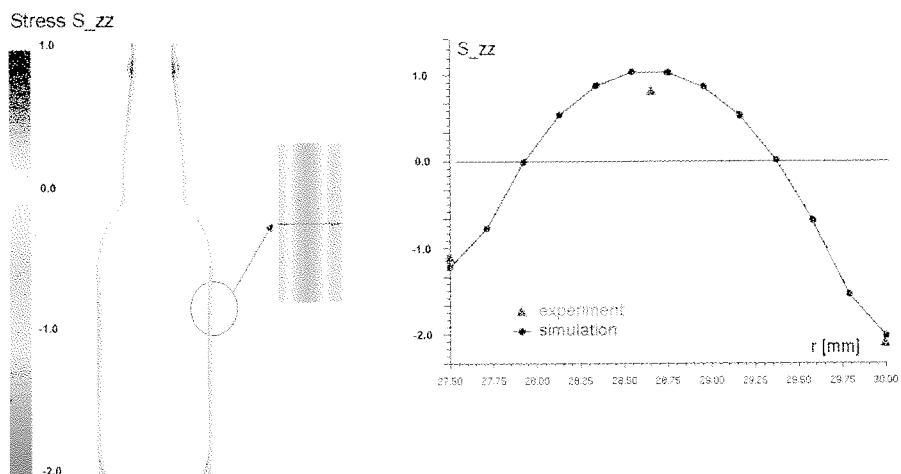
42

Next Steps with Defect Modeling

- Use instrumented plungers to reproduce specific defects and correlate against the models
- Develop maps for acceptable forming and equipment conditions
- Determine the effects of glass composition on susceptibility to defect formation
- Develop strategies to eliminate defects based on root cause mechanisms

Thermal Strengthening of Containers

- Simulation 1: blown air cooling, at $t = 10^2$ s:



Future Directions in Forming Modeling

- Inverse Design of Blank Molds and Mold Cooling Equipment
- Development of Model Based Control Algorithms for a Closed Loop Control on the IS Machine
- Linking Forming Models to Upstream Equipment (Furnace, Forehearth, Feeders)

Cam Ev Eşyası Üretiminde Son Yirmi Yılda Teknolojik Değişim



Tuğrul Misoğlu

İş Geliştirme Müdürlüğü

Cam Ev Eşyası

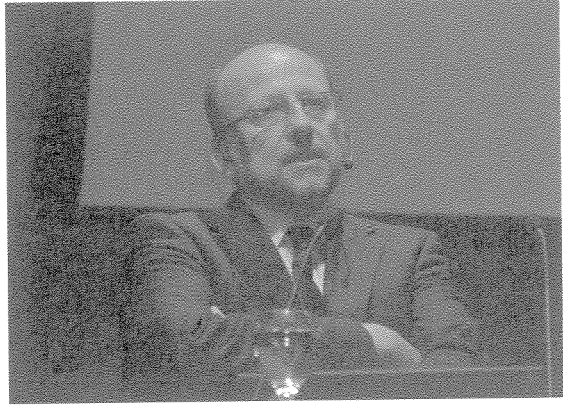
tmisoglu@sisecam.com

Makina Mühendisliği Lisans ve Yüksek Lisans eğitimlerini 1982 ve 1985 yıllarında Boğaziçi Üniversitesi Mühendislik Fakültesinde tamamladı. Üniversitede 2 yıl süren Araştırma Görevliliği ve sonrasında yine 2 yıl süresince T&B Partners mühendislik şirketinde Kontrol Mühendisliği görevlerini takiben 1988 yılında Şişecam Proje ve Teknik Hizmetler Müdürlüğü'nde Cam Ev Eşyası Proje Mühendisi olarak çalışmaya başladı. 1996 yılında Cam Ev Eşyası Grubu İş Geliştirme Müdürlüğü görevine atandı. 1997-2002 yılları arasında Beykoz fabrikası Geliştirme Müdürlüğü görevini de yürüttü. Halen İş Geliştirme Müdürlüğü görevini sürdürmektedir.

Özet

Şişecam Cam Ev Eşyası Grubu, bilinen marka ismiyle Paşabahçe, geçtiğimiz 20 yıl içerisinde teknolojik açıdan önemli bir değişim süreci yaşadı.

'90 öncesi Paşabahçe, cam teknolojisi ve eğitim konularında ciddi aşamalar kaydetmiş, bu konulardaki sorunları çözmüş önemli bir cam şirketi idi. Ancak bir Dünya şirketi olma yolunda; kapasite, ürün çeşitliliği, üretim performansı ve kalite açısından önemli hamleler yapma gereksinimindeydi.



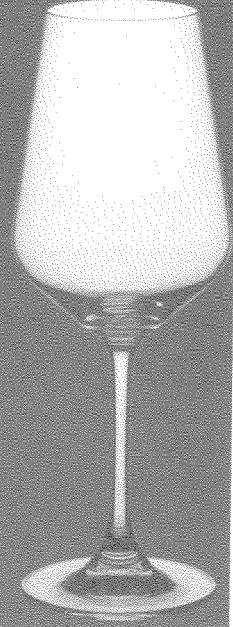
1990 yılındaki Kırklareli C projesi ile girilen süreç içinde Paşabahçe 20 yıl boyunca teknolojik açıdan büyük bir değişim ve gelişme dönemi yaşadı. Her türlü ürünü, yüksek üretim hızlarında ve verimlilikte, sürekli yükselen bir kalite seviyesinde üretme yetenekleri kazanıldı.

Bu süreç bugün Paşabahçe'yi, sınıflandırma ne bazda yapılırsa yapılsın, tartışma götürmeksizin Dünya'nın ilk 3 cam ev eşyası üreticisi arasına sokan bir konuma getirmiştir.

Bu bildiride geçen 20 yıllık teknolojik değişim sürecinin önemli kilometre taşları irdelenecek, gelişmenin sürekliliği ve boyutları rakamlarla verilecektir.

Cam Ev Eşyası Üretiminde SON 20 YILDAKİ TEKNOLOJİK DEĞİŞİMİN ÖYKÜSÜ ...

Tuğrul Misoğlu
İş Geliştirme Müdürlüğü
Paşabahçe Cam Sanayi ve Ticaret A.Ş.



'90 öncesi Paşabahçe



▶ 3 fabrika

Beykoz
Kırklareli
Teknik Cam

▶ soda ve borosilikat camı

▶ 7 fırın

(50 - 75 ton/gün) kapasite

▶ 25 üretim hattı

Pres
Pres-Üfleme
Üfleme-Üfleme

▶ 415 ton/gün ergitme

▶ 80.000 ton/yıl net üretim

Paşabahçe

'90 öncesi Paşabahçe

... bir Dünya şirketi olma hedefi,

daha büyük kapasite

daha fazla ürün çeşitliliği

daha kaliteli üretim

daha yüksek üretim

performans

Paşabahçe

1. Cam Teknolojisi
2. Ergitme Teknolojisi
3. Şekillendirme Teknolojileri
4. Tavlama / Temperleme Teknolojileri
5. Soğuk Uç Teknolojileri
6. Dekorlama Teknolojileri

Paşabahçe

1. Cam Teknolojisi

● **Kompozisyon** **Soda camı değişim**

Daha kısa cam

Daha kolay ergime

Daha düşük erime sıcaklığı

F/H sıcaklıkları ~10-30°C düşük

Daha hızlı şekillendirme

Otomatik Kurşunsuz Kristal

f&d



3. Kategori Kurşunsuz Kristal kompozisyonu

Bulaşık makinasına dayanım (en az 2000 çevrim)

PATENT

Parabahce

1. Cam Teknolojisi

● **Camdaki Fe_2O_3 Oranı**

Soda camı %0.027'den %0.022'ye

f&d %0.008 – 0.010

● **Parlaklık** (ışık geçirgenliği)

Soda camı % 87'den % 89'a

f&d \geq % 91



Parabahce

1. Cam Teknolojisi

● Renklendirme

Fırından renklendirme

Forehearth renklendirme



Colorant kullanımı

Frit kullanımı

- Maryland mavi
- Cobalt mavi
- Açık mavi
- İspanya mavi
- Georgia yeşil
- Evergreen (koyu yeşil)
- Turkuaz
- Bacardi yeşil
- Cola yeşil
- PB yeşil
- Açık yeşil
- Samon
- PB Pembe
- Şeffaf pembe
- Turkuaz (mavimsi)
- Açık turkuaz
- Mor
- Pembemsi mor
- Mavimsi mor
- Açık mor
- Fırme (gri)
- Siyah
- Bronz
- Kahverengi
- Ametist
- Violet
- Gri
- Sarımsı yeşil (lime)
- Mavi
- Yeşil
- Turkuaz (yeşilimsi)
- Maryland mavi
- Açık yeşil
- Mavimsi

2. Ergitme Teknolojisi

● Fırın Tasarımı

75 - 215 ton/gün

kapasitede 15 fırın

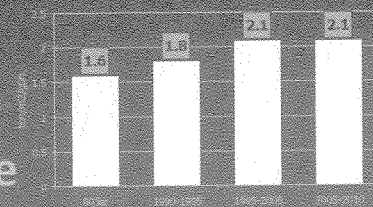
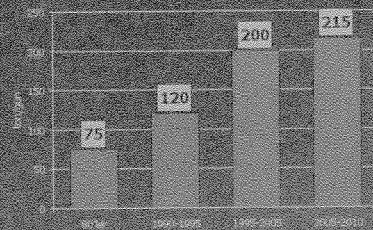
● Çekiş Kapasitesi

1.6 ton/gün/m²'den 2.1'e

Oxy-Fuel

Elektrik Boost

Distribütör tipi Ç/H, monoblok F/H

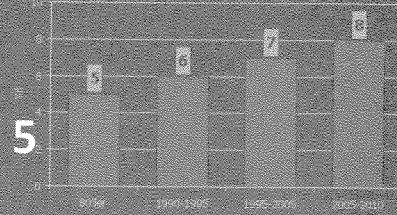


Disarabaca

2. Ergitme Teknolojisi

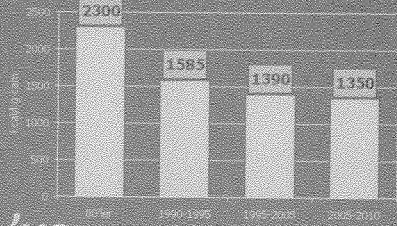
- **Fırın Ömürleri**

Kampanyalar
yıldan **8** yıla uzadı



- **Enerji Tüketimleri**

kg cam başına
2300 'den **1350** kcal 'ye



Parasahane

3. Şekillendirme Teknolojileri

- **Üretim Hatları**

25 hattan **68** hata

- **Proses Çeşitliliği**

3 'ten **10** prosese

Pres
Pres-Üfleme
Üfleme-Üfleme
Savurma
4 Farklı Ayaklı B.
IS
Twin Table



Parasahane

3. Şekillendirme Teknolojileri

● Şekillendirme Makinaları

Pres

Servo Hidrolik Presleme
1,2,3,4 Damla
Servo Gearless Tahrik
Elektronik Kontrol
Nano Kaplamalar
Hareketli Servo Bekler

Pres-Üfleme

12,18,28 Seksiyon
Tek, Çift Damla
Tam Elektronik Kontrol
H₂ Kesme

Pasabahçe

3. Şekillendirme Teknolojileri

● Şekillendirme Makinaları

Savurma

18 Kollu Sürekli Makina
Dikdörtgen, Oval, Amorf Ürünler
Servo Seksiyon ...

Ayaklı Bardak

▣ Çekme



▣ Forma



▣ İLK-1



▣ OCMİ



60 Seksiyonlu Makina

Pasabahçe

3. Şekillendirme Teknolojileri

● Üretim Hızları

pres	↗	% 11
pres-üfleme	↗ ↗	% 8
savurma	↗	% 22

● Verimlilikler

pres	↗	% 10
pres-üfleme	↗ ↗	% 14
savurma	↗	% 16

Şişecam

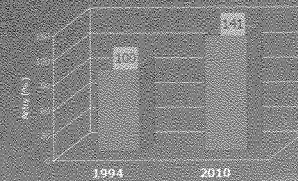
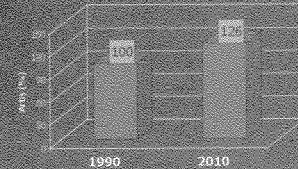
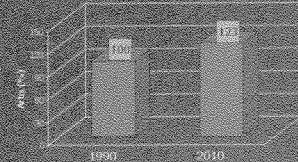
3. Şekillendirme Teknolojileri

● Net Üretim Performansı

pres % 23

pres-üfleme % 26

savurma % 41



Şişecam

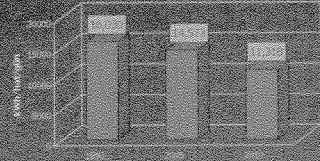
3. Şekillendirme Teknolojileri

● Tüketim Değerleri

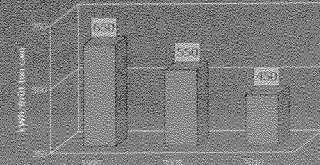
Hat başına basınçlı
hava elektrik tüketimi ↓



Hat başına toplam
elektrik tüketimi ↓



Brüt ton başına
elektrik tüketimi ↓



Doğuşhacı

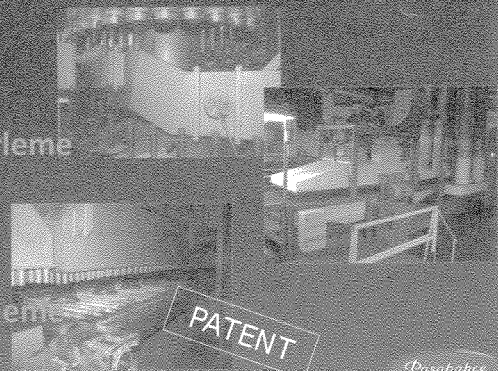
4. Tavlama / Temperleme Teknolojileri

● Soğutma Fırınları

Yeni beklerle tüketim %30 ↓

● Temperleme Fırınları

- Ağız Temperleme
- Döner Şoklamalı Temperleme
- Bant Tipi Temperleme
- Rulolu Bant Tipi Temperleme



Doğuşhacı

5. Soğuk Uç Teknolojileri

● Otomatik Paketleme Hatları

8 hatta, 240 ad/dak
hızda tam otomatik paketleme



● Soğuk Kesme Makinaları

Lazer kesmeli 3 in-line hat



5. Soğuk Uç Teknolojileri

● Otomatik Kalite Kontrol

6 hatta tam otomatik kontrol

Kamera kontrol (temassız)

"Image Processing"

Hata tespiti numerik



● Lazerli Baskı

Lazerle 7 hatta cam ürün markalama



Optik sistem tasarımı

6. Dekorlama Teknolojileri

● Serigrafik Baskı

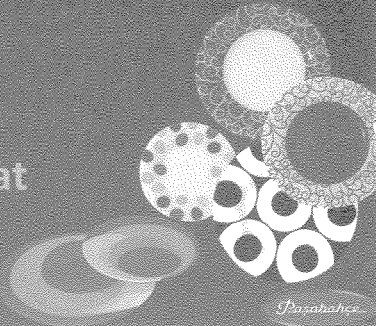
Toplam 7 yüksek kapasiteli hat
Inorganik ve organik 8 renk baskı

Kurşunsuz boya ve flux

Boya hazırlama

● "Total Transfer"

Yüksek kapasiteli 2 hat
Inorganik 8 renk



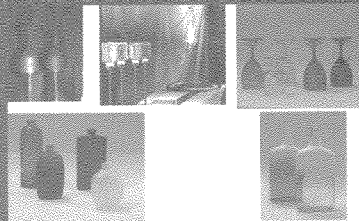
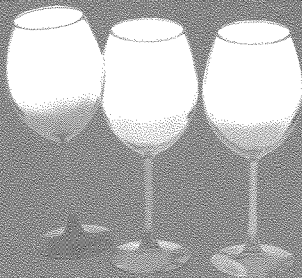
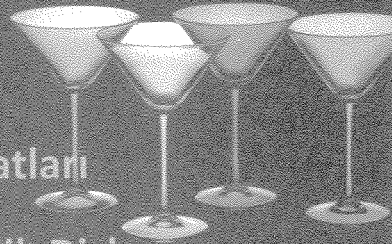
Dasabahçe

6. Dekorlama Teknolojileri

● Organik Boyama

Tam ve Dip Boyama Hatları

Tabanca ve Elektrostatik Disk

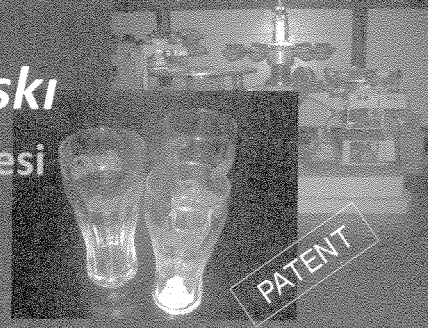


Dasabahçe

6. Dekorlama Teknolojileri

● Gravür Üstü Baskı

Yeni bir baskı prosesi



● Plastik Aksesuar

Yüksek kapasiteli 6 enjeksiyon
makinası



20 yılın satır başları ...

Paşabahçe Bugün



	1990	2010
Proses	3	10
Hat Sayısı	25	68
Kapasite (ton/gün)	415	1,700
Net Üretim (ton/yıl)	80,000	450,000

Paşabahçe

Paşabahçe Bugün



	1990	2010	
Proses	3	10	
Hat Sayısı	25	68	x 2.7
Kapasite (ton/gün)	415	1,700	x 4.1
Net Üretim (ton/yıl)	80,000	450,000	x 5.6

Paşabahçe

Prof.Dr. Şener Oktik
Muğla Üniversitesi
oktik@mu.edu.tr

Prof Dr. Şener Oktik 1955 yılında Nevşehir (Uçhisar) de doğdu. İlk, ve orta öğrenimini Ankara'da Kurtuluş İlkokulu ve Kurtuluş Lisesi'nde tamamladı. Ankara Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümünden 1976 yılında **Fizikçi** ve 1977 yılında **Fizik Yüksek Mühendisi** diplomalarını aldı. 1979–1982 yılları arasında İngiltere'de Durham Üniversitesi, Uygulamalı Fizik ve Elektronik Bölümünde doktorasını tamamladı.



1982 yılında Selçuk Üniversitesi Fizik Bölümünde Yardımcı Doçent olarak göreve başlayıp 1986 yılında Katıhal Fiziği Anabilim Dalında Doçent unvanını aldı. 1986–1993 yılları arasında İngiltere'de önce Imperial Chemical Incorporation (ICI) firması adına Durham Üniversitesi Endüstriyel Araştırma Laboratuvarları'nda, ardından Londra'da bulunan British Petroleum (BP) Araştırma Laboratuvarlarında "Uzman Bilim Adamı" (Senior Scientist) olarak görev yaptı. Prof. Oktik Ekim 1993'de BP den ayrılıp yeniden Durham Üniversitesi, Uygulamalı Fizik ve Elektronik Bölümünde katıldı. Buradaki çalışmaları sırasında Avrupa Birliği "İnsan Kaynaklarının Hareketliliği" programı çerçevesinde İtalya'nın Lecce Üniversitesinde bir dönem misafir öğretim üyesi olarak görev yaptı.

1995 yılında Fizik Bölümünü kurmak üzere, Muğla Üniversitesine Katılan Prof. Dr. OKTİK, 1996 yılında "Muğla Üniversitesi Temiz Enerji Kaynakları Araştırma Merkezi"ni kurarak Üniversitenin bu konuda bir mükemmeliyet merkezi olmasını hedefledi. Muğla Üniversitesindeki görevi sırasında 1996 yılında DAAD bursu ile Almanya'nın Stuttgart Üniversitesinde bir dönem misafir öğretim üyesi olarak bulundu.

2002 - 2006 arasında Muğla Üniversitesi Rektörlüğü görevini yürüten Prof. Dr. Şener OKTİK, aynı göreve Kasım 2006 tarihinde yeniden 2010 Aralık ayına kadar görev yapmak üzere atandı. 1999 yılından bu yana Üniversitelerarası Kurul üyesi olan Prof. Dr. Şener OKTİK Avrupa Birliği'ne katılım sürecinin ilk ve tarihi toplantısına katılarak Bilim Teknoloji (25) ve

Eğitim Kültür (26) fasılları görüşmelerini yürüten delegasyonunda Türk Yükseköğretimi temsil eden ekipte görev yaptı. 2006 yılında başlayan Yükseköğretim Kurulu Yeterlilikler Komisyonunun çalışmalarını da görev alan Prof. Dr. Oktik, Bologna süreci Avrupa Konseyi içerisinde sekiz ülkenin temsil edildiği "Yeterlilikler Çerçevesi Koordinasyon Çalışma Grubu"na 2007 yılında üye seçildi. TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Danışma Kurulu üyesi olarak 2003–2005 yılları arasında görev yapan Prof. Oktik Avrupa Birliği Fotovoltaik Teknoloji Platformunda ve Avrupa Fizik Birliği Enerji Grubu'nda ülkemizi temsil etmektedir. Ayrıca Türkiye Temiz Enerji Vakfı Yönetim Kurulu Üyeliği, Enerji Teknolojileri Politikası Çalışma Grubu üyeliği yanında, Türkiye Enerji Şurası Temiz Enerji Alt Komisyonu üyeliği, Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi Danışma Kurulu üyeliği, Türkiye Fotovoltaik Teknoloji Platformu Danışma Kurulu Başkanlığı ve TÜBİTAK Teknoloji İzleme ve Değerlendirme Başkanlığı'nda Temiz Enerji Uygulamaları konusunda hakemlik görevleri vardır. Ayrıca Prof: Dr. Şener OKTİK TEMA Vakfı Muğla il temsilciliği görevini 1999–2002 yılları arasında yürütmüştür.

Uzmanlık alanı yarı-iletken malzemeler, aygıtlar ve onların "optik ve opto-elektronik" uygulamaları olan Prof: Dr. OKTİK bu alanda lisans ve lisansüstü eğitim öğretim ve araştırmaları aktif olarak sürdürmekte olup, sayıları yüzü aşan ulusal ve uluslararası makalenin, iki adet uluslararası patentin yurtdışında bir, yurt içinde de bir kitabın yazarı/ortak yazarıdır.

Prof. Dr. Şener Oktik evli iki çocuk babasıdır.

Özet

Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürme olan “fotovoltaik olay”a dayalı teknolojilerin yakın gelecekte birçok ülkenin enerji üretiminde önemli bir katkısı olacağı öngörülmektedir. Ülkemizin üyesi olma yolunda ilerlediği Avrupa Birliği için 2020 yılında elektrik enerjisi üretiminde fotovoltaik güç sistemlerinin payının %12’ ye çıkarılmasının ulaşılabilir bir hedef olduğu Avrupa Fotovoltaik Endüstrileri Birliği, (EPIA) tarafından vurgulanmaktadır. Avrupa’nın 2020 enerji talebi göz önüne alındığında %12 lik pay için 2020 yılında yaklaşık 400GW ve 2030 yılında 700GW fotovoltaik kurulumu gerektirmektedir.

2009 yılında Dünyadaki fotovoltaik modül üretimi 7,7GW ve fotovoltaik kurulum 6,9GW olarak gerçekleşmiştir. 2009 yılı için ince film fotovoltaik modüllerin toplamdaki payı %27 olarak gerçekleşmiş olup, önümüzdeki birkaç yıl için bu değerlerde kalacağı değerlendirilmiştir yapılmaktadır⁽¹⁾. Dünyada ki toplam kurulu gücün 20GW değerini henüz aşığı dikkate alınır, önümüzdeki on yıl içinde yalnızca Avrupa talebini karşılamak için dahi fotovoltaik göze ve modül üretimde ve fotovoltaik güç sistemlerinde kullanılan malzemede, aygıt ve bunlarla ilgili teknolojilerde gelişmelerin olacağı açıktır.

Fotovoltaik dönüşümün kalbi olan gözeden başlayarak anahtar teslim sisteme kadar fotovoltaik sektörü değer zincirinde yer alan paydaşlar için uzun bir liste yapılabilir.

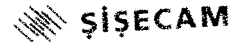
Bunlar Üniversiteler, araştırma enstitüleri, göze üretiminde kullanılan malzemelerin üreticileri ve tedarikçileri, modül üretiminde kullanılan malzemelerin üreticileri ve tedarikçileri, modül üreticileri, bu alanların yan sanayi tedarikçileri, fotovoltaik güç sistemleri kurulum sektörü (planlama ve uygulama) ve bunlara ürün sağlayan tüm yan sanayiler, sistem izleme sektörü, lojistik servis sağlayıcılar, enerji depolama sektörü, elektrik enerjisi iletim ve dağıtım sektörü, inşaat sektörleri, mimarlık ve mühendislik sektörü, ulaşım sektörü, medya... Bu liste daha da uzatılabilir, listedeki bütün paydaşlar arasında değişik düzeylerde ilişkiler fotovoltaik sektörünü geliştirmektedir ve güçlendirmektedir. Ancak sektördeki gerçek itici güç, fotovoltaik sektörünün değer zincirindeki bütün segmentlerin araştırma enstitüleri ve üniversiteler ile yaptığı işbirliğidir.

Bu çalışmada fotovoltaik sektörü değer zincirinde Avrupa Güneş Endüstrileri Girişimi (SOLAR EUROPE INDUSTRY INITIATIVE, SEII)⁽²⁾ tarafından belirlenen öncelikli Ar&Ge alanları ve bu alanlardaki üniversite sanayi işbirliği fırsatları tartışmaya açılacaktır.

- (1) Robert Schramm, **Analysts**, Commerzbank, Equity Research 29 January 2010
- (2) Solar Europe Industry Initiative (SEII), Draft Summary implementation Plan January 2010, European Photovoltaic Industry Association EPIA), European Photovoltaic Technology Platform

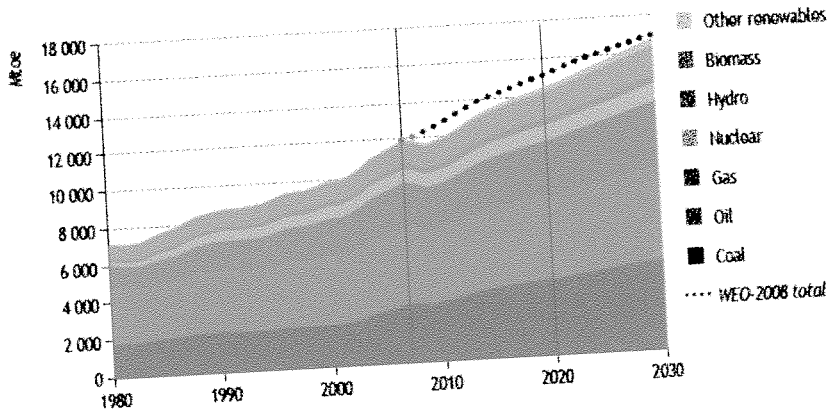
25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Fotovoltaik Sektörü Değer Zincirinde Üniversite Sanayii İşbirliği



25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Dünya birincil enerji ihtiyacı

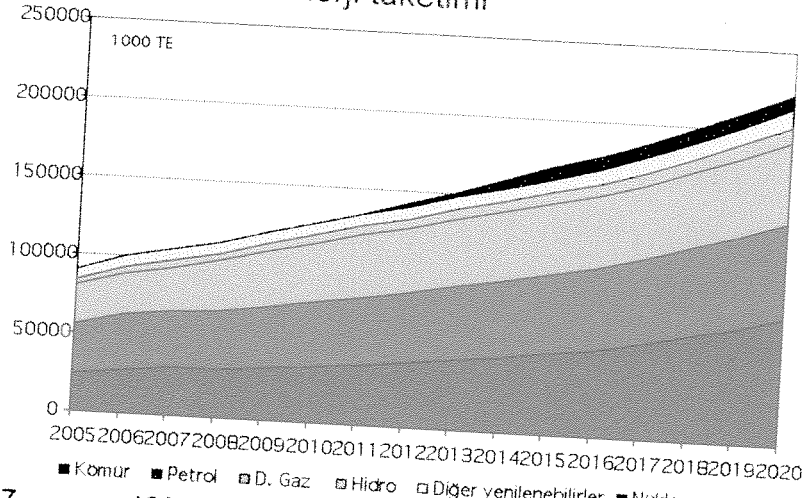


2005 11,4 milyar TEP
2020 ~14,5 milyar TEP
2030 17,0 milyar TEP (%49 artış)



25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Ülkemizde birincil enerji tüketimi



2007
2020

108 milyon TEP
220 milyon TEP (yılda ~ %4,3 artış)

Kaynak: Dİİİ, BudaK "Electrical Energy Sector in Turkey"

ŞİŞECAM

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Elektrik enerjisinin toplam nihai enerji tüketimindeki payı

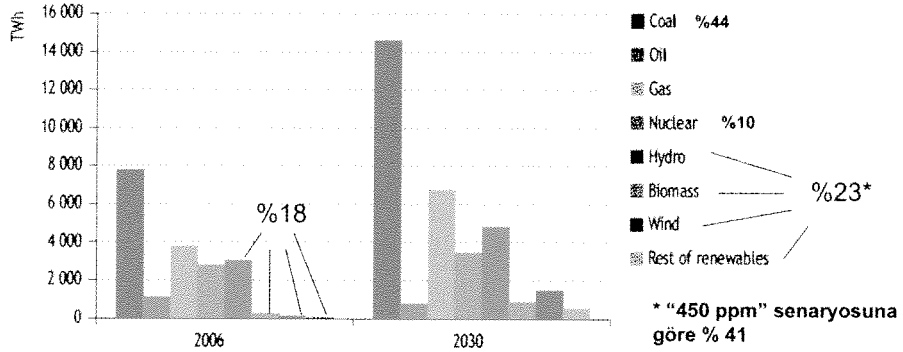
- Dünya %16.7
- OECD %20.3
- Türkiye % 16.6

Ref. Güray, Bora; "Solar TR-1", 29-30.04.2010. Ankara

ŞİŞECAM

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Dünya elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı

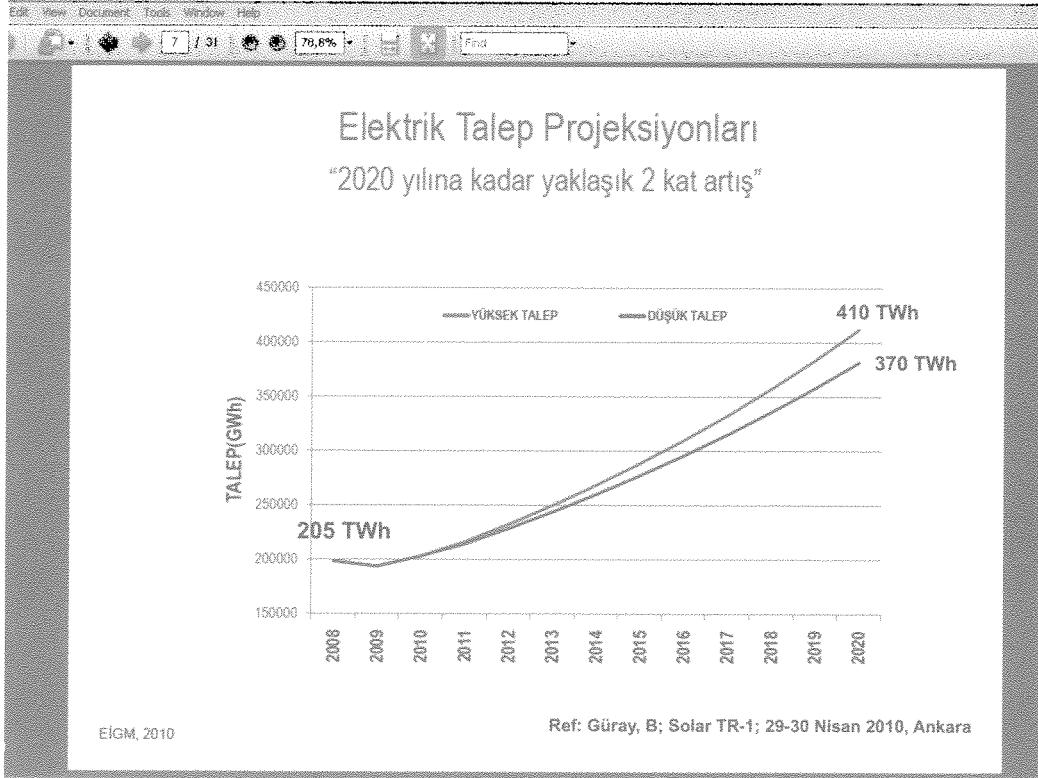


Tüketim

Kaynak : International Energy Agency www.iea.org

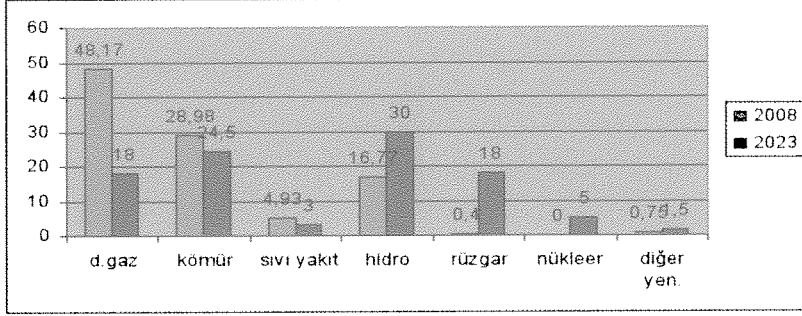
2006	16.378 TWh
2030	28.141 TWh

 **ŞİŞECAM**



25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Ülkemiz elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı



Ref: Güray, B; Solar TR-1; 29-30 Nisan 2010, Ankara

2023 yılında....

1. Hidroelektrik potansiyelinin (~42-43 GW) tamamının kullanılması,
2. Rüzgar enerjisi kurulu kapasitesinin 20.000 MW'a çıkarılması,
3. Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi kapasitesinin 600 MW'a çıkarılması,
4. Güneş enerjisi kullanımının artırılması için gerekli düzenlemeleri yapılması hedeflenmektedir.

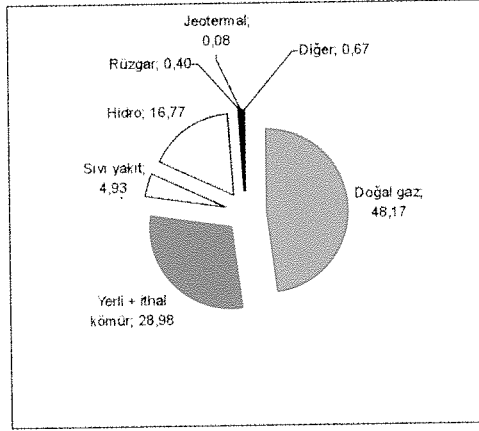
25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Ülkemiz elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı

2008 yılı: 205 TWh

2023 yılında....



1. Hidroelektrik potansiyelinin (~42-43 GW) tamamının kullanılması,
 2. Rüzgar enerjisi kurulu kapasitesinin 20.000 MW'a çıkarılması,
 3. Jeotermal kaynaklardan elektrik üretimi kapasitesinin 600 MW'a çıkarılması,
 4. Güneş enerjisi kullanımının artırılması için gerekli düzenlemelerin yapılması
- hedeflenmektedir.

