



Makale / Research Paper

Cam Yüzey Kaplama Teknolojileri

Bekir KARASU, Beyza SARICAOĞLU

Anadolu University, Engineering Faculty, Department of Materials Science and Engineering, 26555, Eskişehir
TÜRKİYE, bkarasu@anadolu.edu.tr

Received/Geliş: 26.03.2018

Revised/Düzelme: 03.04.2018

Accepted/Kabul: 03.04.2018

Özet: Cam, keşfedildiği dönemden günümüze dek çok farklı uygulama alanlarına sahip olmuş ve her geçen gün gelişen teknoloji sayesinde ilerleme kaydetmiştir. Cam yüzeylere uygulanan kaplama yöntemleri sayesinde, üretilen cam malzemeler mevcut özelliklerinin ötesinde daha fazla işlevsellik edinmişler, böylece, dış ortam koşullarına karşı (ısı, ışık, zararlı ışınlar, basınç) daha yüksek dayanım sergilemeye başlamışlardır. Bu çalışmada da, cam yüzey kaplamaları hakkında kısa bir tanımlama yapılmış, kaplama teknolojilerinin geçmişten günümüze tarihsel gelişiminden bahsedilmiş, örneklerle cam yüzeyine uygulanan kaplama yöntemlerinden söz edilmiş, kaplama çeşitleri üzerinde durulmuş ve yüzey kaplama teknolojilerindeki son gelişmelere değinilmiştir.

Anahtar kelimeler: Cam, Yüzey, Kaplama, Tarihçe, Gelişim

The Surface Coating Technologies of Glass

Abstract: Since its discovery glass has been used in various application fields and thanks to developing technology it is been improved. With the coating methods applied to glass surfaces they are gaining extraordinary properties and functionality. So, glass started to indicate more durability to external conditions (such as heat, light, harmful radiations and pressure). In the current study, brief description about glass coatings, historical development, various coating methods and applications with several examples and latest development are mentioned.

Keywords: Glass, Surface, Coating, History, Development

1. Giriş

Camın keşfi tarih öncesi çağlara dayanıyor olsa da, kendisiyle ilgili teknolojik gelişmeler ancak gerçek anlamda 20. yüzyılla hayat bulmaya başlamıştır. Teknolojik ilerlemeler sayesinde cam, pek çok farklı alanda kendine yer edinmiştir. Söz konusu uygulamalardan bir tanesi mimaride tercih edilen ve yüzeylere uygulanan kaplama teknolojileridir. Yüzey, bir malzemenin çevre ile temas eden tüm kısımları olarak adlandırılmakta, kaplama ise genellikle başlangıçta sıvı olan bir malzemenin uygun yüzeye uygulanıp kuruması sonrasında film oluşumu şeklinde tanımlanmaktadır [1].

Malzemelerin yüzey tarafından belirlenen özellikleri sıralanacak olursa:

- Korozyon dayanımı
- Yorulma dayanımı
- Sürtünme ve aşınma özellikleri
- Renk ve dış görünüm
- Optik özellikleri
- Yapışma özellikleri

Bu makaleye atıf yapmak için

Karasu, B., Sarıcaoğlu, B., "Cam Yüzey Kaplama Teknolojileri" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(2); 475-500.

How to cite this article

Demircan, G., Kısa, M., Özen, M., "The Surface Coating Technologies of Glass" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 475-500.

- Isı iletkenlik özellikleri
- Elektrik iletkenliği
- Işığa tepkileri olarak belirtilebilir.

Bu özellikler yönünden malzemenin davranışı aslında onun yüzeyinin davranışı tarafından belirlenir. Görüldüğü gibi böylesi karakteristiklerin istendiği malzemelerde, malzemenin tümünü iyileştirmek yerine sadece yüzeyini iyileştirmek yeterli olabilmektedir. Örnek vermek gerekirse; kaynak telinin iç yapısı elektrik akışı için yetersiz kalabilir. Elektrik akışı, kaynak teli üzerine ince bir bakır tabakasının kaplanmasıyla maksimum düzeyde sağlanabilir. Bazen malzemenin yüzeyinden beklenen özellikler açısından malzeme yetersiz olabileceğinden daha yüksek nitelikli başka bir malzemeye gereksinim duyulabilir. Bu gibi durumlarda tüm malzemeyi iyileştirmek veya değiştirmek yerine sadece yüzeydeki malzemeyi değiştirmek büyük bir kaynak tasarrufu sağlamaktadır [1]. Cam, bir mühendislik malzemesi olarak geniş kullanım alanına sahiptir, ancak yüzeyinin hassasiyeti, leke ve çizilmelere karşı düşük direnci, dikkatli bir kullanım gerektirmekte, dolayısıyla, yüzeyleri dış ortamdan gelebilecek etkilere karşı dayanıklılık sergilemek zorundadır. Bu sebeple dış görünüşünü ve estetikliğini bozmadan yüzeylerin iyileştirilmesi, aşınma ve yenime (korozyona) karşı dayanımlarının iyileştirilmesi ereğiyle yüzeyler için işlevsel kaplama teknolojileri geliştirilmiştir [2]. İç mekânlarda, gün boyu yaşanan değişken koşullar altında sağladığı ışık etkileriyle cam, yapılarda giderek daha da yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [3]. Cama mevcut özelliklerinin ötesinde, yeni ve daha işlevsel karakter kazandırmak üzere geliştirilen kaplama teknolojileri sadece mimariye değil pek çok alana da katkı sağlamakta ve bu konuda yapılan çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır.

2. Tarihçe

Camın yapay olarak elde edilmesinin başlangıcı kesin olarak belli olmamakla birlikte bunun yaklaşık 4000 yıl önce doğu Mezopotamya'da Fenikelilere kadar dayandığı var sayılmaktadır [4]. Cam endüstrisi Helenistik cam üreticilerinden alınan ilham ve tecrübelerden faydalanılarak daha çok Roma Döneminde gelişme kaydetmiştir. Romalılar camı yalnızca gündelik eşya üretiminde değil, aynı zamanda mozaik, pano ve dış cephe kaplaması gibi dekoratif amaçlarla da kullanmışlardır. Örneğin; camın arka yüzeyini metal folyo ile (altın veya gümüş kaplama) kapatıp yansıtıcı bir malzeme olarak ilk kullanan yine Romalılar olmuştur [5]. Modern camcılık, Haçlı Seferlerinin etkisi ile Bizans İmparatorluğu'nun çökmesi sonucu 11. yüzyılda Venedik'te gelişmeye başlamıştır. Venedik, 400 yıl kadar Avrupa'da cam sanayinin merkezi olmuştur. Bundan sonra cam sanayisinde önemli ilerlemeler kaydedilmiş, Avrupa'da kısa zamanda birçok cam fabrikası kurulmuştur. 1615'te cam sanayisinde odun yerine kömürün kullanılmaya başlanması, 17. yüzyılın sonlarında kristal camın yapımı ve 19. yüzyılda optik camın keşfi, cam sanayisinin gelişimini hızlandırmış ve cam teknolojisinin esasları hakkında sağlam sonuçlara varılmıştır [4]. Cam üretimi ve çeşitliliği eski çağlardan günümüze önemli gelişmeler göstermiş olsa da yüzey kaplama teknolojileri konusunda aynı şeyi söylemek mümkün değildir. 1817 yılında Almanya'da Fraunhofer tarafından, cam yüzeyinde sülfürik asit ya da nitrik asit kullanılarak yansıtıcı bir tabaka elde edilebileceği bulunmuş ancak teknik olarak o yıllarda uygulaması yapılmamıştır. 1935'de Amerika'da Strong, Almanya'da Smakula bu yansıtıcı yüzeyli camların kaplanmasında buharlaştırma ve vakum yöntemlerini denemişlerdir. 1938 yılında çok katmanlı yüzey kaplamaları büyük oranda Amerika'da, küçük ölçekli olarak da Avrupa'da kendini göstermeye başlamış fakat başarılı ilk çift katmanlı sistemlerin eldesi 1949 yılında sağlanmıştır [6]. Yıllar içinde cam yüzeylerini kaplamak üzere pek çok süreç kullanılmıştır. İlk mimari ürün pirolitik ya da sıcak kimyasal süreçle elde edilmiş olup Pittsburgh Düz Cam Şirketi (şimdiki adıyla PPG Endüstrileri Şirketi) tarafından 1960'da piyasaya sürülmüştür [7]. Bu cam *güneş ışığı ısısını yansıtan cam* ismiyle bilinmekteydi. Yaklaşık aynı zamanda Saint-Gobain altın birikim işlemi için basit bir buharlaştırma yöntemini kullanmıştır [8]. Daha sonra, PPG güneş ışığı ısısını yansıtan cam performansını arttırmak amacıyla Solarban adını verdiği bir yaş süreç geliştirmiştir. Libbey-Owens-Ford (LOF, şu anki ismi

Pilkington), yığın sürecinden ziyade vakum sürecini kullanan ilk firmaydı [9]. Cam yüzeyine yapılan, krom ya da alüminyum gibi buharlaşan metalik içerikli bir silika kaplama olup, Vari-Tran (çeşitli ışık taşınımı) şeklinde isimlendirilmiştir. Aynı zamanda 1960'larda Kaliforniya Santa Rosa'da ki Optik Kaplama Laboratuvarı [Optical Coating Laboratory–OCLI, şimdiki adı JDS UniPhase] elektron demeti buharlaşım kabininde çok katlı otomatik bir kaplayıcı ile 32 inç x 50 inçlik cam altlık üzerine 6 katmanı başarılı bir biçimde uygulamıştır. Tabii 32 inç x 50 inç boyutu günümüz için standart bir boyut değildir. Bu, istenilen kaplama homojenliğini ve toleransları karşılayan geniş alan sıçratma sistemlerinin geliştirilmesinden 20 yıl öncesinde elde edilen bir başarıydı. 1970 yılında Leybold (şimdiki ismi Applied Materials) Fransa'da ilk geniş alan kaplayıcısını imal etti. Söz konusu cihaz diyot sıçratmayı kullanan bir dikey yığın kaplayıcıydı. 1971'de sıçratmayla film birikim miktarını önkilerden çok daha yüksek seviyeye taşıyan düzlemsel bir magnetronun keşfi gerçekleşti. O dönemde Al Grubb, LOF Şirketi'nde teknik ve üretim müdürü olarak çalışan genç bir fizikçiydi. 1973 yılında RCA'ya geçtikten sonra Airco Temescal'dan [10] (şimdi Applied Materials) ilk araştırma–geliştirme düzlemsel magnetron sıçratma cihazını satın aldı ve 1974'te Airco Temescal'da basit ve hat üzerinde çalışılabilir sıçratmayla cam kaplayıcıyı icat etti [11]. 1975'te Airco Temescal tarafından sıçratma yöntemiyle kaplanan ve araçların sunroof kısmında kullanılmak üzere üretilen cam ilk kez fabrikasyona geçti. Bu yolla 1977'de Carleton Miami'de Guardian–Airco kaplama fabrikasında ilk mimari cam üretildi. Airco İsveç'te ki Pilkington'dan ve İtalya'da ki SIV'den siparişler aldı ve böylece geniş bir iş alanı da doğmuş oldu. 2006'ya gelindiğinde artık 22 ülkede 200'ün üzerinde geniş alan sıçratma kaplayıcısı vardı [12]. Gümüş esaslı düşük yayılım kaplamalarının Amerika'da geniş çaplı üretimi 1983'te başladı. Bükümlü altlıklara uygun ilk kaplamalar yine aynı sene hizmete sunuldu. Elektriği ileten ve optik açıdan şeffaf kaplama sağlamak üzere gümüş esaslı oto ön camı geliştirildi. Bu özellik soğuk bölgelerde yaşayan ve araçlarının ön camındaki buz ve kardan kurtulmak isteyen insanlar için gayet faydalıydı. Sonrasında, bükülebilir mimari camlar için geniş menfezli kaplamalar geliştirildi [13]. 1989 yılında silindirik, dönebilen magnetron katodunun geliştirilmesiyle birlikte çok önemli bir ilerleme kaydedildi [14]. 1990'larda ısıcam yeni binaların neredeyse tamamında kullanılmaya başlamış, 2000'li yıllara gelindiğinde de ısı yalıtımıyla alakalı olarak beklentiler artmıştır. Dolayısıyla, enerji tasarrufunda yeni çözüm düşük (low)–E ısı kaplamalarının uygulandığı çift camlar olmuştur [15].

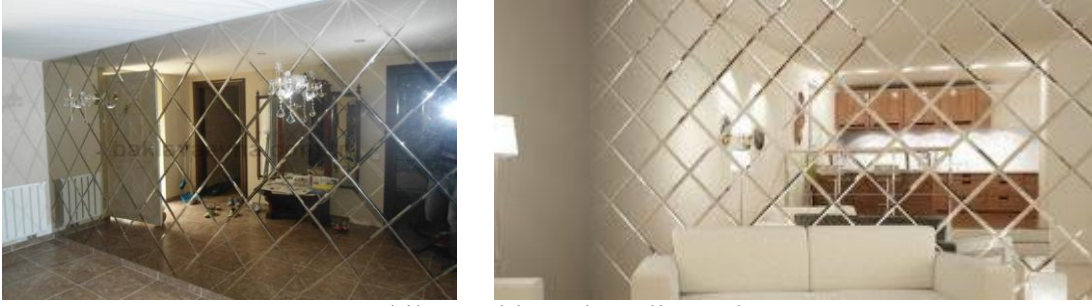
Günümüzde kaplama malzemeleri üzerine çok sayıda araştırma yapılmakta, termokromik, elektrokromik, fotokromik, su sever (hidrofilik) ve su sevmez (hidrofobik) camların geliştirilmesine ve iyileştirilmesine çalışılmaktadır. Özellikle, uygulama tekniklerinin geliştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır.

3. Kaplama Yöntemleri

Yüzey kaplamaları yüzer (flotal) cam üretiminin sonunda hat–üstü ya da bir sonraki aşamada hat–dışı olarak uygulanabilmektedir. Cama, dekor (süs), optik, ısı, elektriksel, mekanik ve kimyasal özellikleri geliştirmek üzere çeşitli yöntemlerle yüzey kaplamaları yapılmaktadır.

3.1. Gümüş Kaplama (Sırlama)

Bir gümüş tuzunun kimyasal olarak indirgenmesi sonucu, cam yüzeyinde gümüş birikimi sağlanarak gerçekleştirilen bir süreçtir. Söz konusu kaplama, çok yansıtıcı olması sebebiyle aynalar ve termos şişelerinin iç yüzünün sırlanmasında kullanılır (Şekil 1) [16].



Şekil 1. Baklava desenli aynalar [17].

3.2. Vakumla Metal Kaplama

İnce alüminyum ve diğer metallerden meydana gelen film tabakaları; vakum ortamında elde edilen plazma iyonları sayesinde kaplama malzemesinden atomik boyutta parçacıkların koparılıp, sıçratma tekniği ile cam yüzeylerinde biriktirilmesi sonucu üretilir.

Pasif güneş ve ısı kontrol mimari ve otomotiv kaplamaları:

- Bölgelerin iklim koşulları dikkate alınarak enerji tasarrufuna yönelik performans ile konfor ve estetik sunan yüksek seçicilikli güneş ve ısı kontrol kaplamaları geliştirme,
- Binalarda yüzey alanı artan camlama sistemlerinde konfor ve estetiğin yanı sıra güvenlik sağlanabilmesi için temperlenebilir çok işlevli kaplamalar geliştirme,
- Otomotivde enerji tasarrufu ile konfor ve estetiği birlikte sunabilen bükülebilir kaplamalar geliştirme.

Dinamik ısı ve enerji kontrol sistemleri:

- Değişen iklim koşullarına en iyi uyumu sağlamak üzere küresel enerji tasarrufu çerçevesinde ışık ve enerji geçirgenliği akım uygulanarak değiştirilebilen dinamik sistemler–elektrokromik kaplamalar ve ısı etkisi ile değiştirilebilir termokromik kaplamalar geliştirme,
- Güneş pilleri, dokunmatik ekranlar, elektrokromik/termokromik cihazlar, otomotiv ve havacılık uygulamalarına kadar geniş bir kullanım alanına sahip saydam iletken oksit kaplamalar geliştirme [18].

Örnek; binalarda kullanılan yarı–şeffaf yansıtımlı camlar (Şekil 2) [16].



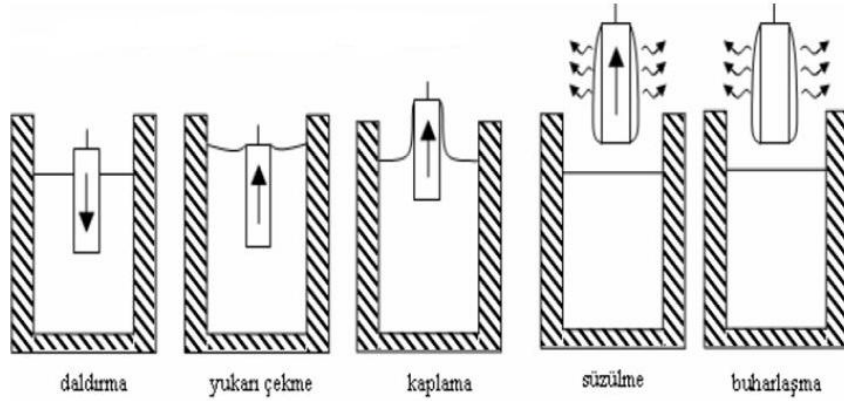
Şekil 2. Yarı şeffaf yansıtımlı bina camları [18].

3.3. Sol–Jel Süreciyle Kaplama

Sol–jel solüsyon–jelleşme kelimelerinin kısaltılmış halidir [19]. Sol–jel sürecinde cam yüzeyinde, hazırlanan jeldeki ile camdaki silanol (SiOH) grupları yoğunlaşma tepkimesine girer, sonuçta da, cam ile kaplama arasında güçlü siloksan (Si–Si) bağları oluşur. Bu bağ ne kadar güçlü ise kaplamanın dayanımı da o denli güçlü ve etkindir. Genellikle leke oluşumuna karşı yüksek dayanım sergileyen kaplamaların üretiminde sol–jel yöntemi tercih edilmektedir [20].

Kimyasal Çözelti İçine Daldırmayla Kaplama

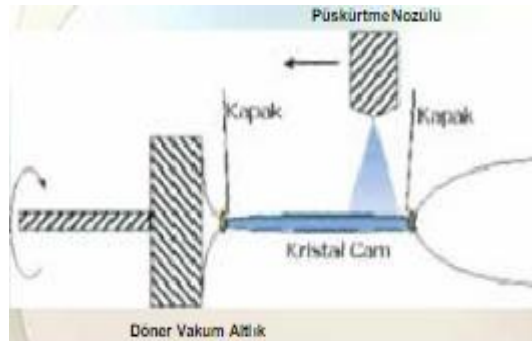
Sol–jelle üretilen malzeme kullanılarak kaplama yöntemi en önemli ve yaygın metotlardan olup bir cam numunenin hazırlanan çözelti içerisine belli bir hızda daldırılıp çıkarılmasıyla film kaplanma işlemidir (Şekil 3) [21].



Şekil 3. Daldırmayla kaplama işleminin aşamaları [2].

3.4. Püskürtme (Sprey) ile Kaplama

Çözeltinin bir nozülden basınçla püskürtülerek ince damlacıkların üretilip (Şekil 4). Kaplanacak yüzeyde biriktirilmesi işlemidir. Bu yüzey sıcak ya da soğuk olabilir ve yüzeye ulaşan sıvı damlacıkların yüksek reaktiviteleri sayesinde sürekli bir film oluşumu söz konusudur. Yüksek üretim hızı, kaplama kolaylığı, düşük maliyet, ucuz takım maliyeti ve süreklilik gibi avantajlara sahip olmakla birlikte kalınlığın her zaman homojen olamaması ve tekrarlanabilir kalınlık problemleri gibi dezavantajları da beraberinde getirir. Preslenmiş cam, lamba veya cam kaplar gibi formların kaplanmasında geçerli bir tekniktir [22].



Şekil 4. Püskürtme ile cam kaplama [22].

3.5. Baskı Kaplama

Yaygın olarak dekoratif camlar için kullanılan bir tekniktir (Şekil 5). Belirli bir dokuya sahip ipekten yapılmış taslak tabakasına çözelti emdirildikten sonra malzeme yüzeyine baskı uygulanmasıyla kaplama gerçekleşir. Bu tür kaplamalarda düşük sıcaklık veya mor ötesi [UV (ultra viole)] pirolizi kullanılmalıdır. İnkjet baskı gibi çeşitli türde baskı teknikleri de yaygındır [22].



Şekil 5. Baskı kaplamalı dekoratif cam [23].

3.6. Sülfürleme/Sülfatlama

Sülfatlama, camın mukavemetini arttırmak için uygulanan ilk yüzey işlemlerinden biridir. Bu işlem, cam yüzeyinin kükürt dioksit (SO_2) buharlarıyla teması esasına dayanır. Kükürt dioksit gazı, sodyum oksit ile tepkimeye girerek cam yüzeyinde, kükürt çiçeklenmesi adı verilen, dumansı görümlü bir tabaka oluşturur. Böylece, ürünün aşınma ve yenim direncini iyileştirilir. Fakat işlemin esas etkisi, camın kimyasal dayanımının artırılması yönündedir. Dolayısıyla, kimyasal dayanıklılığın istendiği laboratuvar malzemeleri ve serum gibi ecza şişeleri için kullanılır [24].

3.7. Silikon Kaplama

Silikon kaplama özellikle cama iyi bir kayganlık ve çizilme direnci sağladığı gibi suda çözünmediği için de yıkama işlemleri sırasında herhangi bir soruna yol açmaz. Ayrıca, silikon kaplanmış cam ürünler, üretim hattında ilerlerken daha az oranda sıkışmalara neden olur [25].

3.8. Elektro-İletken Kaplama

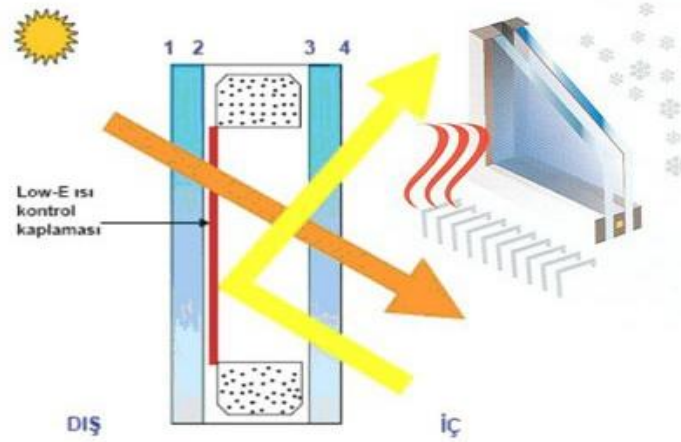
Bu işlem, cam yüzeyinin bazı ilave maddelerin yanı sıra, kalay ve indiyum oksit gibi belli başlı oksitlerle ince bir tabaka hâlinde kaplanması yoluyla elektriksel açıdan iletken hâle getirilebilmesi esasına dayanır. Cam saydam kalır fakat kaplamanın kalınlığına ve rengine bağlı olarak bir renk yansımaları ortaya çıkabilir. İletken kaplamalı camlar; büyük ölçüde, tren ve uçakların kumanda kabinlerinde kullanılır [24].

4. Cam kaplama çeşitleri

4.1. Düşük (Low)-E Kaplamalar

İyi bir ısı yalıtımının eldesinde düşük yayımlı (emisyonlu) düşük-E kaplamalar kullanılmaktadır. Böylesi kaplamalar, cam yüzeyinin yayımlı değerini 0,87'den, 0,04'e kadar düşürebilmektedir.

Böylece ışık geçirgenliği % 77'nin altına inmeden kızılötesi ışınım % 20'ye kadar azaltılabilmektedir (Şekil 6). Yani ışık geçirgenliğini yüksek tutarak aynı zamanda zararlı ışın yayılımını da önlemektedir. Piyasada genellikle emisyon değeri 0,04–0,16 arasında değişen camlar bulunmaktadır. Söz konusu değerlere sahip camlar özellikle ısı yalıtımlı cam ünitelerinin üretilmesi açısından önem taşımaktadır [26].