 ŞİŞECAM

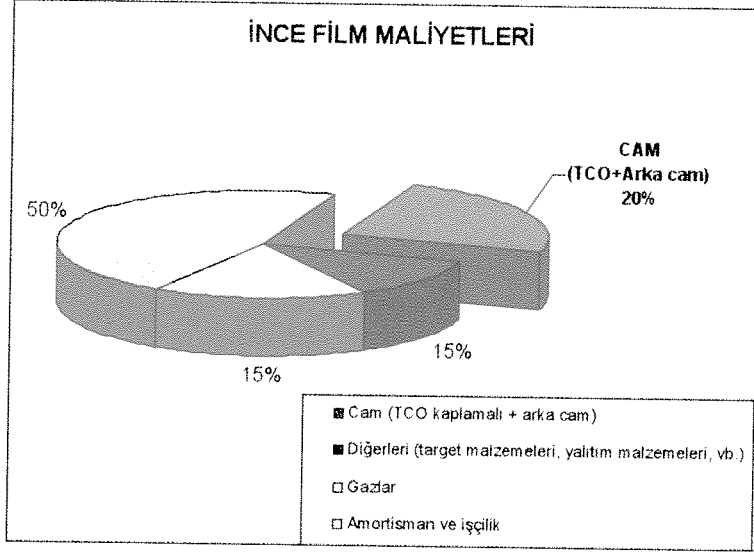
25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Fotovoltaikler ve Cam

- Fotovoltaik endüstrisi geliştikçe, dayanım, verim, maliyet, üretim hacmi ve küresel tedarik ihtiyaçlarını karşılayabilecek uygun malzeme ve proseslerin seçimi kritik bir hal almaktadır.
- Fotovoltaik modül üretiminde en pahalı komponent olan cam ise bu konuda önemli bir rol oynamaktadır.

 ŞİŞECAM

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul



Linde Group, Solar Brochure – Thin Film Costs

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Fotovoltaik Üreticileri ve Cam Üreticileri

- Cam tedarikçileri fotovoltaikler için artan cam talebi karşısında kendi durumlarını tekrar gözden geçirmekte ve bu ihtiyaçları karşılayabilecek konuma gelmeye çalışmaktadırlar:
 - Düşük demir oksit içerikli buzlu ve float cam,
 - yansıtma cam,
 - saydam iletken oksit (TCO) kaplı cam,
 - ince ve temperli cam,
 - “easy- clean” ve “self clean” cam
 - bugüne göre daha ucuz ve bu özelliklerini en az 20-25 yıl koruyabilen c
- Fotovoltaik sektörü, fotovoltaik camlar için gerekli gelişmeleri tetiklemeli ve bu konuda cam tedarikçileri ve fotovoltaik sistem üreticileri birlikte çalışmalıdırlar.

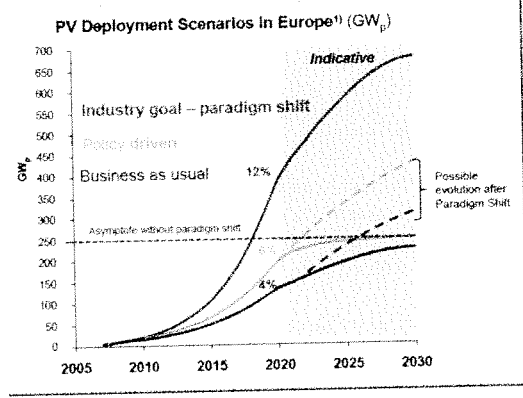
25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Türkiye için Öngörüler

EPIA (European Photovoltaic Industry Association) 2020 yılı projeksiyonu:

“Industry Goal” senaryosuna göre, güneş enerjisinde AB hedefi 390 GW olarak öngörülmektedir.

Bu senaryoda 2020 yılı için Türkiye’de kurulu gücün 20 GW olması beklenmektedir.



EPIA Statement

 ŞİSECAM

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Türkiye için Öngörüler

- Panel üretim tesislerinin kurulumunun başlaması ile üretime geçmesi arasındaki süre ortalama 2 senedir.
- Bugün inşaatına başlanması durumunda, 2012 yılında tamamlanacak tesisler ile 2020 yılı 20 GW hedefine ulaşılması için önümüzde 8 sene vardır.
- 2020 yılında fotovoltaik pazarında %50 kristal silikon ve %50 ince film teknolojisi olacağı öngörüsü ile:

c-Si : 150 Wp/m² panel
İnce film Si: 90 Wp/m² panel (Photovoltaics International)

20 GW toplam kurulumun 10 GW'ı kristal silikon olup, 67 Milyon m² düşük demirli buzlu cam gerekecektir.

10 GW'lık ince film kurulumu için 110 Milyon m² float (Düşük Demir + TCO) cam gerekecektir.

 ŞİSECAM

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

20 GW Kurulum için Cam İhtiyacı

Cam Fırınları Kapasiteleri:

250 tpd (ton/gün) kapasiteli bir desenli cam fırınında yılda 10 Milyon m² 3.2 mm kalınlığında cam üretilmektedir.

550 tpd (ton/gün) lük bir float cam fırınında yılda 22 Milyon m² 3.2 mm kalınlığında cam üretilmektedir.

10 GW kristal silikon fotovoltaik kurulumunun gerektirdiği 67 Milyon m² düşük demirli desenli cam ihtiyacını karşılamak için, 1 adet 250 ton/gün kapasiteli desenli cam hattı tam zamanlı olarak 8 yıl boyunca fotovoltaik pazarına üretim yapmalıdır.

10 GW ince film fotovoltaik kurulumu için gerekli 110 Milyon m² "düşük demirli + TCO kaplamalı cam" ihtiyacını karşılamak için ise 550 ton/gün kapasiteli 1 adet float hattı hemen hemen tam zamanlı olarak 8 yıl boyunca fotovoltaik pazarına üretim yapmalıdır.

 ŞİŞECAM

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

Alınacak Tedbirler

- Fotovoltaik sektörde kullanılan camlar için genel düşünce ve beklenti, kristal silikon uygulamalarda yansıtmasız camların birkaç sene içerisinde standart olacaktır.
- 2012 yılında ilk kurulumları tamamlanacak modül üretim tesislerinde kullanılmak üzere, anti reflektif teknolojisinin çok kısa sürede kurulması gerekmektedir.
- Kristal silikon teknolojisinin fotovoltaik pazarında %80-85 pazar payına sahip olması ve bu durumun önümüzdeki 5 sene içerisinde çok büyük düşüş göstermeyeceği düşüncesi ile, Türkiye'nin yol haritasında düşük demirli/desenli/anti-reflektif camların ilk sırayı alması gerekecektir.

(Photovoltaic International – Thin Film Market Share is %14 in 2008 and expected to have %16 share in 2009).

- Piyasanın izlenerek, ince film tarafına daha hızlı kayması ve bugünkü duruma benzer bir dağılıma sahip olması durumunda (%60 a-Si) ise Türkiye düşük demirli float/TCO kaplamalı camlar için hazırlıklı olmalıdır.

 ŞİŞECAM

25. Cam Sempozyumu, 7 Mayıs 2010, İş Sanat Kültür Merkezi - İstanbul

SONUÇ

- Öngörülere dayalı yapılan hesaplar göstermektedir ki, Türkiye’de cam endüstrisinin fotovoltaik kullanıma ayıracağı kapasite için sorunu olmayıp, piyasa şartlarına bağlı olarak fotovoltaik kullanımına yönelik düşük demirli desenli cam için “**anti reflektif**” ve düşük demirli float için “**TCO kaplamalı cam**” teknolojilerine doğru zamanlama ile sahip olması gerekmektedir.

4

Silisyum Tabanlı Dilim (wafer) ve İnce Film Güneş Gözeleri Teknolojileri

Prof.Dr. Raşit Turan

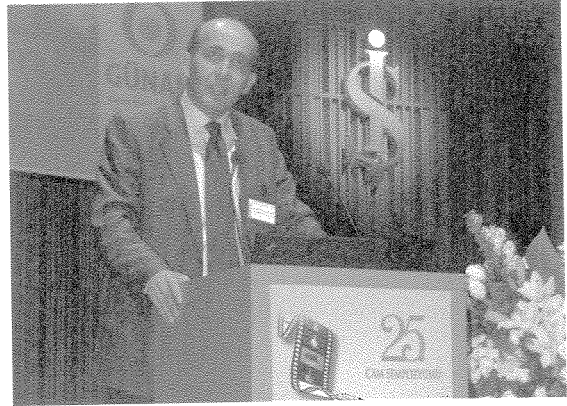
Ortadoğu Teknik Üniversitesi

turanr@metu.edu.tr

Raşit Turan B.Sc. ve M.Sc. derecelerini 1985 yılında ODTÜ Fizik Bölümü'nde tamamladı. Aynı yıl Oslo Üniversitesi'nde Fisiksel Elektronik alanında başladığı doktora eğitimini 1990 yılında tamamladı. İsveç Linköping Üniversitesi'nde doktora sonrası araştırmalarda bulundu. 1991 yılında ODTÜ'ye öğretim üyesi olarak döndü ve o tarihten itibaren bu görevini sürdürüyor. 1995 yılında Kanada Toronto Üniversitesi'nde bir süreliğine misafir öğretim üyesi olarak görev yaptı. Başlıca araştırma konusu yarıiletken malzeme ve aygıtların fiziği ve teknolojisi olarak belirtilebilir. Uluslararası dergilerde 100 e yakın makalesi yayımlandı. Çeşitli ulusal ve uluslararası proje yönetti ve yönetiyor. Bu projeler arasında yürüttüğü AB 6.Çerçve projeleri SEMINANO ve METU-CENTER projelerini başarı ile tamamladı. Prof. Turan, son yıllarda ülkemizde güneş enerjisi teknolojilerinin geliştirilmesi yönünde çalışmalar yürütüyor. Bu amaca yönelik olarak Güneş Enerjisi Araştırma Merkezi (GÜNAM)'nin kurulmasına öncülük etti. DPT tarafından desteklenen GÜNAM, ülkemizde teknoloji geliştirmeye yönelik bir uzmanlık merkezi olarak ulusal düzeyde hizmet vermeyi hedefliyor.

Özet

Güneş enerjisi, temiz, sonsuz ve her yerden ulaşılabilen bir enerji türü olarak dünyanın ihtiyaç duyduğu enerjinin binlerce katını karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle fosil yakıtların oluşturduğu ekonomik, sosyal, politik ve çevre ile ilgili birçok sorunun çözümü için en önemli seçenektir. Özellikle enerji kaynakları sınırlı Türkiye gibi ülkelerde güneş enerjisi gelecekte büyük bir öneme sahip olacaktır. Giderek artan önemi nedeni ile güneş enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesi son yıllarda en çok ilgi çeken teknoloji alanlarından bir tanesidir. Enerji dönüşümünün ucuz ve yaygın kullanıma uygun



yöntemlerinin bulunması yeni teknolojilerin geliştirilmesine bağlıdır. Güneş enerjisi, ısı (thermal) yöntemlerle ya da fotovoltaik (FV) aygıtlarla elektrik enerjisine dönüştürülür. Güneş gözesi olarak adlandırılan fotovoltaik aygıtlarda, güneşten gelen fotonlar doğrudan elektrik akımına dönüşür. Elde edilen elektrik enerjisinin göze üzerine düşen foton enerjisine oranına gözenin verimi denir. Günümüzde mevcut FV teknolojilerinde verim değerleri % 5 ila % 40 arasında değişmektedir. Güneş gözeleri teknolojileri, kullanılan malzeme ve aygıt türüne göre farklılıklar gösterir. Mevcut teknolojiler arasında en yaygın olanı Silisyum (Si) kristali kullanılarak üretilen dilim (wafer) tabanlı FV teknolojisidir. Pazar payı % 85 olan bu teknolojiye kalınlığı 200 micron civarında olan ve saf Si'dan üretilen dilimler kullanılır. Bu tür gözelerde verim değerleri % 20'lere yaklaşmıştır. Bir diğer Si tabanlı teknoloji ise ince film Si güneş gözeleridir. İnce film Si cam ya da çelik folye üzerine kaplanarak bu tür gözeler üretilir. Bu tür teknolojilerde, az malzeme kullanıldığından maliyet düşüktür. Ancak verim değerleri kristal Si'a göre daha düşüktür (%10). Bu sunumda Si tabanlı kristal ve ince film güneş gözeleri teknolojiler ve bu alandaki en son gelişmeler özetlenecektir.

Silisyum Tabanlı Dilim (wafer) ve İnce Film Güneş Gözeleri Teknolojileri



Prof. Dr. Raşit Turan

Fizik Bölümü

Güneş Enerjisi Araştırma Merkezi (GÜNAM)

ODTÜ

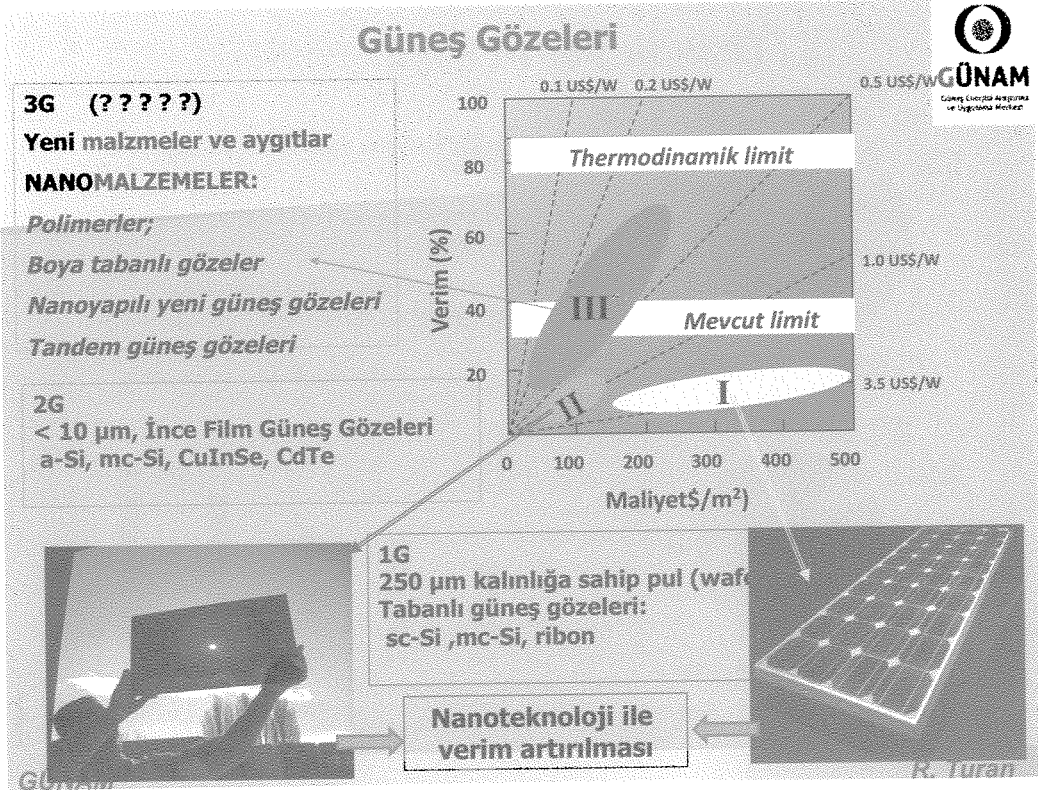
50th ANNIVERSARY METU PHYSICS



Silisyum Tabanlı Dilim (wafer) ve İnce Film Güneş Gözeleri Teknolojileri

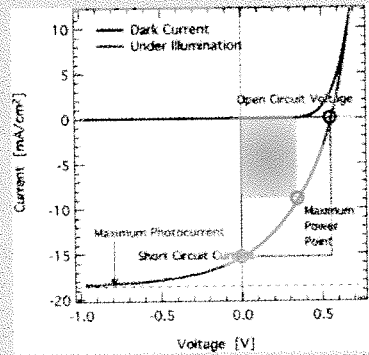
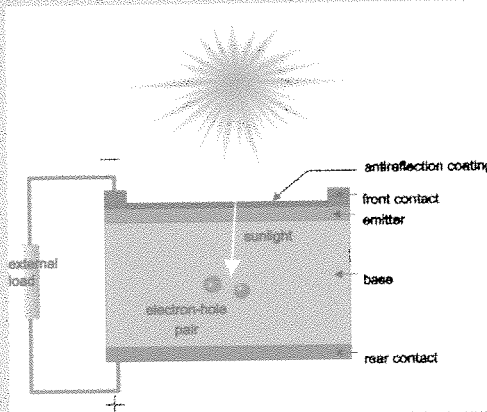


- ❑ GÜNEŞ GÖZESİ TEKNOLOJİLERİ : GENEL BAKIŞ
- ❑ Si DİLİM TABANLI GÜNEŞ GÖZELERİ
- ❑ İNCE FİLM Si GÜNEŞ GÖZELERİ
- ❑ GÜNEŞ ENERJİSİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ (GÜNAM)



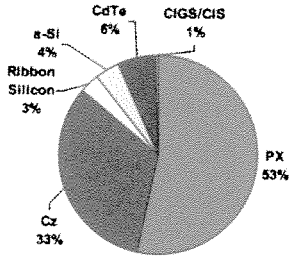
Fotovoltaik nedir, güneş gözesi nasıl çalışır ?

- ✓ Güneş hücresi üzerine düşen güneş ışık demeti elektronlar tarafından emilir. Elektronlar potansiyel enerji kazanır (barajlardaki su gibi)
- ✓ Bu elektronlar kazandıkları enerji ile pozitif tarafa doğru hareket eder ve elektrik akımı oluşturur.
- ✓ Böylece başka bir güç harcamadan enerji elde edilir

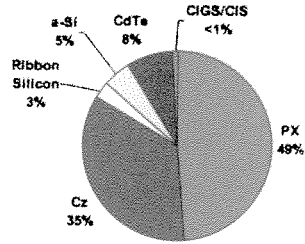


Güneş hücreleri çoğunlukla yarıiletken malzemelerden yapılır.

Teknolojilerin Pazar Payları



2007 Total Shipments 3073.0-MWp

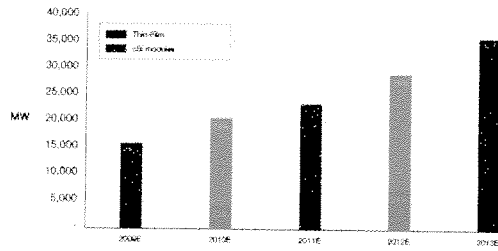


2008 Total Shipments 5401.8-MWp

In 2007, shipments of thin films were 11% of total.

In 2008, shipments of thin films were 14% of total.

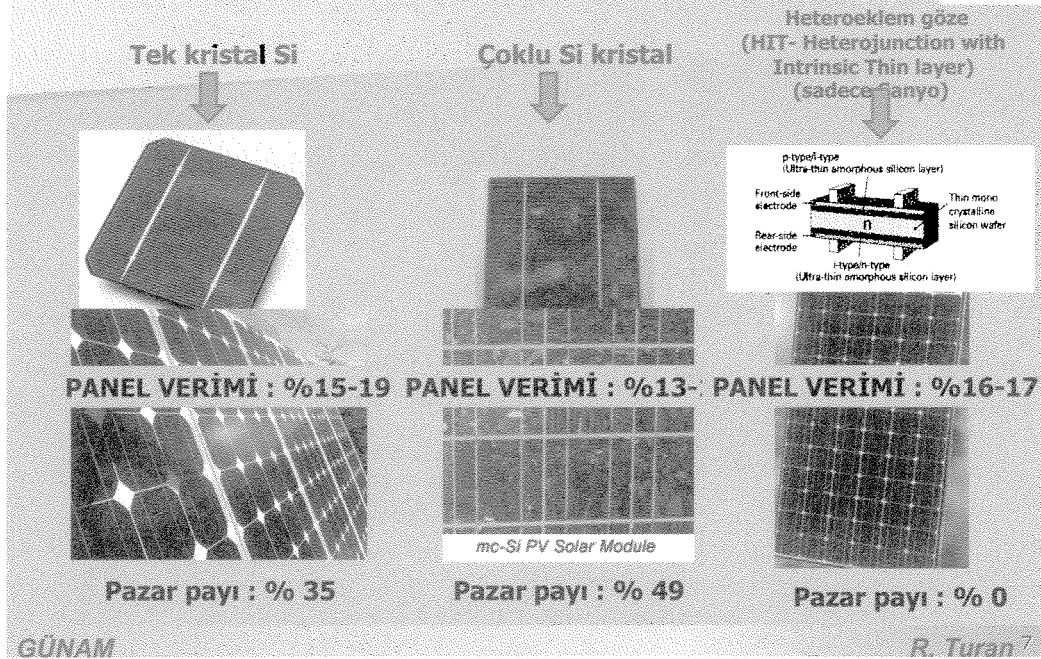
In 2009, shipments of thin films are estimated at ~20% of total.



Kaynak : JRC 2009 Status Report

Si dilim (Wafer) tabanlı güneş gözelleri

Dilim (wafer) Tabanlı Kristal Si Güneş Gözeleri



GÜNAM

R. Turan 7

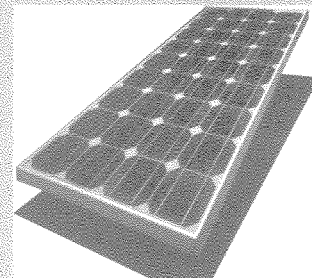
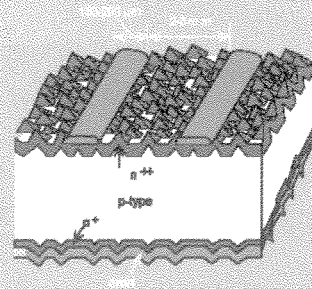
Geleneksel tek kristal Si güneş gözesi



Tek eklemlı, Si wafer tabanlı güneş hücreleri

■ Geleneksel gözelerde, p türü (bor katkılanmış) dilimler üzerine çeşitli kimyasal işlemler (fosfor katkılama) sonunda oluşturulan p-n eklemi, ışığın elektrik enerjisine dönüşmesini sağlar.

- Laboratuvar ölçeğinde %25 verim
- Büyük alanda (modül) %13-19 verim
- Kalın Si soğurucu taban (~200 µm)
- Si dilim maliyeti modül maliyetinin yaklaşık % 40'ı nı oluşturur



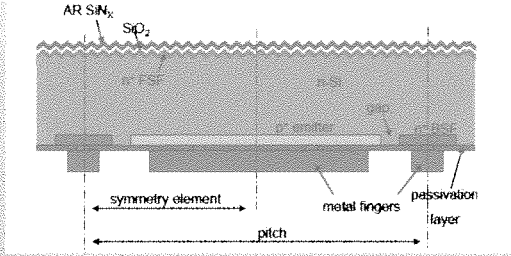
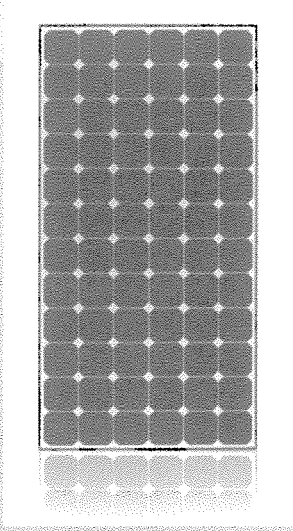
GÜNAM

R. Turan



GÜNAM
Güneş Enerjisi Araştırma
ve Uygulama Merkezi

Yeni teknolojiler : Arkadan temaslı tek kristal Si güneş gözesi



■Tüm bağlantılar arka yüzeyde olduğundan ön yüzeyin tamamı kullanılabilir.

■Böylece daha geniş yüzeyi aktif ve daha verimli güneş gözesi üretiliyor

Sunpower panel : verim %19.5
(Hamburg 24th PV konferansında sergilendi)

GÜNAM

R. Turan

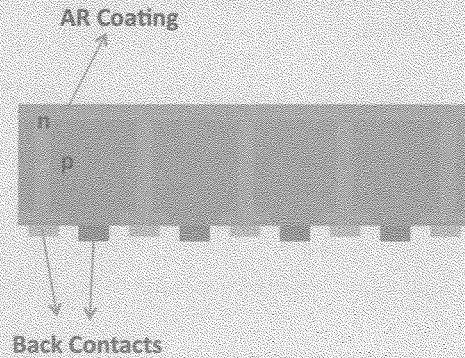
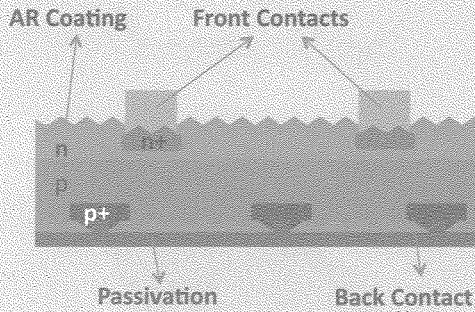


GÜNAM
Güneş Enerjisi Araştırma
ve Uygulama Merkezi

Yeni teknolojiler :

PERL(Passivated Emitter, Rear Locally Diffused) Cell

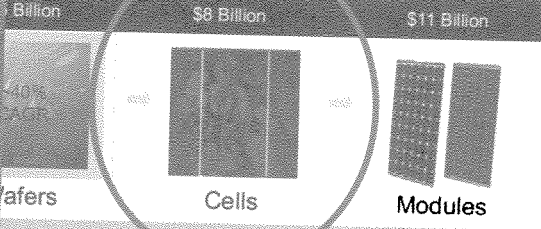
Emitter Wrap Through Solar Cells



GÜNAM

R. Turan

Göze üretimi

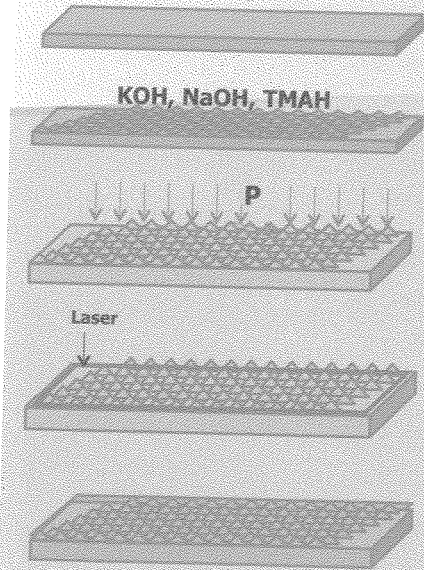


Katma değeri yüksek
Yeniliklere ve innovasyona uygun
Bilimsel ve teknik ayrıntıları fazla

GÜNAM

R. Turan¹³

Si güneş gözesi üretim aşamaları



Yüze temizliği, kesme işleminden kalan pürüzlerin giderilmesi

*Kontrollü yüze pürüzlendirilmesi.
Yansımayı azaltıcı yüze oluşturulması*

*Fosfor katılanması ve fırınlanması,
işlem sonunda yüze oluşmuş fosfor
camın aşındırılması*

*Laser ya da plazma ile kenar
aşındırması*

*Yansımayı azaltmak amacı ile ön
yüze Si_3N_4 ile kaplanması*

GÜNAM

R. Turan

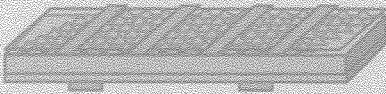
Si güneş gözesi üretim aşamaları



Arka yüzeye Al kaplanması



Arka yüzeye Ag şeritlerin oluşturulması



Ön yüzeye Ag şeritlerin oluşturulması

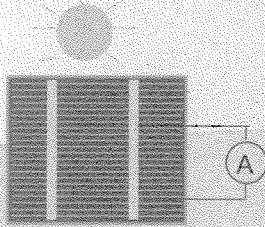


Kontakların oluşması için kurutma ve fırınlama işlemleri

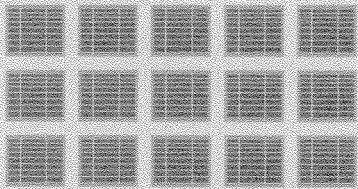
GÜNAM

R. Turan

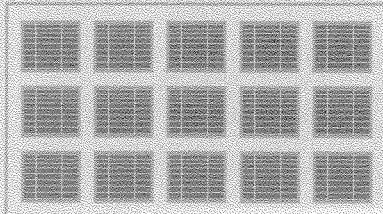
Si güneş gözesi üretim aşamaları



Güneş simülatörü ile test işlemleri



Lehimleme ve laminasyon



Paketleme ve dış bağlantılar

GÜNAM

R. Turan

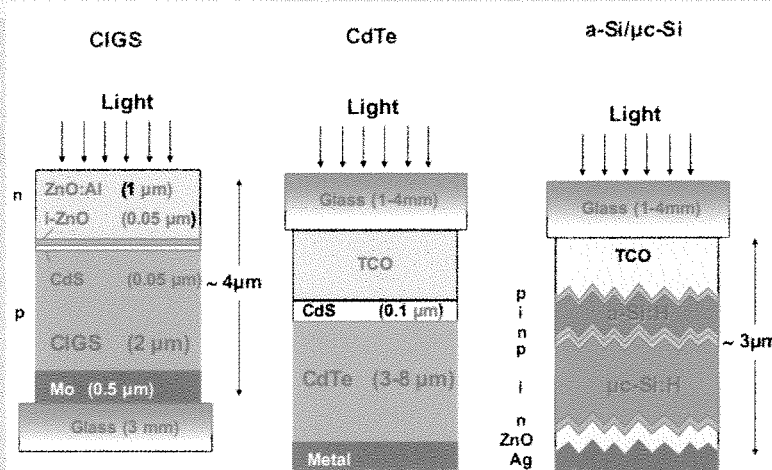
İnce film Si güneş gözeleri

GÜNAM

R. Turan¹⁷

İnce Film Güneş Gözeleri

Panel verimi : %11-13 Panel verimi : %10-12 Panel verimi : %8-10



Pazar payı <%1

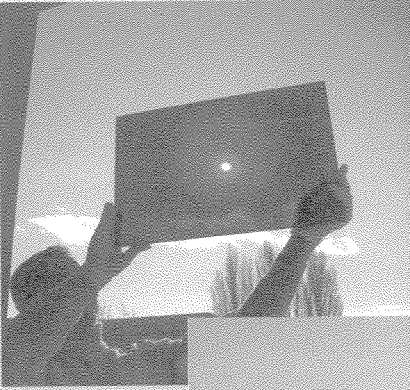
Pazar payı : % 8

Pazar payı : % 5

GÜNAM

R. Turan¹⁸

Si ince Film Güneş Gözeleri



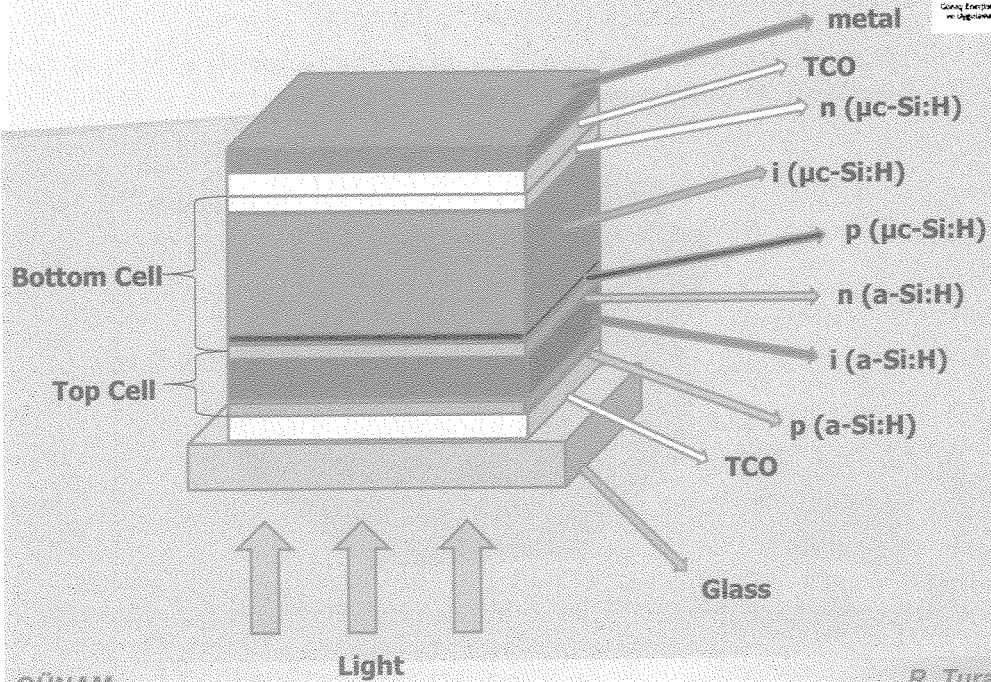
Kaynak : Özerlikon



GÜNAM

R. Turan

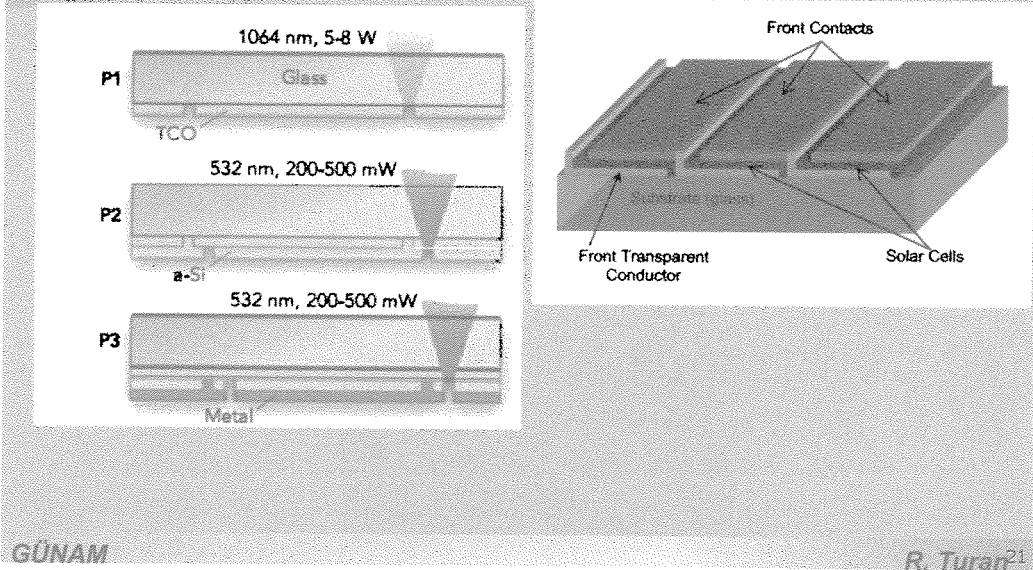
Si ince film güneş gözesi üretim aşamaları



GÜNAM

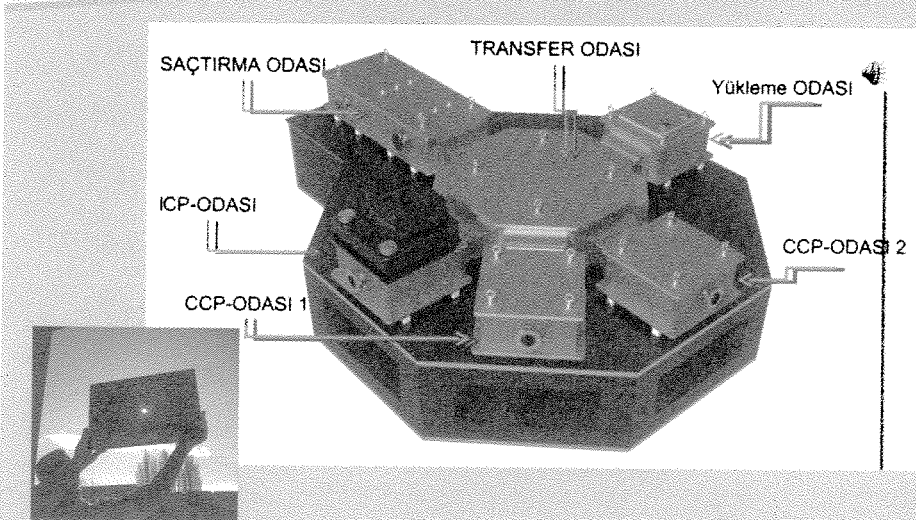
R. Turan

Laser ile işleme



GÜNAM İnce Film a-Si/ μ c-Si Tandem Güneş Gözesi Üretim Sistemi

- 30cm x 30 cm cam üzerine a-Si ya da a-Si/ μ c-Si güneş gözeleri üretilebilir
- Bu sistem bir türk firması (Vaksis) tarafından Türkiye'de üretilmektedir





GÜNEŞ ENERJİSİ ARAŞTIRMA VE UYGULAMA MERKEZİ (GÜNAM)