Şekil 6. **Isıcam Sinerji**, Trakya Cam'ın ısı kontrol (düşük-E) kaplamalı yalıtım camı [27].

Aynı zamanda pencere önlerindeki “soğuk bölge” olgusunu önleyerek oda ısısının tüm odaya daha dengeli dağılımı sağlanır. Kışın çok soğuk günlerinde oda içine bakan cam yüzeylerindeki terlemeleri, buharlaşmaları önler [28]. Güneş ışınlarını soğurarak ısınan halı, mobilya, duvar ile radyatör, aydınlatma armatürleri, insan vücudu gibi kaynaklardan yayılan uzun dalga ışınımı pencerelerden dışarıya kaçarken düşük-E kaplamalar tarafından görünmez bir ayna gibi tekrar içe yansıtılarak kaçış önlenmektedir. Düşük-E kaplamalı camlar, yapı içi ve dışı arasındaki ısı alışverişini geciktirerek öncelikle ısıtmada ayrıca soğutmada da kazançlar sağlayan ünitelerdir [29].

4.2. *Reflektif (Yansıtımlı) Kaplama*

Yansıtıcı kaplamaların kullanılması ile etkili bir güneş kontrol mekanizması elde edilebilmektedir. Yansıtmanın artırılması, geçirgenlik değerinin azalmasını sağlamakta, yansıtıcı saydam kaplamaların yanı sıra, seramik kaplamalar da cam yüzeyine uygulanabilmektedir [30].

Kızılötesi ışınları yansıtma ve ışığı en çok ileten olma özellikleriyle bu tür kaplamaların gelişimi cam mimarisi açısından çok önemlidir. Gelişen teknoloji ile cam giydirmeli cephelerde hem saydamlık hem de doğal aydınlatma sağlanırken aynı zamanda ısı kaybı da minimum düzeye indirilmektedir [26].

Bu tip camlar genellikle gökdelen gibi yüksek yapıların dış cephelerinde (Şekil 7) kullanılmaktadır. Temel işlevi, yapının içinden dış ortamın rahatlıkla izlenmesini sağlamak, dışarıdan bakıldığında da camın arkasında kalan nesnelere göstermemektir [30].



Şekil 7. Reflekte camlı gökdelen örneği [31].

4.3. Soğuk Ayna Kaplamalar

İşlevsel olarak düşük-E kaplamaların tersi doğrultusundadır, çünkü görülebilir ışınları yansıttığı gibi kızılötesi ışınların geçişine de olanak sağlamakta, daha çok ameliyathane gibi yerlerde tercih edilmektedir.

4.4. Dikroik Kaplamalar

Bu kaplamalar, yinelenme derecesine bağlı dalga boylarından bir kısmını geçirip kalanı yansıtır. Olay, ışığı spektral renkler içine bölerek çeşitli optik etkilerin oluşumunu sağlamaktadır. Son yıllarda mimaride estetik etki meydana getirmek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Şekil 8) [26].



Şekil 8. İç mekânda dikroik kaplamalı camın etkisi (Christian İlahiyat Okulu, ABD) [32].

4.5. Yansıtmasız Kaplamalar

Normal camın yansıtma değerini azaltarak ışık geçişini artırmaktadır. Bu da yüksek yapıların cephe tasarımlarında önemli bir tasarım ölçütü olarak kabul edilebilir. Sadece camın arkasındaki nesnelerin görüntülenmesi amacıyla değil, aynı zamanda çeşitli cam katmanlarından oluşan ünitelerde yansımayı engellemek amacıyla kullanılmaktadır [30].

4.6. Seramik–Emaye Kaplamalar

Seramik–emaye kaplamalı camlar, dış etkilere karşı dayanıklı ince bir seramik tabakanın camın yüzeyine uygulanması ile elde edilmektedir. Çeşitli katkı maddeleri ve renk pigmentleri ile oluşturulan seramik malzeme ergitilerek cam yüzeyine yaklaşık 650 °C’de gerçekleştirilmektedir. İşlem sonunda cam hava ile soğutulup, camın yüzeyine gerekirse tekrar yansıtıcı bir kaplama

tabakası uygulanabilmektedir. Seramik–emaye kaplamalı camlar güneş ışınlarının yaklaşık % 25'ini yansıtmaktadır [33].

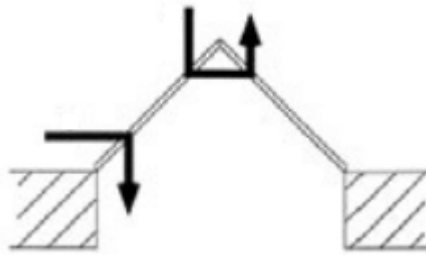
Genel olarak camın kaplamalı yüzey alanından neredeyse hiç güneş ışığı geçmediği kabul edilmektedir. Günümüzde bu tip cam paneller çeşitli desenler, çizgiler, ağ örgülere sahip olarak üretilebilmektedir [34]. Böylece günışığına maruz kalan mekânların üst veya düşey kaplamalarında (Şekil 9), günışığının rahatsız edici etkilerinden de korunma sağlanmaktadır [35].



Şekil 9. Seramik–emaye kaplı bir dış cephe cam [36].

4.7. Açısal Seçici Kaplamalar

Güneşin yükseliş açısı günün ve yılın en sıcak zamanlarında dik açığa yakın değerlerde düşmektedir. Açısal seçici camların özelliği, gelen bu dik ışınların geçişini engelleyerek yataya yakın olan ışınları geçirmeleridir [37]. Bu camların tepe ışıklıklarında kullanılması da (Şekil 10) yine benzer bir etki gösterdiğinden sıcak iklim bölgelerinde tercih edilmektedir [38]. Ancak bu yolla dışta uygulanan gölgelemeyle basit ve etkili bir biçimde ısı kazancı engellenebilirken, iç kısımlara giren günışığı da azalmaktadır. Bunu önleyebilmek için açısal seçici camlar alüminyum veya gümüş gibi kaplamalarla elde edilmektedir [37].



Şekil 10. Açısal seçici camların tepe ışıklığı [38].

4.8. Gelişmiş Cam Kaplamalar

4.8.1. Elektrokromik (sıvı kristalli) cam kaplamalar

Böylesi camlar, içinden elektrik akımının geçişiyle saydamlık oranı değişen camlardır. İki cam yüzey arasındaki sıvı kristallerin hareketi sonucu bu saydamlık oranı istenilen ölçüde değişmektedir [39]. Bu camlar bir EC katmanıyla (elektronik görüntü) kaplı olup istenen kontrolü sağlamaktadırlar. Elektrokromik kaplamalar 5 tabakadan oluşur ve genellikle nikel veya tungsten metalinden meydana gelir [33]. Elektrokromik cam kaplamalarda saydamlığın ortaya çıkışı ve

kayboluşu 30 saniye ile 5–10 dakika arasında gerçekleşmektedir [37]. Elektrokromik kaplamalar farklı cam katmanlarında yer alabildiği gibi bu cam paneller tasarımda esneklik, sergi yüzeyi, işaret panosu, tuvalet kabini, mağaza vitrini gibi farklı işlevler için kullanılabilir (Şekil 11) [39].



Şekil 11. Elektrokromik camların kullanımı [40].

4.8.2. Termokromik camlar

Güneş enerjisi kısa dalga boylarında olduğundan, cam yüzeylerden geçerek iç mekânlara ulaşır. Açık hava koşullarında, bu durum güneş ışığına bağlı ısınma problemlerine yol açar ve yapının maliyetlerini yükseltir. Sorunu önlemek amacıyla cam yüzeylerin kaplanması güneş ısı kazançlarını düşürdüğü gibi kış aylarında güneş ışığından yeterince fayda sağlayamamakla da sonuçlanmaktadır. Isıya duyarlı camlar saydamlıkları sıcaklığa göre değişen camlardır. Bunların en önemli bileşeni, iki cam arasına sıkıştırılmış jellerdir (Şekil 12) [41]. Böylesi kaplamalı camların eksik yanı, görülebilir ışığın geçişini azaltmaları ve uzun süreli kararlılığını etkileyecek şekilde sıvı fazın pencere ünitesinden sızma ihtimalidir. Termokromik camların bağımsız olarak kontrolü zordur [42].



Şekil 12. Termokromik camın değişik durumlarda görünüşleri [43].

4.8.3. Fotokromik camlar

Fotokromik camlar belli bir dalga boyunun etkisiyle koyulaşır ve bu etki kaynağından uzaklaştığında ise, yeniden özgün rengini alır. Dolayısıyla, ışığa karşı duyarlı gözlerin rahatsızlığını

önlemek amacıyla ilk defa gözlük camlarında kullanılmıştır. Bu tip cam kaplamaların kullanıldığı gözlükler kapalı alanlarda normal bir cam kadar saydamken günışığına çıktığında kararıp güneşin zararlı UV ışınlarına karşı koruma sağlar. Fotokromik cam kaplamaların gözlük camlarında kullanımının yanı sıra, pilotların günışığına maruz kalmasını önlemek amacıyla uçakların burun kısmı camlarının yapımında ve Polonya'daki Gdańsk Teknoloji Üniversitesi'ne ait bir konferans odasının çatı (Şekil 13) kısmında kullanılmıştır [44–45].



Şekil 13. Polonya'daki Gdańsk Teknoloji Üniversitesi'ndeki bir konferans salonunun çatısı [46].

4.8.4. Su sevmez ve su sever camlar

Su sevmez kaplamalara doğada bulunan Lotus bitkisinden ilham alınmış, yüzeylere bitkinin yapraklarında olduğu gibi nano boyutta bir pürüzlülük kazandırılarak su iticilik özelliği kazandırılmıştır. Böylesi yüzeylerde su damlaları yüzeyde yayılmaz, kürecikler halinde bir bütün şeklinde durarak yüzeyden yuvarlanarak düşerler. Su damlaları yuvarlanırken yüzeyde bulunan kirleri de beraberinde götürerek yüzeylerin temiz kalmasını sağlarlar [47–48]. Su sever kaplamalarda ise geliştirilen kaplama malzemesi olarak titanyum dioksit kullanılmaktadır. Titanyum dioksit, toksik olmayan, kararlı bir malzemedir. En önemli özelliği UV altında hava ve yüzeyde bulunan organik kirlilikleri parçalayabilmesidir. Bu kaplama sayesinde de yüzey kendini temizleyebilmektedir [49].



Şekil 14. Su sever (sol) ve su sevmez (sağ) yüzeyler [50].

5. Son dönem çalışmaları

Nadel ve arkadaşları, cam kaplama işlemlerinde yüksek hızda sıçratma yönteminin donanımları, malzemeleri ve süreçleri hakkında bir derleme yayımlamışlardır [51].

Ozer ve Cronin, sol-jelle üretilmiş elektro-kromik malzeme ve araçları araştırmışlardır [52].

Ladwig ve ark., alüminyum yüzeylere plazma yoğunlaşma yoluyla cam kaplamaları çalışmışlardır [53].

Wen ve ark., akrilat kaplamayla düz camın mukavemetinin artırılmasına yönelik araştırmalar gerçekleştirmişler [54], Gao ve ark., cam liflerin bağlanma kabiliyetini arttırmak üzere yüzey hatalarını gidermek için nano-kompozit kaplamaları araştırmışlar [55], Dal Bianco ve Bertocello, arkeolojik camın korunmasında sol-jel silika kaplamaları kullanmışlar [56] ve Zayim ve ark., elektro-kromik uygulamalar için sol-jel yöntemini kullanarak biriktirilen nikel oksit filmlerini araştırmışlardır [57].

Boccaccini ve ark., cam köpük üzerine titanya kaplamaları geliştirmişler [58], Mohelnikova, pencere camları için yansıtıcı kaplama malzemelerini araştırmış [59], Schoemaker ve Willert-Porada, alevle işlem teknolojisini kullanarak cam yüzeyinde nano-kristalin şeffaf, iletken indiyum kalay oksit kaplamaları elde etmek üzere hızlı ısıl süreci çalışmışlar [60], Fathi ve Doostmohammadi, metalik implantların biyo-uyumluluğunu iyileştirmek ereğiyle biyo-aktif cam nano-tozunu ve biyo-cam kaplamaları incelemişler [61], Bharati ve ark., titanyum esaslı alaşım yüzeylerine hidroksi apatitle birlikte biyo-aktif cam ve kompozit kaplamaları uygulamışlar [62], San Vicente ve ark., güneş paneli cam kapaklar için sol-jel porlu kaplamaların uzun dönem dayanımlarını araştırmışlar [63] ve Bolelli ve ark., yüksek hız süspansiyon alev püskürtme yöntemiyle elde edilen biyo-aktif cam kaplamaların mikro-yapılarını ve yapay ortamda karakterizasyonlarını gerçekleştirmişlerdir [64].

Schmid ve ark., magnetron sıçratma tekniğiyle cam mikro-küreciklerinin üzerine üniform bir şekilde biriktirilen metal kaplamalar açısından taşımalık tasarımlarını optimize etmişler [65], Jonnson ve ark., pencere camı ve elektro-kromik folyoların yüzeyine daldırma yöntemiyle uygulanmış anti-yansıtma kaplamaların şeffaflığıyla ışık saçılımını araştırmışlar [66], Kobayashi ve ark., gaz tünel tipi plazma spreylemeyle üretilen Zr-esaslı metalik cam kaplamanın özelliklerine püskürtme koşullarının etkisini incelemişler [67] ve Bolelli ve ark., hız asıltı (süspansiyon) alev püskürtme yöntemiyle elde edilen biyo-aktif cam kaplamaların yapay ortamdaki davranışlarının mikro-yapılarını gözlemlemişlerdir [68].

Nagamedianova ve ark., nano-yapılı sol-jel çok katlı kaplamalarla elde edilen güneş paneli ısı yansıtma camını incelemişler [69], Crombez ve ark., cam yüzeyine ultra-ince elmasımsı karbon kaplamaların çizilme dayanımı ve mekanik özelliklerini deneysel olarak araştırmışlar [70], Ganbavle ve ark., cam yüzeyine tek kademe sol-jel yöntemiyle uygulanmış kendi kendini temizleyen silika kaplamayla çalışmışlar [71], Bannier ve ark., çelik ve cam altlık yüzeylerine asıltı plazma spreylemeyle uygulanan titanya kaplamaların foto-katalitik aktivitesine ve mikro-yapısına dair incelemeler gerçekleştirmişler [72] ve Yoon ve ark., kinetik püskürtme uygulanmış demir esaslı hacimsel metalik camın tribolojik davranışı ve kaplama oluşumunu rapor etmişlerdir [73].

Wu ve ark., aşınmış kemiklerin iyileştirilmesinde polietilen tetraflatin yüzeyindeki 58S biyo-aktif cam kaplamanın etkisini rapor etmişler [74], Zhu ve ark., kendi kendini temizleyebilen ve ısı yalıtım özelliklerine sahip cam yüzeyine uygulanmış çok işlevli, çok katlı kompozit kaplamaları çalışmışlar [75], Yugeswaran ve ark., tünel tipi plazma püskürtmeyle uygulanmış zirkonyum esaslı metalik cam kompozit kaplamaların aşınma davranışlarına bakmışlar [76], Chen ve ark., K38G süper alaşım yüzeyine 1000 °C'de gerçekleştirilmiş bir cam-alümina kompozit kaplamanın oksitlenme ve ısıl şok dayanımı üzerine incelemelerde bulunmuşlar [77], Shütz ve ark., çelik altlıklara uygulanmış, cam dolgu taneciklerini içeren katkıyla türetilmiş seramik kaplamaları karakterize etmişler [78] ve Wang ve ark., daldırma yöntemiyle cam altlık yüzeylerine uygulanmış şeffaf karbon nano-tüp kaplamaların yüzey kontrolü ve donma dayanımlarına bakmışlardır [79].

Kamalisarvestani ve ark., akıllı camlara uygulanan termo-kromik filmlerin performans, malzeme ve kaplama teknolojilerini irdelemişler [80], Chang ve ark., ergimiş camla sağlanan çok bileşenli CrAlSiN ve TiAlSiN kaplamaların yüksek sıcaklıkta ıslatma kabiliyetlerini incelemişler [81], Jiao ve ark., boşluklu cam mikro küreciklerin üzerine hidroksi apatit birikimini etkileyen faktörlere ışık

tutmuşlar [82], Cheng ve ark., metalik cam ve martensitik paslanmaz kaplamaların kuru kayma sürtünmesi ve aşınma özelliklerini incelemişler [83], Barletta ve ark., cam üzerine uygulanan kalın, organik–inorganik hibrid kaplamaların oda sıcaklığındaki kuruma ve uygulamasını araştırmışlar [84], Wang ve Zhang, boşluklu cam boncuk yüzeylerine yapılan nikel kaplamalara ısı işlemin etkisini raporlamışlar [85], Suresh ve ark., gaz tünel tipi plazma püskürtme yöntemiyle elde edilen nikel esaslı metalik cam kompozit kaplamaların kayma aşınma davranışlarını çalışmışlar [86], Yugeswaran ve ark. gaz tünel tipi plazma püskürtme metoduyla üretilen TiN ile güçlendirilmiş demir esaslı metalik cam kaplamaları üzerine incelemelerde bulunmuşlar [87], Zuber ve ark., polimerik altlıklara uygulanan ultra ince yansıtıcı kaplamaların aşınma dayanımını iyileştirmeye çaba sarf etmişler [88], Dong ve ark., kompozit camla kaplı termo–elektrik skutteruditin oksitlenme direncini arttırmak ereğiyle araştırmalarda bulunmuşlar [89], Chen ve ark., $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3\text{--ZnO--CaO}$ esaslı cam kaplamalarla K38G süper alaşım altlıkları arasındaki tepkime hakkında bir yayın yapmışlar [90], Cattini ve ark., asıltı plazma püskürtmeyle elde edilen biyo–aktif cam kaplamalarda sürecin mikro–yapı, mekanik özellikler ve suni ortam davranışına olan etkilerini yayına dökmüşler [91] ve Louloudakis ve ark., atmosferik basınçlı kimyasal buhar biriktirme yöntemiyle kazanılan ve cam altlıklara uygulanan vanadyum oksit kaplamaların elektro–kimyasal özelliklerini çalışmışlardır [92].

Trespidi ve ark., cam altlıklara uygun poli dimetil siloksan (PDMS) anti–yansıtma nano kaplamaları araştırmışlar [93], Cattini ve ark., hidroksi apatit kaplamaların üzerine uygulanan işlevsel biyo–aktif cam üst tabakalarının mikro–yapısını ve suni ortam biyo–aktifliğini incelemişler [94], Yugeswaran ve Kobayashi, gaz tünel tipi plazma püskürtme metoduyla üretilen metalik cam kaplamalar üzerine bir makale yayımlamışlar [95], Schweiger ve ark., farmakolojik çözeltilere alkali iyon salınımını engellemek ereğiyle cam altlık kaplamalarına yoğunlaşmışlar [96], An ve ark., atmosferik plazma püskürtme metoduyla hazırlanan demir esaslı metalik cam kaplamaların mikro yapı ve tribolojik özellikleri hakkında bir makale yayımlamışlar [97], De Bardi ve ark., potasyum oksit–kalsiyum oksit–silika esaslı camlara uygun sol–jel silika kaplamaların uygulanabilirliklerine ve koruyucu etkilerine bakmışlar [98], Múgica–Vidal ve ark., cam altlık yüzeylerindeki su sevmez ve aşınma dayanımlı kaplamaların atmosferik plazma polimerleşme olayına ışık tutmaya çalışmışlar [99], Ting ve ark., cam yüzeylerinde, silikon yağı uygulayıp mikro dalga atmosferik plazma jet ile aktifleştirilen su sevmez kaplama üzerine araştırmalar gerçekleştirmişler [100], Chakraborty ve ark., yapışma oranını arttırmak amacıyla SS316L biyo–medikal implant malzemelerinin yüzeyine uygulanan çok işlevli, fosfat içermeyen biyo–aktif cam kaplamaları çalışmışlar [101], Huang ve ark., AZ31 magnezyum alaşımlarına apliance edilen, sol–jelle üretilmiş çok boşluklu 58S biyo–aktif kaplamaları ve bunların suni ortam bozunum davranışlarını gözlemlemişler [102], Qu ve ark., literatüre, enerji verimli pencere camları ve yük taşımayan dış duvarlar için şeffaf ısı yalıtım kaplamalarına dair bir yayın kazandırmışlar [103], Nielsen ve ark., güneş paneli için geniş alanlı, düşük maliyetli anti–yansıtma kaplamalarını irdelemişler [104], Zhang ve ark., yüksek hızlı oksit–yakıt püskürtme parametrelerinin demir esaslı metalik cam kaplamaların mikro–yapı, yenim ve aşınma dayanımı üzerindeki etkilerini çalışmışlar [105] ve Dave ve ark., dış cam izolatörleri için DC magnetron saçınımla elde edilen nano–yapılı, su sevmez inorganik kaplama üzerinde durmuşlardır [106].

Concstell ve ark., soğuk gaz püskürtme teknolojisini kullanarak metalik cam kaplama eldesi üzerine yoğunlaşmışlar [107], Holubová ve ark., cam yüzeyindeki koruyucu hibrid organik–inorganik kaplamaların atmosferik koşullara dayanımını araştırmışlar [108], Cordero–Arias ve ark., anti–mikrobiyal uygulamalar için Zn/alginat and ZnO–biyo–aktif cam/alginat kompozit kaplamaların elektroforetik biriktirilmesi üzerinde durmuşlar [109], Monsalve ve ark., alev püskürtme yöntemiyle hazırlanan biyo–aktif cam kaplamaların biyo–aktifliğini ve mekanik özelliklerini araştırmışlar [110], Yuan ve ark., güneş cam paneli için kullanılan su sevmez, anti–yansıtma kaplamaların hazırlanması, ısı kararlılığı ve kimyasal dayanımına yoğunlaşmışlar [111], Zhang ve ark., Mo–W–ZrO₂ seramik–metal (sermet) kompozitinin oksidasyon korunması için

uygun cam kaplama üzerinde durmuşlar [112], Zhu ve ark., lazer şok darbesinin Zr-esaslı kitlesel metalik camının mekanik özelliklerini nasıl etkilediğine bakmışlar [113], Jiang-Feng ve ark., karbon/karbon kompozitler için atım ark boşaltım biriktirme metoduyla hazırlanan borosilikat cam kaplamaların oksitlenmesinin engellenmesi ve mikro-yapısı üzerinde incelemelerde bulunmuşlar [114], Rezayi ve Entezari, basit sol-jel daldırma yoluyla kaplama tekniği kullanarak yüksek şeffaflığa ve süper su sevmezliğe sahip cam eldsi için gerekli araştırmalara imza atmışlar [115], Cachafeiro ve ark., belli başlı güneş paneli kaplama elemanlarının enerji maliyeti üzerindeki etkilerine bakmışlar [116], Espino-Estévez ve ark., sudan gelen kirliliklerin giderilmesinde kullanılan cam reaktörlerin üzerine uygulanan titanya kaplamaların foto-aktifliklerini ve kararlılıklarını iyileştirmeyi hedeflemişler [117], Catauro ve ark., gümüş içeren kalsiyum silikat cam kaplamaların biyo-aktifliklerini, biyo-uyumluklarını, ısıl davranışlarını ve anti-bakteriyel özelliklerini araştırmışlar [118], Surekha ve Sundararajan, kendi kendini temizleyen camlar üzerine bir kitap bölümü yazmışlar [119], Shao ve ark., MoSi₂/borosilikat cam kaplama ve lifli ZrO₂ seramik altlık içeren yapı izolasyon malzemesinin kızıl ötesi radyasyon özelliğini ve ısıl şok dayanımını çalışmışlar [120] ve Wang ve ark., NiCoCrAlY kaplı K417G süper alaşımının yüzeyine uygulanan cam esaslı kompozit ısıl bariyer kaplamanın 1000 °C'de oksitlenme davranışını incelemişlerdir [121].