R. Turan²³

GÜNAM

GÜNAM



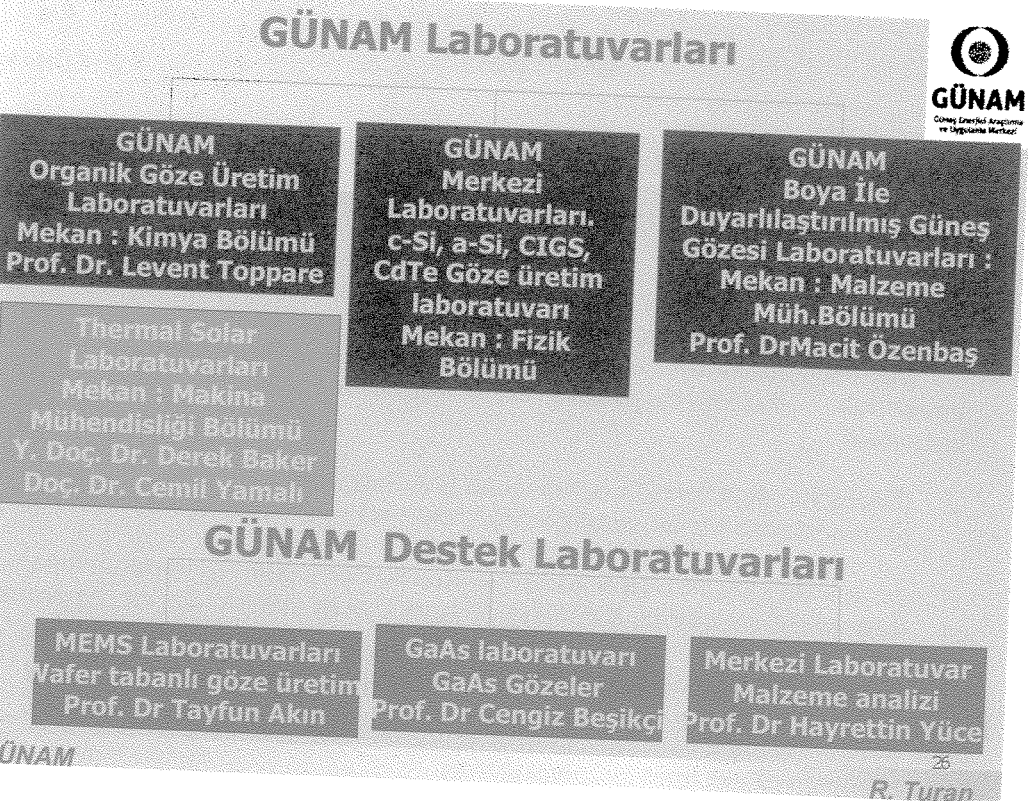
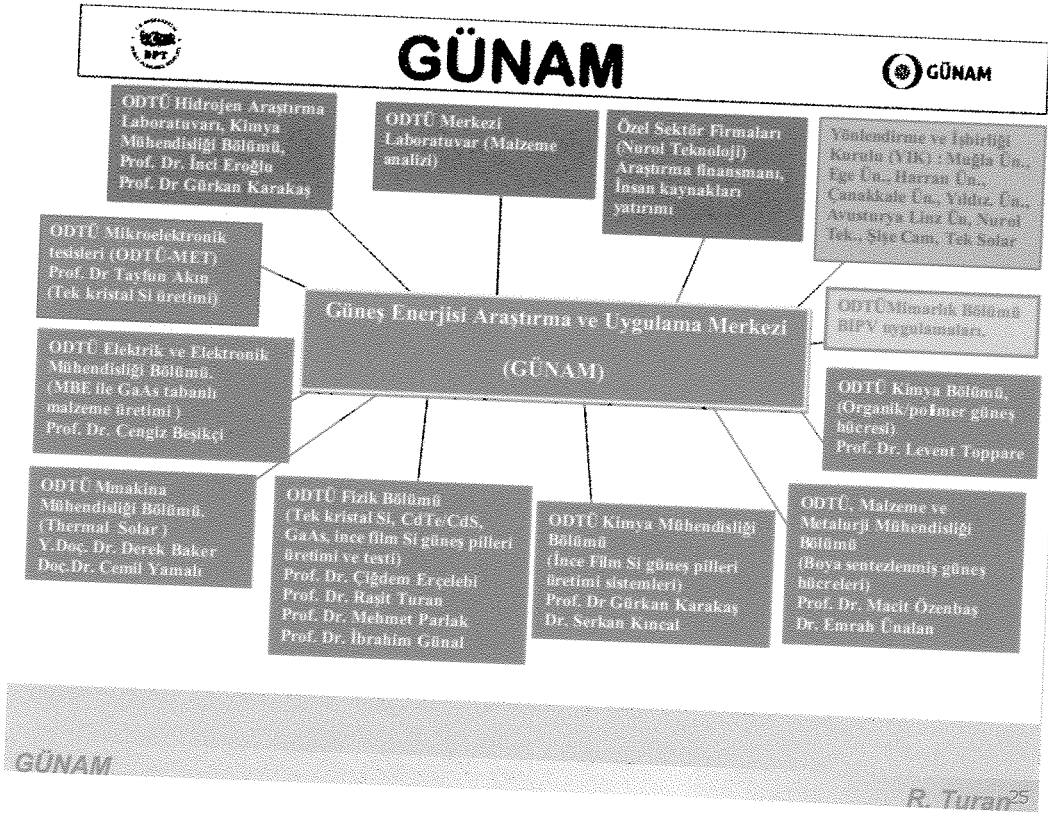
GÜNAM'ın kuruluşu ODTÜ ve YÖK tarafından onaylanarak tamamlandı
GÜNAM, DPT tarafından 2009-2011 döneminde 3 yıl boyunca desteklenecektir

AMAÇLARI

- ✓ Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürme teknolojilerinin ülkemizde geliştirmek ve dünya ile rekabet edebilir düzeye çıkartmak. Bu amaca yönelik olarak araştırma faaliyetlerinde bulunmak.
- ✓ Güneşten elektrik elde edilmesi ve kullanılmasına yönelik oluşturulacak teşvik sistemlerinin teknolojik altyapısını oluşturmak.
- ✓ Bu alanda çalışan bütün kurum ve kuruluşlarla işbirliği içinde, ulusal düzeyde yönlendirici, katkı sağlayıcı ve sinerji yaratıcı bir rol oynamak.
- ✓ Gerekli insan gücünü yetiştirmek.
- ✓ Ulusal düzeyde tüm ilgili kurum ve kişilere hizmet veren bir GÜNAM mükemmeliyet merkezi oluşturmak.

24

R. Turan





İlginiz için teşekkürler

<http://www.gunam.metu.edu.tr>

GÜNAM

R. Turan²⁷

Dr. Bülent M. Başol
EncoreSolar, Inc.

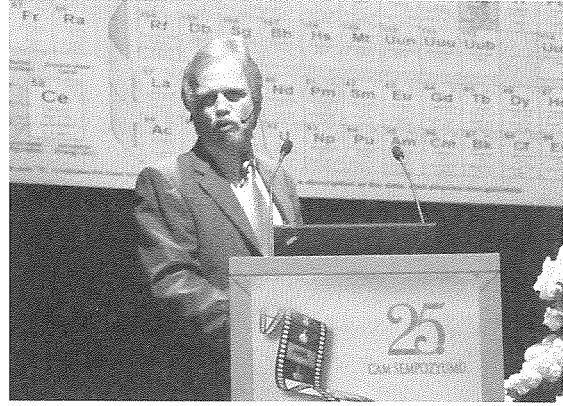
Kurucu, CTO
bulentbasol@hotmail.com

1973 yılında Boğaziçi Üniversitesi Elektrik Mühendisliği bölümünden mezun oldu. Master ve doktora çalışmalarını Kaliforniya Üniversitesi Los Angeles (UCLA) kampusunda Elektronik Materyaller ve Katı Hal Fiziği konularında tamamladı. Doktora tezi sırasında temelini attığı CdTe ince film güneş pili teknolojisini Monosolar adlı şirkette daha da geliştirip 1984 yılında British Petroleum şirketine transfer etti. 1985'te kurucu ortak olarak başladığı International Solar Electric Technology (ISET) adlı şirkette 15 sene boyunca CdTe ve $CuInGaSe_2$ (CIGS) bazlı güneş pilleri teknolojileri geliştirdi. Bu araştırmalar Amerika Enerji Bakanlığı, Savunma bakanlığı, Ticaret Bakanlığı ve NASA tarafından desteklendi. Bu çalışmaların sonucunda NASA'nın inovasyon ödülü verdiği dünyanın ilk hafif ve bükülebilir CIGS güneş pilini ve nano parçacıklar kullanılarak boyama tekniği ile üretilen ilk CIGS güneş pilini geliştirildi. 2000 yılında Silikon Vadisinde NuTool şirketinde teknolojinin başı olarak entegre devrelerin bakır bağlamaları ve hızlandırılmaları konusunda yeni bir teknoloji üretti. Bu teknolojinin 2004 ortalarında büyük bir şirkete transferinden sonra SoloPower adlı şirketi kurdu ve teknolojinin başı olarak elektrokimyasal tekniklerle paslanmaz çelik varaklar üzerine yüksek verimlilikte CIGS güneş pilleri geliştirip bir üretim tesisi kurdu. 2010 yılının başından itibaren yeni kurduğu EncoreSolar şirketinde yeni bir CdTe teknolojisini üretime geçirmek üzere çalışmalarına devam etmektedir.

Bülent Başol'un elektronik materyaller ve ince film güneş pilleri konularında 122 tane Amerikan patenti ve değişik konferans ve dergilerde yayınlanmış 100'ün üzerinde makalesi bulunuyor. Başol'un Amerika dışındaki ülkelerde de 200'ün üzerinde patenti var.

Özet

Photovoltaik güneş enerjisinin geleneksel



elektrik üretim metodları ile fiyat bakımından yarışabilmesi için modül üretim ve sistem entegrasyon maliyetlerinin düşmesi gerekir.

İşte bu sebeptir ki, yüksek verimlilik ve düşük maliyet potansiyeli olan CdTe ve CIGS bazlı ince film güneş pilleri ve paneleri üzerine yapılan araştırma-geliştirme faaliyetleri 1980' li yıllardan beri süregelmiştir. Bugün itibari ile 50' nin üzerinde kuruluş bu teknolojiler üzerinde çalışmakta olup, First Solar adlı bir şirket de düşük maliyetli (<\$1/Watt) CdTe modül imalatı sayesinde dünyanın en büyük photovoltaik kuruluşu olma yolunda ilerlemektedir. CdTe ve CIGS materyalleri laboratuarda yüzde 15-20 arası bir verimlilik kabiliyeti göstermişlerdir. Modül seviyesinde verimlilik yüzde 10-13 aralığındadır.

CIGS ve CdTe ince filmleri birçok değişik teknoloji ile üretilebilir. Bunlar arasında vakum kullanan kuru teknikler ve daha ucuz atmosferik teknikler vardır. Bu gün itibari ile en düşük maliyetli teknoloji buharlaştırma yöntemi kullanan CdTe teknolojisidir.Önümüzdeki yıllarda ince film fotovoltaik sistemleri ile üretilen elektriğin şebeke eşitliğine ulaşması beklenmektedir.

Giriş

Fotovoltaik güneş enerjisi, yenilenebilir enerji kaynakları içinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Fotovoltaik pazarı son 10 senedir yaklaşık ortalama yüzde 35-45 oranında bir yıllık büyüme göstererek, 2009 senesi itibarı ile 8 GW seviyesine ulaşmıştır. Bu pazar içerisinde en büyük pay yüzde 85 ile Kristal-Silikon (Si) teknolojisine ait olmakla beraber, ince film teknolojilerinin payı son 3 sene içinde büyük bir artış göstererek yüzde 15'i bulmuştur. Bu artışın önümüzdeki senelerde devam etmesi ve 5 sene içinde ince film pazar payının yüzde 30' lara ulaşması beklenmektedir. Fotovoltaik güneş enerjisinin geleneksel elektrik üretim metodları ile fiyat bakımından yarışabilmesi için modül üretim ve sistem entegrasyon maliyetlerinin düşmesi gerekir. İşte bu sebepledirki, yüksek verimlilik ve düşük maliyet potansiyeli olan CdTe ve CIGS bazlı ince film fotovoltaik hücreler ve paneller üzerine yapılan araştırma-geliştirme faaliyetleri 1980' li yıllardan beri süregelmiştir. Bugün itibarı ile 50 nin üzerinde kuruluş bu teknolojiler üzerinde çalışmakta olup, First Solar adlı bir şirket de düşük maliyetli (<\$1/Watt) CdTe modül imalatı sayesinde dünyanın en büyük fotovoltaik kuruluşu olma yolunda ilerlemektedir. Bu sunumda CdTe ve CIGS ince film teknolojilerinin gelişimini ve son durumlarını irdeleyeceğiz.

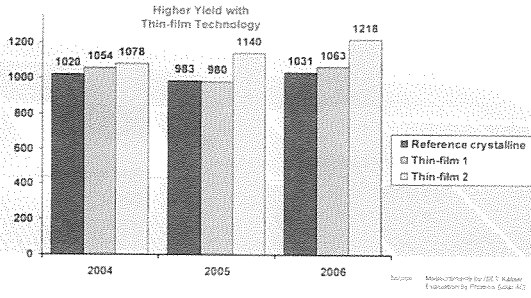
I. CdTe ve CIGS Teknolojilerinin Önemi

CdTe, periodic sistemin Grup 2 elementi olan Cadmium (Cd) ile Grup 6 elementlerinden Tellurium (Te) un reaksiyonundan elde edilen bir yarı iletkenidir. CIGS ise Bakır (Cu), İndium (In), Gallium (Ga) ve Selenyum (Se) elementlerinin biraraya gelmesi sonucunda oluşan yarı iletken bir alaşımdır. Her iki materyalinde bir özelliği, çok kuvvetli ışık

emici olmalarıdır. Dolayısı ile, güneş ışığının görünen spektrumunun emilmesi için 100 mikronun üzerinde Kristal-Silikon (Si) kalınlığına ihtiyaç varken, sadece 1 mikron kalınlığındaki CdTe veya CIGS filmleri de aynı işi görürler. Bu demektirki CIGS ve CdTe teknolojileri, Si teknolojisine nazaran çok daha az materyal kullanır. Ayrıca ince filmlerin ucuz tekniklerle hazırlanabilir olması imalat fiyatlarını iyi yönde etkileyen önemli bir faktördür.

CdTe ve CIGS ince film teknolojilerinde imalat işlem sayısı Kristal Si teknolojisine nazaran daha düşük olup, bu işlemler otomasyona uygundur. Si teknolojilerinde fotovoltaik hücreler imal edildikten sonra bu hücreler birbirine bağlanarak modüller imal edilir. Bu bağlama işlemi için oldukça pahalı otomatik makinalar ve lehimleme teknikleri kullanılır. Cam alt tabaka üzerine büyütülen ince filmlerde ise fotovoltaik hücrelerin bağlantıları "monolithic integration" denilen bir yöntemle, laser ışıkları kullanılarak, lehimlemeye gerek göstermeyecek şekilde kolay ve ucuz bir şekilde gerçekleştirilebilir.

İnce film fotovoltaik sistemleri, bilhassa havanın sıcak olduğu güneşli yörelerde, Kristal-Si sistemlerine nazaran daha randımanlı çalışır. Bunun bir sebebi CdTe ve CIGS materyallerinin enerji band aralığının (1.2-1.5 eV), Si materyaline nazaran (1.1 eV) daha büyük olmasıdır. Bunun sonucu olarak CdTe veya CIGS kullanan fotovoltaik hücrelerin verimliliği, ısı arttığı zaman Si hücrelerine nazaran daha az düşer. Aşağıdaki şekilde 1kW kapasiteli üç ayrı sistemin ürettiği elektrik miktarı 2004, 2005 ve 2006 yılları itibarı ile gösterilmiştir. Buradan da anlaşılacağı üzere "Reference" diye adlandırılan Si sisteminin elektrik üretimi diğer iki ince film sistemine nazaran yüzde 10-20 oranında daha düşük olmuştur.

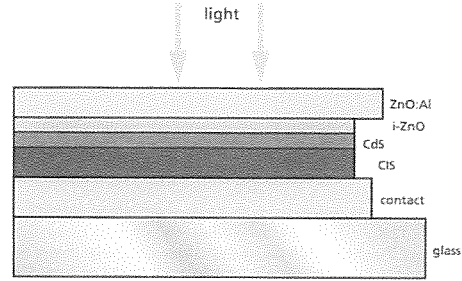


Yukarıda kısaca özetlenen faktörler CdTe ve CIGS ince film fotovoltaik teknolojilerinin imalat fiyatlarının ve bu teknolojiler tarafından üretilen elektrik maliyetinin düşük olmasının başlıca sebeplerini teşkil eder. Aşağıdaki bölümlerde bu ince film teknolojilerinin üretim çeşitleri ve teknik bakımdan en son durumlarını kısaca değerlendireceğiz.

II. CIGS Bazlı Fotovoltaik Hücrelerin İmalat Yöntemleri

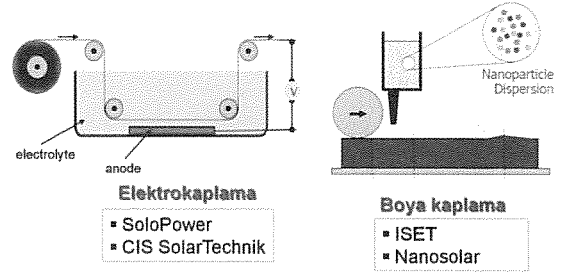
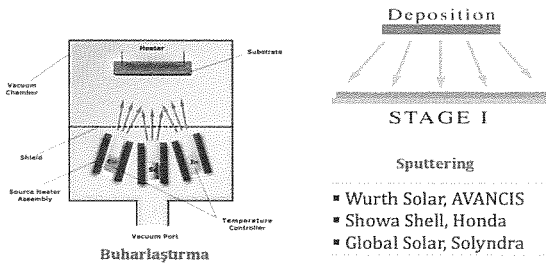
CIGS bazlı hücrelerin genel yapısı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. İmalat sırasında bir cam veya bükülebilir folyo (metal veya yüksek ısıya tahammüllü plastik olabilir) üzerine önce hücrenin (+) terminalini teşkil eden bir iletken kontak "contact" tabakası kaplanır. Bu tabaka genellikle molybdenum (Mo) maddesinden oluşur. Daha sonra bu kontak tabakası üzerine fotovoltaik hücrenin kalbi olan CIGS filmi büyütülür. CIGS filminin üzerine CdS maddesi, veya bazı hallerde Zn-O-S veya In-S maddeleri kaplanır. Hücrenin (-) terminalini teşkil eden kaplama ise en üstteki ZnO tabakasıdır. Güneş ışığı transparan olan ZnO tabakasından girip, emici CIGS filmine erişir ve orada elektrik enerjisine dönüştürülür. Aşağıdaki şekildende anlaşılacağı üzere CIGS hücrelerinin yapısı oldukça basit 4-5 film tabakasından oluşmaktadır. Bunlardan imalat bakımından en karmaşık ve üretimi zor olanı CIGS tabakasının kendisidir ve elde

edilen fotovoltaik hücrenin aktif bölgesinin kalınlığı takriben 2.5-4 mikrondur.



CIGS yarı iletken tabakaların imalat yöntemleri arasında en önemlileri, termal buharlaştırma, saçtırma (sputtering), boyama ve elektrokimyasal kaplamadır. Aşağıdaki şekil bu yöntemleri grafik halinde göstermekte olup ayrıca bu yöntemleri kullanarak imalat veya araştırma/geliştirme yapan bazı şirketleri de belirtmektedir.

1980 li yıllardan beri geliştirilmekte olan buharlaştırma yönteminde, CIGS alaşımını teşkil eden bakır (Cu), indium (In), gallium (Ga) ve selenyum (Se) elementleri bir vakum sistemi içerisinde ayrı ayrı buharlaştırılarak, elde edilen buharlar 400-600 derece sıcaklığa çıkarılmış cam/kontak tabakaları üzerine yönlendirilirler. Orada reaksiyona giren buharlar, kontak tabakası üzerinde bir CIGS filmi oluşturur. "Sputtering" tekniğinde ise Cu-Ga ve In materyallerden yapılmış iki metal hedef (target), argon ionları ile bombardıman edilir. Bu bombardımanın sonucunda elde edilen moleküler parçacıklar, cam/kontak tabakaları üzerine yönlendirilirler ve orada Cu-Ga ve In filmleri oluştururlar. Bu yolla elde edilen cam/kontak/Cu-Ga/In yapıları, daha sonra Se ile yüksek ısıda (450-550 derece) reaksiyona sokulur ve cam/kontak/CIGS yapıları oluşur. CIGS filminin üzerine ZnO kontak tabakası kaplandığı zaman yukarıdaki şekilde gösterilen hücre yapısı elde edilir.

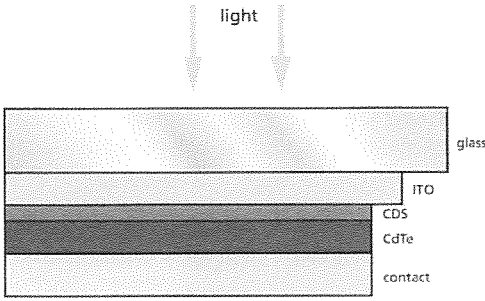


Yukarıda özetlenen her iki CIGS film büyütme tekniğide oldukça pahalı vakum sistemleri kullandıkları için CIGS teknolojileri içinde en gelişmiş, fakat aynı zamanda üretim maliyeti bakımından en pahalı olanlarıdır. Maliyetleri düşürmek için son 10-15 sene içerisinde benim katkılarım ile geliştirilen, ve vakum sistemleri kullanımını asgari seviyeye indiren iki teknoloji aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. Bu tekniklerden elektrokimyasal kaplama yöntemi CIGS filmini su bazlı çözeltilerden, iletken kontak tabakası üzerine katodik olarak büyütür. Daha sonra 450-550 derecede fırınlanan bu film yüksek kaliteli bir CIGS tabakasına dönüştürülür. Bu teknik Amerikada benim kurduğum SoloPower adlı şirket tarafından üretim safhasına getirilmiş ve aşağıdaki şekilde gösterildiği gibi bükülebilir hücre imalatına uygulanmıştır. Yine aşağıdaki şekilde grafik olarak gösterilen boyama tekniği ise benim bir kurucusu olduğum ISET adlı şirket, ve lisans verdiğim Nanosolar adlı diğer bir şirket tarafından üretim safhasına getirilmiştir. Bu teknikte önce içinde Cu, In ve Ga (bazen Se) olan bir nano-parçalı boya hazırlanır. Sonra bu boya istenilen alt tabaka üzerine ince bir film olarak kaplanır ve yüksek ısıda fırınlanır. Bu işlemler sonucu alt tabaka üzerinde bir CIGS filmi oluşturulur. Bu filmin üzerine daha önce anlatıldığı gibi ZnO kaplaması yapılarak, fotovoltaik hücreler elde edilir.

III. CdTe Film Büyütme Teknikleri

CdTe yarı iletken filmleri CIGS filmlerine nazaran çok daha kolay elde edilebilir. CIGS materyalinde kompozisyon kontrolü çok önemlidir. Filmin içindeki Cu, In ve Ga miktarlarının çok iyi kontrol edilmesi, bu materyalden yapılacak fotovoltaik hücrelerin verimli çalışabilmesi için mutlaka gereklidir. CdTe materyalinde ise sadece iki element olduğu ve CdTe formasyonu çok daha kolay olduğu için, bu teknoloji CIGS teknolojisine nazaran çok daha basittir.

CdTe bazlı fotovoltaik hücrelerin genel yapısı aşağıdaki şekilde gösterilmiştir. İmalat sırasında bir cam üzerine önce hücrenin (-) terminalini teşkil eden bir transparan iletken kontak "contact" tabakası kaplanır. Bu tabaka genellikle indium-kalay-oksit (ITO) veya kalay-oksit (TO) maddelerinden oluşur. Daha sonra bu kontak tabakası üzerine CdS maddesi kaplanır. CdS tabakasının üzerine CdTe filmi büyütülür ve daha sonra hücrenin (+) terminalini teşkil eden bir metal kaplama CdTe filminin üzerine yayılır. Güneş ışığı transparan olan cam ve iletken oksit tabakalarından girip, ışık emici CdTe filmine erişir ve orada elektrik enerjisine dönüştürülür. Fotovoltaik hücrenin aktif bölgesinin kalınlığı 2.5-5 mikron kadardır.



Bugün itibarı ile CdTe fotovoltaik modüllerini üreten First Solar şirketi dünyadaki en büyük fotovoltaik modül üreticisi olup, CdTe modülleride dünyanın en düşük maliyetli fotovoltaik ürünleridir (direk üretim maliyeti takriben \$0.80-0.90/W). First Solar ve diğer 4-5 küçük şirket, CdTe filmlerini buharlaştırma yöntemi ile elde etmektedirler. Verimli CdTe hücreleri üretebilen diğer bir yöntem de, benim 1980' li yıllarda temelini attığım ve EncoreSolar şirketinde halen üretime hazırladığım, elektrokimyasal kaplama teknolojisidir. Bu iki tekniğin ötesinde 2-3 yeni şirket, boyama yöntemi ile CdTe filmleri büyümek üzerine çalışmalarını yürütmektedirler.

IV. CIGS ve CdTe teknolojilerinde son durum

Aşağıdaki çizelgede CdTe ve CIGS ince film fotovoltaik hücrelerinin ve modüllerinin verimliliği, ve bu teknolojilerin üretim durumları özetlenmiştir. Görüldüğü gibi laboratuarda yapılan küçük (1 cm² civarında alanı olan) fotovoltaik hücrelerin verimliliğine bakıldığında CIGS, yüzde 20' lik verimlilikle önde gözükmektedir. Ancak büyük modül verimliliklerinde bu fark azalmakta ve üretim durumu göz önüne alınınca CdTe teknolojisinin açık farkla CIGS teknolojilerinin önünde yer aldığı görülmektedir. Bunun sebepleri arasındaki en önemli faktörler, daha önceki bölümlerde kısaca değindiğimiz gibi;

- 1) CdTe üretiminin CIGS üretimine nazaran çok daha kolay olması,
- 2) CdTe üretim tekniklerinin CIGS üretim yöntemlerine göre çok daha ucuz olmasıdır.

CdTe teknolojilerinin maliyetinin önümüzdeki 5-6 yıl içinde \$0.50-70/W seviyesine düşmesi ve CdTe sistemleri ile elde edilen elektrik fiyatlarının, dünyanın birçok yöresinde şebeke eşitliğine (grid parity) ulaşması beklenmektedir. Önümüzdeki birkaç yıl içinde kurulması planlanan ve CdTe modülleri kullanılarak gerçekleştirilecek olan 100-200 MW kapasiteli birkaç fotovoltaik elektrik üretim tesisi bu büyük pazarın gelişmesinde öncü rol oynayacaktır.

Teknoloji	Laboratuvar sonuçları (küçük hücre verimliliği) %	1 m ² civarı büyük modül verimliliği %/(yakın hedef)	Üretim Durumu
CdTe	16.5	9-11 / (12)	2010 sonunda 1000 MW üzerinde büyük ölçekli üretim (First Solar) CAM ÜZERİNE
CIGS	20	9-13 / (15)	2010 sonunda kapasite 300 MW a çıkabilir. Küçük şirketler (pilot 20-30 MW üretim) CAM veya FOLYO ÜZERİNE

V. Sonuçlar

Fotovoltaik enerji, yenilenebilir enerji kaynakları içinde en önemli yeri tutan bir kaynaktır. Fotovoltaik pazarı son 10 sene dir yaklaşık ortalama yüzde 35-45 oranında bir yıllık büyüme göstererek, 2009 senesi itibarı ile takriben 8 GW seviyesine (yani toplam olarak takriben 20-25 milyar dolara) ulaşmıştır. Bu pazar içerisinde en büyük pay yüzde 85 ile Kristal-Silikon (Si) teknolojisine ait olmakla beraber, ince film teknolojilerinin payı yüzde 15' i bulmuştur. Bu artışın önümüzdeki senelerde, bilhassa CdTe teknolojisinin payının büyümesi ile, devam etmesi beklenmektedir. İnce film teknolojilerinin potansiyel olarak üretim maliyetleri Si teknolojilerine nazaran daha düşük olabilir. Ancak bugün itibarı ile bu

potansiyeli hakikate dönüştürebilen tek teknoloji CdTe olmuştur. CIGS ve amorf-Si ince film teknolojilerinin, son 2 sene içinde büyük düşüş gösteren Kristal-Si üretim maliyetleri ile başa çıkabilmesi için, bu teknolojilerle üretilen modüllerin verimliliğinin en az 2-3 puan kadar artırılması ve CIGS üretiminin GegaWatt seviyesine çıkması lazımdır. Bu demektir ki amorf Si için yüzde 10-12, CIGS için yüzde 14-15 verimlilikte modül üretimi gerekmektedir. Labaratuarda yapılan küçük hücrelerin verimliliğinin ancak yüzde 12.5 seviyesinde olduğu göz önüne alınınca, amorf Si için koyulan bu hedefe ulaşmanın zorluğu görülmektedir. Laboratuarda çok yüksek verimlilik gösteren CIGS teknolojisi için ise modül verimliliklerinin yüzde 14-15 seviyesine çıkarılması teknik bakımdan mümkün

görölmektedir. Ancak bu verimlilik artırımının üretim masraflarını çok yukarı çekmeden yapılması gerekmektedir.

Her halikarda önümüzdeki beş sene içinde ince film teknolojileri ve bilhassa CdTe teknolojisi, photovoltaik güneş enerjisinin geleneksel elektrik üretim metodları ile fiyat bakımından yarışmasında kilit rol oynayacak ve güneşten elektrik üretiminin şebeke eşitliğine ulaşması artık bir hayal veya istek olmaktan çıkıp, hakikat olacaktır. Büyük çaplı fotovoltaik çiftliklerde toptan elektrik üretimi için yeteri kadar ucuz olmayan ince film teknolojileri daha pahalı ürünleri kaldırabilecek geleceğin uygulamalarında (mesela bina ile entegre fotovoltaik sistemlerde) mutlaka önemli bir rol oynayacaklardır.

Prof.Dr.E. Sıddık İçli
Güneş Enerjisi Enstitü
Ege Üniversitesi
s_icli@yahoo.com

1947 Sivas doğumlu olan Prof. Dr. Sıddık İçli, 1971'de ABD Rochester Üniversitesinden Kimya Yüksek Lisans ve 1974 yılında Kanada Sir George Williams Üniversitesi Kimya Doktora derecelerini almıştır. 1974 yılında Kanada Toronto Üniversitesi Kimya Bölümünde Post-Doktoral görevi yapmıştır. 1974 yılı sonunda ODTÜ Kimya bölümünde yardımcı doçent olarak göreve başlayan Dr. İçli, 1979 yılında organik kimya doçenti olmuştur. 1980-82 yıllarında Almanya, Alexander von Humboldt Bilim bursu, Regensburg Üniversitesi ve Radyasyon Kimyası Max Planck Enstitüsünde araştırma çalışmaları yapmıştır. Dr. İçli TÜBİTAK Teşvik Ödülünü 1981 yılında almış ve 1985 yılında Ege Üniversitesi Kimya bölümüne organik kimya profesörü olarak atanmış, 1994-1997 yılları arasında TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi Kimya bölüm başkanlığını yürütmüş ve Güneş Işınımları altında fotodegradasyon başlıklı Avrupa Topluluğu projesi yürütmüştür. 2001-2010 yılları arasında Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü müdürlüğü görevini sürdürmüş tür, halen aynı kurumda Enerji Ana Bilim Dalı başkanı olarak görevini yürütmektedir. Dr. İçli'nin Uluslararası 95 adet SCI, ve 7 adet patent çalışması (4 Avrupa, 3 Türkiye) bulunmaktadır (600 adetten fazla SCI atfı). Avrupa Topluluğu projelerinde de hakemlik görevleri sürdürmektedir. 1999'da İngiltere Royal Soc. Chemistry desteği ile Univ. Reading, İngilterede ve 2000-2001 yılı içinde ABD Fullbright bursu ile Kaliforniya Univ. Cal. Los Angeles'te Fotokimya konulu bilimsel çalışmalar yapmıştır.

Özet

Bugün yeryüzünde fotovoltaik-FV hücre (güneş pili) teknolojileri, 1. Nesil Si esaslılar ve 2. Nesil ise yeryüzünde ki eser elementleri içeren İnce Film FV'lerdir. Her iki tür FV hücrelerin ortak



özelliği, yüksek maliyetli olmaları ve maliyetlerin düşürülmesi olanaklarının bulunmamasıdır. CO₂ emisyonu tehlikelerine karşın güneş ışınımından elektrik eldesi umutları FV'lerdedir. Ancak, yüksek fırında aşırı saflıkta Si kristali eldesi, adeta elmadan elektrik üretilmesine benzemektedir. Öte yanda yeryüzünde zaten sınırlı olan eser elementlerin geleceğin elektrik enerji gereksinimlerini karşılayabileceği şüphelidir. Ayrıca her iki teknoloji, çevreye zararlı atık sorunları getirmektedir. Nitekim Dünya'da en fazla FV kurulu güce sahip Almanya'da (> 5 GW), elektrik üretimi ihtiyacın ancak %1'i kadardır. Yeni FV teknolojilerinin araştırılması zorunludur. Doğada ki organik yaşam, kendi enerji gereksinimini bünyesi içine oluşturmakta, fotosentez sonucu oluşan atıklar yine doğanın organik yaşam döngüsüne dönmektedir. 3. Nesil, Organik FV'ler diye adlandırılan bu sistemler de kendi içinde 2 gruptadır; A) Polimer esaslı hetero-eklem organik fotovoltaikler-OPV, B) Organik Boya ile uyarılmış uyarılmış fotovoltaikler-DSSC. Dünyada halen OPV'de hücre verimi %5, modül verimi %3'tür, DSSC'lerde ise hücre verimi %11, modül verimi en son sıvı elektrolitli %6.5, katı elektrolitli %3 olarak rapor edilmiştir.

Her iki teknolojinin en üstün tarafı elastik-plastik yüzeylerde bilinen baskı tekniği ile – roll-to-roll process - seri ve düşük maliyetle üretilebilmeleridir. Ayrıca DSSC'lerin saydam olmasının avantajı, modüllerin güneş ışınımına yatay yerine dikey konumda yerleştirilebilmeleri ile gün boyunca elektrik üretimleri Si FV'lere kıyasla iki katına çıkabilmektedir. Japonya da yapılan denemelerde, %6.5 verimli DSSC modülü gün boyunca %12 verimli Si kristal modülü kadar elektrik üretebilmiştir. Gerek OPV ve gerekse DSSC'lerde bugün kararlılık 10 yılın üstündedir. Si kristal FV'lere üstünlük olarak 65 °C sıcaklıklardan etkilenmemesi ve gölgelenmede, silisyum FV'lerin aksine, verimi düşürmemektedir. ABD Management Report NREL/MP-520-41738, verimin ve kararlılıkların yakın gelecekte artacağını rapor etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı, IEA-PVPS, Organik PV'lerin pazar içinde yer aldığını yayınlamıştır. Organik moleküler yapıların zenginliği Ar-Ge'de sonsuz seçenekler sunmaktadır. Dünya'da Avustralya Dyesol, ABD Konarka firmaları üretim hazırlıkları içindedir ve İngiltere G24 Innovations firması ise roll-roll sistem makinaları üretimine başlamıştır. Ülkemiz de bu yeni teknolojinin bir an önce üretilmesinin gereği açıktır.