Şişecam A.Ş., bünyesinde gerçekleştirilen Ar-Ge çalışmaları kapsamında sputter yöntemi ile temperlenebilir düşük-E kaplama (60'43 T) [122] ve bir çözelti ile kaplanmış cam eldesi (antireflekte) başlıklı patentler alınmış [123], Domaradzki ve ark., yarı şeffaf, ısı yansıtan ayna olarak tek kat ince Ag kaplamanın optik ve yüzey özellikleri üzerine araştırmalar yapmışlar [124], Bobzin ve ark., yeni, demir alaşımı metalik cam kaplamaların sürecini geliştirmek için gayret sarf etmişler [125], Burkov ve ark., elektro-spark birikim yöntemiyle FeWMoCrBC metalik cam kaplamaları geliştirmeye odaklanmışlar [126], Henao ve ark., soğuk gaz püskürtme yöntemiyle altlığın metalik cam kaplama oluşumu üzerindeki etkisine bakmışlar [127], Chu ve ark., çoklu tünel plazma püskürtme yöntemiyle üretilen demir esaslı metalik camsı kompozit kaplamaların triboloji performansını ve karakterizasyon çalışmalarını gerçekleştirmişler [128], Kiefer ve ark., kalp implant uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilen yeni camsı kaplamaların hazırlanmasını, karakterizasyonunu ve hücrel etkileşimini araştırmışlar [129], Seuss ve ark., poli eter eter keton (PEEK), biyo-aktif cam ve Ag nano-taneciklerinin kombinasyonuyla üretilen anti-bakteriyel özellikli biyo-aktif kompozit kaplamaları geliştirmişler [130], Henao ve ark., soğuk gaz püskürtme metodunu kullanarak yeni Al-esaslı metalik cam kaplamaları çalışmışlar [131], Díaz ve ark., titanyum altlık yüzeylerine uygulanan, yüksek-hız asıltı alev spreylemeyle üretilmiş soda-kireç cam kaplamanın bakteriyel davranışını incelemişler [132], Laouamri ve ark., kaba dokunun kumlanmış cam yüzeylerine aplike edilen akrilik kaplamanın optik özellikleri ve çizilme davranışı üzerine etkisini çalışmışlar [133], Lampert ve ark., östenitik paslanmaz çeliğin yenim korunumu için uygun hidrojen silseskioksan esaslı silika cam kaplamalarını araştırmışlar [134], Wu ve ark., tabancayla püskürtülmüş Fe-esaslı metalik cam kaplamanın üretimine, tribolojik ve yenim davranışlarına bakmışlar [135], Wen ve ark., plazma püskürtme kullanılarak hazırlanmış tabakalı MoSi₂/cam kompozit kaplamaların yüksek performans elektromanyetik etkileşimi üzerinde durmuşlar [136], Stazi ve ark., farklı cam kaplamaların nemli ve tuzlu ortamlardaki kimyasal dayanımlarını irdelemişler [137], Ramani ve ark., uygun maliyetli sol-jel daldırma metoduyla üretilen ve borosilikat cam yüzeyine uygulanan Cr-ZnO nano-yapılı ince film kaplaması hakkında bir makale yayımlamışlar [138], Reyes ve ark., geçici implantların biyo-bozunumlarını kontrol etmek maksadıyla AZ31B magnezyum alaşımının yüzeyine uygulanan camsı sol-jel kaplamaları çalışmışlar [139], Nian ve ark., cam üzerine nikel kaplama ve jet-baskı teknolojisinde mürekkep olarak kullanılmak üzere sitren-γ-meta kriloksipropil tri metoksilan/Pd nano-tanecikleri hazırlamışlar [140], Fu ve ark., 20MnSiNb yapı çeliğinin oksitlenme direncini arttırmak üzere uygulanan Cr₂O₃ cam kaplamanın etkisini incelemişler [141], Cuce, düşük/sıfır karbon binalarda çok işlevli fotovoltaik pencere teknolojilerindeki en son gelişmeler ve gelecekteki yaklaşımlara dair bir derleme yazısı hazırlamış [142], Rodriguez ve ark., metalik implantları kaplamak için silika-

esaslı borat–esaslı titanyum– içerikli biyo–aktif camları karakterize etmişler [143] ve Baoyu ve ark., kitlesel metalik cam kaplı çelik telleri üreterek bunların yenim dirençlerini arttırmaya gayret etmişlerdir [144].

Hunt ve Cording, en iyi düz cam kaplama teknolojisini seçimi üzerine bir makale kaleme almışlar [145], Bera ve ark., flor emdirilmiş kalay oksitle kaplı cam altlıkların yüzeyine uygulanan delafosit yapılu CuFeO_2 ince film tabakasında Mg yer değişiminin etkisini ve diot karakteristiklerini incelemişler [146], Naumkin ve ark., biyo–çip teknolojileri için aktifleştirici olarak cam yüzeyine applike edilen organo–element kaplamalar üzerinde durmuşlar [147], Wang ve ark., yüksek görünür ışın geçirimine ve ultra viyole engellemesine sahip kaplama camı hazırlamışlar [148], Wu ve ark., akıllı güneş paneli pencereleri için sol–jel esaslı foto–kromik kaplama elde etmişler [149], Nam ve ark., elektrolitik kaplamayla üretilen ince, hafif, mikro–dalga soğurucusu içeren Ni–kaplı cam fiberlerini elde etmeye çalışmışlar [150], Yao ve ark., yüksek konsantrasyon fotovoltailerdeki uygulamalara sahip ultra kaba band omni yönsel anti–yansıtımlı yüzeylere uygun porlu nano–malzemeleri araştırmışlar [151], Ryshchenko ve ark., seramik yüzey tuğlaları için cam–kristal kaplamaları anlatan bir makale yayımlamışlar [152], Rezae ve ark., iç mekanlara uygun, geleneksel, ileri ve akıllı cam teknolojileri ve malzemeleri hakkında bir derleme yazısı hazırlamışlar [153], Yao ve ark., sol–jel süreciyle üretilmiş, camsı yapıya sahip, silisyum emdirilmiş alümina ince filmin yüksek elektrik alanı altındaki dielektrik özelliklerine bakmışlar [154], Goleus, cam–emaye kaplamalar üretmek ereğiyle borosilikat firitinin özelliklerini belirlemeye çalışmış [155], Granqvist ve Niklasson, literatüre enerji etkin paneller için termo–kromik oksit esaslı ince filmler ve nano–tanecik kompozitler hakkında bir derleme çalışması kazandırmışlar [156], Estrada–Martínez ve ark., AISI 304, 316 paslanmaz çelikleri ve cam yüzeylerinin titanyum oksit ve titanyum nitrür kaplamalar sayesinde ıslatılma modifikasyonlarını incelemişler [157], Barua ve ark., kaba band anti–yansıtma özellikleri açısından, cam yüzeyine uygulanan, sol–jel süreciyle tek tabaka zeolit esaslı kaplamaları araştırmışlar [158], Zawadzka ve ark., cam kaplamayla CoSb_3 termo–elektrik malzemenin oksitlenme dayanımını iyileştirme gayreti sergilemişler [159], Pospiech ve ark., cam ve metal yüzeyler için çok işlevli metakrilat esaslı kaplamalar üzerinde yoğunlaşmışlar [160], Cheng ve ark., ark püskürtme yöntemini kullanarak yeni, Al–Fe–Si metalik cam kaplamanın yerinde sentezini gerçekleştirmişler [161], Pacaphol ve Aht–Ong, silanın, cam ve alüminyum altlık yüzeylerine uygulanan nano–selülöz film kaplamanın arayüz yapışma ve yüzey özelliklerine etkisini çalışmışlar [162], Osadnik ve ark., cam endüstri uygulamaları için plazma spreylemeyle üretilmiş Mo–Re kaplamaları incelemişler [163], Rehman ve ark., ortopedik implant uygulamaları açısından poli eter eter keton (PEEK)/biyo–aktif cam kompozit kaplamaların elektro–foretik birikimini araştırmışlar [164], Li ve ark., $\text{Ti}_6\text{Al}_4\text{V}$ altlıklar için farklı, stronsiyum içerikli borat esaslı cam kaplamaların kırılma özelliğini araştırıp karakterizasyonunu yapmışlar [165], Adak ve ark., güneş paneli cam kapak ve ilgili uygulamalar açısından, iyileştirilmiş ışık geçirgenliğine sahip, kendi kendini temizleyen V– TiO_2 : SiO_2 ince film kaplamaları çalışmışlar [166], Múgica–Vidal ve ark., güneş aynalarında gümüş/cam yapışması arttırılmış cam altlıkların atmosferik basınçlı hava plazma işlemi üzerinde durmuşlar [167], Wang ve ark., yüzeyde oluklu sıralar elde ederek hazırlanmış, şeffaf, süper su sevmez güneş paneli camlarını çalışmışlar [168], Askar ve ark., kendinden paralel dizilimli nanotanecik anti–yansıtma kaplamaları irdelemişler [169], Tao ve ark., iyileştirilmiş yüzey ısıl radyasyon açısından lifli izolasyon üzerine uygulanan TaSi_2 – MoSi_2 –borosilikat cam kaplamanın özellikleri ve yapısına TaSi_2 içeriğinin etkisini raporlamışlar [170], Zhang ve ark., sol–jel yöntemini kullanarak anti–yansıtımlı silika kaplamaları hazırlamışlar [171], Bouvard ve ark., yenilenebilir enerji bakımından nano ve mikro yapıları malzemeler hakkında bilgi vermişler [172], Ardakan ve ark., parlaklık performansı açısından elektro–kromik camlarla firitli camları karşılaştırmışlar [173], Bik ve ark., katı oksit yakıt hücrelerindeki uygulamalar için siyah cam (SiOC) esaslı, koruyucu–iletken kaplamaları anlatmışlar [174], Wu ve ark., güneş paneli akıllı pencere uygulamaları için sol–jel esaslı foto–kromik kaplamaları rapor etmişler [175], Siecker ve ark., güneş paneli fotovoltailer sistemlerin soğutma teknolojileri üzerine bir derleme makalesi yayınlamışlar [176], Nam ve ark., elektrolitik kaplamayla, nikelli cam liflerini içeren, ince, hafif

mikro dalga soğurucusunu üretmeye çalışmışlar [177], Fernandez ve ark., kemik dokularının onarımı ve yeniden oluşumu için anti-bakteriyel özelliğe sahip, çok işlevli biyo-aktif cam ve cam-seramik malzemeleri üzerine araştırmalar yapmışlar [178], Garlisi ve Palmisano, cam yüzeyine uygulanmış titanya filmlerin süper su sever ve anti-yoğuşma özelliklerini yayımlamışlar [179], Lee ve ark., biyo-medikal uygulamalar için mekanik, yenim ve anti-mikrobiyal özellikleri iyileştirilmiş Zr-Cu-Al-Ag-N ince film metalik cam kaplama geliştirme çalışmaları yapmışlar [180], Bouarioua ve Zerdaoui, daldırma kaplamayla cam altlık yüzeylerine tutturulmuş titanya tabakalarının foto-katalitik aktivitelerini incelemişler [181], Dalai ve ark., kobalt yüklemesinin boşluklu cam mikro-küreciklerinin ısı iletkenliği ve hidrojen depolama kapasitesi üzerine etkilerini çalışmışlar [182], Chang ve ark., Al-Ni-Y optik ince film metalik cam kompozitlerin yansıtma ve anti-bakteriyel/anti-mantar özelliklerini raporlamışlar [183], Addanki ve Nedumaran, altın ve gümüş ince film nano-adacıklarını kullanarak porlu cam altlık yüzeylerine ozon sensörlerini imal etmeye gayret etmişler [184], Kewvilai ve ark., nano-gümüş aktive cam altlık üzerine bakırın elektrolitik kaplamasını yapmaya çalışmışlar, [185], Lampert ve ark., cam emaye esaslı, hidrojen silsekioksanla kaplı AISI 316L'nin klorürlü ortamdaki yenim dayanımını gözden geçirmişler [186] ve Carlier ve ark., atımlı lazer birikim yöntemiyle elde edilen alüminosilikat cam ince filmlerini araştırmışlardır [187].

En güncel olarak ta, Arabatzis ve ark., fotovoltaiik paneller için fotovoltaiik, kendi kendini temizleyen anti-yansıtımalı kaplamayı araştırmışlar [188], Enrichi ve ark., güneş paneli hücreleri için Tb^{+3} - Yb^{+3} katkılı silika-hafniya cam ve cam-seramik sol-jel sistemini çalışmışlar [189], Zhukov ve ark., Heusler-tipi cam kaplı mikro-tellerin manyetik özelliklerini tavlama ile düzenlemeye gayret etmişler [190], Liu ve ark., alüminyum katkılı ZnO kaplı camın elektro-manyetik saçılım karakteristiklerini deneysel olarak analiz etmişler [191], Yusof ve ark., erbiyum katkılı sodyum-çinko-tellür camının kendi kendini temizleme ve spektral davranışında titanya nano-taneciklerinin rolü üzerine bir makale yayınlamışlar [192] ve Koçak ve Karasu, nano-taneciklerin genel değerlendirmesi üzerine bir makale kaleme almışlardır [193].

6. Sonuç

Cam, keşfedildiği günden bu yana insanların ilgisini çekmiş ve insanlık geçen zaman içinde camı değişik formlarda üretmeye, farklı alanlarda kullanmaya başlamıştır. Yapı malzemesinden mutfak eşyasına, mimariden teknolojik cihazlara kadar pek çok farklı sektörde gelişme sağlanmıştır. Her çeşit yüzeye uygulanabildiği gibi kaplamalar, cam yüzeyler üzerinde de denenmiştir.

Yüzey kaplamaları, cama koruyucu özellik katmasının yanı sıra, camın dış görünüşünde farklı bir estetik oluşturmak, üzerine düşen ışığı soğurabilme ya da yansıtabilme, dış yüzeyini kirliliklerden arındırma, buzlanma ya da buğulanmayı önleme, çevreden gelebilecek etkilere karşı dayanımını arttırma gibi birçok işlevsellik katarak da yüzeylerde etkili olmuşlardır.

Cam yüzeyine uygulanan kaplamalar geçmişte araştırma konusu olarak çok ilgi görmemiş olsa da son yıllarda durum değişmiştir. Teknolojinin hızla ilerlemesi de bu çalışmalara büyük yenilikler ve kolaylıklar getirmiştir. Dokunmatik ya da bir kumanda yardımıyla cam yüzeylerde çeşitli kaplamalar oluşturulabilmektedir. Böylece, ev, okul ya da ofis gibi ortamlarda insanların konfor alanı artmaktadır. Cam yeniliğe ve gelişmeye çok uygun bir malzemedir ve yüzeyine uygulanan kaplama çeşit ve yöntemleri her geçen gün daha da artacaktır.

Kaynakça

- [1] <http://www.teknikyaz.com/2015/05/yuzey-kaplama.html> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [2] Arıca B., “Hidroforik/oleofobik esaslı fonksiyonel yüzey kaplama materyallerinin hazırlanması ve geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2012).
- [3] Sev A., Gür V., Özgen A., “Cephenin vazgeçilmez saydam malzemesi cam”, İstanbul, 2003 <http://docplayer.biz.tr/4866786-Cephenin-vazgecilmez-saydam-malzemesi-cam.html> (Erişim Tarihi: 26.04.2018).
- [4] <http://www.hakkindabilgi.biz/camin-tarihi-gelisimi/> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [5] <http://www.kulturvarliklari.gov.tr/TR,44944/antik-cam-tarihi.html>(ErişimTarihi: 29.12.2017).
- [6] Pulker H. K. “Coatings on glass”, Elsevier, ISBN: 978-0-444-50103-5, (1999).
- [7] Galser R. A., “Method of forming surface films by vapor coating and the article resulting therefrom”, U.S. Patent #2,478,817, (1949).
- [8] Holland L., “Vacuum deposition of thin films”, Chapman and Hall Ltd., London, (1956).
- [9] Grubb A. D., “The LOF semi–continuous thermal evaporation plant”, R&D Magazine, 1969, 20(6):42–46.
- [10] Chapin J. S., “Sputtering source and apparatus”, U.S. Patent #4,166,018, (1979).
- [11] Grubb A. D., Mosakowski T. S., Overacker W. G., “Production techniques for high volume sputtered films”, SPIE 325 Optical Thin Films, 74–80, (1982).
- [12] Hill R. J., Nadel S., Andreasen M., “History of large area coatings”, Chapter 4 from 50 Years of Vacuum Coating Technology and the Growth of the Society of Vacuum Coaters, edited by Donald M. Mattox and Vivienne Harwood Mattox, Society of Vacuum Coaters, (2007).
- [13] Young P., Bernardi R., “Auto solar control paper”, # 880050 in SAE Technical Paper Series, (1988).
- [14] McKelvey H. E., “Magnetron cathode sputtering apparatus”, U.S. Patent #'s 4,356,073, 1982 and 4, 422 ,916, (1983).
- [15] Görücü F., “Yapılarda yalıtım malzemesi olarak cam”, Türkiye Şişe ve Cam Fabrikaları A.Ş., Sayı 427, TMH–Türkiye Mühendislik Haberleri, 120, (2003).
- [16] “Seramik ve cam teknolojisi”, T.C. Milli Eğitim Bakanlığı, Ankara, (2013).
- [17] <http://www.google.com.tr{search?q=ayna+kaplama&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahEwjLw8nlurXAhVNrRQKHWO4AqQQAUIcigB&biw=1366&bih=588#imgrc=> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [18] <http://www.sisecam.com.tr/tr/inovasyon/arastirma-ve-teknoloji-gelistirme/yuzey-ve-kaplamalar> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [19] <http://www.iskteknik.com/makale/bina-golgeleme-sistemleri-ile-binalarda-enerji-verimliliği-58c139fe737af> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [20] Okuyucu H., “Yiterbiyum–baryum–bakır oksit süperiletken şeritlerin sol–jel metodu ile üretimi ve karakterizasyonu”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 18–22, (2002).
- [21] Budaklıoğlu R., “Cam yüzeylerine sol–jel prosesiyle hidrofob ve oleofob özelliklerin kazandırılması”, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, (2006).
- [22] Evcin A., “Kaplama teknikleri” Ders Notları, Kocatepe Üniversitesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, (2006).
- [23] <http://kilicneonreklam.com/cam-baski> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [24] Kuşcuoğlu S., Yücesoy D., Engin S., “Cam teknolojisine giriş”, II. Cilt, Şişecam Eğitim Müdürlüğü, İstanbul, (1993).
- [25] Doyle P. J., “Glass making today information officer”, British Glass Industry Research Association, Sheffield, England, (1980).
- [26] Wigginton M., “Glass in architecture”, Phaidon Press Ltd., London, (1996).

- [27] <http://www.toracam.com/isicamsinerji.htm> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [28] Gürelen H., “Isı yalıtımı ve düzcam”, Trakya Cam Sanayii A.Ş., <http://docplayer.biz.tr/3300437-Isi-yalitimi-ve-duzcam-haluk-gurelen-trakya-cam-sanayii-as-hgurelen-sisecam-com-tr.html> (Erişim Tarihi: 26.04.2018).
- [29] “Cam yapı elemanları kataloğu”, Şişecam, İstanbul, (1999).
- [30] Button D. and Pye B., “Glass in building, Pilkington glass”, Butterworth–Heinemann, Oxford, (1993).
- [31] <https://www.firatpensenkronyapi.com/kategori/cam/reflekte-cam> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [32] <http://www.gra-pa.at/projects/NeueBaustoffe/03-bilder08.html> (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [33] Baranache R., “Designing with fritted glass”, Architecture, New York, 83(5), 149–152, 1997.
- [34] “High performance commercial building facades”, URL: www.gaia.lbl.gov/hpbf, (Erişim Tarihi: 10.10.2017).
- [35] Kahraman İ., “Cam malzemenin türleri, özellikleri ve sınıflandırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, (2002).
- [36] <https://turkish.alibaba.com/product-detail/silk-screen-printing-glass-enamelled-coating-glass-ceramic-glass-for-architecture-60570285524.html> (Erişim Tarihi: 10.10.2017).
- [37] Yener A. K., “Binalarda günışığından yararlanma yöntemleri: çağdaş teknikler”, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi Sempozyum Bildirisi, İzmir, (2007).
- [38] “Daylight in buildings”, IEA, Report IEA SHC Task 21, Washington, (2000).
- [39] Sottile G. M., “Cleantech daylighting using smart glass: a survey of leed accredited professionals”, USA, pp 201–204, 2008.
- [40] <https://turkish.alibaba.com/product-detail/environmental-protection-electrochromic-glass-film-electronic-smart-glass-60519671664.html> (Erişim Tarihi: 10.10.2017).
- [41] Kazanasmaz T. ve Diler, Y., “Gelişmiş cam teknolojileri ile enerji etkinliğin değerlendirilmesi”, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mimarlık Bölümü, <http://docplayer.biz.tr/3954312-Gelismis-cam-teknolojileri-ile-enerji-etkinligin-degerlendirmesi.html> (Erişim Tarihi: 26.04.2018).
- [42] kisi.deu.edu.tr/burak.felekoglu/05.cam_part2.pdf (Erişim Tarihi: 29.12.2017).
- [43] Inoue T., Ichinose M., Ichikawa N., “Thermotropic glass with active dimming control for solar shading and daylighting”, Energy and Buildings, 2008, 40(3), 385–393.
- [44] “Nasıl çalışır–bilim, teknoloji ve icatlar ansiklopedisi”, Gelişim Yayınları 4. Cilt, İstanbul, (1980).
- [45] Yılmaz R., Karasu B., “Havacılık ve uzay endüstrisinde kullanılan camlar”, Cilt: 46, Sayı: 3(232), Şişe Cam Teknik Bülten, 5–14, (2017).
- [46] Fotothing, <http://www.fotothing.com/xnb/photo/c4210a41e7558301bc12d81cc852a25a/> (Erişim Tarihi: 10.10.2017).
- [47] Nun E., Oles M. and Scleich B., “Lotus effect surfaces”, Macromol. Symp., 2002, 187:677–682.
- [48] Kula G., Karasu B., “Kendi kendini temizleyen yüzeyler”, Seramik Türkiye Bilim Teknik ve Endüstri Dergisi, No: 51, Mart–Ağustos Sayısı, Seramik Federasyonu, 108–115, (2017).
- [49] Howarter J., A. and Youngblood J., P., “Self-cleaning and next generation anti-fog surfaces and coatings”, Macromolecular Rapid Commun., 2008, 29: 455–466.
- [50] http://www.yaklasansaat.com/dunyamiz/bilim_ve_teknoloji/nanoteknoloji.asp (Erişim Tarihi: 10.10.2017).
- [51] Nadel S. J., Greene P., Rietzel J., Strumpf J., “Equipment, materials and processes: a review of high rate sputtering technology for glass coating”, Thin Solid Films, 2003, 442: 11–14.
- [52] Ozer N. M., Cronin J. P., “Sol-gel electrochromic materials and devices”, Key Engineering Materials, 2004, 264–268, 337–342.
- [53] Ladwig A., Babayan S., Simith M., Hester M., Highland W., Koch R., Hicks R., “Atmospheric plasma deposition of glass coatings on aluminum”, Surface and Coating Technology 2007, 201: 6460–6464.