1. Giriş

Nobel ödüllü bilimci Linus Pauling'in ünlü "salt bilim, kendi adına bilim, merak olarak bilim, her yöne yönelebilir, her şeye meydan okuyabilir ve gelecek teknolojilere götüren tek yoldur" (Carl Sagan, "Karanlık bir Dünyada Bilimin Mum Işığı", TÜBİTAK Yayınları, 1999, sayfa; 423) sözü bugünkü uygarlığımızın karşı karşıya olduğu enerji ve çevre sorunları tehlikelerine net bir yanittir. Çağdaş uygarlık adını verdiğimiz

fosil yakıt esaslı insan uygarlığı, kendisinden kaynaklanan üç temel gelişme nedeniyle bugüne kadar karşılaştığı en ciddi beka sorunuyla karşı karşıyadır. Bunlar; i) tüm bir sanayi uygarlığının üzerinde yükseldiği fosil yakıtların öngörülebilir tükenişi, ii) fosil yakıt bağımlılığının yol açtığı iklim değişikliği başta olmak üzere- genel çevresel çöküş ve iii) son küreselleşme dalgasıyla yayılım hızı ve derinliği artan sürdürülemez ekonomik büyüme paradigmalarıdır.

Photoscience – Işık Bilimi'nin temeli ise ışık enerjisi ile moleküler yapıların etkileşimlerinin incelenmesidir. Işık enerjisi (radyasyonu) en düşük radyasyon bölgesi olan radyo dalgalarından en yüksek radyasyon bölgesi alfa, beta, gama ışınlarına kadar yeryüzünde izlenebilmektedir. İnsanoglu temel bilimsel araştırmaları ile her tür ışık enerjisini, radyo-televizyon gibi iletişim araçlarından nükleer reaktörlere, yararlı kullanıma dönüştürebilmiştir. Yeryüzündeki doğal yaşam dengesi ile uyumlu olarak, görünür bölgede radyasyon veren güneş ışınım enerjisinden ekonomik düzeyde yararlanabilme ise yer kürede her geçen gün artarak önem kazanmaktadır.

Güneş ışınımaları altında moleküler yapılar enerji absorblaması ile elektron transferleri sonucu bildiğimiz fotosentez'i gerçekleştirebilmektedirler. Moleküller arası elektron alış-verişi kimya biliminin tarifi olduğu için Fotokimya bilimi de güneş ışınımından yararlı teknolojiler geliştirebilmenin temel yöntemi haline gelmiştir. Örneğin güneş ışınımla teknolojiler geliştirebilmenin temel yöntemi haline gelmiştir. Örneğin güneş ışınımaları altında fotooksidasyon ile kanser tedavisi yöntemi, tıpta foto-teşhis/tanı,

değerli kimyasalların fotosentezleri, kirli suların arıtılması ve nihayet fotoğraf, lazer ışınım teknolojileri, foto-detektörler, foto elektronik basım teknolojileri LED'ler, v.s. gibi. Işık ile oluşturulan elektron transferi, yani oluşan serbest elektron, iletken yüzeyler kanalı ile bir dönüşüm içine alınabildiğinde bildiğimiz elektrik akımı ortaya çıkmaktadır. Bu tür teknolojilere Fotovoltaik'ler adı verilmektedir. Ticari alanda halen kullanılan güneş pilleri silisyum esaslı inorganik bileşenler üzerine kurulmuştur. Öte yanda organik moleküler yapılar milyonlarca tür değişik yapılar dönüşürülebilmektedir. Güneş ışınımını absorblayabilen organik boyar maddeler ile yapılan güneş pillerinde elektrik akımı veriminin çok daha fazla arttığı temel bilimsel araştırmalarda izlenmeye başlanmıştır. Temel bilimsel araştırmaların ileri düzeyde olduğu ülkelerde (ABD, Avrupa, Japonya) organik boyar madde esaslı güneş pillerinin yeni bir elektrik üretim teknoloji olarak sunulması çalışmaları hız kazanmıştır. Organik güneş pilleri, inorganik güneş pillerinin aksine saydam yüzeyler içinde üretilebilmektedir, yani pencere camı gibi cam yüzeyler arasında elektrik akımı üretilebilir. Yeni gelişen teknolojilerin gelişmekte olan ülkelere, alım gücünün çok üstünde satışa sunulmaları nedeni ile ülkemizde bu yeni teknolojiyi kendi olanaklarımızla üretebilmenin önemi açıktır. Becquerel ilk kez 1839'da elektrolit bir sıvı içinde olan bir elektrod ile ışık altında voltajın değiştiğini izleyerek fotovoltaik sistemleri farketmiştir. G. W. Adams ve R. E. Day ise 1876'da benzer bir gözlemi katı fazda selenyum kristalleri ile izlemişlerdir. Daha sonra üretilen bakır-I oksit ve selenyumlu fotodiyodlar fotoğrafçılıkta ışık metreleri olarak kullanılmışlardır. 1914'te, fotovoltaik diyodların verimi %1'e

ulaşmıştır, ancak gerçek fotovoltaik diyodlar 1954'te Chapin ve arkadaşları tarafından, güneş enerjisini %6 verimde elektriğe dönüştürebilen silikon kristalleri ile elde edilmişlerdir. Bu buluş fotovoltaik güç sistemlerinin bir dönüşüm noktası olarak kabul edilmiş ve takip eden yıllarda uzay araçlarında kullanım sahası bulabilmiştir.

Uygun optik ve elektrik gücü özellikli üretilen yarı-iletken diyodlu güneş bataryaları güneş enerjisi/elektrik dönüşüm sistemlerinin temel aracıdır. Birim fotovoltaik hücrelerin (güneş pillerinin) verimi, güneş radyasyonunun birim yüzeyde elektrik enerjisine dönüşüm oranıdır. Işık enerjisinin elektrik enerjisine dönüşümü iki kademe gerçekleşir; birincisi yarı-iletken tarafından ışığın absorblanması, ve ikincisi ışığın absorblanması ile oluşan elektrik yüklerinin (elektronlar ve elektron boşluğu) birbirlerinden ayrılması. Her iki kademe de aynı anda gerçekleşir. Yarı-iletkenlerin, eksi yüklü elektronlar ile pozitif yüklü elektron boşluklarının tekrar birleşmesini engellemek için mutlaka çok saf olmaları gereklidir. Yarı-iletkenli güneş pillerindeki bu handicap, endüstriyel boyutta üretimle elektrik üretiminde zorluklar yaratmaktadır.

Bugün geliştirilen Fotovoltaik Hücre teknolojilerinde öncülük silisyum esaslı fotovoltaiklerdir. Dünyada ticari amaçlı fotovoltaik panel üretimlerinin %80'inden fazlası ile ön sıradadırlar. Giderek gelişen, ancak pahalı üretim teknolojileri olan silisyum esaslı fotovoltaikler gibi yüksek maliyetleri ve yeryüzünde eser elementlerin kullanım zorunlulukları nedenleri ile Dünya'nın ürkütücü enerji gereksinimlerini

gelecekte karşılayabilmeleri mümkün görülmemektedir. Bugün yeryüzünde fotovoltaik-FV hücre (güneş pili) teknolojileri, 1. Nesil Si esaslılar ve 2. Nesil ise yeryüzünde ki eser elementleri içeren İnce Film FV'lerdir. Her iki tür FV hücrelerin ortak özelliği, yüksek maliyetli olmaları ve maliyetlerin düşürülmesi olanaklarının bulunamamasıdır. CO₂ emisyonu tehlikelerine karşın güneş ışınımından elektrik eldesi umutları FV'lerde dir. Ancak, yüksek fırında aşırı saflıkta Si kristali eldesi, adeta elmadan elektrik üretilmesine benzemektedir. Öte yanda yeryüzünde zaten sınırlı olan eser elementlerin geleceğin elektrik enerji gereksinimlerini karşılayabileceği şüphelidir. Ayrıca her iki teknoloji, çevreye zararlı atık sorunları getirmektedir. Nitekim Dünya'da en fazla FV kurulu güce sahip Almanya'da (> 5 GW), elektrik üretimi ihtiyacın ancak %1'i kadardır.

Yeni arayışlar bugün 3. Nesil bir tür FotoVoltaik Hücre, organik moleküler yapı esaslı teknolojileri ortaya çıkarmıştır. Yeryüzünde güneş ışınimleri yaşayabilen varlıkların, bitkilerin fotosentez mekanizmaları, bu yeni nesil fotovoltaik hücrelere yönelik umutları arttırmaktadır. Yeni FV teknolojilerinin araştırılması zorunludur. Doğada ki organik yaşam, kendi enerji gereksinimini bünyesi içine oluşturmakta, fotosentez sonucu oluşan atıklar yine doğanın organik yaşam döngüsüne dönmektedir. Son 10 yılda, Yeni Nesil FotoVoltaik Hücrelerin verim, kararlılık ve üretim teknoloji kolaylıklarının artışları, bugün artık ciddi bir Fotovoltaik Hücre teknolojisi olarak kabul edilmelerini sağlamıştır. Nitekim, OECD'ye bağlı Uluslar arası Enerji Ajansı-IEA, Fotovoltaik Güç Sistemleri-PVPS kuruluşu, 3. Nesil FotoVoltaik Hücre teknolojisinin yakın

gelecekte rakip bir teknoloji olacağını 2008 yılında kabul etmiştir (Bak: <http://www.iea-pvps.org/>). Dünya da halen OPV'de hücre verimi %5, modül verimi %3'tür, DSSC'lerde ise hücre verimi %11, modül verimi en son sıvı elektrolitli %6.5, katı elektrolitli %3 olarak rapor edilmiştir. Her iki teknolojinin en üstün tarafı elastik-plastik yüzeylerde bilinen baskı tekniği ile – roll-to-roll process - seri ve düşük maliyetle üretilibilmeleridir. Ayrıca DSSC'lerin saydam olmasının avantajı, modüllerin güneş ışınımına yatay yerine dikey konumda yerleştirilebilmeleri ile gün boyunca elektrik üretimleri Si FV'lere kıyasla iki katına çıkabilmektedir. Japonya da yapılan denemelerde, %6.5 verimli DSSC modülü gün boyunca %12 verimli Si kristal modülü kadar elektrik üretebilmiştir. Gerek OPV ve gerekse DSSC'lerde bugün kararlılık 10 yılın üstündedir. Si kristal FV'lere üstünlük olarak 65°C sıcaklıklardan etkilenmeme ve gölgelenmede, silisyum FV'lerin aksine, verimi düşürmemektedir. ABD Management Report NREL/MP-520-41738, verimin ve kararlılıkların yakın gelecekte artacağını rapor etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı, IEA-PVPS, Organik PV'lerin pazar içinde yer aldığını yayınlamıştır. Organik moleküler yapıların zenginliği ile Ar-Ge'de sonsuz seçenekler sunmaktadır. Dünya'da Avustralya Dyesol, ABD Konarka firmaları üretim hazırlıkları içindedir ve İngiltere G24 Innovations firması ise roll-roll sistem makinaları üretimine başlamıştır. Ülkemiz de bu yeni teknolojinin bir an önce üretilmesinin gereği açıktır.

2. Organik Fotovoltaik Hücreler

Geniş bant aralıklı yarıiletkenler,

yüzeylerinde organik boyalar adsorblanarak görünür bölgeye duyarlı hale getirilebilirler. Duyarlı hale getirmenin temeli 19. yüzyılda fotoğraf tekniğinin geliştirilmesine dayanmaktadır. 1873'te Alman kimyacı Herman Vogel (West 1974), gümüş halojenür kristallerine uygun boyaların ilavesi ile bu kristaller yeşil ışığa duyarlı hale gelerek daha öncesine kıyasla çok daha gerçekçi fotoğraflar meydana gelmektedir. Fotoelektrotların ilk duyarlaştırılması ilk olarak Moser tarafından rapor edilmiştir³. Daha önce, geniş bant aralıklı yarı iletkenlerin boya kullanarak görünür bölgeye duyarlı hale getirilmesi Fujihira (Fujihira et al, 1977) ve Anderson (Anderson et al. 1979) tarafından rapor edilmiştir. 3. Nesil, Organik FV'ler diye adlandırılan bu sistemler de kendi içinde 2 gruptadır; A) Polimer esaslı hetero-eklem organik fotovoltaikler-OPV, B) Organik Boya ile uyarılmış uyarılmış fotovoltaikler-DSSC.

Önceki bu çalışmalarda üretilen foto-elektrokimyasal piller çok düşük verimliydi. Verimlerin bu denli düşük olmasının nedeni, tek kristal yarıiletken yüzeyinin, tek tabaka boya ile duyarlaştırılması sonucu soğurulan ışık miktarının çok az olmasıdır. Tek kristal elektrotun yüzeyinin birden fazla boya tabakası ile duyarlaştırılması daha fazla ışık soğurulması için alternatiflerden biriydi (Grätzel, M. 1995).^{1,2} Ancak, birden fazla boya tabakasının kullanılmasının, akım üretimine katkıda bulunmayacağı anlaşıldı. En dış tabakadaki boya molekülleri filtre görevi yaparak alt tabakalardaki boya moleküllerinin ışık soğurmasını önleyeceklerdir. Bu problemin çözümü, tek kristal tabaka yerine nano-kristal yapılı film kullanarak çözülmüştür. Sol-jel kimyasındaki gelişmeler, nano-kristal

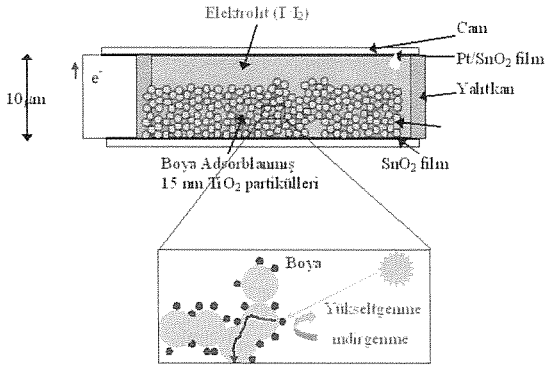
yapıda şeffaf yarıiletken film üretmeyi mümkün kılmaktadır (Barbé et al. 1997). Koloidal kristal taneciklerin boyutları, kolloidlerin sentezi sırasında kullanılan sıcaklık tarafından kontrol edilmektedir. Tanecikler arasındaki temas yüksek sıcaklıkta (~500 °C) gerçekleşen süreç ile sağlanmaktadır. Bu süreç sonunda çok geniş yüzey alanına sahip bir yapı oluşmaktadır. Örneğin, 10 µm kalınlığında ve 15 nm kristal boyutundan oluşan bir TiO₂ filminin etkin yüzey alanı, aynı alana sahip tek kristalden oluşan filmin etkin alanından yaklaşık 1000 kat daha fazladır. Yüzey alanındaki bu aşırı büyüme nano-kristal yapılı film yüzeyinde aynı oranda daha çok boya adsorplanmasına neden olmakta, bu da daha fazla görünür bölgede ışık soğurulmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, tek kristal TiO₂ elektrot, cis-di(thiocyanato) bis(2,2'-bipyridyl,4,4'-dicarboxylato)ruthe nium(II) (or Ru(dcbpy)₂(NCS)₂) boyası ile duyarlaştırıldığında ışığın %1'den daha az kısmını soğurmaktadır. Aynı boya ile nanokristal yapılı film duyarlaştırıldığında gelen ışığın %98'i soğurulmaktadır.

Bu sonuçlar ışığında, 1991'de Grätzel ve O'Regan %7 verimli güneş pillerini rapor etmişlerdir¹. Bugün ise verim %11'e ulaşmıştır³.

3. Organik Boya Esaslı Nano-Kristal Yapılı TiO₂ Fotovoltaik Hücrenin Yapısı

Boya sensörlü fotovoltaik hücrenin, iletken cam yüzeyine kaplanmış nanokristal yapının (genelde TiO₂) organik boya ile duyarlaştırılması ile oluşturulan yarıiletken film (çalışma elektrodu, platin kaplı iletken cam (sayıcı elektrot) ve çalışma elektrotu ile sayıcı elektrotu birbirine bağlayan ve

TiO₂ tabakasının gözeneklerini dolduran boşluk iletken malzemeden meydana gelmektedir. Sıvı elektrolitli pillerde, boşluk iletken malzeme, organik çözügen içerisinde (genelde nitriller) iyodür / triiyodür (I⁻/ I₃⁻) redoks çiftinden meydana gelmektedir. Uçuculuğu yüksek çözügenli elektrolitlerde iyi bir yalıtım gerekmektedir. Şekil 1'de organik boya sensörlü fotovoltaik hücrenin şeması verilmiştir. TiO₂'e alternatif olarak, ZnO (Rensmo et al. 1997) ve SnO₂ yarıiletkenleri de (Stergiopoulos et al. 2003) sıklıkla kullanılmaktadır. Hangi yarıiletkenin kullanılacağı kullanılan boya ile de doğrudan ilişkilidir. Ancak, verim açısından şu ana kadar en iyi sonucu TiO₂ vermiştir.

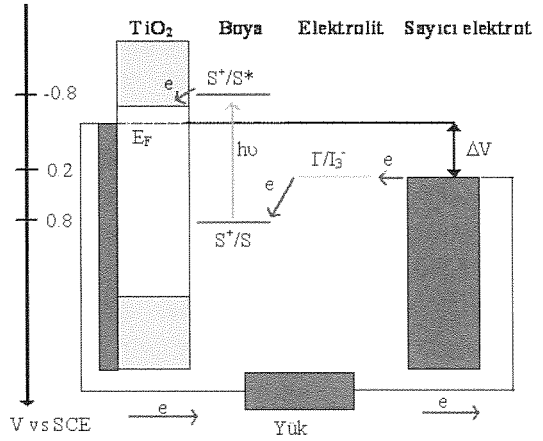


Şekil 1. Organik Boya Esaslı Nano-kristal Yapılı TiO₂ Fotovoltaik hücrenin Yapısı.

4. Organik Boya Esaslı Nano-Kristal Yapılı İnce Film Fotovoltaik Hücrenin Çalışma Prensibi

Şekil 2, organik boya esaslı fotovoltaik hücrenin içerisinde meydana gelen elektron transfer sürecini göstermektedir. Organik boya esaslı fotovoltaik hücreyi meydana getiren malzemelerin indirgenme (LUMO) ve yükseltgenme (HOMO) enerji seviyeleri, elektron göçünün istenilen yönde ve istemli olarak gerçekleşmesine uygun olacak şekilde

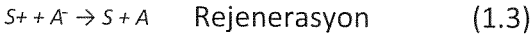
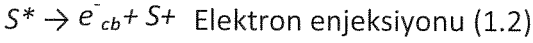
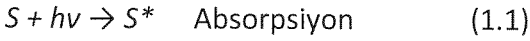
seçilmektedir.



Şekil 2. Organik boya esaslı fotovoltaik hücrenin çalışma prensibi

Organik boya esaslı fotovoltaik hücrenin çalışmaya başlaması, ışığın nano-kristal titanyum oksit üzerine adsorblanmış olan boya molekülleri tarafından soğurulması ile olmaktadır. Işığı soğuran boya uyarılmış hale geçmektedir. Uyarılan boya molekülü bir elektronunu titanyum oksidin iletkenlik bandına (CB) enjekte etmektedir. Enjekte edilen elektronlar, TiO₂ filmdeki nanokristal yapıyı ağ boyunca ilerleyerek saydam elektroda ulaşmakta, buradan da dış devreye geçmektedirler. Bir elektronunu TiO₂'in iletkenlik bandına aktarmasıyla oluşan boya katyonları redoks çifti içeren elektrolit tarafından nötral hale indirgenmektedir. Yükseltgenen elektrolit ise dış devre üzerinden platinlenmiş elektroda gelen elektron tarafından indirgenmektedir. Bu şekilde organik boya esaslı fotovoltaik hücrenin çalışması sırasında net yük her zaman sıfırdır ve kimyasal olarak bir değişme meydana gelmemektedir. Meydana gelen bu redoks reaksiyonlarını aşağıdaki gibi eşitlikler ile gösterebiliriz. Bu elektron aktarım süreçleri sonunda foto-akım meydana gelmektedir. Organik boya esaslı fotovoltaik

hücreden sürekli akım elde etmek için bu redoks reaksiyonlarının sürekli tekrarlanması gerekmektedir. Grätzel ve grubunun yapmış olduğu çalışmalarda (Nazeeruddin et al. 1993), $Ru(dcbpy)_2(NCS)_2$ esaslı TiO_2 fotovoltaik hücrenin performansında belirgin bir düşme meydana gelmeden en az 10^7 adet devir yaptığı ölçülmüştür.



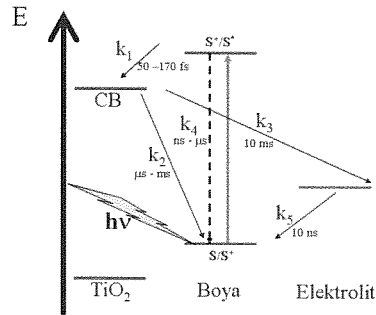
Organik boya esaslı fotovoltaik hücreden elde edilebilecek maksimum foto-voltaj, TiO_2 'in ışınım altındaki psödo-fermi düzeyi ile elektrolitin redoks potansiyeli arasındaki Gibbs Serbest Enerji farkı ile belirlenmektedir.

5. TiO_2 /Boya/Elektrolit Ara Yüzeyinde Meydana Gelen Elektron Transfer Reaksiyonları

Daha önce de belirtildiği gibi, 1.1 ile 1.4 arasındaki reaksiyonlar, foto-akım oluşmasından sorumlu reaksiyonlardır. Bunun dışında gerçekleşen birçok reaksiyon vardır ancak bunlar pil performansı üzerinde olumlu etkiye sahip değildir. Bu reaksiyonlar pil içerisindeki kayıplara neden olan reaksiyonlardır. Bunlardan en önemlisi, soğurulan ışığın kullanılamamasına neden olan uyarılmış haldeki boyanın ışınımsız yolla veya ışınım yaparak temel hale geri dönmesidir. Kayıplara sebep olan diğer önemli reaksiyon ise, TiO_2 'in iletkenlik bandına enjekte edilmiş olan elektronun, boya katyonu (geri yük transferi) veya yükseltgenmiş haldeki redoks çifti ile birleşmesidir (karanlık reaksiyonu). Bu

reaksiyonların tamamı TiO_2 / Boya / Elektrolit ara yüzeyinde meydana gelmekte ve aşağıda Şekil 3.'teki gibi gösterilebilmektedir. Reaksiyonların kinetikleri, pil performansı üzerinde kritik düzeyde etkilidirler.

Uyarılmış haldeki boya kayıplarını önlemek ve TiO_2 in iletkenlik bandına daha etkin elektron transferi için (k_1), (k_4)'den daha hızlı olması gerekmektedir. Genel olarak, (k_4) değerleri 10^{-6} - 10^{-9} zaman aralığında iken, çok şanslı olarak (k_1) değeri çok daha kısadır. (k_1) genel olarak şu ana kadar bilinen en hızlı reaksiyonlardan biridir ve femto saniye ($10^{-15}s$) mertebesinde gerçekleşmektedir³. Yük geri transfer hızı, (k_2) son yıllarda birçok grup tarafından geniş bir şekilde çalışılmaktadır. Elde edilen sonuçlar arasında büyük farklılıklar bulunmaktadır. Rapor edilen sonuçlar nano saniye mertebesinde mili saniye mertebesine kadar giden bir aralıkta değişmektedir.



Şekil 3. DSSC'de TiO_2 / Boya / Elektrolit ara yüzeyinde meydana gelen reaksiyonlar

Ancak yük geri transfer hızının (k_2) elektron transfer hızından (k_1) çok daha yavaş olduğu çok iyi bilinmektedir. Bu sonucu destekleyecek birçok sebep ileri sürülmektedir. Süreçte yer alan orbitallerin yeterli düzeyde örtüşmemesi (overlap yapmaması) bunlardan biridir. James

Durrant'ın çalışmaları mili saniye mertebesinde geri yük transfer hızı sonuçları vermiştir (Haque et al. 2000) ve bu aşırı yavaş geri yük transferini elektronun TiO_2 bant aralığındaki tuzaklarda tutulması ile açıklamaktadır (Nelson et al. 2001). Ayrıca yapılan çalışmalardan, (k_2) 'nin TiO_2 üzerine uygulanan gerilime karşı aşırı duyarlı olduğu anlaşılmaktadır (Haque et al. 2000). TiO_2 üzerine uygulanan negatif gerilimle birlikte (k_2) dramatik bir şekilde artış göstermektedir. Yüksek verimli fotovoltaik hücrede rejenerasyon reaksiyonu, (k_5) , geri yük transferi, (k_2) ile yarışmaktadır. Daha önce sıvı elektrolitli güneş pilleri ile yapılan çalışmalar bu durumun yüksek verimli boyalar (örn. $Ru(dcbpy)_2(NCS)_2$) için geçerli olduğunu ortaya koymaktadır (Nasr et al. 1998; Montanari et al. 2002). James Durrant tarafından bu boya kullanılarak nano-kristal TiO_2 ile yapılan çalışmalar, (0.5 M LiI and 0.05 M I_2) elektrolit ortamında rejenerasyon reaksiyonu, (k_5) , geri yük transferi, (k_2) ile TiO_2 üzerine uygulanan gerilim, pilin açık devre gerilimine yakın olduğu durumlarda yarışmaktadır ve (k_2) 1000 kata kadar artış göstermektedir. Bu nedenle, sıvı elektrolitli sistemlerde, pilin çalışma koşullarında, geri yük transfer reaksiyonu pilin verimini etkileyecek düzeyde güçlü değildir.

Tartışılacak son reaksiyon, TiO_2 'in elektronları ile yükseltgenmiş haldeki redoks çifti arasındaki karanlık reaksiyondur, (k_3) . Karanlık reaksiyonu, sıvı elektrolitli güneş pillerinde pilin gerilimini sınırlayan kayıp reaksiyonudur (Kebede et al 1999). TiO_2 'in yüksek yüzey alanı, aynı zamanda yarıiletkenle elektrolit arasında çok yüksek temas alanı oluşturarak olumsuz bir durum ortaya koymaktadır. Optimum çalışan bir pil sistemi için,

elektronların TiO_2 den elektrolite kaçıışı minimize edilmelidir.

6. Boyalar

Organik boya esaslı güneş pillerinin yapımında kullanılmak amacıyla çok değişik boya sentezleri yapılmaktadır. Şu ana kadar organik boya esaslı güneş pillerinde kullanılan boya türleri arasında polipiridiller (O' Regan et al. 1991; Islam et al. 2003), porfirinler (Kay et al. 1993; Cherian et al. 2000), ftalosiyanimler (Komori et al. 2003), kumarinler (Hara et al. 2003; Hara et al 2001), indolinler (Tamotsu H. et al. 2004), konjüge polimerler (Gebeyehu D. et al. 2002), perilenler (Ferrera and Gregg 2002) yer almaktadır. Ancak şu ana kadar en yüksek verim rekorunu rutenyum polipiridil kompleksleri ellerinde tutmaktadır. Organik boya esaslı nano-kristal yapıları TiO_2 güneş pillerinin 1991'de ortaya konması ile birlikte $Ru(dcbpy)_2(NCS)_2$ boya ve türevleri önem kazanmış ve odak noktası olmuştur (O' Regan et al. 1991). Rutenyum polipiridil boya bugüne kadar en yüksek verimli boyalar olmalarına rağmen ideal boyalar değildir. Bu boya sınırlayan faktörler arasında sentezlerinin zor olması, çıkış maddelerinin pahalı olması, molar soğurma katsayılarının düşük olması ve güneş spektrumunun çok dar bir aralığında soğurma yapmaları sayılabilir. Organik boya esaslı fotovoltaik hücrede, TiO_2 nano-kristal tanecikler üzerine adsorplanmış olan boyanın yüksek ışık enerjisi-elektrik enerjisi dönüşümü sağlayabilmesi için bazı temel özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu özellikler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

•**Soğurma:** Boyanın, görünür bölgede (400-700 nm) soğurma yapması

gerekmektedir. Bu durumda boya, ideal olan tek bant aralıklı güneş pillerine denk olan 1.35 eV bant aralığına sahip olacaktır.

- Enerji değerleri:** Enerji kayıplarını azaltmak ve foto-voltajı mümkün olan en yüksek seviyede tutmak için boyanın uyarılmış hal enerjisi, TiO_2 'in iletkenlik bandının çok az üzerinde ve enerji farkı da elektron transferine izin verecek yeterlilikte olmalıdır. Yine aynı şekilde boyanın temel hal enerji düzeyi de elektrolitin redoks potansiyelinin biraz altında olmalıdır.
- Kinetikler:** Boyanın uyarılmış halinden TiO_2 'in iletkenlik bandına yapılan elektron transferi, fluoresans, fosforesans veya karanlık süreç gibi sönmüleme reaksiyonlarına imkan vermemek için çok hızlı olmalıdır ($k_{et} \gg k_f$). Molekülün uyarılması tercihen metal-ligant yük transferi (MLCT) türünde olmalıdır.
- Kararlılık:** TiO_2 yüzeyine adsorplanmış olan boya, çalışma koşullarında (yarıiletken-elektrolit ara yüzeyinde) 20 yıl süreyle kararlı olmalıdır.
- Ara yüzey özellikleri:** Yarıiletken yüzeyine kuvvetli adsorpsiyon yapabilmelidir (bağlanma).
- Uygulama Özellikleri:** Boya yüksek çözünürlüğe sahip olmalıdır ve yarıiletken yüzeyine tutunabilecek bağlayıcı grup içermelidir.

Bunlar yüksek verimli bir fotovoltaik hücrede olması gereken temel özelliklerdir. Bunların haricinde organik boya esaslı nano-kristal fotovoltaik hücrede verimi etkileyen birçok parametre vardır. Işığın fotovoltaik hücrede boya haricinde diğer katmanlar tarafından (yarı iletken veya elektrolit) soğurulması istenmemektedir. Bu durum, pil verimini

Bu durum, pil verimini ve kararlılığını olumsuz etkileyecek yan reaksiyonlara sebep olmaktadır.

7. Nano-Kristal Elektrotlar

a) Oksit Yarıiletkenler

Oksit yarıiletkenler, bant aralığı uyarılması durumunda foto-korozyona karşı sahip oldukları kararlılık sebebi ile elektrokimya da tercih edilmektedirler (Kalyanasundaram & Grätzel 1998). Organik boya esaslı güneş pillerinde, görünür bölgede saydamlık sağlamak için geniş bant aralıklı ($E_g > 3$) oksit yarı iletkenler kullanımı gereklidir. TiO_2 dışında organik boya esaslı nanokristal güneş pillerinde kullanılan bazı yarıiletkenler, ZnO , SnO_2 , CdS , $CdSe$, WO_3 , Fe_2O_3 , Nb_2O_5 , Ta_2O_5 'dir¹⁻⁵. Ancak TiO_2 bu alanda kullanılan en gözde yarıiletken olmaya devam etmektedir.

b) TiO_2

TiO_2 'in üç farklı kristal formu mevcuttur, anataz, rutil ve brukit. Anataz form, piramit yapısındadır ve düşük sıcaklıklarda kararlıdır. Rutil formunun kristalleri ise iğne yapıdadır ve yüksek sıcaklıklarda oluşur. TiO_2 'in tek kristali de rutil formundadır. Anataz formunun yoğunluğu $3.89g/cm^3$, rutil formunun ise $4.26g/cm^3$ 'tür. Rutil formu güneş ışığının %4 'lük bir kısmını soğurmakta ve bu soğurma sonucunda uyarılarak güçlü yükseltgen duruma gelmektedir. Bu özellik boya esaslı güneş pilleri için istenmeyen bir özelliktir. Güçlü yükseltgen yapı, istenmeyen reaksiyonlara sebep olarak fotovoltaik hücrenin kararlılığını azaltmaktadır. TiO_2 'in üçüncü formu brukit ise, eldesi çok zor olduğu için organik boya esaslı güneş pillerinin ilgi alanına girmemektedir. Anataz formunun bant aralığı 3,2 eV, Rutil formunun ise 3eV'dur³⁻⁵.

c) Nano-kristal Yapılı TiO_2 Elektrot Eldesi

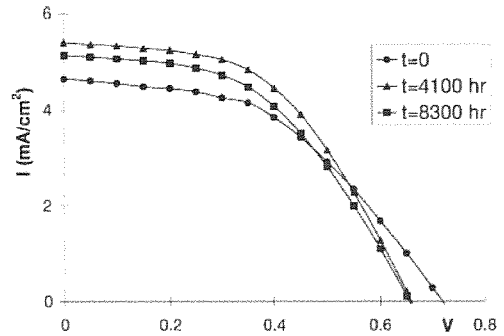
Standart üretim yönteminde nano-kristal yapı TiO_2 elektrotlar, istenilen boyutlarda tanecikleri içeren pasta veya çözeltiler kullanılarak kaplanmaktadır. Taneciklerin özelliklerinin belirlenmesi kolloid ve sol-jel kimyasının ilgi alanına girmektedir. Kolloid ve sol-jel teknolojileri, FVH teknolojisinin gelişmesinde kilit rol oynamaktadırlar. Nano-kristal yapı TiO_2 elektrotun son özellikleri, filmin kaplanması kullanılan koloidal çözeltinin özellikleri tarafından belirlenmektedir. Organik boya esaslı güneş pillerinde kullanılan TiO_2 yöntemi ile her bir adım çok iyi kontrol edilerek istenilen büyüklükte ve kristal yapısında taneciklere sahip pasta elde edilebilir. Otoklavlama sıcaklığı elde edilecek filmin saydam veya opak olmasını belirlemektedir. $230\text{ }^\circ\text{C}$ 'nin altındaki sıcaklıklarda yapılan otoklavlamalarda film şeffaf, üzerindeki sıcaklıklarda ise film opak olmaktadır. Saydam filmler genelde elektrokromik sistemlerde, opak filmler ise güneş pillerinde kullanılmaktadır.

d) Kararlılık

Nc-FVH ler ile dış ortam kullanımlarında başarı elde etmek pek çok değişkene bağlıdır, ör: teknik performans ve üretilebilirlik, maliyet, dizayn, pazar gücü ve belki de en önemlisi uzun süreli dayanım. Bir pilin toplam dayanımı temelde 2 etmenle kontrol edilir: fiziksel ve kimyasal dayanım. Fiziksel dayanım, sıvı elektrolitin buharlaşmasıyla ilgilidir. Bu, teknolojik bir sorundur ve uygun yapıştırma malzemeleri ve teknikleri kullanılarak aşılabilir ⁶⁻⁸. Kimyasal dayanım ise, pilin çalışması sırasında boyanın ya da elektrolitin geri dönüşsüz foto ve termal

bozunumudur.

İlk yapılan dayanım testleri ⁹⁻¹⁰; 1997 yılında, düşük verimli (yaklaşık %2) gözelerde gerçekleştirildi ^{9,10}. Bu ilk denemelere ait sonuçlar şekil 2'de verilmiştir. Görünür ışık etkisinin incelendiği çalışmalarda, termal stresi bertaraf etmek için, göze sıcaklığı $20\text{ }^\circ\text{C}$ 'de sabit tutulmuştur. Gelen ışık şiddeti 2.5 SUN'a eşdeğeri ve UV filtre kullanılmıştır. 8300 saatlik deneme sonunda açık devre geriliminde (V_{oc}) küçük bir azalma (50mV) tespit edilmişti, ancak söz konusu azalma, kısa devre akımındaki (I_{sc}) artış ile gideriliyordu. Bu denemeler ileri çalışmaları güdüledi.

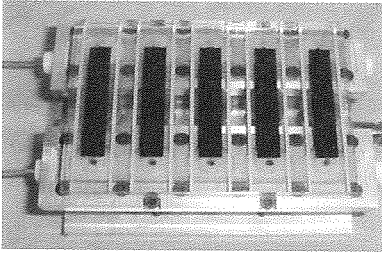


Şekil 4. N3 boyası, P25 TiO_2 ve metoksipropionitril içinde 0.4M hekzimetilimidazolyum iyodür, 0.1M Lil, 0.05M I_2 , 0.4 M 4-t-bütilpiridin içeren elektrolit ile hazırlanan nc-FVH nin 1000 W/m^2 ışınım altında akım-voltaj eğrilerinin değişimi.

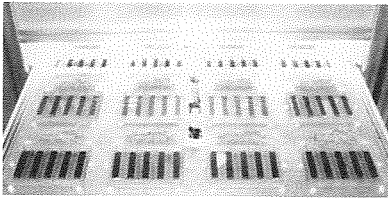
Hinsch tarafından 2001 yılında yapılan çalışmada nc-FVH lerin kimyasal dayanımı incelenmiştir ¹¹. Gerçek dış ortam dayanımlarının tespit edilmesi için yaşlandırma çalışmaları yapılmış ve pek çok stres etmeni test edilmiştir; görünür ışık, UV ışığı ve sıcaklık gibi. Bozunma basamakları açıklanmaya çalışılmıştır. Ancak bu çalışma da nc-FVH'leri göze

boyutunda ele almaktadır. Modül oluşturma yolları ve / veya dayanımları üzerine herhangi bir bilgi içermemektedir. Şekil 5'te adı geçen çalışmada kullanılan, gözeler ve ışık dayanım test düzeneği görülmektedir. Işık dayanım test düzeneğinde, kükürt lambası kullanılmıştır. Kükürt lambasının kullanımındaki temel neden pratikte UV bölgede ışımasının olmayışı ve 500 nm'de bir maksimuma ulaşarak emisyonunun yaklaşık 900nm'lere kadar devam etmesidir.

a)



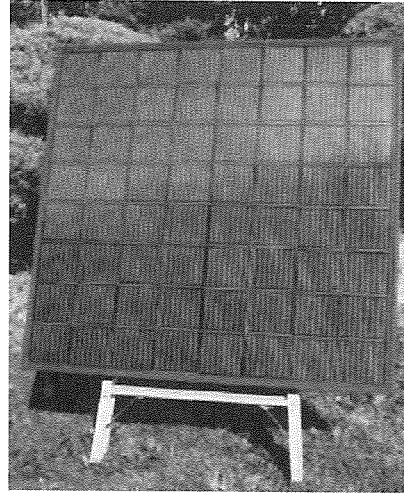
b)



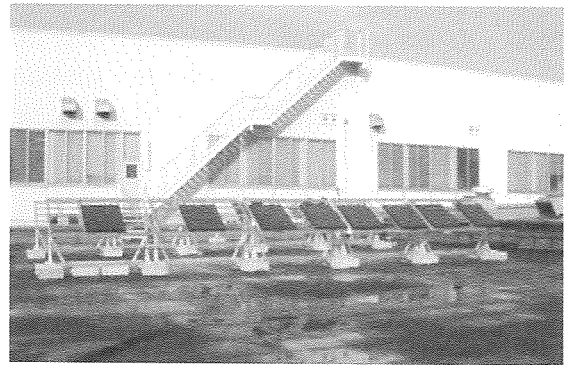
Şekil 5. a) 4 cm² aktif alana sahip, 5 ayrı nc-FVH hücresi, b) 1 sun a eşdeğer kükürt lambası altında ışık dayanım testlerine tabi tutulan 4 cm² lik aktif alana sahip 60 hücre

Nc-FVH modüllerinin dış ortam performansları üzerine ulaşabildiğimiz rapor edilen çalışma 2004 yılında J.Photochem. Photobiol. A:Chem de yayımlanmıştır¹². Bu çalışmada nc-FVH lerin dış ortam performansları tek kristal Si modüller ile karşılaştırılmıştır. Nc-FVH modüller 10cmx10cm'lik 64 adet hücrenin seri bağlanması ile oluşturulmuştur (Şekil 6). Referans Si modül Siemens ve Shell Solar GmbHden temin edilmiştir ve bir yarı

yıl boyunca performans izlemesi yapılmıştır. 35°10' Kuzey de bulunan Kariya şehrinde modüller 30°'lik açı ile yerleştirilmiştir. Şekil 6' da verilen dizinimde, ikinci sırada referans Si modül bulunmaktadır.



Şekil 6. Seri bağlı 64 hücreden oluşan nc-FVH modül

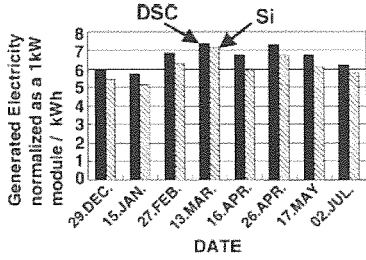


Şekil 7. nc-FVH modüllerinin dış ortam testleri

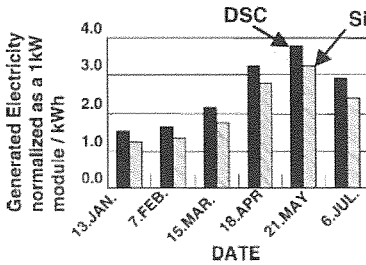
Yapılan çalışmada, nc-FVH'lerin ticari olarak satılan Si modüllere göre daha fazla elektrik üretimi yaptığı, özellikle sabahın erken saatlerinde ve öğleden sonra yapılan ölçümlerde farkın büyüdüğü bulunmuştur. Gerek bulutlu gerekse güneşli günlerde nc-FVH modüller tek kristal Si modüle üstünlük sağlamıştır (Şekil 8).

180 gün boyunca yapılan çıkış gücü izlemelerindeki değişim nc-FVH modüller için beklenenden çok daha az olmuştur (Şekil 9).

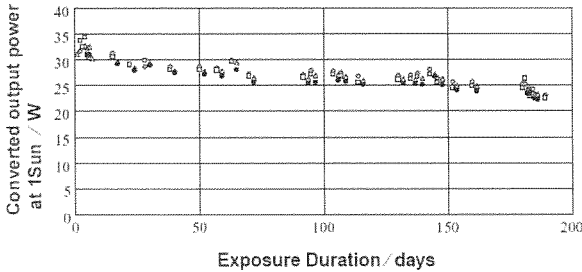
a)



b)



Şekil 8. a) güneşli günlerde yapılan ölçümler, b) bulutlu günlerde yapılan ölçümler. Çıkış gücü 1 kW modüle dönüştürülmüştür.

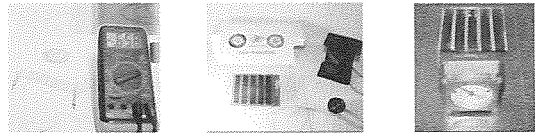


Şekil 9. Dört nc-FVH modülünden elde edilen çıkışın bir yarıyıl boyunca değişimi.

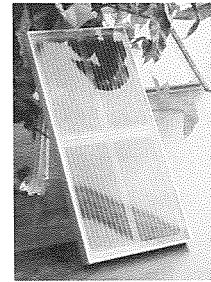
Ulusal kapsamda, nc-FVH üretim Ar-Ge si ile ilgilenen Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi (EGE GEE) dışında bir Kurum/Kuruluş ne yazık ki yoktur. EGE GEE nc-FVH ler üzerine araştırmalarını 2001 yılında TŞCF

ile arasında gerçekleşen bir protokol ile başlatmıştır. EGE GEE'de gerçekleştirilen nc-FVH denemelerinin tarihsel gelişimi Şekil 10 da fotoğraflarla verilmiştir. Bu protokol dahilinde başlayan Ar-Ge çalışmalarının geldiği nokta, 1m² aktif alana sahip modüllerden 25W'lık güç eldesidir. Modül yapımında izlenen yol ayrı ayrı hazırlanmış hücrelerin seri bağlanmasıdır (Şekil 11). Konu üzerine yapılan çalışmalarda, TŞCF ile ortak olarak, 1 patent alınmış¹³, 1 patent başvurusu yapılmış¹⁴ ve ulusal ve uluslararası pek çok yayın, tebliğ, poster, sunumlar¹⁵⁻¹⁷ gerçekleştirilmiştir.

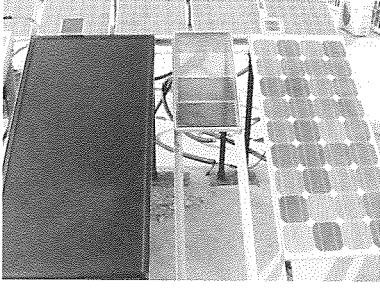
Bugün, Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü laboratuvarlarında üretilen DSSC panellerinin Dünya'da tanınmış üretim kuruluşlarında olduğu gibi atmosferik koşullarda kararlılık-stabilite testleri de gerçekleştirilmeye başlamıştır. Şekil 12'de yerli DSSC paneli yanında kıyaslamak için amorf ve kristal silisyum fotovoltaik panelleri ile testler yapılmaktadır.



a) 2001 yılı b) 2003 yılı c) 2005 yılı
Şekil 10. EGE GEE de üretilen nc-FVH'lerin tarihsel gelişiminin fotoğrafları



Şekil 11. 2006 yılında EGE GEE de üretilen modül



Şekil 12. Ege Üniversitesi, Güneş Enerjisi Enstitüsü çatısında atmosferik koşullara dayanıklılık testleri yapılan DSSC, amorf ve kristal silisyum panelleri

8. Kaynaklar

1. O'Regan, B., Graetzel M., Nature 1991.
2. Green MA, Emery K, Bücher K, King DL, Igarı S., Progress in Photovoltaics: Research and Applications 1998; 6: 35-42.
3. Ceylan Zafer, "Organik Boya Esaslı Nanokristal Yapılı İnce Film Fotovoltaik hücrenin Üretimi" Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, 2006
4. Durrant JR, Tazhibana Y, Mercer I, Moser JE, Graetzel M, Klug DR., Zeitschrift für physikalische Chemie 1999; 212: 93-98.
5. Ferber J, Stangl R, Luther J., Solar Energy Materials and Solar Cells 1998; 53:29-54.
6. Chmiel G, Gehring J, Uhlendorf I, Jestel D., Proceedings of the 2nd World Conference PVSEC, Vienna, 1998; 53-57.
7. Hinsch A, Wolf M, 1996, Patent Publication number WO9629715.
8. Kurt M., 2000 Patent Publication number WO0046860.
9. Kohle O, Graetzel M, Meyer AF, Meyer TB., Advanced Materials 1997; 9: 904-906.
10. Rijnberg E, Kroon JM, Wienke J, Hinsch A, Roosmalen JAMv, Sinke WC, Scholtens BJR, Vries JGd, Koster CGd, Duchateau ALL, Maes ICH, Henderickx HJW., Proceedings of the 2nd World Conference PVSEC, Vienna, 1998; 47-52.
11. Hinsch A, Kroon JM, Kern R, Uhlendorf, Holzbock J, Meyer A, Ferber J., Progress in photovoltaics: research and applications 2001; 9: 425-438.
12. Toyoda T, Sano T, Nakajima U, Doi S, Fukumoto S, Ito A, Tohyama T, Yoshida M, Kanagawa T, Motohiro T, Shiga T, Higuchi K, Tanaka H, Takeda Y, Fukano Y, Katoh N, Takeichi A, Takechi K, Shiozawa M., Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry 2004; 164: 203-207.
13. Patent; "Low Temperature Dye Attached Mesoporous TiO₂-Dye Thin Films for Photovoltaic Applications" C. Zafer, K. Ocakoglu, C. Karapire, S. İcli, B. Kuban, Y. Teoman, T. Sise Cam Fabrikaları A.S., PCT/IB2005/002502, 12 August, 2005.
14. Patent: Organic Dye Solar Cells, C. Zafer, S. İcli, Y. Teoman, B. Kuban, T. Sise Cam Fabrikaları A.S., Applied as PCT, EP-03009232, 2003.
15. Karapire (Varlıklı) C, Zafer C, İcli S, Synthetic Metals 2004;145: 51-60.
16. Zafer C, Karapire (Varlıklı) C, Sarıciğci NS, İcli S., Solar Energy Materials and Solar Cells 2005;88:11-21.
17. Zafer C, Ocakoglu K, Ozsoy C, İcli S, Electrochimica Acta 2009; 54: 5709-5714.

Submerged Combustion Melter and Macro Energy Balances

John Brown

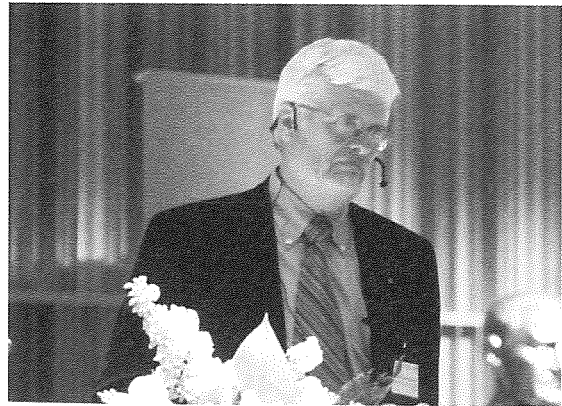
Glass Manufacturing Industry Council
BrownJT@Corning.com

Ceramic Engineer from Ohio State University with MBA from Syracuse and worked 40 years with Corning Inc. in corporate Engineering and Melting, Divisional Development, Corporate development and my last 10 years in fundamental research. Eighteen patents, over 50 reviewed papers, Phoenix award, and for the past eight years Technical Director of Glass Manufacturing Industry Council.

Wife Margo, two boys, both engineers and five wonderful grandchildren. Played trumpet for about 60 years and took up cello 5 years ago.

Abstract

A brief review of a new potential game changer for melting glass is given. Summary of the five company pre-competitive project for an advanced glass melter which is known as Submerged Combustion Melting (SCM) covering organization, CFD modeling, and transition



into the first commercial unit is explained. SCM can reduce one of the top costs facing manufacturing; "Depreciation".

In our times Carbon Tax is a new motivator for energy reduction. Big changes in furnaces have changed the operations and Classical Furnace Energy Balances have been simplified with transition to rapid analysis software. After performing furnace energy balances (over 125) over 35 years, some observations of furnace performance and opportunities for the future will be shared as the major focus of this presentation.

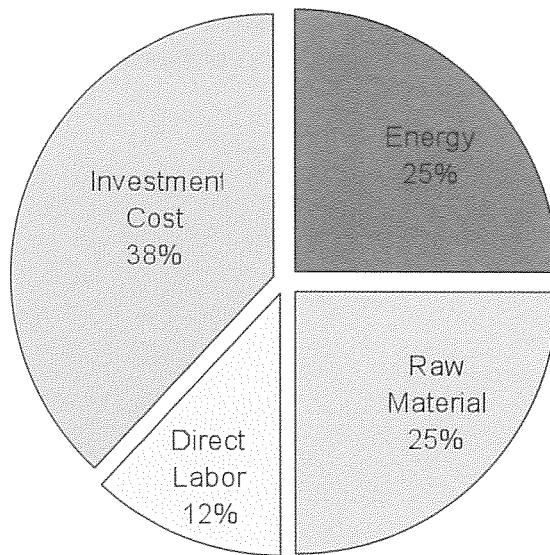
25th Glass Symposium
 May 6-7, 2010, Istanbul Turkey

Submerged Combustion Melting and Macro Furnace Energy Balances

John T. Brown
 GMIC Technical Director

1

Melting Costs



Macro Furnace Energy Balance

What is it?

- Organized analysis
- Uses short cuts
- For quick results

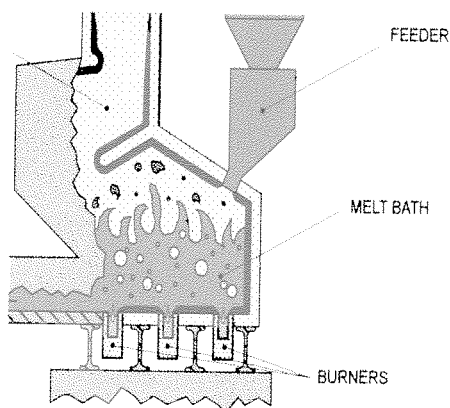
Purpose

- Improve day today operations
- Impact investment decisions at repair

Short Cuts (based on 120+ Furnaces)

1. Enthalpy and heats of mixing pre-calculated
2. Preheated air temperatures predicted from Optical rather than actual Suction Pyro.
3. Structural heat loss determined by difference
4. Computer software reduces all inputs to results-immediately, rather than a week of calculations.

What is Submerged Combustion Melting?

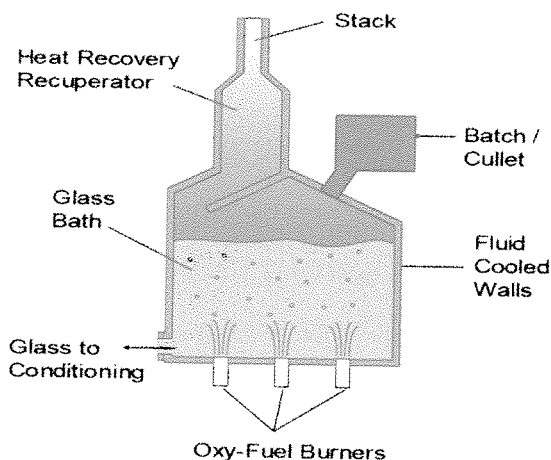


- Direct contact heat transfer - products of combustion bubble through the melt
 - reduced NO_x formation
 - CO and unburned HCs
- High heat transfer, rapid mass transfer
 - High thermal efficiency
 - Reduced melter size
- Melting and mixing in one step
- Early patents Western Europe & US but not developed commercially
- Container Pilot Melter in US 1960's.
- Air fired system developed by Ukrainian Academy of Science for nuclear waste simplified for rock wool
- 5 air fired mineral wool systems in use for over 25 years (Belarus & Ukraine) at 20₅ mtpd/m² and 75 mtpd

SCM with Oxygen Firing

Advantages

- *Easy start/stop: 4 hours from room temp to production*
- *No hot repairs*
- *Lower energy, emissions and scrap per ton possible*
- *Low melting area - more than 19 mtpd/m²*
 - *Pochet about 5 mtpd/m²*
 - *E-glass unit melters ~1.6 mtpd/m² (includes fining)*
- *Low capital cost with little refractory*
 - *Water-cooled walls*
- *Easier and lower cost melter rebuild / replacement*
- *Production Flexibility*



Disadvantages

- *Unknown reliability and glass quality*
- *New technology – learning curve*
- *Fining/refining*

SCM Development Project at GTI

- *Consortium of glass companies established in 2003 and work began in 2004 to develop SCM technology with GTI (Gas Technology Institute) & USDOE funding*
- *Built & operated 2 mtpd lab melter (50cm wide, 76cm long)*
 - *Developed and then improved oxygen/gas burner*
 - *Proved glass melting concept with oxygen/gas burner and water cooled shell for spectrum of glass types*
- *Designed & built 20+ mtpd pilot melter (83cm wide, 140cm long)*
 - *Minimized heat losses and cold regions, optimize burner locations & glass flows for quality, etc. using physical modeling, CFD and consortium experience.*
- *Conducted melt trials with pilot melter to prove out design and operation*

7 7

Project Participants

- U.S. Department of Energy – OIT
- USA Natural Gas Industry
 - GTI Sustaining Membership Program (SMP)
 - Gas Research Institute FERC funds
- New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA)
- Glass companies
 - **Corning Incorporated**
 - **Johns Manville**
 - **Owens Corning**
 - **PPG Industries, Inc.**
 - **Schott North America**
- St. Gobain decided to pursue on own after initial involvement

8 8

Lab Melter Trials and Burner Development

Goals

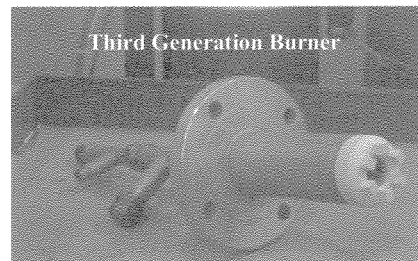
- Melt range of glass compositions
- Batch feed
- Continuous discharge
- Evaluation of components before pilot SCM fabrication
- Components scaled for the 1.0 ston/h pilot SCM unit

Main Technical Issues

- Oxygen burner development
- Melter geometry
- Burner locations
- Feed location and system
- Discharge system
- Level control

Lab Melter Details

- 2 burners
- 50 cm wide, 76 cm long



9 9

Developed our patented oxy-gas burners for 91% reduction in products of combustion.

Air-gas: 3 units of fuel (CH_4) + 30 units of air=33units

Is the same heating value as;

Oxy-gas: 1 unit of fuel and 2 units of oxygen=3 units

$$(33-3)/33 \times 100 = 91\%$$

reduction in products of combustion

10 10

Method of modeling

- FLUENT software
- Volume of Fluid (VOF) model of multiphase flows
- Qualitatively/quantitative comparison of variants
- Modified jets approach

Main assumptions:

- ✓ Non-reacting, non-compressible liquid,
- ✓ Density is close to glass melt density,
- ✓ Heat input is equal to overall oxygen/methane flame heat release,
- ✓ Kinetic energy is equal to estimated oxygen/methane flow kinetic energy at the nozzle of the burner,
- ✓ Heat capacity is approximately equal to the combustion products heat capacity.

11 11

CFD Simulation Objectives and Challenges

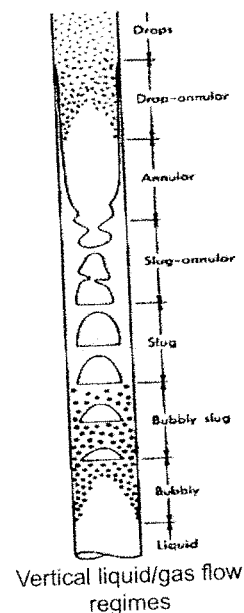
(modified from Purnode et. al. 2007 GPC)

Objectives

- Support pilot melter design and concept evaluation
- Advance modeling technology
- Validated SCM melter model available to industry
 - accelerate technology transfer and process commercialization

Challenges

- Highly uncertain multiphase flow regime
 - Not well suited to traditional glass codes/methods
 - Need *a priori* knowledge to select best method
- Disparate time scales introduced by
 - submerged combustion chemistry and gas plumes
 - water-cooled walls (ultra-slow “frozen layer”)
- Wide range of bubble sizes - all important!
- SCM batch melting unlike conventional “batch blanket”
- Complex, participating-media radiation

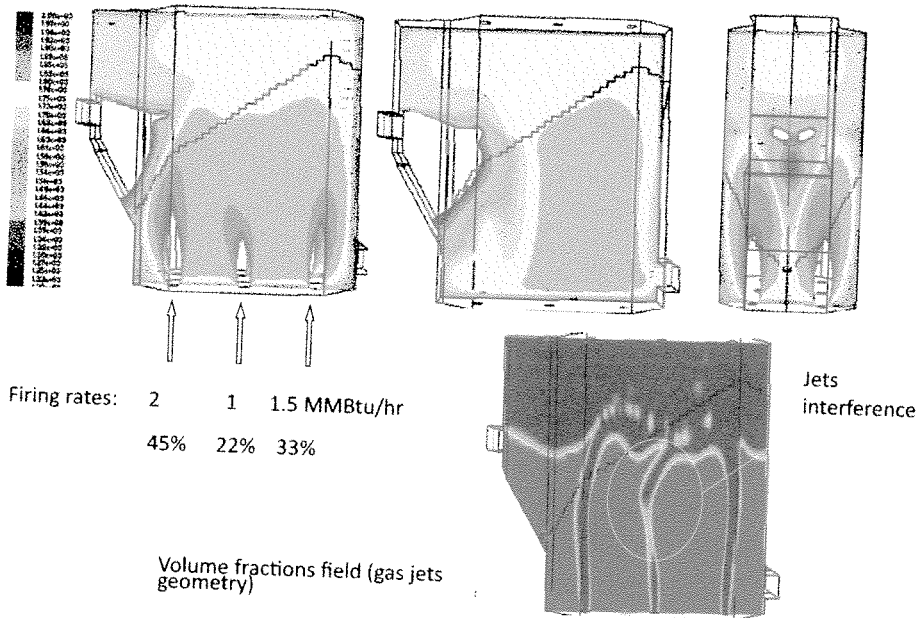


Vertical liquid/gas flow regimes

12 12

Analysis and optimization of firing rate distribution

Temperature profiles and optimum firing rate distribution



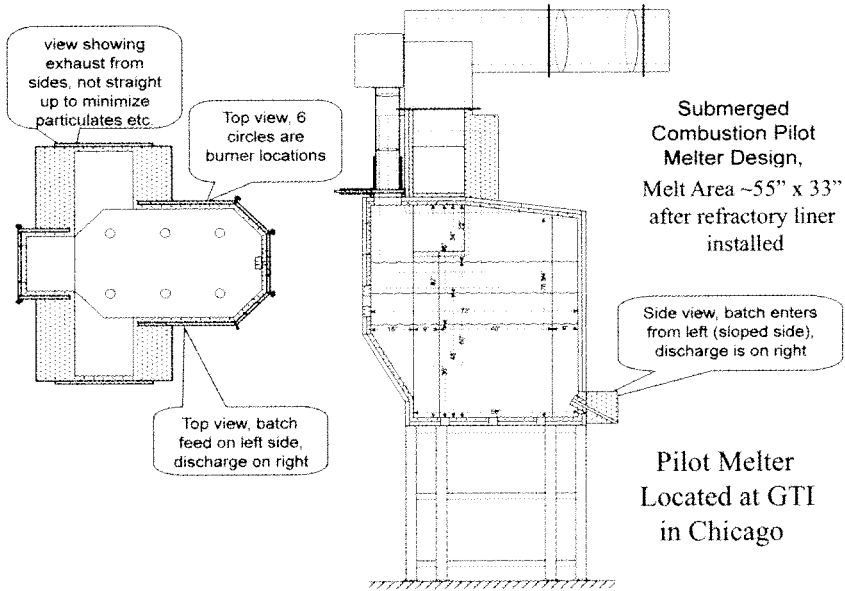
13 13

Pilot SCM Design Guidance from CFD

- Stretched octagon helps minimize cold/stagnant zones
- Multiple burners (particularly 3 rows of 2) provide good heat distribution
 - can be operated as 3 pairs slaved together
 - non-uniform firing rate front-to-back may be beneficial
- Physical symmetry appears to improve mixing control
- Tap piece should penetrate several inches inside wall to collect well-mixed glass
- Burner layout and minimum separation guidelines to minimize burner interactions, but provide required mixing and more uniform glass temperatures throughout melter
- Refractory layer to decrease heat losses but still protect walls with frozen glass layer

14 14

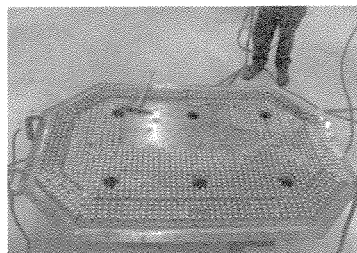
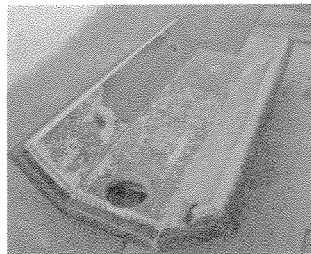
GTI Submerged Combustion Pilot Melter



15 15

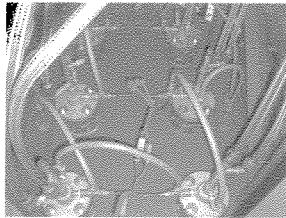
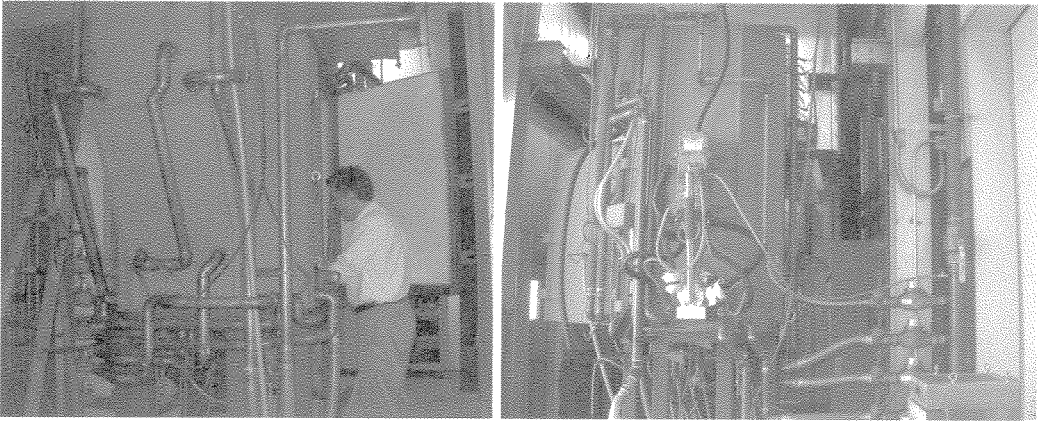
Pilot SCM Assembly

- Melter design package finalized for fit
- Each panel built to specifications
- Panels bolted together and leak tested
- When leak-tight panel anchor studs set
- Melter assembled
- 1.5 – 2 inch of castable refractory poured



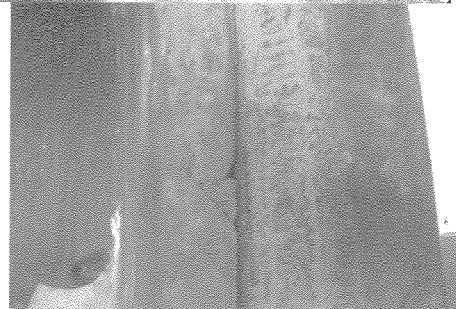
16 16

SCM Pilot Melter



17 17

Pilot Melter Interior after trials



18

Pilot Test Observations

(from Rue et. al. 2007 GPC)

- Seeds
 - SCM glass is 10-25% bubbles from microns to 1 cm in size
 - Composed of ~80+% CO₂ with N₂, O₂, SO₂, Ar (trace)
- Scrap fiberglass
 - Fully melted
 - No detectable C in glass
- Homogeneity
 - Glasses found to be homogeneous
 - Some, but not all, glasses had trace unmelted Si
 - Mixing patterns being adjusted to fully melt batch

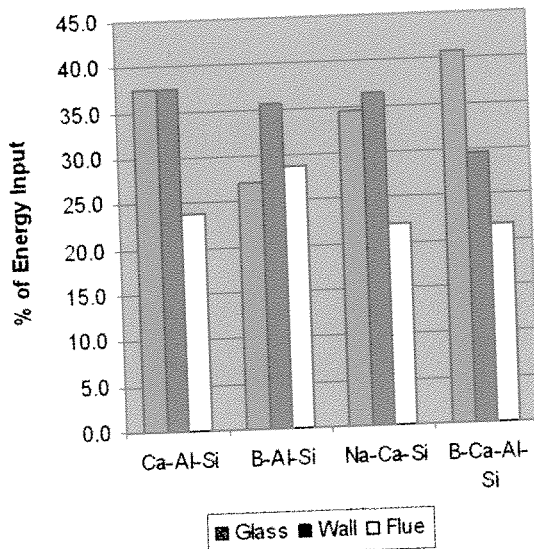


19 19

Energy Balances

(from Rue et. al. 2007 GPC)

- Steady-state operation
- Product glass at 1100-1350 lb/h
- Determined from measured
 - Flows
 - heat contents
 - temperatures
- For glasses except B-Al-Si
- Glass 34 – 40%
- Wall 30 – 37%
- Flue 22 – 24 %



20 20

Next Steps?

- Each consortium member taking knowledge from pilot melter and looking at applications to pursue on own
- GTI, OC and JM awarded funds from USDOE to do some further trials in 2008
- Non-consortium companies paid GTI for private trials 4Q2007
- IMM is planning on starting up a 90 mtpd cullet/EAF dust SCM melter for abrasives summer of 2008 in Laporte, IN, USA.

21 21

Commercial Application LaPorte, Indiana

Turning Electric Arc Dust into a two
phase Glass-Ceramic Grinding media

22 22

5 X 8 feet Octagon plan

- 4 tons per hour
- Two separate full week continuous runs
- No operational problems
- Air quality trials week of April 19th

23 23

Macro Energy Balance

24

Website page

08/19 07/28/09 5074-604-16122 JWW @rcrcntcenter

Glass Tank Mass & Energy Balance Models

A series of MS ExcelTM spreadsheets for use by the glass manufacturing industry to assist in characterizing their furnaces and optimize energy useage. To download files, you must contact Access@GlassTankModel.com for access.