- [54] Wen M., Chabagno J.-M., Silverman G., Bourrel M., “Edge-strengthening of flat glass with acrylate coatings”, *Journal of Non Crystalline Solids*, 2008, 354: 5060–5067.
- [55] Gao S.-L., Mäder E., Plonka R., “Nanocomposite coatings for healing surface defects of glass fibers and improving interfacial adhesion”, *Composites Science and Technology*, 2008, 68: 2892–2901.
- [56] Dal Bianco B., Bertocello R., “Sol-gel silica coatings for the protection of cultural heritage glass”, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B.*, 2008, 266: 2358–2362.
- [57] Zayim E., Ö., Turhan I., Tepehan F. Z., Ozer N. M., “Sol-gel deposited nickel oxide films for electrochromic applications”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2008, 92(2): 164–169.
- [58] Boccaccini A. R., Rossetti M., Roether J. A., Zein S. H. S., Ferraris M., “Development of titania coating on glass foams”, *Construction and Building Materials*, 2009, 23: 2554–2558.
- [59] Mohelnikova, J., “Materials for reflective coatings for window glass applications”, *Construction and Building Materials*, 2009, 23: 1993–1998.
- [60] Schoemaker S., Willert-Porada M., “Rapid thermal processing of nano-crystalline indium tin oxide transparent conductive oxide coatings on glass by flame impingement technology”, *Thin Solid Films*, 2009, 517: 3053–3056.
- [61] Fathi M. H., Doostmohammadi A., “Bioactive glass nanopowder and bioglass coating for biocompatibility improvement of metallic implant”, *Journal of Materials Processing Technology*, 2009, 309: 1385–1391.
- [62] Bharati S., Soundrapandian C., Basu D., Datta S., “Studies on a novel bioactive glass and composite coating with hydroxyapatite on titanium based alloys: effect of γ -sterilization on coating”, *Journal of European Ceramic Society*, 2009, 29: 2527–2535.
- [63] San Vicente G., Bayón R., Germán N., Morales A., “Long-term durability of sol-gel porous coatings for solar glass covers”, *Thin Solid Films*, 2009, 517: 3157–3160.
- [64] Bolelli G., Cannillo V., Gadow R., Killinger A., Lusvarghi L., Rauch J., “Microstructural and in vitro characterisation of high-velocity suspension flame sprayed (HVSFS) bioactive glass coatings”, *Journal of European Ceramic Society*, 2009, 29: 2249–2257.
- [65] Schmid G., Eisenmenger-Sittner C., Hell J., Horkel M., Keding M., Mahr H., “Optimization of a container design for deposition uniform metal coatings on glass microspheres by magnetron sputtering”, *Surface & Coating Technology*, 2010, 205: 1929–1936.
- [66] Jonnson A., Roos A., Jonson E. K., “The effect of transparency and light scattering of dip coated antireflection coatings on window glass and electrochromic foil”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2010, 94: 992–997.
- [67] Kobayashi A., Kuroda T., Kimura H., Inoue A., “Effect of spraying condition on property of Zr-based metallic glass coating by gas tunnel type plasma spraying”, *Materials Science and Engineering B.*, 2010, 173: 122–125.
- [68] Bolelli G., Cannillo V., Gadow R., Killinger A., Lusvarghi L., Sola A., Stiegler N., “Microstructure of an in-vitro behaviour of a novel high velocity suspension flame sprayed (HVSFS) bioactive glass coatings”, *Surface & Coating Technology*, 2010, 205: 1145–1149.
- [69] Nagamedianova Z., Ramírez-García R. E., Flores-Arévalo S. V., Miki-Yoshida M., Arroyo-Ortega M., “Solar heat reflective glass by nanostructured sol-gel multilayer coatings”, *Optical Materials*, 2011, 33: 1999–2005.
- [70] Crombez R., McMinis J., Veerasamy V. S., Shen W., “Experimental study of mechanical properties and scratch resistance of ultra-thin diamond-like-carbon (DLC) coatings deposited on glass”, *Tribology International*, 2011, 44: 55–62.
- [71] Ganbavle V. V., Bangi U. K. H., Latth S. S., Mahadik, S. A., Rao A. V., “Self-cleaning silica coating on glass by single step sol-gel route”, *Surface & Coating Technology*, 2011, 205: 5338–5344.
- [72] Bannier E., Darut G., Sánchez E., Denoijerjean A., Bordes M. C., Salvador M. D., Rayón E., Ageorges H., “Microstructure and photocatalytic activity of suspension plasma sprayed TiO₂ coatings on steel and glass substrates”, *Surface & Coating Technology*, 2011, 206: 378–386.

- [73] Yoon S., Kim J., Bae G., Kim B., Lee C., “Formation of coating and tribological behavior of kinetic sprayed Fe-based bulk metallic glass”, *Journal of Alloys and Compound*, 2011, 509: 347–353.
- [74] Wu Y., Chen S., Jiang J., Li H., Gao K., Zhang P., “The effect of 58S bioactive glass coating on polyethylene terephthalates in graft-bone healing”, *Journal of Bionic Engineering*, 2012, 9: 470–477.
- [75] Zhu W., Tong D., Xu J., Liu Y., Ma J., “Multifunctional composite multilayer coatings on glass with self-cleaning hydrophilicity and heat-insulating properties”, *Thin Solid Films*, 2012, 526: 201–211.
- [76] Yugeswaran S., Kobayashi A., Suresh K., Rao K. P., Subramanian B., “Wear behavior of tunnel type plasma-sprayed Zr-based metallic glass composite coatings”, *Applied Surface Science*, 2012, 258: 8460–8468.
- [77] Chen M., Shen M., Wang X., Zhu S. and Wang F., “Oxidation and thermal shock behavior of a glass-alumina composite coating on K38G superalloy at 1000 °C”, *J. Mater. Sci. Technol.*, 2012, 28(5): 433–438.
- [78] Shütz A., Günthner M., Motz G., Greißl O., Glatzel U., “Characterisation of novel precursor-driven ceramic coatings with glass filler particles on steel substrates”, *Surface & Coating Technology*, 2012, 207: 319–327.
- [79] Wang Z.-J., Kwon D.-J., Gu Ga.-Y., DeVries K. L., Park J.-M., “Surface control and cryogenic durability of transparent CNT coatings on dip-coated glass substrates”, *Journal of Colloid and Interface Science*, 2012, 386: 415–420.
- [80] Kamalisarvestani M., Saidur R., Mekhilef S., Javadi F. S., “Performance, materials and coating technologies of thermochromic thin film on smart windows”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2013, 26: 353–364.
- [81] Chang Y.-Y., Cheng C.-M., Liou Y.-Y., Tillmann W., Hoffmann F., Sprute T., “High temperature wettability of multicomponent CrAlSiN and TiAlSiN coatings by molten glass”, *Surface & Coating Technology*, 2013, 231: 24–28.
- [82] Jiao Y., Xiao G.-Y., Xu W.-H., Zhu R.-F., Lu Y.-P., “Factors influencing the deposition of hydroxyapatite coating onto hollow microspheres”, *Materials Science and Engineering C.*, 2013, 33: 2744–2751.
- [83] Cheng J. B., Liang X. B., Wang Z. H., Xu B. S., “Dry sliding friction and wear properties of metallic glass coating and martensite stainless coatings”, *Tribology International*, 2013, 60: 140–146.
- [84] Barletta M., Puopolo M., Gisario A., Vesco S., “Application and drying at ambient temperature of thick organic-inorganic hybrid coatings on glass”, *Surface & Coating Technology*, 2013, 236: 212–223.
- [85] Wang S., Zhang W., “Influence of heat treatment for coating of nickel plating on hollow glass beads”, *Physics Procedia*, 2013, 50: 219–224.
- [86] Suresh K., Yugeswaran S., Rao K. P., Kobayashi A., Shum P. W., “Sliding wear behavior of gas tunnel type plasma sprayed Ni-based metallic glass composite coatings”, *Vacuum*, 2013, 88: 114–117.
- [87] Yugeswaran S., Kobayashi A., Suresh K., Subramanian B., “Characterization of gas tunnel type plasma sprayed TiN reinforced Fe-based metallic glass coatings”, *Journal of Alloys and Compound*, 2013, 551: 168–175.
- [88] Zuber K., Hall C., Murphy P., Ewans D., “Enhanced abrasion resistance of ultrathin reflective coatings on polymeric substrates: an improvement upon glass substrates”, *Wear*, 2013, 297: 986–991.
- [89] Dong H., Li X., Huang X., Zhou Y., Jiang W., Chen L., “Improved oxidation resistance of thermoelectric skutterudites coated with composite glass”, *Ceramics International*, 2013, 39: 4551–4557.

- [90] Chen M., Shen M., Wang X., Zhu S., Wang F., “Interfacial reaction between $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-ZnO-CaO}$ based glass coatings and K38G superalloy substrates”, *Surface & Coating Technology*, 2013, 216: 145–151.
- [91] Cattini A., Latka L., Bellucci D., Bolelli G., Sola A., Lusvardi L., Pawlowski L., Cannillo V., “Suspension plasma sprayed bioactive glass coatings: effects of processing on microstructure, mechanical properties and in-vitro behavior”, *Surface & Coating Technology*, 2013, 220: 52–59.
- [92] Louloudakis D., Vernardou D., Spanakis E., Katsarakis N., Koudoumas E., “Electrochemical properties of vanadium oxide coatings grown by APCVD on glass substrates”, *Surface & Coating Technology*, 2013, 230: 186–189.
- [93] Trespido F., Timò G., Galeotti F., Pasini M., “PDMS antireflection nano-coating for glass substrate”, *Microelectronic Engineering*, 2014, 126: 13–18.
- [94] Cattini A., Bellucci D., Sola A., Pawlowski L., Cannillo V., “Functional bioactive glass topcoats on hydroxyapatite coatings: analysis of microstructure and in-vitro bioactivity”, *Surface & Coating Technology*, 2014, 240: 110–117.
- [95] Yugeswaran S., Kobayashi A., “Metallic glass coatings fabricated by gas tunnel type plasma spraying”, *Vacuum*, 2014, 110: 177–182.
- [96] Schweiger S., Neubauer C., Fraser S. D., Klein T., Schennach R., Reichmann A., Gruber-Woelfler H., “Coating on glass substrates to prevent alkali ion diffusion into pharmaceutical solution”, *Surface & Coating Technology*, 2014, 258: 1249–1255.
- [97] An Y., Hou G., Chen J., Zhao X., Liu G., Zhou H., Chen J., “Microstructure and tribological properties of iron-based metallic glass coatings prepared by atmospheric plasma spraying”, *Vacuum*, 2014, 107: 132–140.
- [98] De Bard M., Hutter, H., Schreiner M., Bertocello R., “Sol-gel silica coating for potash-lime-silica stained glass: applicability and protective effect”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2014, 390: 45–50.
- [99] Múgica-Vidal R., Alba-Elías F., Sainz-García E., Ordieres-Meré J., “Atmospheric plasma-polymerization of hydrophobic and wear-resistant coatings on glass substrates”, *Surface & Coating Technology*, 2014, 259: 374–385.
- [100] Ting J. A. S., Rosario L. M. D., Lee Jr H. V., Ramos H. J., Tumlos R. B., “Hydrophobic coating on glass surfaces via application of silicone oil and activated using a microwave atmospheric plasma jet”, *Surface & Coating Technology*, 2014, 259: 7–11.
- [101] Chakraborty J., Sengupta S., Ray S., Ghosh S., Kapoor R., Gouri S. P., Pande G., Datta S., “Multifunctional gradient coatings of phosphate-free bioactive glass on SS316L biomedical implant materials for improved fixation”, *Surface & Coating Technology*, 2014, 240: 437–443.
- [102] Huang K., Cai S., Xu G., Ren M., Wang X., Zhang R., Niu S., Zhao H., “Sol-gel derived mesoporous 58S bioactive glass coatings on AZ31 magnesium alloy and in-vitro degradation behavior”, *Surface & Coating Technology*, 2014, 240: 137–144.
- [103] Qu J., Song J., Qin J., Song Z., Zhang W., Shi Y., Zhang T., Zhang H., Zhang R., He Z., Xue X., “Transparent thermal insulation coatings for energy efficient glass windows and curtain walls”, *Energy and Buildings*, 2014, 77: 1–10.
- [104] Nielsen K. H., Orzol D. K., Koynov S., Carney S., Hultstein E., Wondraczek L., “Large area, low cost anti-reflective coating for solar glass”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2014, 128: 283–288.
- [105] Zhang H., Hu, Y., Hou G., An Y., Liu G., “The effect of high-velocity oxy-fuel spraying parameters on microstructure, corrosion and wear resistance of Fe-based metallic glass coatings”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2014, 436: 37–44.
- [106] Dave V., Gupta H. O., Chandra R., “Nanostructured hydrophobic DC sputtered inorganic oxide coating for outdoor glass insulators”, *Applied Surface Science*, 2014, 231–239.