User Name

Password

Latest Versions

Direct Fired Furnace..... DF1.2.3 - 5/20/09

Regenerative Furnace..... R 2.3 - 5/19/2009

Regenerative Float Furnace... RF 2.3 - 5/19/2009

* Required download to repair code errors

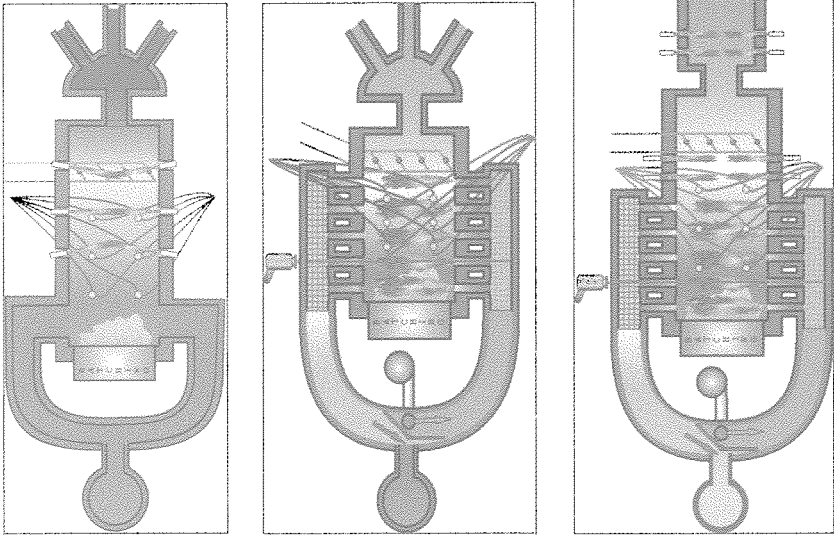
Purpose

Strategy

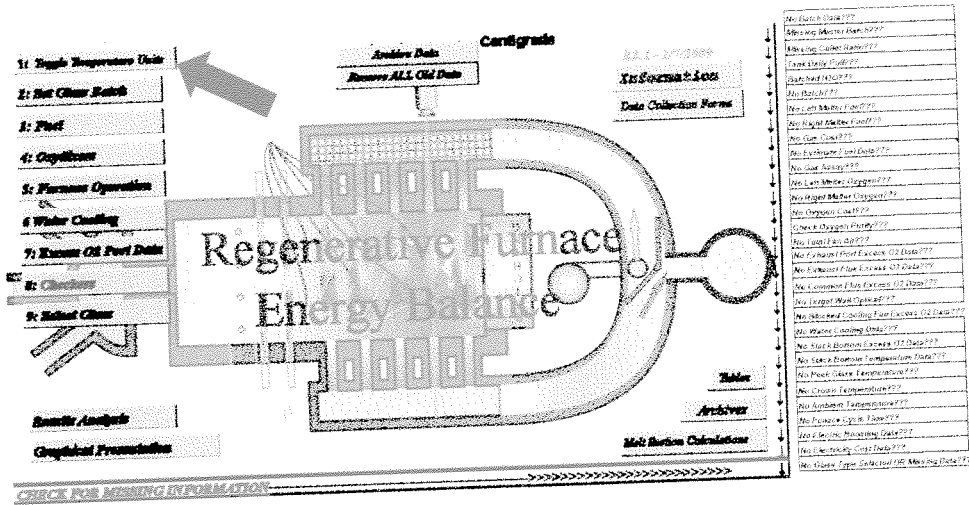
Recent Changes

25

Tank Models



26



Select Units

Selection Acknowledged

27

100.0% from 4 Items Then 'click' Accumulate to set Batch

Enter Percent Ingredients in This Glass

BATCH ID 281

Ingredients - Excluding Batched Water	ONDS	CO2	H2O	Hydrogen	SO2	N2	Other
Feldspar	100.0%						100%
Feldspar, Potassium, K-40	100.0%						100%
22.00% Limestone	38.3%	41.7%	0.0%				100%
56.00% Silica Sand	100.0%						100%
0.50% Tramp Water	0.0%		100.0%				100%
Alumina, Calcined	99.3%		0.8%				100%
21.50% Soda Ash	58.5%	41.4%	0.1%				100%

BATCHING DETAILS

Master batch (total-day)	1.000	Lbs/Batch
Cullet Ratio	23.0%	%
Tank Daily Put	690,000	Lb/Master Batch
Additional Batched Water	20	Lb/Day
Percent Selected	85.0%	%
Hourly Put	25000	Lbs/Hr
Chemical Water from Batch	0	Lb/Master Batch
Carbon Dioxide in Batch	0.90	Lb/Master Batch
Batches per Day	2727	per Day
Total Batch Rate (lb. o. cullet)	113616	Pounds/Hour
Master Batch MakeUp	220	lb Cullet/Master Batch
	780	lb Powdered Oxide/Master Batch
Glass from Master Batch	220	lb/Master Batch

Enter batch & Fill information

Enter Energy Input Data

Natural Gas: #2 Fuel Oil: #6 Fuel Oil: Pellet Coke: Coal Powder:

Additional Electric Boosting Electricity Cost
 1,500 kW 7.00 €/kWh
 5.1 MMBTU/Hr

67.1 MMBTU/Hr Total E

Fuel Gas Flows - SCFH

Left to Right				Melt Section			
Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6	Port 7	Port 8
15,000	18,000	14,000	10,000	3,000			
Total Melting Gas Left						60,000	

Right to Left				Melt Section			
Port 1	Port 2	Port 3	Port 4	Port 5	Port 6	Port 7	Port 8
15,000	18,000	14,000	10,000	3,000			
Total Melting Gas Right						60,000	

FUEL - Natural Gas	Species	100.0%
	Methane	96.0%
	Ethane	2.0%
	Propane	1.5%
	Butane	0.1%
	Nitrogen	0.3%
	CO ₂	
	Water	0.1%

Gas Data OK

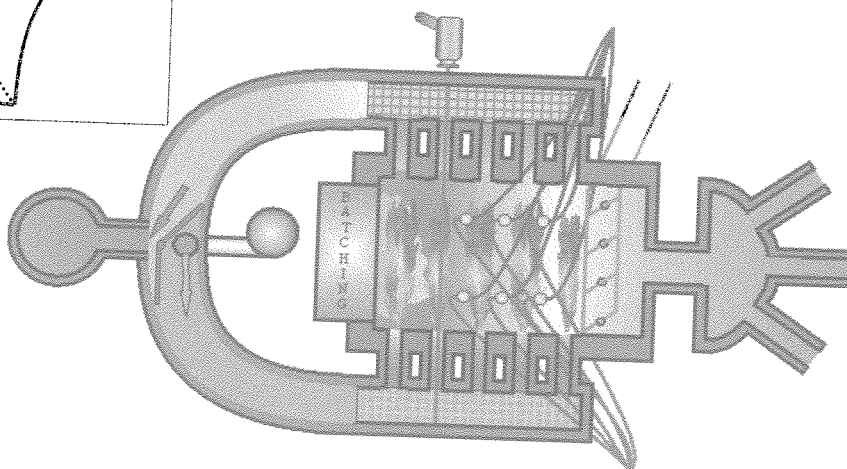
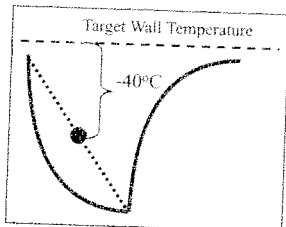
#C	Reaction	Formula	APW	Energy		Density		SCF/SCF Fuel		Mole Ratio	Coeff	Rate	Stoichiometric Ratio	GAS Purchase
				BTU/SCF	mmBtu/SCF	CO ₂	H ₂ O	CO ₂	H ₂ O					
2C ₂ H ₆ + 7O ₂	2 + 6H ₂ O	C ₂ H ₆	16.04	1011	1.268	0.960	1.920	2	2.072	9.888	59,000	SCFH		
C ₃ H ₈ + 5O ₂	2 + 4H ₂ O	C ₃ H ₈	30.07	1783	1.279	0.040	0.060	3.5			62.0	MM BTU/Hr		
2C ₄ H ₁₀ + 13O ₂	3 + 10H ₂ O	C ₄ H ₁₀	44.09	2772	1.298	0.045	0.060	5			105	BTU/SCF		
		C ₄ H ₁₀	58.12	3225	1.215	0.004	0.005	6.5						
Density for this Fuel				0.046	lb/SCF	1.049	2.046							

Estimate Stoichiometric Ratio Air
 Estimate Stoichiometric Ratio Oxygen
 Est. Energy Content BTU/SCF

GAS COST: Either 8,000 \$/KSCF OR \$/mmBtu

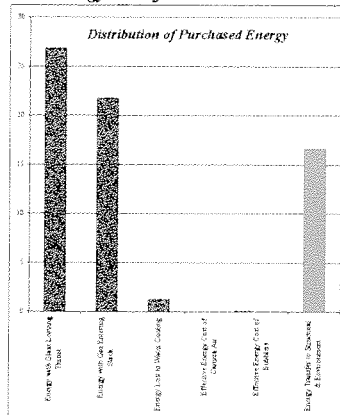
29

Predicting Combustion Air Pre-heat Temperature



HOME
ENERGY BALANCE

	Millions of BTUs per Hour	Percent of Total	Annualized Energy Gas & Electricity
Purchased Energy Sum of All Sources	66.5		\$5,012,472
Energy with Glass Leaving Throat	26.8	40.3%	\$2,021,852
Energy with Gas Entering Stack	21.5	32.7%	\$1,640,578
Energy Lost to Water Cooling	1.3	1.9%	\$95,654
Effective Energy Cost of Camera Air	0.01	0.0%	\$1,115
Effective Energy Cost of Bubblers	0.01	0.0%	\$589
Energy Transfer to Structural & Environment	16.6	25.0%	\$1,252,684
		100.0%	\$5,012,472



Results:
Energy Balance

31

Contribution of Pre-Heated Air

Calculation of Actual Air through Furnace

Total Air through Furnace - No alterations	121,188	SCFH
Air Required for Combustion of Fuel	119,264	SCFH
Oxygen Required for Combustion of Fuel	24,986	SCFH
Excess + Parasitic Air	1,924	SCFH
Parasitic Air - LEFT	603	SCFH
Parasitic Air - RIGHT	51	SCFH

Calculating Gas Flow Weighted Average Temperature

Average Temperatures			Fuel Flow Weighted Temperature
PORT	R to L	N.G. Flow	
1	1169	5,000	1166 °C
2	1190	5,700	
3	1209	5,100	
4	1150	4,600	
5	950	1,000	
6	0	0	
21,400			SUM

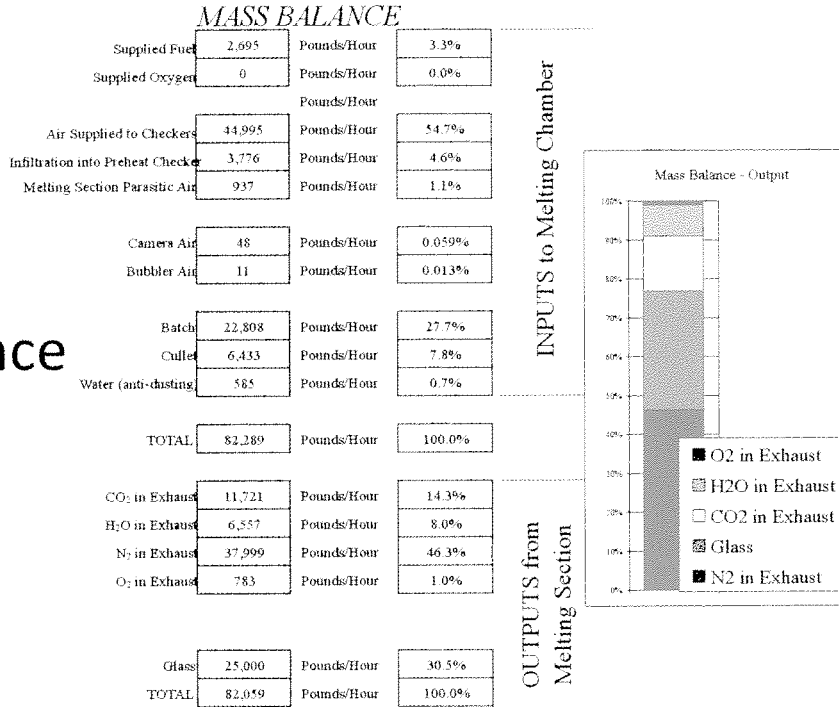
Average Temperatures			Fuel Flow Weighted Temperature
PORT	L to R	N.G. Flow	
1	1190	4,300	1169 °C
2	1210	5,500	
3	1230	5,000	
4	1075	4,200	
5	975	1,000	
6	0	0	
20,300			SUM

Energy Recovered in Checkers

Nitrogen	3,854,687	BTU/HR
Oxygen	1,024,013	BTU/HR
AIR	4,878,700	BTU/HR
	31.3%	% of Purchased

32

Mass Balance



Sisecam Results

	Furnace Efficiency	Global Range Efficiency
TR-5 Float	37.7%	28-41
780 MTD	[12% cullet]	
Yenişehir Furnace C	43%	25-42
387 MTD	[38% cullet]	
Kirklareli Furnace E	59.6%	50-54
83 MTD	[25% cullet]	

Epiphany Sydney to Istanbul

40 years ago energy saving was easy.
Crowns were poorly insulated
Burners were pipes inserted through holes
Lots of ambient air leaks.
Regenerators were not sealed
Typical Energy Balance resulted in quick \$100,000/yr
in savings

35

Today, furnaces are built tight, crowns and walls are well insulated, burners are much improved and nearly always sealed with external cooling that does not enter the furnace.

Somewhat disappointing doing energy balances to day. However, the improved performance does not lessen the value of the Energy Balance as establishing a base, and planning for investments at major repairs.

Also, for day to day planning and occasional checks for trends or deltas from base measurements.

We lack the easy obvious big savings
However, one area remains the same and now really sticks up like a sore thumb.

Batch water.

36

In the past four years we have applied the new Macro Energy Balance software developed by John Nelson to a number of furnaces. Oxy-fuel, End fired and cross fired regenerative, float, table ware, container fiber glass and in every case, water is added to the batch.

Water is considered necessary to control dusting for furnace integrity or control logs in float furnaces. Maybe so, with the filling machines we employ today —but lets consider the cost of this decision.

37

Ninety percent of today's soda-lime furnaces have between 2.0 and 5.5% water added to the batch. As a base case lets consider the cost of this water to a float furnace melting 600 tpd with 4% water.

This is a linear analysis, so if you want to compare to a container furnace of 300 tpd pull, just cut the numbers in half.

38

Hypothetical Furnace

600 stpd with 4% water is 24 tons of water per day or one per hour.

2,000 pounds of water requires 2,000 CF of natural gas as the latent heat of vaporization is 970 Btu per pound of water, and that is close to the heating value of natural gas. ~40%

 After vaporization the water vapor has to be raised to the furnace temperature or exhaust temperature at the rear port. This adds another 1300 Btu/ pound of water as the sensible heat for a rear port exit temperature ~60%

(ΔH -Enthalpy @1430 °C)

39

To simplify, lets just say it is 1000 Btu/pound and another 2000 CF of gas to handle the sensible heat requirements.

Now, no furnace is 100% efficient, and today 33% is good- and on rare occasions I've seen up to 43%. At 33% it would require three units of fuel to replace the first unit required to vaporize the water. At 40% it would require 2.5 units of fuel.

For this case we will use 2.5 units of fuel to replace one unit in the furnace. Therefore, the 4 million Btu's of needed furnace energy needs 2.5 X 4 or 10,000 CFH of additional fuel to vaporize and heat to furnace exhaust temperature, the 4% water added to the batch

40

At \$8 per million Btu., or thousand CF of Natural Gas
 \$80 per hour, or about \$2,000 per day

Or

\$700,000 per year

Oxy-gas will be a \$900,000 per year with \$3 oxygen costs,
 but higher efficiency furnace ~54%

If we consider the carbon footprint, there is 10,000 CFH of
 carbon dioxide removed, if we eliminate the water
 240,000 CFD and at 8.5 CF/lb 28,000 pounds or 14 tons of
 carbon dioxide every day

5,100 tons of carbon per year

**Some day soon, carbon taxes will
 come to haunt us**

41

By saving the fuel we also remove 2X the water
 of combustion or 480,000 CFD or 11 tons of
 water up the stack.

All water latent heat is non-recoverable energy,
 so it is really wasted money

If removing water is difficult, it is time to begin
 working on this as an industry next best step for
 energy reduction.

A necessary step if we go to full waste heat
 recovery and apply to the preheating of our
 cullet and pre-reacting our raw materials.

42

Haluk Güreren

Projeli Satışlar ve Teknik Hizmetler

Müdürlüğü - Düzcam

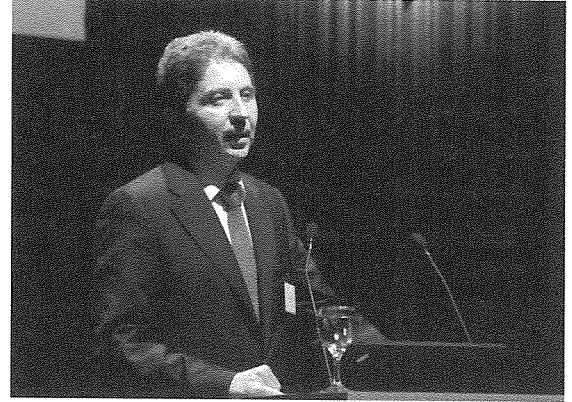
hgureren@sisecam.com

Haluk Güreren, Trakya Cam Sanayii A.Ş. Projeli Satışlar ve Teknik Hizmetler Müdürü olarak görev yapmaktadır. Makine mühendisliği lisans eğitimini ve endüstri mühendisliği yüksek lisans eğitimini İTÜ Makine Fakültesi'nde tamamlamıştır. 1982 yılında T.Ş.C.F.A.Ş Makine ve Kalıp Fabrikasında Malzeme Mühendisi olarak çalışmaya başlamış ve daha sonra sırasıyla T.Ş.C.F.A.Ş Proje ve Teknik Hizmetler Müdürlüğü'nde Proje Mühendisi, Camış Ambalaj Sanayii A.Ş'de Ofset Baskı Şefi, T.Ş.C.F.A.Ş Sanayi Mühendisliği Müdürlüğü'nde Sanayi Mühendisi, Düzcam Grubu Geliştirme Başkan Yardımcılığı'nda Geliştirme Uzmanı, Trakya Cam San. A.Ş Cam İşleme ve Kaplamalı Camlar Fabrikası'nda Üretim Müdürü, Trakya Cam San. A.Ş'de Projeli Satışlar Müdürü olarak görev yapmış ve 2008 yılında şu anki görevine atanmıştır.

Özet

Dünyada enerji tüketimi nüfus ve sanayileşmeye paralel olarak hızla artmaktadır. Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan CO₂ ve diğer gazlar sera etkisi yaratarak çevre kirliliği, küresel ısınma ve iklim değişikliklerine neden olmaktadır. CO₂ emisyonunun azaltılması için enerji tasarrufu ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Binaların toplam enerji tüketimindeki payının %30 olduğu dikkate alındığında, enerji tasarrufu için binalarda alınacak yalıtım önlemlerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Binalardaki ısı kayıplarının %30'u pencereler yoluyla gerçekleşmektedir. Pencerelerde tek cam kullanılması durumunda kışın bina içinden dışarıya önemli miktarda ısı kaybı olmaktadır. Bu kaybın azaltılması amacıyla, dışarıya olan ısı kaçışını tek cama göre yarı yarıya düşüren yalıtım camları (ısıcam) kullanılmaktadır. Yalıtım camları ile iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı



kayıpları azaltılmaktadır.

Yalıtım camı bünyesinden ısı kayıplarının önemli bir bölümü ise radyasyon ile gerçekleşmektedir. Bünyesinde Low-E ve Solar Low-E kaplamalı cam barındıran yeni nesil yalıtım camları radyasyon ile gerçekleşen ısı geçişlerini azaltarak daha iyi bir ısı yalıtımı ve ısı yalıtımı ile birlikte güneş kontrolü sağlamaktadır. Trakya Cam, Low-E kaplamalı camını TRC Ecotherm, Solar Low-E kaplamalı camını TRC Ecosol markası ile pazara sunmaktadır. Bünyesinde TRC Ecotherm bulunan Isıcam Sinerji, kışın ısı kayıplarını tek cama göre % 80'e, standart yalıtım camına göre ise % 60'a kadar azaltarak yakıt giderlerinden tasarruf sağlamaktadır. Bünyesinde TRC Ecosol bulunan Isıcam Konfor ise kışın Isıcam Sinerji gibi ısı kayıplarını azaltarak yakıt giderlerinden tasarruf sağlarken, yazın da içeri giren güneş ısını standart yalıtım camına göre % 40 azaltarak soğutma giderlerinden tasarruf sağlamaktadır. Isıcam Sinerji ve Isıcam Konfor sağladıkları enerji tasarrufu ile CO₂ emisyonlarının azaltılması ve çevrenin korunmasına katkıda bulunmaktadır.

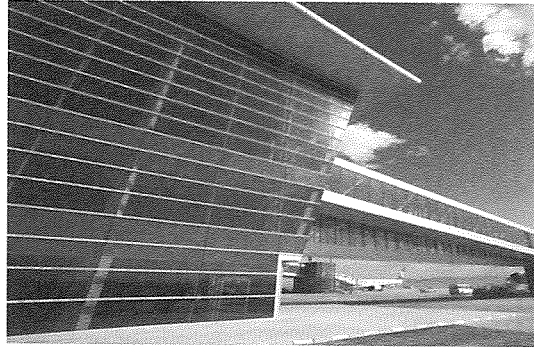
Dünyadaki CO₂ emisyonlarının azaltılması amacıyla çeşitli önlemler alınmaktadır. Gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre % 5,2 azaltmasını öngören Kyoto Protokolü

bunlardan biridir.

Ülkemizin bu Protokole katılmasının uygun bulunduğuna ilişkin kanun tasarısı, TBMM Genel Kurulu'nda kabul edilerek yasalaşmıştır. Ayrıca ülkemizde enerji tasarrufuna yönelik yapılan çalışmalar kapsamında "TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardı revize edilmiş, "Enerji Verimliliği Kanunu" ve "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" yürürlüğe girmiştir.

Pencerelerde tek cam yerine Isıcam Sinerji veya

Isıcam Konfor kullanılması durumunda, ısınma amacıyla kullanılan doğal gazda 1 m² cam yüzeyi için ortalama 30 m³ doğal gaz tasarrufu sağlanmaktadır. Yurt içinde 2008, 2009 yıllarında ve 2010 yılı ilk çeyreğinde toplam 2.000.000 m² Isıcam Sinerji ve Isıcam Konfor satışı gerçekleştirildiği dikkate alındığında birikimli olarak 100.000.000 m³ doğal gaz tasarrufu yapılarak ülke ekonomisine 70.000.000 TL katkı sağlanmıştır. Ayrıca atmosfere salınan CO₂ miktarı da 150.000 ton azaltılmıştır.



YENİ NESİL YALITIM CAMLARI İLE ENERJİ TASARRUFU

Mustafa Haluk Güreren
Trakya Cam Sanayii A.Ş. Düzcam Grubu

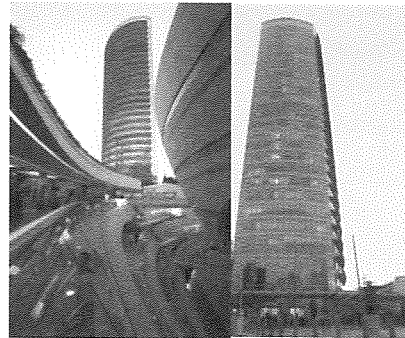
1

I. Enerji Tasarrufu

II. Cam ile Isı Yalıtımı **ISICAM**klasik **ISICAM**sinerji

III. Cam ile Isı Yalıtımı+Güneş Kontrolü **ISICAM**konfor

IV. Yasal Düzenlemeler



2

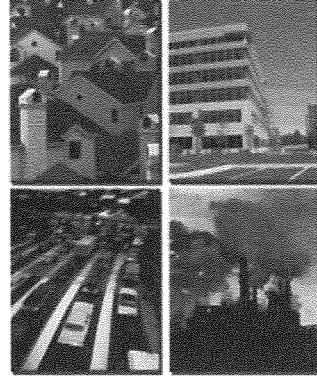
ENERJİ TASARRUFU



- Enerji sosyal ve ekonomik kalkınmanın en temel girdilerinden birini oluşturmaktadır.

Dünya enerji tüketimi

- Nüfus ve
- Sanayileşmeye paralel olarak hızla artmaktadır.



- 2006 yılında 472 katrilyon Btu olan dünya enerji tüketiminin 2015 yılında 552 katrilyon Btu'ya, 2030 yılında ise 678 katrilyon Btu'ya ulaşacağı öngörülmektedir.

(Kaynak: EIA; International Energy Outlook 2009)

3

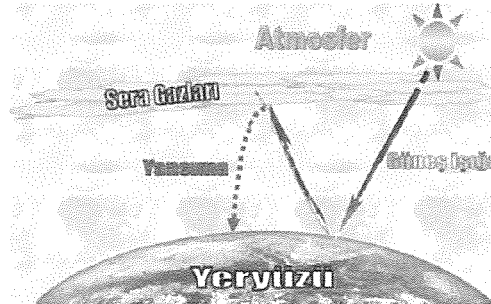
ENERJİ TASARRUFU



- Fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan CO₂ ve diğer gazlar sera etkisi yaratarak

- ✓ Çevre kirliliği,
- ✓ Küresel ısınma,
- ✓ İklim değişikliklerine,

neden olmaktadır.



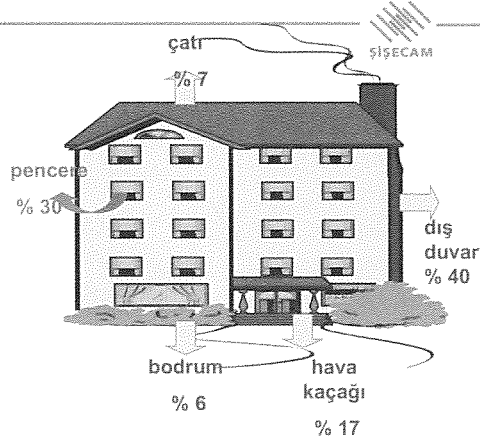
2006 yılında 29 milyar ton olarak gerçekleşen CO₂ emisyonunun 2015 yılında 33.1 milyar tona, 2030 yılında ise 40.4 milyar tona ulaşacağı öngörülmektedir.

(Kaynak: EIA; International Energy Outlook 2009)

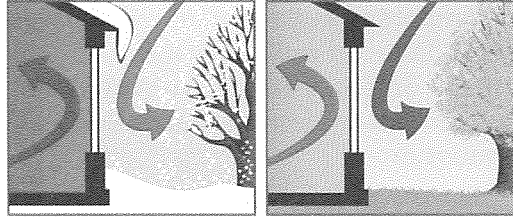
4

ENERJİ TASARRUFU

Yapılarda ısı kayıplarının %30'u yeterli yalıtım yeteneklerine sahip olmayan pencerelerden gerçekleşmektedir.



- Günümüz teknolojisi ile geliştirilen çözümler sonucu; cam ile ısı yalıtımı ve güneş kontrolü sağlanabilmektedir.



(Kaynak: Elektrik İşleri Etüt İdaresi-EİE)

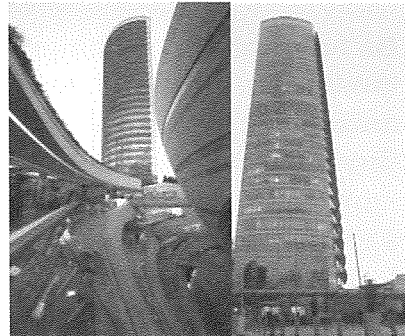
7

I. Enerji Tasarrufu

II. Cam ile Isı Yalıtımı **ISICAM**klasik **ISICAM**sinerji

III. Cam ile Isı Yalıtımı+Güneş Kontrolü **ISICAM**konfor

IV.Yasal Düzenlemeler



8

CAM İLE ISI YALITIMI

Pencerede tek cam kullanılması durumunda,

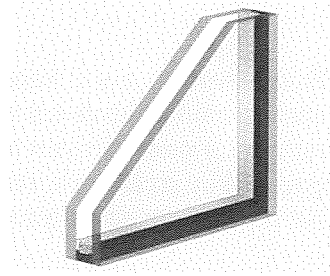
- Güneşin ışığından ve
- Isısından yararlanılabilmekte ancak kışın bina içinden dışarıya ısı kaybı olmaktadır.



- Tek camın kalınlığını artırmak ısı yalıtımına katkı sağlamamaktadır.

Camla ısı yalıtımında ilk çözüm

Yalıtım Camı (Isıcam)



9

CAM İLE ISI YALITIMI

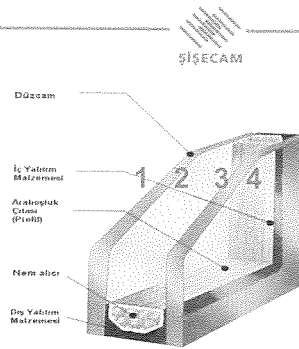
Isıcamklasik - Yalıtım Camı

Her iki plakası da renksiz düzcamdan oluşan Isıcam Klasik;

- Pencereden dışarıya iletim ve taşınım yoluyla gerçekleşen ısı kayıplarını azaltmaktadır.
- Pencereden dışarıya ısı kaçışını tek cama göre yarı yarıya düşürmektedir.

Isıcam Klasik'in ısı yalıtım performansı:

- ✓ Ara boşluk genişliğinin 16 mm'ye doğru artırılması,
 - ✓ Ara boşluğa hava yerine argon gazı doldurulması,
- ile bir miktar iyileştirilebilmektedir.



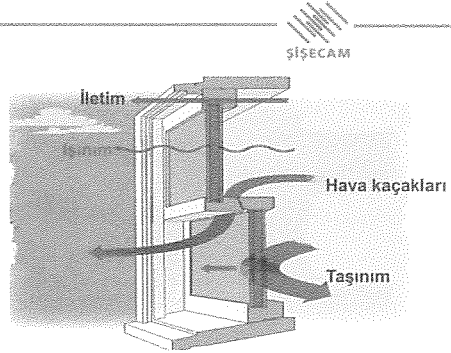
	U Değeri W/m ² K	
	kuru hava	argon
4 mm Tekcam	5,7	
(4+12+4) mm	2,9	2,7
(4+16+4) mm	2,7	2,6

10

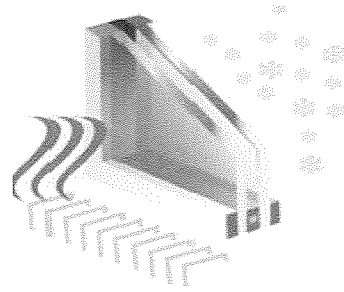
CAM İLE ISI YALITIMI

Yeni Nesil Yalıtım Camları

Yalıtım camı bünyesinde ısı kayıplarının önemli bir bölümü ışınlım (radyasyon) ile gerçekleşmektedir.



- Bünyesinde Low-E kaplamalı cam içeren yalıtım camları ışınlım ile gerçekleşen ısı geçişlerini azaltarak daha iyi bir ısı yalıtımı sağlamaktadır.



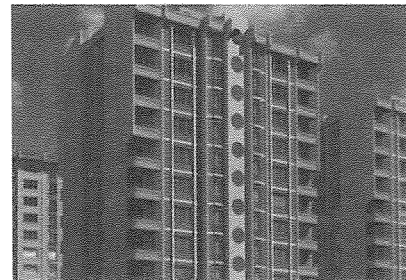
11

CAM İLE ISI YALITIMI

Yeni Nesil Yalıtım Camları

Trakya Cam'ın

- Low-E kaplamalı camının markası TRC Ecotherm,
- Bünyesinde TRC Ecotherm yer alan yeni nesil yalıtım camının markası **ISICAMsinerji**'dir.

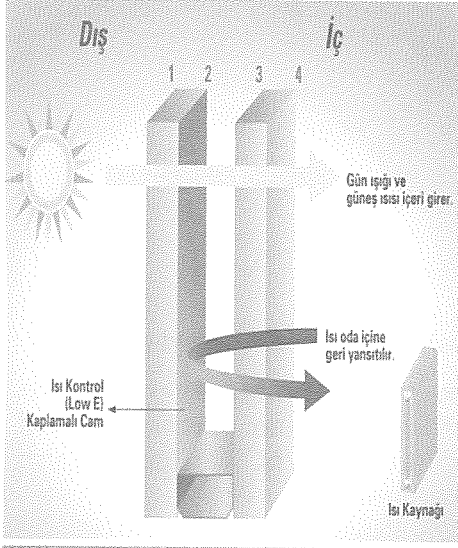


12

CAM İLE ISI YALITIMI

ISICAMSİNERJİ

Bünyesinde bulundurduğu TRC Ecotherm (Low-E kaplama) sayesinde;



- Isı kayıplarını tek cama göre % 80'e; Isıcam Klasik'e göre % 60'a kadar azaltarak yakıt giderlerinden tasarruf sağlar.
- Isıcam Klasik'e yakın görüntüdedir.
- Gün ışığını engellemez.
- Düşük UV geçirgenliği ile eşyaların doğal renklerinin daha uzun süre korunmasına yardımcı olur.

13

CAM İLE ISI YALITIMI

Performans Değerleri

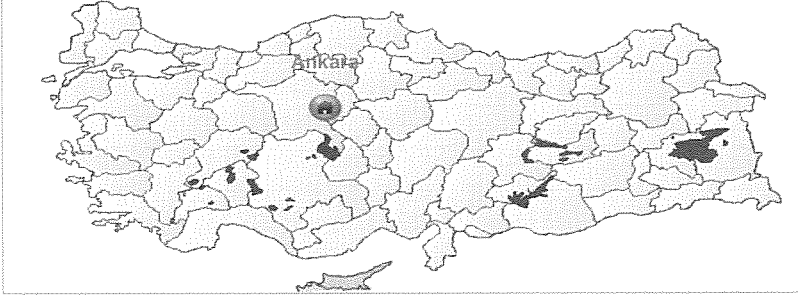
4+12/16 AB+4	Gün Işığı Geçirgenlik (EN 410) %	Güneş Enerjisi Toplam Geçirgenlik (EN 410)	UV Geçirgenlik %	Isı Geçirgenlik Değeri W/m ² K (EN 673)			
				Ara Boşluk Geniştirliği ve Dolgusu			
				12 mm Hava	12 mm Argon	16 mm Hava	16 mm Argon
4 mm renksiz düzcam	89	0,85	58	5,7			
ISICAMKlasik	80	0,75	43	2,9	2,7	2,7	2,6
ISICAMSİNERJİ	79	0,56	24	1,6	1,3	1,3	1,1

14

CAM İLE ISI YALITIMI



İSİCAM SİNERJİ - Yeni Nesil Yalıtım Camı



Örnek Çalışma

Sağlanan tasarrufları rakamsallaştırmak amacıyla Ankara'da;

- Dış cephesinde ısı yalıtım uygulaması yapılmış olan yeni bir binada ilk yatırım aşamasında İSİCAM Klasik yerine İSİCAM Sinerji kullanılması durumunda ortaya çıkan maliyet ve kazançların belirlenmesi için örnek bir çalışma yapılmıştır.

15

CAM İLE ISI YALITIMI



İSİCAM SİNERJİ - Yeni Nesil Yalıtım Camı

Yalıtımlı Yeni Bina Uygulaması

Ankara ilinde, yalıtımı TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardına uygun olarak projelendirilmiş 100 m²'lik, 20 m² camlama yüzeyine sahip bir örnek konut incelenmiştir. Pencerelerinde ilk yatırım aşamasında İSİCAM Klasik yerine İSİCAM Sinerji kullanılması durumunda her yıl:

- ✓ 220 m³ daha az doğal gaz tüketilecek,
- ✓ CO₂ emisyonunda 300 kg azalma sağlanacaktır.

Geri Ödeme Süresi : $\frac{\text{camların ilk yatırım maliyeti farkı}}{\text{yıllık doğal gaz tüketim maliyeti farkı}} = 1,5 \text{ yıl}$

16

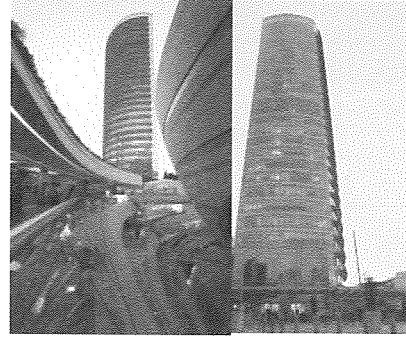


I. Enerji Tasarrufu

II. Cam ile Isı Yalıtımı **ISICAM**klasik **ISICAM**sinerji

III. Cam ile Isı Yalıtımı+Güneş Kontrolü **ISICAM**konfor

IV.Yasal Düzenlemeler

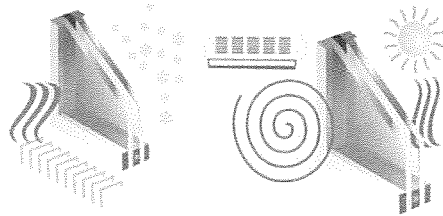


17

CAM İLE ISI YALITIMI+GÜNEŞ KONTROLÜ

Yeni Nesil Yalıtım Camları

- Bazı bölgelerde ısı yalıtımının yanı sıra güneş kontrolü de enerji tasarrufu ve konfor açısından bir ihtiyaç olarak ortaya çıkmaktadır.



- Bünyesinde Solar Low-E kaplamalı cam içeren yeni nesil yalıtım camları ısı yalıtımının yanı sıra güneş kontrolü de sağlamaktadır.

18

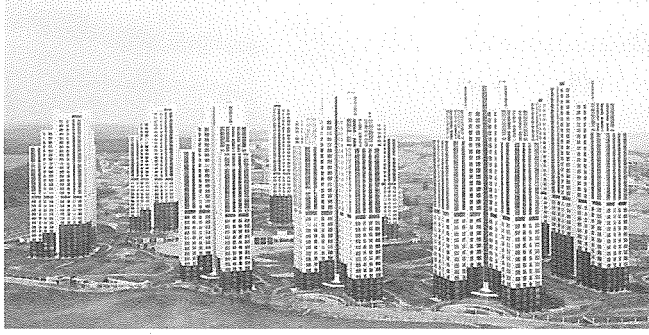
CAM İLE ISI YALITIMI+GÜNEŞ KONTROLÜ



Yeni Nesil Yalıtım Camları

Trakya Cam'ın

- Solar Low-E kaplamalı camının markası TRC Ecosol,
- Bünyesinde TRC Ecosol ver alan yeni nesil yalıtım camının markası **ISICAMkonfor** 'dur.



19

CAM İLE ISI YALITIMI+GÜNEŞ KONTROLÜ

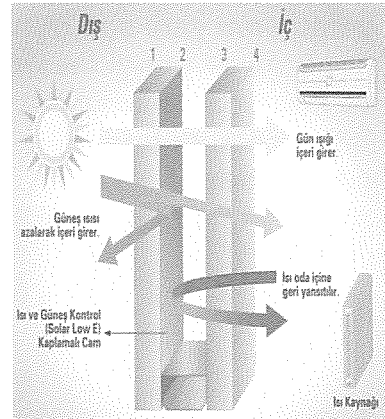


ISICAMkonfor Yeni Nesil Yalıtım Camları

Bünyesinde bulundurduğu TRC Ecosol (Solar Low-E kaplama) sayesinde;

- Yazın içeri giren güneş ısısını Isıcam Klasik'e göre % 40 azaltarak soğutma giderlerinden,
- Kışın da Isıcam Sinerji gibi ısı kayıplarını azaltarak yakıt giderlerinden

tasarruf sağlar.



- Güneş kontrolü yaparken gün ışığından ödün vermez.
- Düşük UV geçirgenliği ile eşyaların doğal renklerinin daha uzun süre korunmasına yardımcı olur.

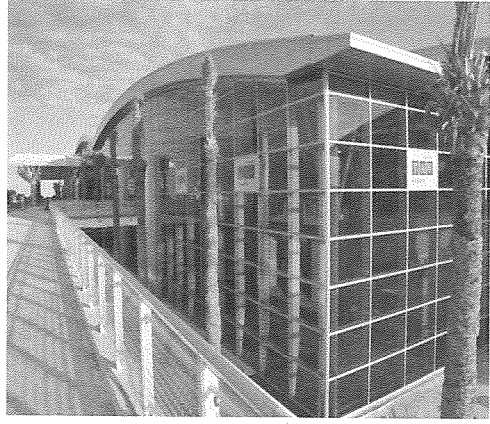
20

CAM İLE ISI YALITIMI+GÜNEŞ KONTROLÜ

Isıcamkonfor Yeni Nesil Yalıtım Camları



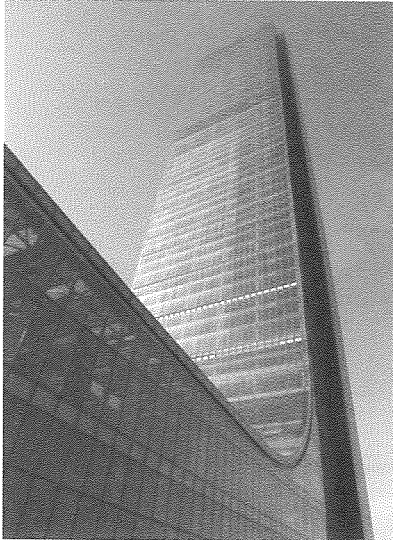
- TRC Ecosol (Solar Low-E kaplama) renksiz veya temperli harmandan renkli camlar üzerine uygulanabilmekte ve farklı renk seçeneklerinde Isıcam Konfor kombinasyonları elde edilebilmektedir.
- Çağdaş ve modern yapılara ısı yalıtımı ve güneş kontrolünün yanı sıra estetik özellik de sağlamaktadır.



Zine El Abidine Ben Ali
Enfidha Uluslararası
Havalimanı-Tunus
Isıcam Konfor Mavi

21

CAM İLE ISI YALITIMI+GÜNEŞ KONTROLÜ



Sapphire Tower
Isıcam Konfor



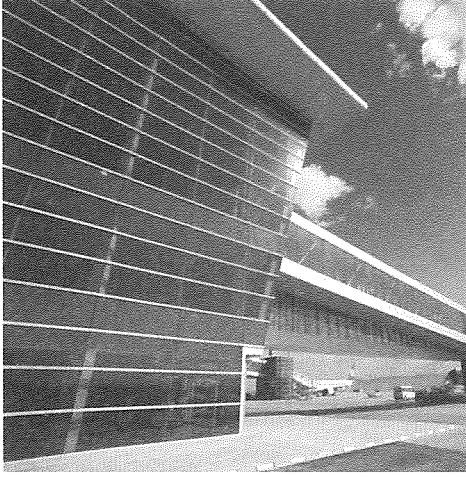
Kanyon
Isıcam Konfor

22

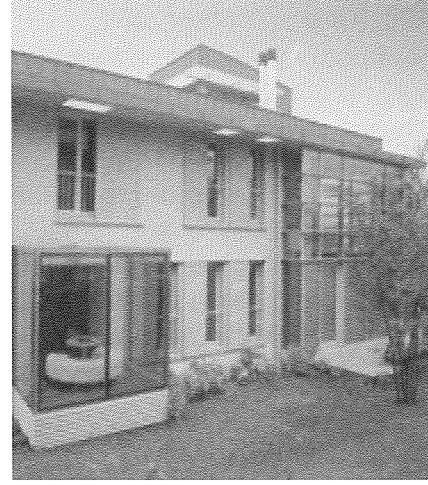
CAM İLE ISI YALITIMI+GÜNEŞ KONTROLÜ



ISİCAMkonfor Yeni Nesil Yalıtım Camları



Tiflis Havalimanı
İsıcam Konfor Yeşil



Optimum Evleri
İsıcam Konfor Yeşil

23

CAM İLE ISI YALITIMI+GÜNEŞ KONTROLÜ



Performans Değerleri

4+16+4	Gün Işığı (EN 410)		Güneş Enerjisi (EN 410)		Isı Geçirgenlik Katsayısı W/m ² K (EN 673)	
	Geçirgenlik %	Dışa Yansıtma %	Toplam Geçirgenlik	UV Geçirgenlik %	Kuru Hava	Argon
İsıcam klasik	80	14	0,75	43	2,7	2,6
İsıcam sinerji	79	12	0,56	24	1,3	1,1
İsıcam konfor (renksiz)	71	10	0,44	9	1,3	1,1

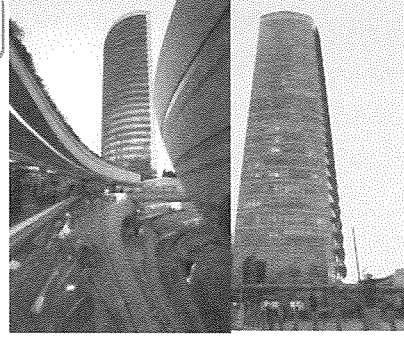
24

I. Enerji Tasarrufu

II. Cam ile Isı Yalıtımı **ISİCAM**klasik **ISİCAM**sinerji

III. Cam ile Isı Yalıtımı+Güneş Kontrolü **ISİCAM**konfor

IV.Yasal Düzenlemeler

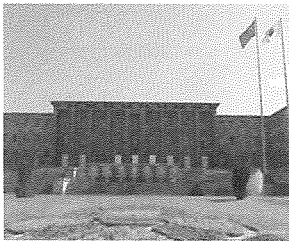
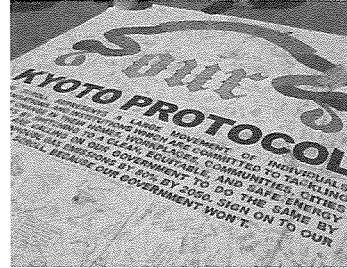


25

YASAL DÜZENLEMELER

Kyoto Protokolü

- Gelişmiş ülkelerin sera gazı salınımlarını 1990 yılına göre %5,2 azaltmalarını öngören bir anlaşmadır.
- Amaç 2008-2012 arası beş yıllık ortalama salınım değerlerini azaltmaktır.
- 1997 yılında Japonya'nın Kyoto şehrinde imzalanan bu anlaşma 2005 yılında yürürlüğe girmiştir.
- Ulusal hedefler
 - Avrupa Birliği ülkeleri için % 8,
 - ABD için %7,
 - Japonya için %6 azalma şeklinde çeşitlilik göstermektedir.



- Türkiye, Protokol'e "Katılım Belgesini" BM Genel Sekreterliği'ne ileterek 26 Ağustos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü'ne resmen taraf olmuştur.
- Ancak 2008-2012 dönemi başlamış olduğundan henüz herhangi bir sorumluluk üstlenmemiştir.

26

YASAL DÜZENLEMELER - TÜRKİYE

Enerji Verimliliği Kanunu



• Enerji Verimliliği Kanunu gereğince, binalarda “Bina Enerji Yöneticisi” görevlendirilmektedir.

• Bu doğrultuda Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü (EİE) ve EİE tarafından yetkilendirilen özel kuruluşlar enerji yöneticisi sertifika programı düzenlemektedir.



• Bu programlar kapsamındaki nitelikli camlarla ilgili eğitimler Şirketimiz tarafından gerçekleştirilmektedir.

• 2006 yılından bugüne kadar 31 adet eğitimde 800 kişiye nitelikli camlar konusunda bilgi aktarılmıştır.

29

YASAL DÜZENLEMELER - TÜRKİYE

TS 825 Binalarda Isı Yalıtım Kuralları Standardı



• Binalarda net ısıtma enerjisi ihtiyaçlarını hesaplama kurallarına ve binalarda izin verilebilir en yüksek ısıtma enerjisi değerlerinin belirlenmesine yöneliktir.

Türkiye'deki ısı bölgelerine uygun cam seçiminde kullanılmak üzere hazırlanmış pencere ısı geçirgenlik (U _f) katsayıları	TEK CAMLI PENCERE	ÇİFT CAMLI PENCERE (kaplamasız cam)				ÇİFT CAMLI LOW-E KAPLAMALI PENCERE							
		ARA BOŞLUK (mm)				ARA BOŞLUK (mm)							
		6	9	12	16	6	9	12	16				
WimK													
DOĞRAMASIZ	5,7	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,1	1,9	1,6				
D O C R A M A	AHŞAP DOĞRAMA (meşe, dişbudak/seri ağaçlar)	5,1	3,3	3,1	3,0	2,8	2,8	2,3	2,2	2,0			
	AHŞAP DOĞRAMA (iğne yapraklı yumuşak ağaçlar)	4,9	3,1	2,9	2,8	2,6	2,6	2,2	2,0	1,8			
P I T	PLASTİK DOĞRAMA (2 odacıklı)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1			
	PLASTİK DOĞRAMA (3 odacıklı)	5,0	3,2	3,0	2,8	2,7	2,7	2,2	2,1	1,9			
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA	5,9	4,0	3,9	3,7	3,6	3,6	3,1	3,0	2,8			
	ALÜMİNYUM DOĞRAMA (yalıtım köprüsü)	5,2	3,4	3,2	3,0	2,9	2,9	2,4	2,3	2,1			

Yeterli ısı yalıtım performansına sahip pencereler oluşturmak için gereken doğrama ve cam seçeneklerine ait ısı geçirgenlik değerleri standartta yer almaktadır.*

* TS 825 Ek A Tablo A.4

30

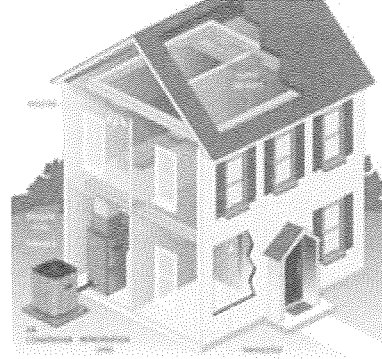
YASAL DÜZENLEMELER - TÜRKİYE

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği

- 5 Aralık 2009'da yürürlüğe girmiştir.

- Yönetmeliğin amacı:

- ✓ Binalarda enerjinin ve enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması,
- ✓ Enerji israfının önlenmesi,
- ✓ Çevrenin korunmasına



ilişkin usul ve esasları düzenlemektir.

- Yönetmelik ana referans olarak TS 825 " Binalarda Isı Yalıtım Kuralları" standardını kullanmaktadır.

31

SONUÇ

Tasarruflar

- Pencereelerde Isıcam Klasik yerine Isıcam Sinerji veya Isıcam Konfor kullanılması durumunda ısınma amaçlı enerji tüketiminde 1 m² cam yüzeyi için yaklaşık 11 m³/yıl doğal gaz tasarrufu sağlanmaktadır.



- Yurt içinde 2008, 2009 yıllarında ve 2010 yılı ilk çeyreğinde toplam 2.000.000 m² Isıcam Sinerji ve Isıcam Konfor satışı gerçekleştirilmiştir.

32

SONUÇ

Tasarruflar

Doğal gaz tüketimini toplamda 36.000.000 m³ azaltarak ülke ekonomisine 26.000.000 TL katkı sağladık.

Atmosfere salınan CO₂ miktarını 50.000 ton azalttık.

Bu CO₂ tasarrufu ile içinde 155.000 adet ağaç bulunan bir sanal Şişecam ormanı oluşturmuş olduk.



33

SONUÇ

Camla Yalıtın, Şeffaf Yalıtın.

Isıcam Sinerji ve Isıcam Konfor Kullanarak Ülke Ekonomisine Katkıda Bulunun ve

Şişecam Sanal Hatıra Ormanında Yerinizi Alın!!



34



Low-Emissivity Coatings for Transportation and Architectural Glazing

Dr. James J. Finley

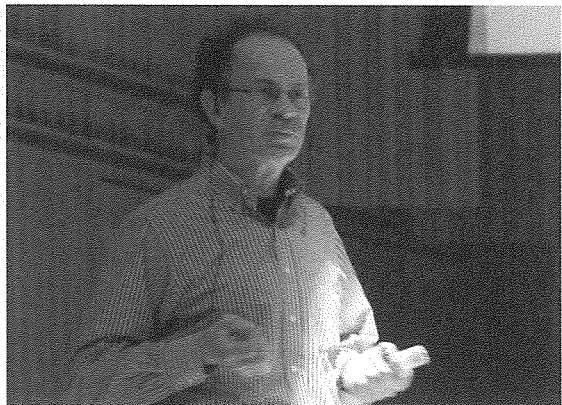
PPG (Consultant)

jjfinley1@aol.com

James J. Finley retired on March 31 as a Corporate Fellow at PPG Industries Glass Technical Center in Harmor Township, PA, where he managed the Discovery Group. He holds a Ph.D. in Physics from the University of Virginia in Charlottesville. He joined PPG in 1981 and has conducted and led R&D in the areas of thin films, materials technology, and technology transfer into manufacturing. He was one of the recipients of PPG's President's Award for Outstanding Technical Achievement in 2000 for the development of the SUNGATE® Automotive Windshield, and in 2006 for Solarban® 60 and Solarban 60VT. Dr. Finley is a member of PPG's Technical Collegium and was a past president. He holds 40 U.S. patents and has authored or co-authored technical publications and presentations in the area of low emissivity and solar control coatings. He is a member of the technical advisory committee for the Pennsylvania NanoMaterials Commercialization Center.

Abstract

Primarily due to its cost effective and energy savings benefits, large-scale production of Low-Emissivity or Low-E coated glass began in the early 1980's with the introduction of energy efficient window glazing. Another new market emerged at the end of the same decade with the introduction of the solar control windshield for automotive glazing.



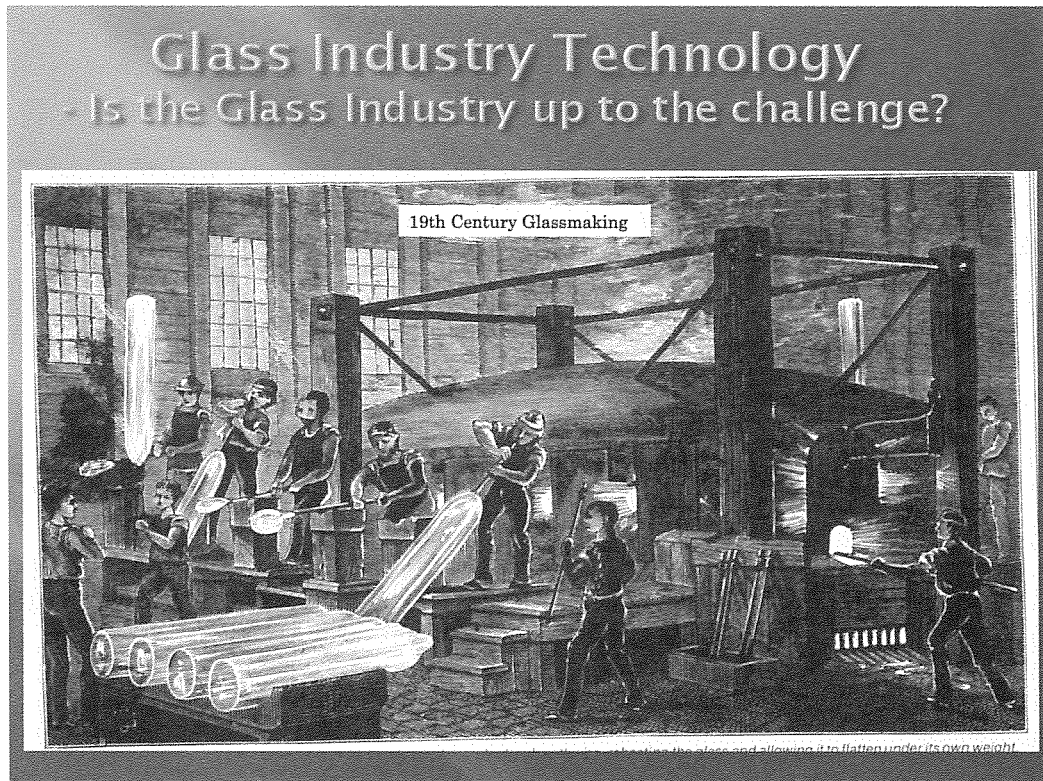
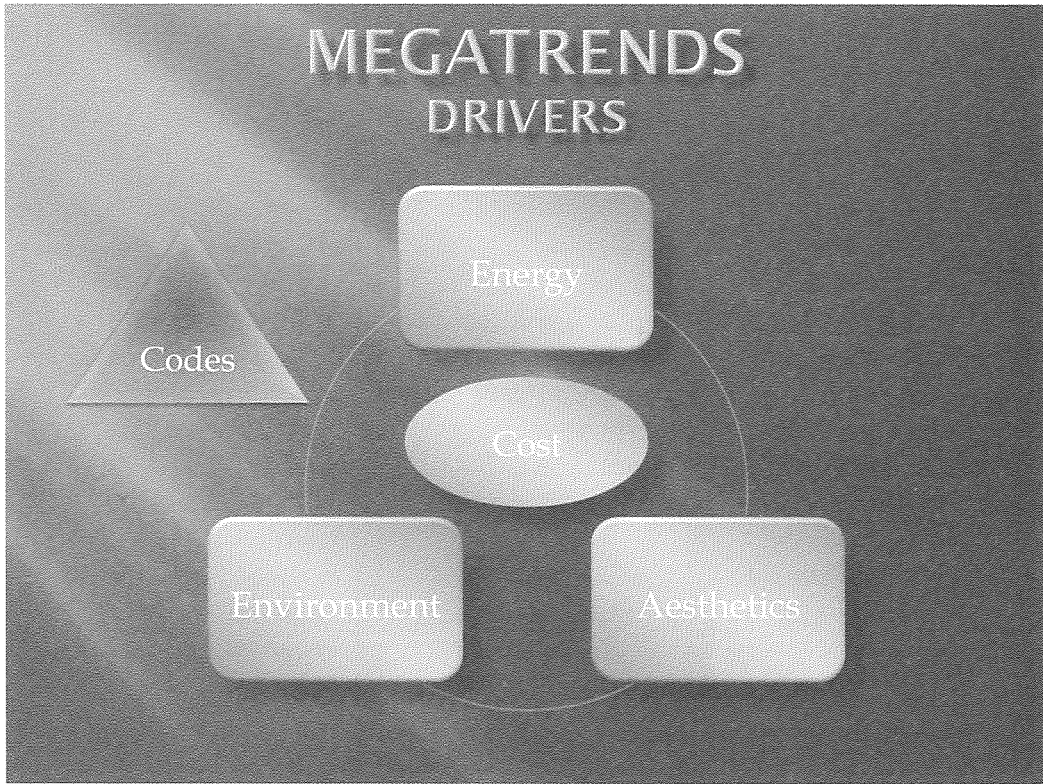
Low-E coated glass has enjoyed steady growth in a worldwide market since its introduction, with even higher demand expected to continue into the foreseeable future. Although classified under the generic name of Low-E, these coatings have a variety of physical formulations (e.g., transparent conductive oxides) and configurations (e.g., antireflective multilayer stacks) with specific properties that ultimately determine their commercial applications. They are deposited either on the glass ribbon (on-line) by chemical vapor deposition (CVD), or off-line by sputter deposition. In this presentation, a brief overview of the processes to produce these coatings will be given with particular focus on the sputter deposition process. The coating formulations and configurations along with the performance properties will be described. Several examples of product applications will be elucidated in terms of coating performance. Finally, some future applications and trends will be discussed.

LOW EMISSIVITY COATINGS FOR TRANSPORTATION AND ARCHITECTURAL GLAZING

James J. Finley
Retired Fellow - PPG Industries, Inc.
Consultant: JJF Thin-Film Technology

Overview

- ▣ Megatrends
- ▣ Glass Industry Technology - Status
- ▣ Core Low-E Product Areas - Architectural & Automotive Glazing
- ▣ Architectural Glazing
 - Spectrally Selective Glazing
 - Defined
 - Coating, Functionality, and Performance
- ▣ Automotive Glazing
 - Solar Control Glazing
 - Focus on Heatable Coating & Process
- ▣ Summary and Conclusion



GLASS INDUSTRY TECHNOLOGY

Status Update

Glass Industry

- Continues to evolve from a producer of "commodity" clear float to added value products.
- *Specialty glass and coatings*

Glass

- Has provided product applications of high performance glazing and off- and on-line coating.
- *Solutions based: energy savings, environment conservation.*

Technology

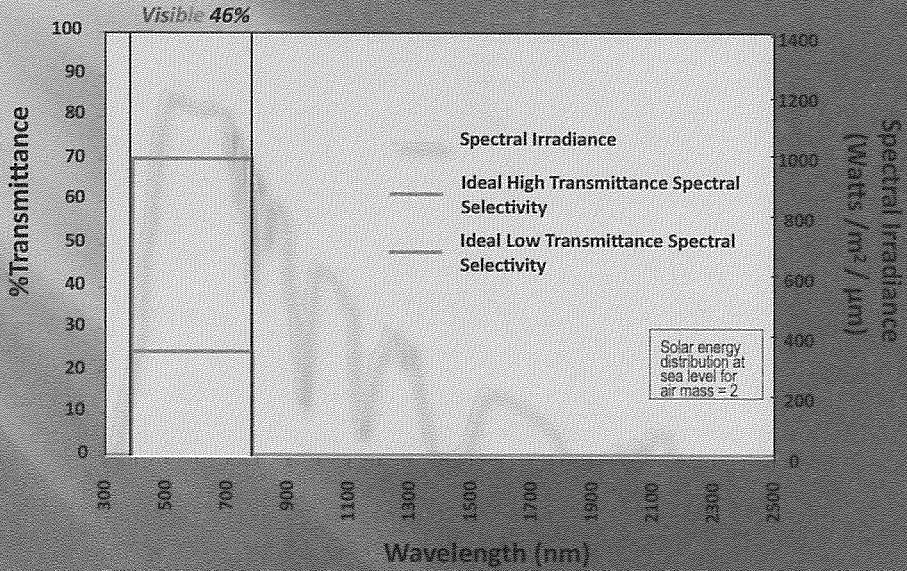
- R&D focus on advanced materials, modeling, and nanotechnology
- *Development of products with quality and performance that could only be imagined a decade ago.*

GLASS INDUSTRY - CORE PRODUCT AREAS

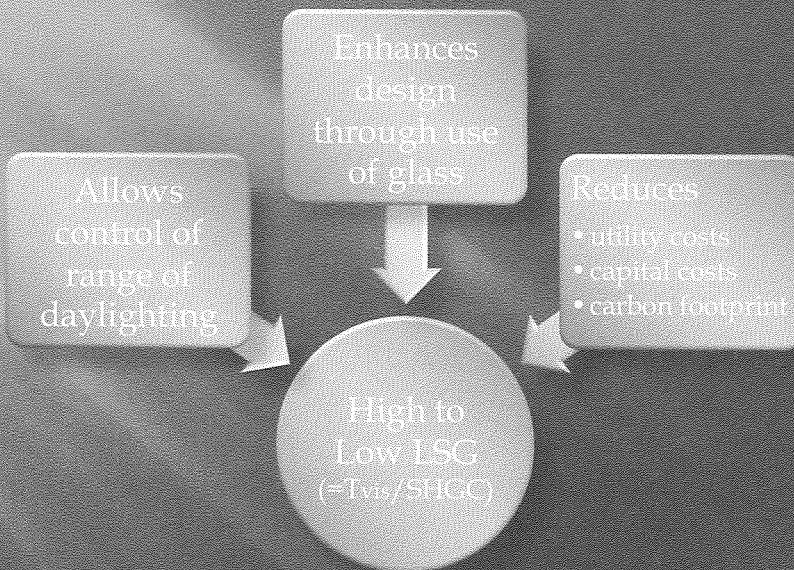
Architectural
Spectrally Selective Glazing

Automotive
Solar Control Glazing

SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING - LSG



Spectrally Selective Glazing



SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

•Silver Layer

- provides solar & thermal performance
- reflective in visible and IR

•Dielectric Layers (base and topcoat)

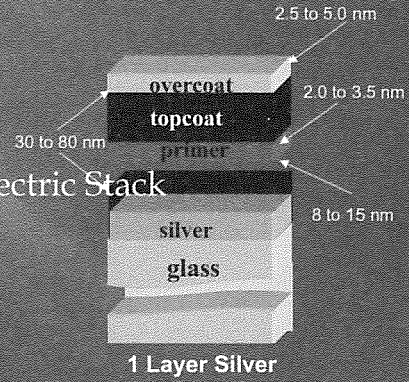
- antireflect the silver layer in the visible
- act as a nucleation layer for silver
- protects and provides chemical & mechanical durability
- non-absorbing in visible spectrum
- low cost and non-toxic

•Primer (sacrificial) Layer

- protects silver during sputtering process
- provides durability
- stabilizes coating at high temperature

•Overcoat Layer

- (optical) extension of topcoat
- provides additional durability

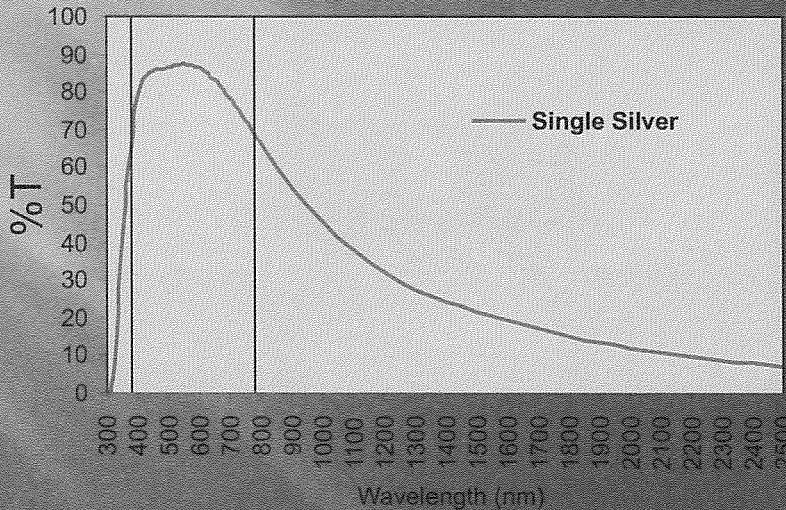


Dielectric/Silver/Dielectric Stack

SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

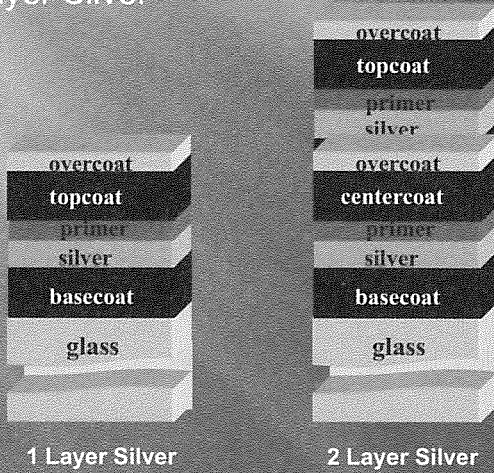
Coating Performance

(3mm clear float glass)



SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

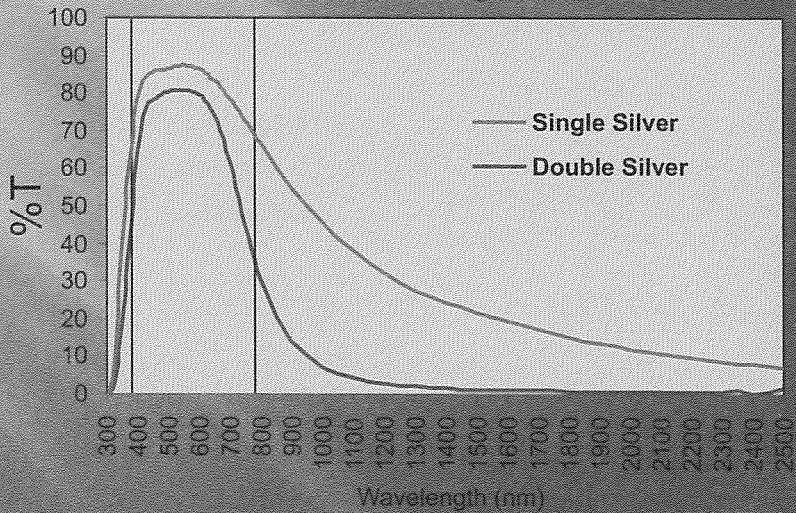
Building "spectrally selective" Multilayer Silver Stack



from J. J. Finley, PPG Industries Inc.

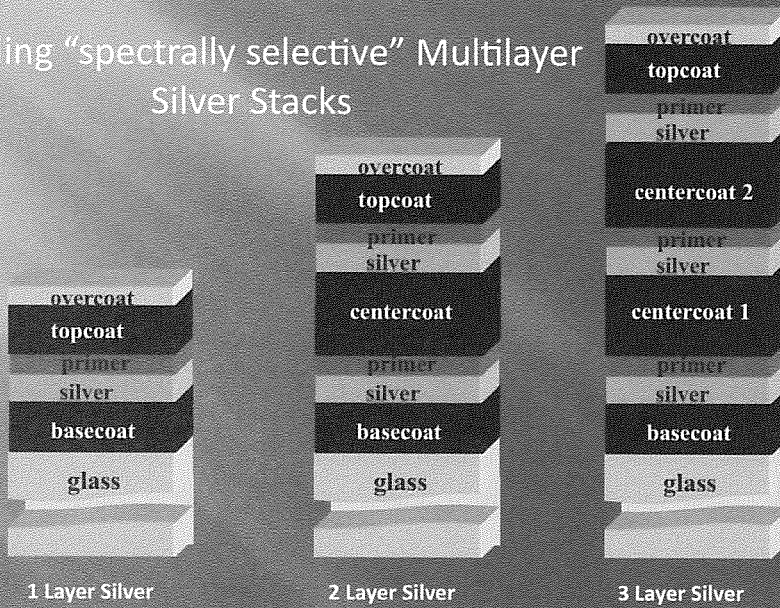
SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

Coating Performance
(3mm clear float glass)



SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

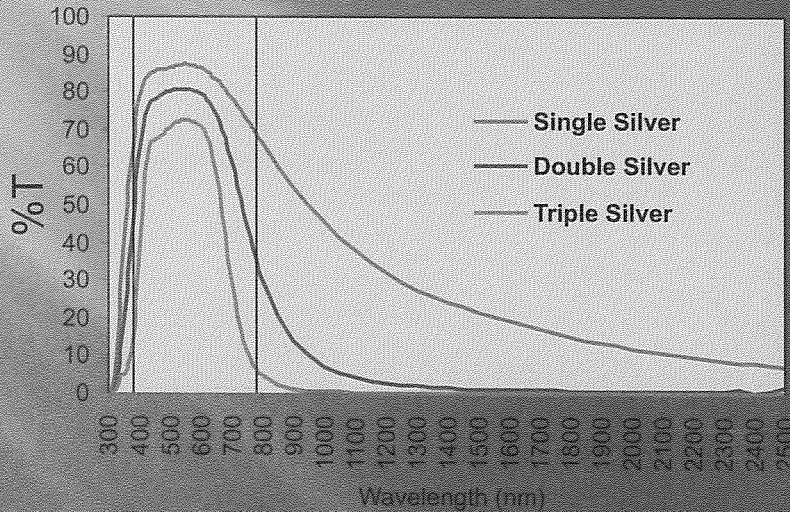
Building "spectrally selective" Multilayer Silver Stacks

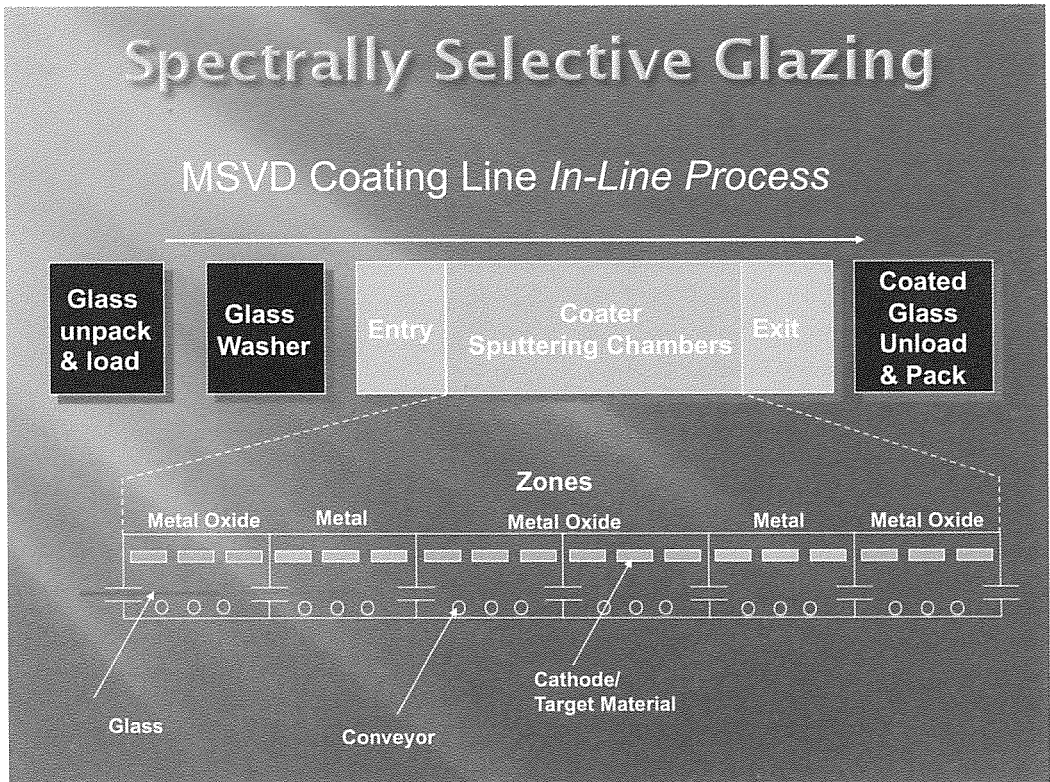
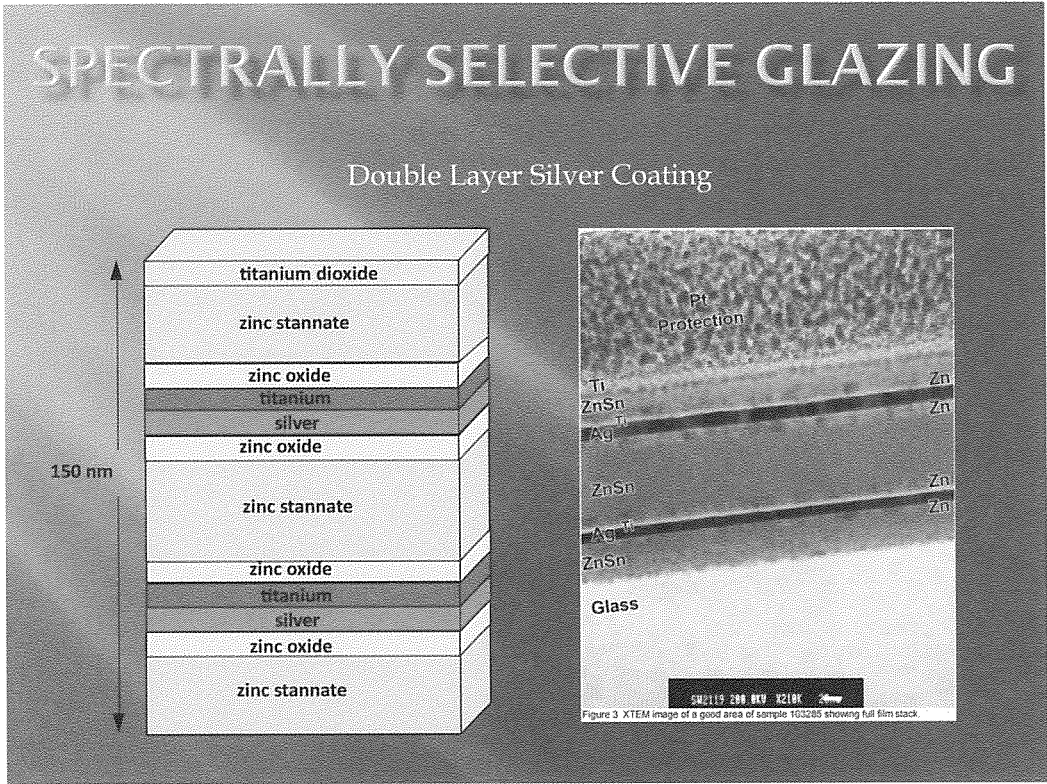


from J. J. Finley, PPG Industries Inc.

SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

Coating Performance
(3mm clear float glass)





SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

Coating Performance

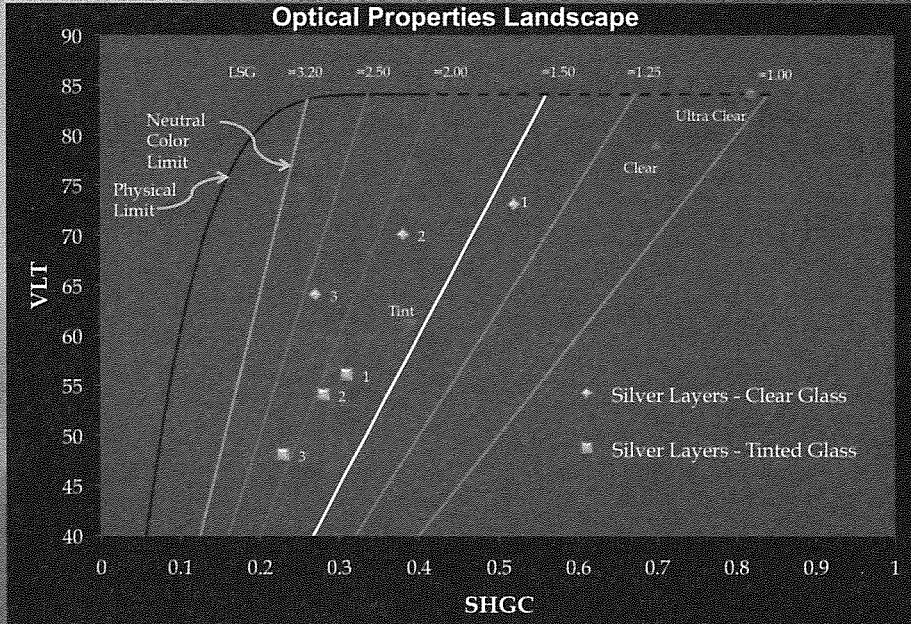
SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

Low Emissivity Coating Performance

Number of Silver Layers [metal oxide – silver – metal oxide]	VLT	SHGC	LSG	U-Value
Uncoated	79	0.70	1.13	0.48
1 Layer	73	0.52	1.40	0.31
2 Layers	70	0.38	1.84	0.29
3 Layers	64	0.27	2.37	0.28

Commercial IG Unit: 1-inch units with 1/2-inch airspace and two
1/4-inch clear lites

SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING



Spectrally Selective Glazing Economic Impact

City - Boston	Total Operating Cost	Total Capital Cooling HVAC Costs	Annual Operating Cost Savings of vs. Tinted	Initial Capital Cost Savings vs. Tinted
Tinted	\$853,540	\$2,326,967	-	-
2 layer-silver	\$793,066	\$2,123,627	\$60,474 7.1%	\$203,341 8.7%
3 layer-silver	\$756,001	\$1,928,086	\$97,539 11.4%	\$398,881 17.1%

See **A Comparison of Energy, Economic and Environmental Benefits of Transparent Low-E Glasses**
 Based on eight-story glass-walled office building
 Total Glass Area: 50,967 ft²
 Total Floor Area: 270,000 ft²

Spectrally Selective Glazing

HVAC CO₂ Emissions Reductions

City - Boston	Annual CO ₂ Savings vs. Tinted (Tons)	40 Year Building Life CO ₂ Savings vs. Tinted (Tons)
Tinted	0	0
2 layer-silver	228	9,120
3 layer-silver	354	14,160

See **A Comparison of Energy, Economic and Environmental Benefits of Transparent Low-E Glasses**

Based on eight-story glass-walled office building

Total Glass Area: 50,967 ft²

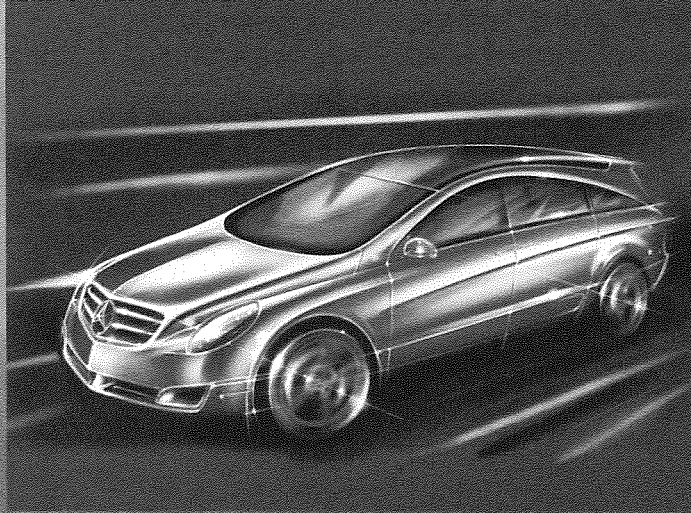
Total Floor Area: 270,000 ft²

SPECTRALLY SELECTIVE GLAZING

Glass Industry - Current and Future Status

	Current Status	Future Status
Commercial Applications	<ul style="list-style-type: none"> ➢ High LSG-based products yield immediate energy and environmental payback with strong growth 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Integrated design processes and in-building monitoring and feedback drive product glazing optimization for Green building ZEB goals
Glass Industry	<ul style="list-style-type: none"> ➢ R&D and capital investment continue to drive the shift from commodity to added value products 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Assets are leveraged to focus on specialty products (including solar) and reduce cost and time to market
Manufacturing Process	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Process focuses on spectrally selective and low-E coatings 	<ul style="list-style-type: none"> ➢ Process optimized for increased mix of solar and Low E products

Development of Automotive Solar Control Glazing

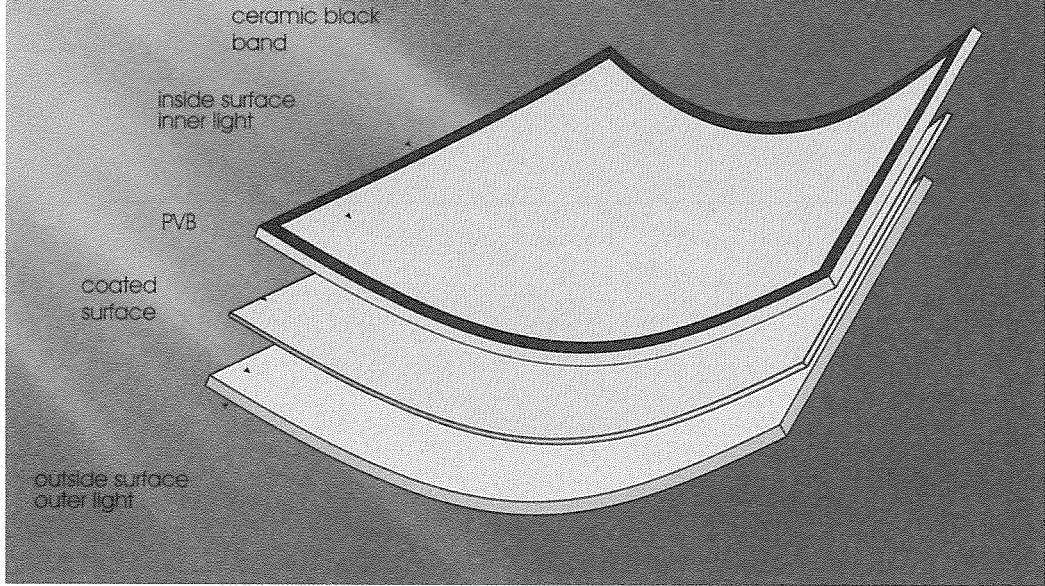


Automotive Solar Control Glazing *Development Requirements*

- ▣ Process Integration
 - Combine magnetron sputtering and automotive fabrication processes
- ▣ Coating for coat flat process
 - Develop coating that withstands glass bending temperatures (650°C) in process
- ▣ Robust coating process
 - Establish process behavior through DOE
 - Transfer technology into manufacturing
 - Windshield process is “well understood” → new coating technology gets “blame” for problems

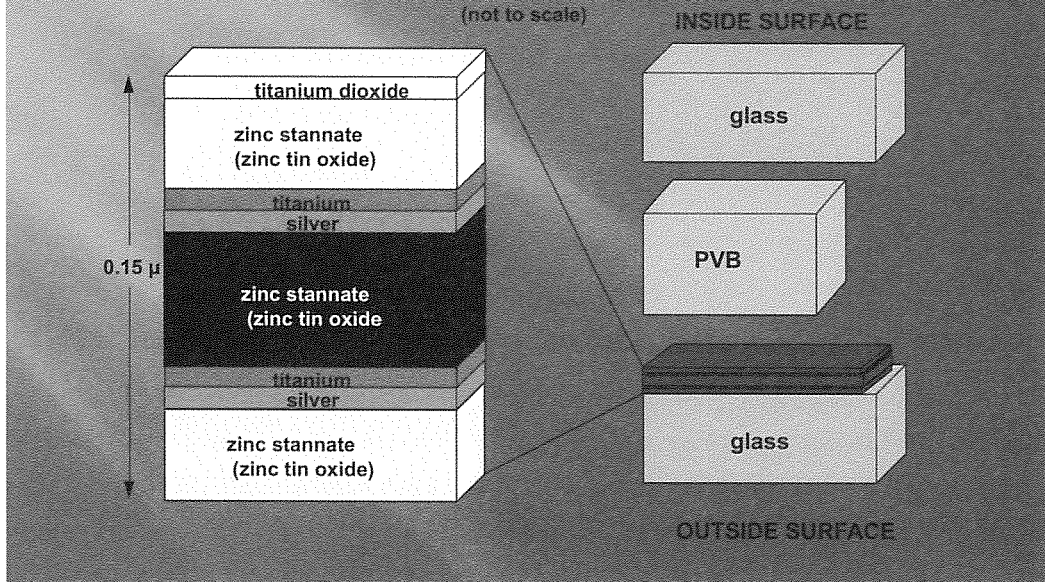
Automotive Solar Control Glazing

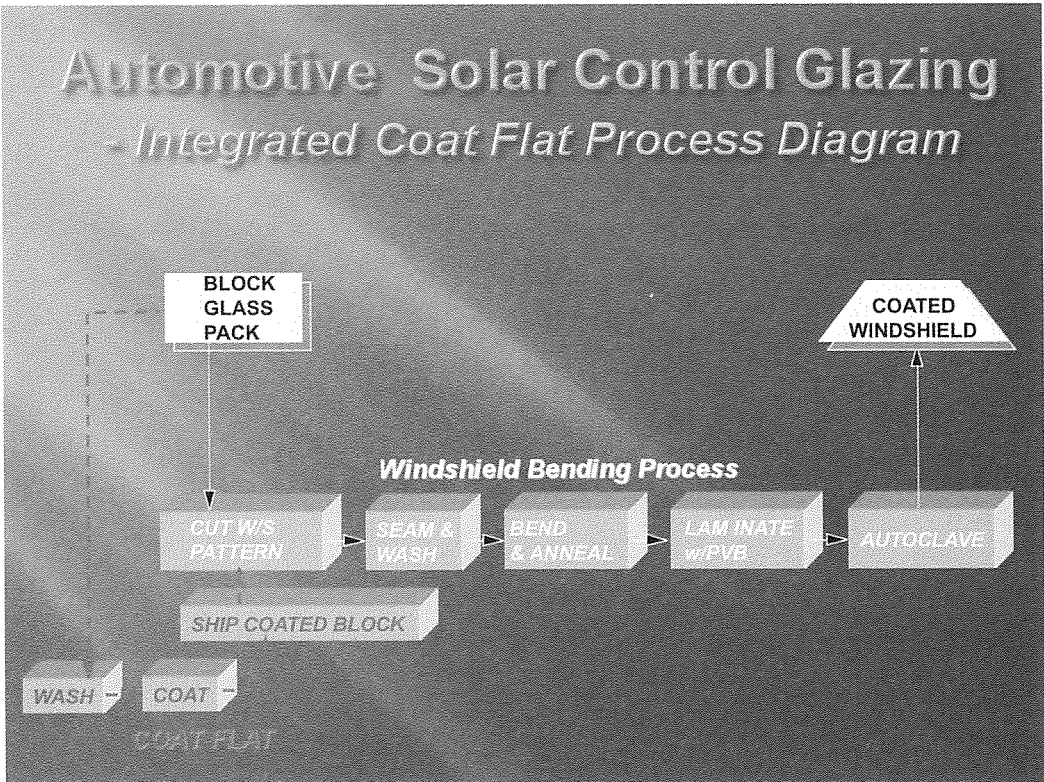
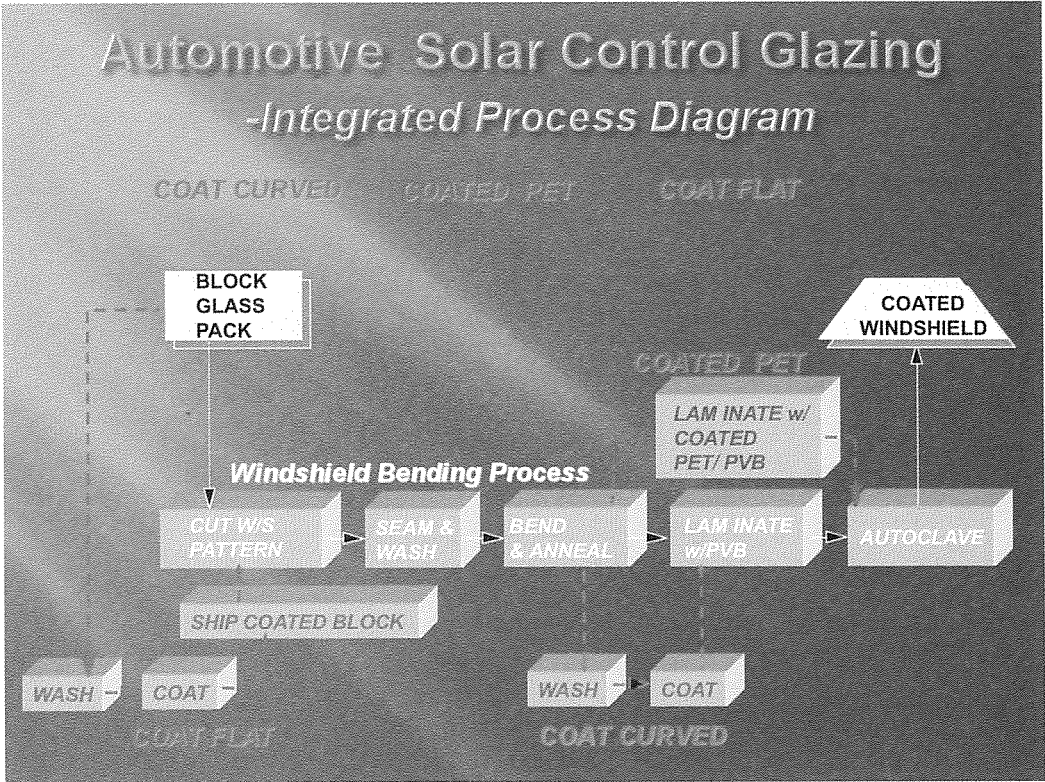
- Exploded View of Laminated Windshield



Automotive Solar Control Glazing

- Exploded View of Cross Section





Automotive Solar Control Glazing

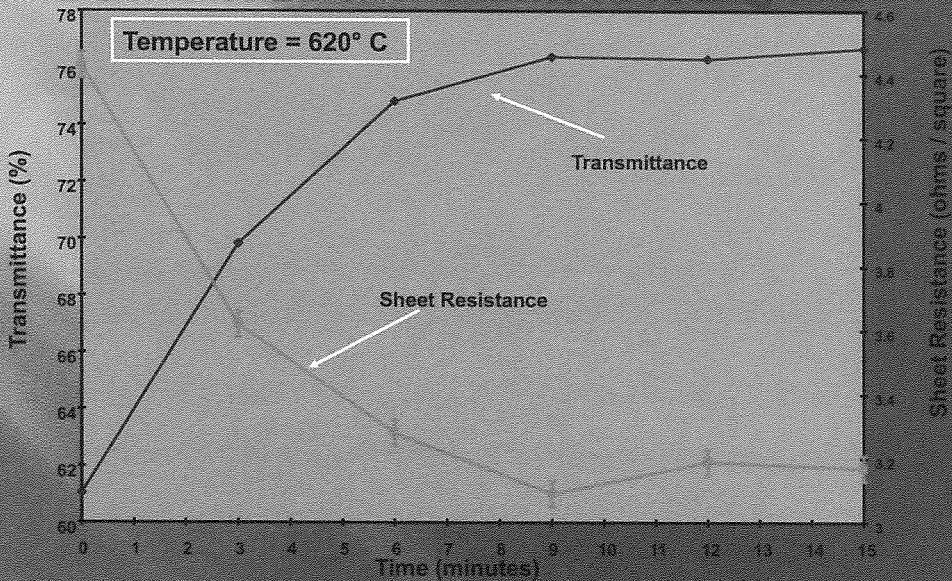
- Coating Properties: Coat Flat Coating

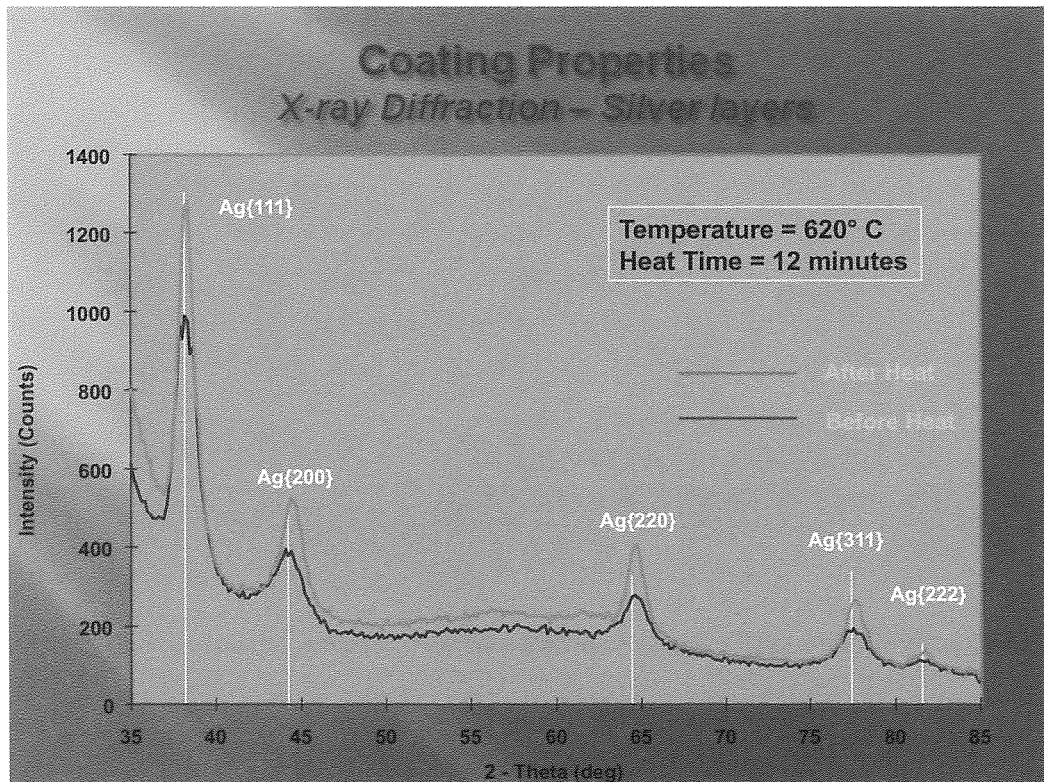
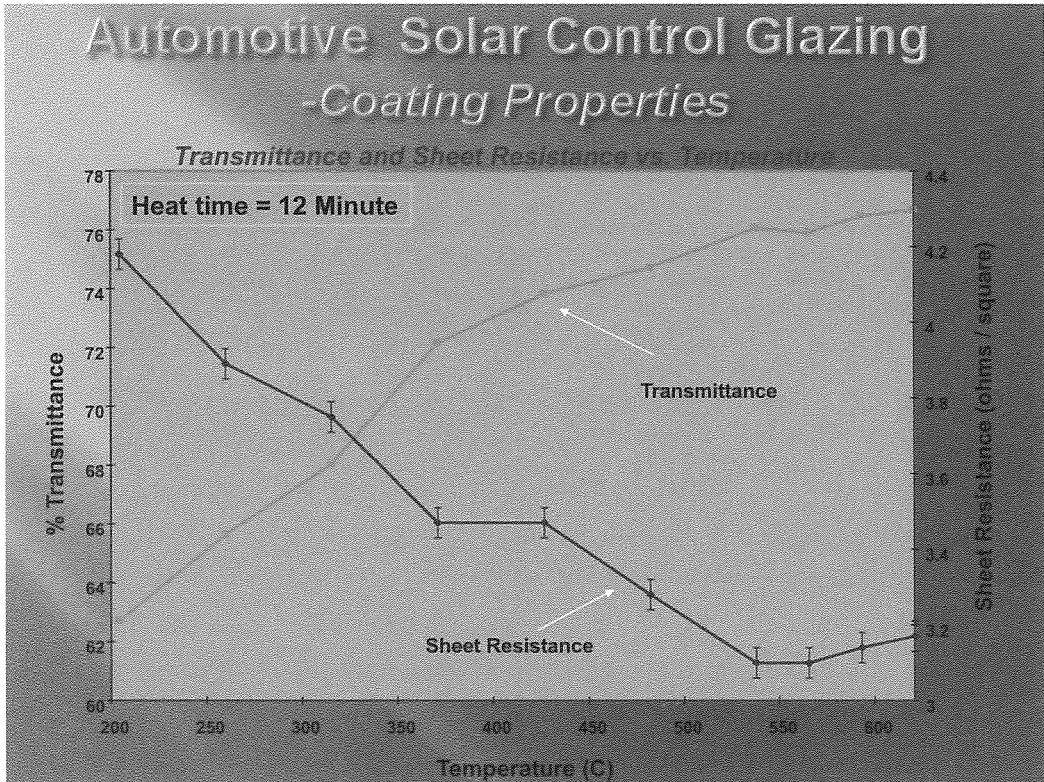
- Essential properties of a coating that withstands the glass bending process
 - Transmittance and Sheet Resistance vs. Temperature
 - Transmittance and Sheet Resistance vs. Heating Time
 - X-ray Diffraction – Silver layers
 - Reflectance vs Wavelength

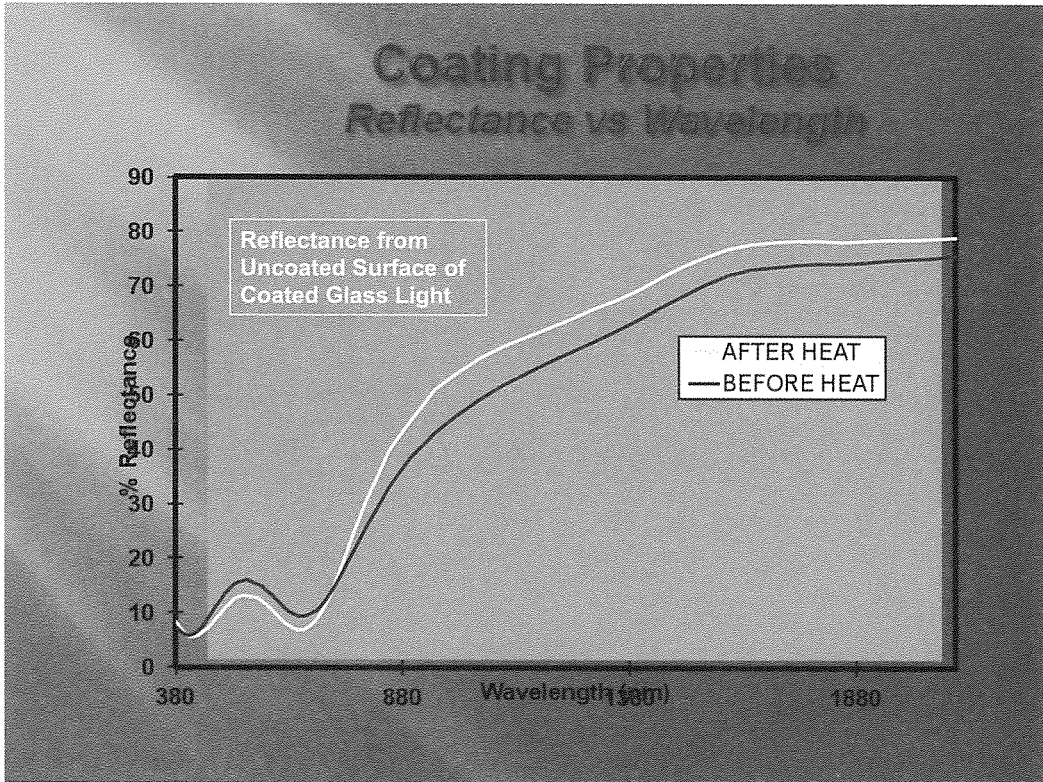
Automotive Solar Control Glazing

- Coating Properties

Transmittance & Sheet Resistance vs. Heating Time



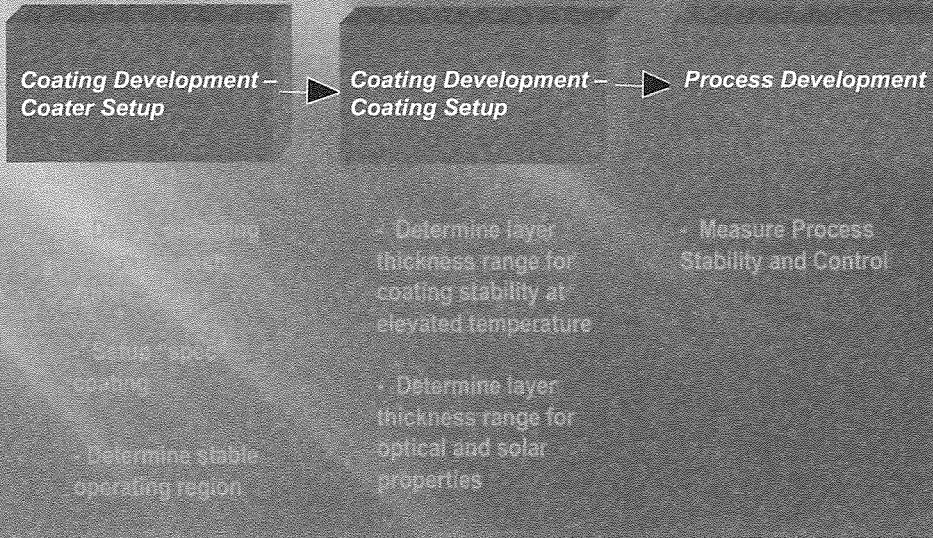




Automotive Solar Control Glazing Coat Flat Coating Process

- ▣ Robust coating process through DOE and technology transfer into manufacturing
 - Overview of Technology Transfer Process
 - 7 Zone Coater Variables
 - ▣ 18 Control Variable Process
 - ▣ Selected Response Variables
 - Transmittance - Zinc Stannate Layer
 - TSER - Windshield Outside Surface
 - Reflectance - Windshield Outside Surface
 - Color - Windshield Outside Surface
 - ▣ Response Variables Dependence on Control Variables
 - X-Bar Control Chart - Reflectance

Automotive Solar Control Glazing - Overview Technology Transfer Process



Automotive Solar Control Glazing - Variables

7 Zone Coater

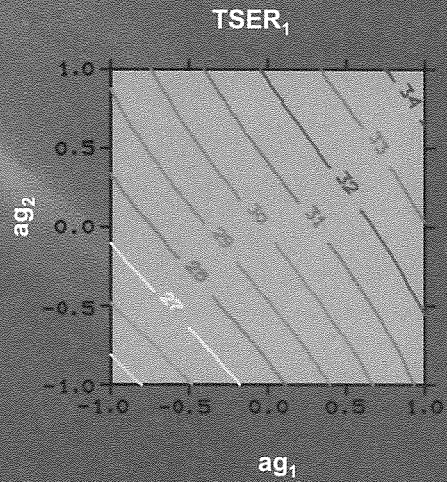
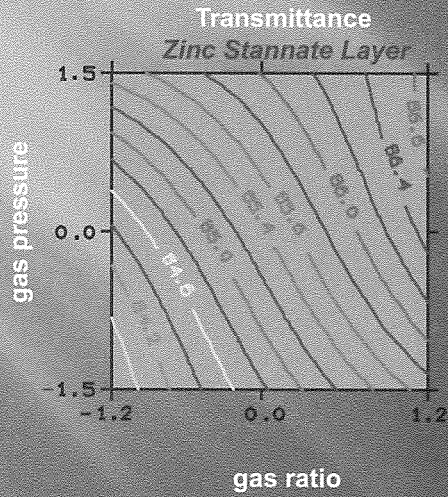
zs ₁	ag ₁ , ti ₁	zs ₂	zs ₃	ag ₂ , ti ₂	zs ₄	tio _{xov}
1	2	3	4	5	6	7

18 Control Variable Process

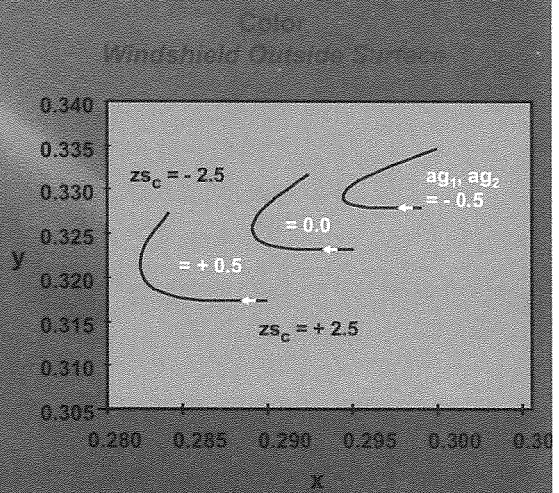
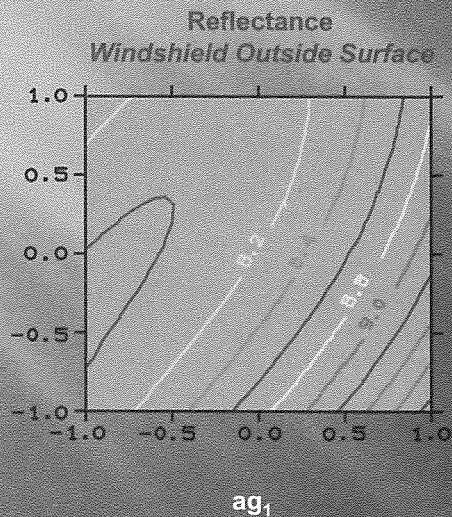
Zone	1	2	(3 4)	5	6	7
Pressure	p ₁	p ₂	p ₃₄	p ₅	p ₆	p ₇
Gas Ratio	r ₁	----	r ₃₄	----	r ₆	r ₇
Power Level	zs _b	ag ₁ , ti ₁	zs _c	ag ₂ , ti ₂	zs _t	tio _{xov}

p - gas pressure; r - gas ratio;

Automotive Solar Control Glazing Coating Properties



Automotive Solar Control Glazing Coating Properties



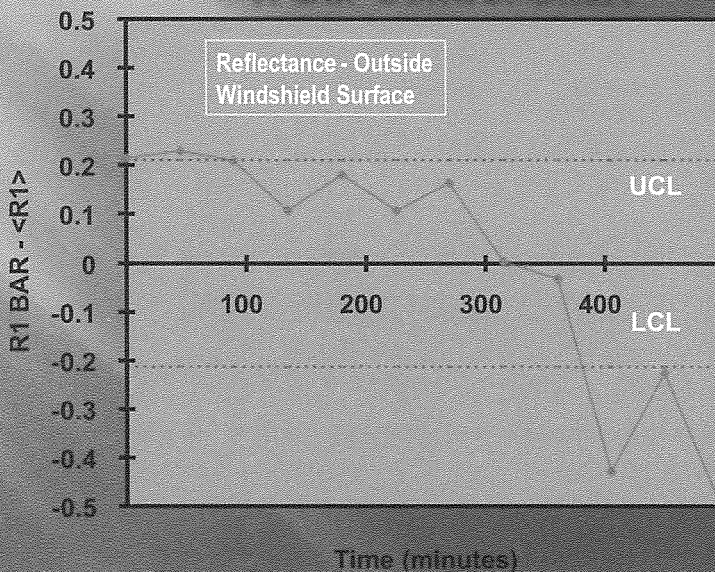
Automotive Solar Control Glazing Variables

Selected Response Variables – Dependence on Control Variables

Response Variables	Control Variables					
Reflectance (R_o)	$z s_c$	$z s_b * z s_c$	$a g_1 * a g_2$	$z s_c * a g_2$	$a g_1^2$	
$x R_o$	$a g_2$	$z s_b * a g_1$	$z s_b * a g_2$	$a g_1 * z s_c$	$a g_1 * a g_2$	$z s_c^2$
$y R_o$	$a g_2$	$a g_1 * a g_2$	$z s_c * a g_2$			
TSE R_o	$a g_1$	$a g_2$				
Transmittance	$a g_1$	$z s_b * z s_c$	$a g_1 * a g_2$	$a g_1^2$	$z s_c^2$	$a g_2^2$

Automotive Solar Control Glazing Response Variables

X-Bar Control Chart



Automotive Solar Control Glazing - Variables

7 Zone Coating

zS_{b1}	ag_1, ti_1	zS_{c1}	zS_{c2}	ag_2, ti_2	zS_{t1}	$tiOx_{ov}$
1	2	3	4	5	6	7

18 Control Variable Parameters

Zone	1	2	(3)	(4)	5	6	7
Pressure	p_1	p_2	p_{34}		p_5	p_6	p_7
Gas Ratio	r_1	---	r_{34}		---	r_6	r_7
Power Level	zS_b	ag_1, ti_1	zS_c		ag_2, ti_2	zS_t	$tiOx_{ov}$

- gas pressure; - gas ratio;

Architectural & Automotive Glazing

As high performance glazing continues to be driven by the megatrends, future products will depend on

- The **continued development** of specialty glass and coatings to continue to lead the way.
- **Manufacturing investments that focus on efficient production of added value products.**
- **R&D that focuses on new materials and novel applications** using **new technology** (both in product and process) to provide innovative solutions that produce breakthrough technologies.
- **Formation of partnerships in key areas to alleviate costs, reduce risks and accelerate progress.**

Architectural & Automotive Glazing

Adhering to the points proposed on the previous slide

- ❑ Global growth will continue in the architectural and transportation glazing
- ❑ The glass industry's future path will see more change than any time in its long history

A, B, Ç

Sayfa

Aydeniz, Volkan	69
Bange, Dr. Klaus	43
Başol, Dr. Bülent	177
Brown, John	197
Çakır, Doç. Dr. Serhat	11

F, G

Finley, Dr. James J.	
Gözüm, Güner	239
Greenman, Michael	69
Güreren, Haluk	77
	219

H, I, İ

Hyre, Prof. Dr. Matthew	111
İçli, Prof. Dr. Sıddık	183

K, M

Kabaloğlu, Sinan	39
Misoğlu, Tuğrul	135

O, Ş

Oktik, Prof. Dr. Şener	149
Şardağ, Haluk	69

T, V

Turan, Prof. Dr. Raşit	161
Varshneya, Prof. Dr. Arun	89