- [107] Concustell A., Henao J., Dosta S., Cinca N., Cano I. G., Guilemany J. M., “On the formation of metallic glass coatings by means of cold gas spray technology”, *Journal of Alloys and Compounds*, 2015, 651: 764–772.
- [108] Holubová B., Cílová Z. Z., Kučerová I., Zlámál M., “Weatherability of hybrid organic–inorganic silica protective coatings on glass”, *Progress in Organic Coatings*, 2015, 88: 172–180.
- [109] Cordero–Arias L., Cabanas–Polo S., Goudouri O. M., Misra S. K., Giabert J., Valsami–Jones E., Sacher E., Virtanen S., Boccaccini A. R., “Electrophoretic deposition of Zn/alginate and ZnO–bioactive glass/alginate composite coatings for antimicrobial applications”, *Materials Science and Engineering*, 2015, C 55: 137–144.
- [110] Monsalve M., Lopez E., Ageorges H., Vargas F., “Bioactivity and mechanical properties of bioactive glass coatings fabricated by flame spraying”, *Surface & Coatings Technology*, 2015, 268: 142–146.
- [111] Yuan Y., Chen Y., Chen W. L., Hong R. J., “Preparation, durability and thermostability of hydrophobic antireflective coatings for solar glass cover”, *Solar Energy*, 2015, 118: 222–231.
- [112] Zhang J., Mei G., Zhao S., Meng H., Xie Z., “A fused glass coating for oxidation protection of Mo–W–ZrO₂ cermet”, *Surface & Coatings Technology*, 2015, 261: 189–194.
- [113] Zhu Y., Fu J., Zheng C., Ji Z., “Effect of laser shock peening without absorbent coating on the mechanical properties of Zr–based bulk metallic glass”, *Optics & Laser Technology*, 2015, 75: 157–163.
- [114] Jiang–Fen H., Yong–Liang, Z., Kong–Jun Z., Cui–Yan L., Li–Yun C., Lei Z., Hai–Bo Q., Bo–Ye Z., Wei H., Chun–Yan Y., “Microstructure and oxidation protection of borosilicate glass coating prepared by pulse arc discharge deposition for C/C composites”, *Ceramics International*, 2015, 41: 4662–4667.
- [115] Rezayi T., Entezari M. H., “Achieving to a superhydrophobic glass with high transparency by a simple sol–gel–dip coating method”, *Surface & Coatings Technology*, 2015, 276: 557–564.
- [116] Cachafeiro H., Fdez. de Arevalo L., Vinuesa R., Goikoetxea J., Barriga J., “Impact of solar selective coating ageing on energy cost”, *Energy Procedia*, 2015, 69: 299–309.
- [117] Espino–Estévez M. R., Fernández–Rodríguez C., González–Díaz O. M., Navío J. A., Fernández–Hevia D., Doña–Rodríguez J. M., “Enhancement of stability and photoactivity of TiO₂ coatings on annular glass reactors to remove emerging pollutants from waters”, *Chemical Engineering Journal*, 2015, 279: 488–497.
- [118] Catauro M., Bollino F., Papale F., Cipriotti S. V., “Investigation of bioactivity, biocompatibility, thermal behavior and antibacterial properties of calcium silicate glass coatings containing Ag”, *Journal of Non–Crystalline Solids*, 2015, 422: 16–22.
- [119] Surekha, K. and Sundararajan, S., “Self–cleaning glass”, Chapter 4 in *Anti–Abrasive Nanocoatings*, Elsevier, (2015).
- [120] Shao G., Wu X., Kong Y., Cui S., Shen X., Jiao C., Jiao J., “Thermal shock behavior of infrared radiation property of integrative insulation consisting of MoSi₂/borosilicate glass coating and fibrous ZrO₂ ceramic substrate”, *Surface & Coatings Technology*, 2015, 270: 154–163.
- [121] Wang X., Chen M., Zhu S., Wang F., “Oxidation behavior of glass–based composite thermal barrier coating on K417G superalloy with NiCoCrAlY bond coat at 1000 °C”, *Surface & Coatings Technology* 270, 2015: 314–323.
- [122] “Sputter yöntemi ile temperlenebilir low–E kaplama (60’43 T)”, İncelemeli Patent Tescil Karar Tarihi: 21.04.2016, Şişecam A.Ş., (2016).
- [123] “Bir çözelti ile kaplanmış cam eldesi (antireflekte)”, İncelemesiz Patent, Tescil Karar Tarihi: 21.06.2016, Şişecam A.Ş., (2016).
- [124] Domaradzki J., Kaczmarek D., Mazur M., Wojcieszak D., Halarewicz J., Glodek S., Domanowski P., “Investigations of optical and surface properties of Ag single thin film coating as semitransparent heat reflective mirror”, *Materials Science–Poland*, 2016, 34(4): 747–753.

- [125] Bobzin K., Öte M., Linke T. F. and Königstein T., “Process development for innovative iron alloy metallic glass coatings”, *Advanced Engineering Materials*, 2016, 18: 1833–1840.
- [126] Burkov A. A., Pyachin S. A., Zaytsev A. V., Kirichenk, E. A., Teslina M. A., Syuy N. A., “Development and study of FeWMoCrBC metallic glass coatings synthesized by electrospark deposition”, *Letters on Materials*, 2016, 6 (3): 163–167.
- [127] Henao J., Concustell A., Dosta S., Cinca N., Cano I. G. and Guilemany J. M., “Influence of the substrate on the formation of metallic glass coatings by cold gas spraying”, *Journal of Thermal Spray Technology*, 2016, Vol. 25(5): 992–1008.
- [128] Chu Z., Yang Y., Chen X., Yan D., Huang D., Lei W., Liu Z., “Characterization and tribology performance of Fe-based metallic glassy composite coatings fabricated by gas multiple-tunnel plasma spraying”, *Surface & Coatings Technology*, 2016, 292: 44–48.
- [129] Kiefer K., Amlung M., Aktas O. C., de Oliveira P. W., Abdul-Khaliq H., “Novel glass-like coatings for cardiovascular implant application: preparation, characterization and cellular interaction”, *Material Science and Engineering*, 2016, C 58: 812–816.
- [130] Seuss S., Heinloth M, Boccaccini A. R., “Development of bioactive composite coatings based on combination of PEEK, bioactive glass and Ag nanoparticles with antibacterial properties”, *Surface & Coatings Technology*, 2016, 301: 100–105.
- [131] Henao J., Concustell A., Cano I. G., Dosta S., Cinca N., Guilemany J. M., Suhonen T., “Novel Al-based metallic glass coatings by cold gas spray”, *Materials and Design*, 2016, 94: 253–261.
- [132] Díaz L. A., Cabal B., Prado C., Moya J. S., Torrecillas R., Fernández A., Arhire I., Krieg P., Killinger A., Gadow R., “High-velocity suspension flame sprayed (HVSFS) soda-lime glass coating on titanium substrate: its bactericidal behaviour”, *Journal of European Ceramic Society*, 2016, 36: 2653–2658.
- [133] Laouamri H., Giljean S., Arnol G., Kolli, M., Bouaouadja N., Tuilier M.-H., “Roughness influence on the optical properties and scratch behavior of acrylic coating deposited on sandblasted glass”, *Progress in Organic Coatings*, 2016, 101: 400–406.
- [134] Lampert F., Jensen A. H., Din R. U., Møller P., “Hydrogen silsesquioxane based silica glass coatings for the corrosion protection of austenitic stainless steel”, *Surface & Coatings Technology*, 2016, 307: 879–885.
- [135] Wu H., Lan X.-D., Liu Y., Li F., Zhang W.-D., Chen Z.-J., Zai X.-F., Zeng A. H., “Fabrication, tribological and corrosion behaviors of detonation gun sprayed Fe-based metallic glass coating”, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 2016, 26: 1629–1637.
- [136] Wen Q., Zhou W., Su J., Qing Y., Luo F., Zhu D., “High performance electromagnetic interference shielding of lamellar MoSi₂/glass composite coatings by plasma spraying”, *Journal of Alloys and Compounds*, 2016, 666: 359–365.
- [137] Stazi F., Giampaoli M., Tittarelli F., Di Perna C., Munafò P., “Durability of different glass coatings in humid and saline environments, ageing impact on heat-light transmission and thermal comfort”, *Building and Environment*, 2016, 105: 210–224.
- [138] Ramani R. V., Ramani B. M., Sapia A. D., Savaliya C., Rathod K. N., Markna J. H., “Cr-ZnO nanostructured thin film coating on borosilicate glass by cost effective sol-gel dip coating method”, *Ain Shams Engineering Journal*, 2016, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2016.04.015>.
- [139] Reyes Y., Durán A., Castro Y., “Glass-like cerium sol-gel coatings on AZ31B magnesium alloy for controlling the biodegradation of temporary implants”, *Surface & Coatings Technology*, 2016, 307: 574–582.
- [140] Nian Y.-Y., Youh M.-J., Chang C.-P., Chen, Y.-C., Ger M.-D., “Preparation of Styrene- γ -methacryloxypropyltrimethoxysilane/Pd nanoparticles as ink for ink-jet printing technology and electroless nickel plating on glass”, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2016, 68: 423–430.

- [141] Fu G. Y., We L. Q., Shan, X., Zhang X. M., Ding J., Lv C. C., Liu Y., Ye S. F., “Influence of a Cr₂O₃ glass coating on enhancing the oxidation resistance of 20MnSiNb structural steel”, *Surface & Coatings Technology*, 2016, 294: 8–14.
- [142] Cuce E., “Toward multi-functional PV glazing technologies in low/zero carbon buildings: heat insulation solar glass-latest developments and future prospects”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2016, 60: 1286–1301.
- [143] Rodriguez O., Curran D. J., Papini M., Placek L. M., Wre A. W., Schemitch, E. H., Zalzal P., Towler M. R., “Characterization of silica-based and borate-based, titanium-containing bioactive glasses for coating metallic implants”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2016, 433: 95–102.
- [144] Baoyu Z., Xinge G., Xiaohua C., Wenzhi Y., Ziming C., Wei H., Fujun S., Honggang S., “Improvement of the corrosion resistance of steel wires by manufacturing continuous bulk metallic glass-coated steel wires”, *Rare Metal Materials and Engineering*, 2016, 45(11): 2818–2822.
- [145] Hunt R., Cording C. “Selecting the best float glass coating technology”, *Glass International*, 2017, 40 (1): 46–472.
- [146] Bera A., Deb K., Bera T., Sinthika S., Thapa R., Saha B., “Effect of Mg substitution in delafossite structured CuFeO₂ thin film deposited on FTO coated glass substrate and its diode characteristics”, *Thin Solid Films*, 2017, 642: 316–323.
- [147] Naumkin A. V., Rodlovskaya E. N., Vasnev V. A., Izmaylov B. A., Markova G. D., Dvoryak S. V. and Ivanov A. S., “Organoelement coatings on glass as precursors for biochip technologies”, *Macromol Symp.*, 2017, 375: 1–5.
- [148] Wang H.-Y., Zhang H., Jiang H., Wang G.-Q., Xiong C.-R. “Preparation of coating glass with high visible transmittance and high UV cut-off”, *Wuji Cailiao Xuebao/Journal of Inorganic Materials*, 2017, 32 (7): 758–764.
- [149] Wu L. Y. L., Zhao Q., Huang H., Lim R. J., “Sol-gel based photochromic coating for solar responsive smart window”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 320: 601–607.
- [150] Nam Y.-V., Choi J.-H., Lee W.-J., Kim C.-G., “Fabrication of a thin and lightweight microwave absorber containing Ni-coated glass fibers by electroless plating”, *Composites Science and Technology*, 2017, 145: 165–172.
- [151] Yao Y., Lee K.-T., Sheng X., Batara N. A., Hong N., He J., Xu L., Hussain M. M., Atwater H. A., Lewis N. S., Nuzzo R. G. and Rogers J. A., “Porous nanomaterials for ultrabroadband omnidirectional anti-reflection surfaces with applications in high concentration photovoltaics”, *Adv. Energy Mater.*, 2017, 7: 1–9.
- [152] Ryshchenko M. I., Belostotskaya L. A., Trusova Yu. D., Shchukina L. P., Pavlova L. V., “Glass-crystal coatings for ceramic face bricks”, *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 2017, (5): 58–64.
- [153] Rezaei S. D., Shannigrahi S., Ramakrishna S., “A review of conventional, advanced and smart glazing technologies and materials for improving indoor environment”, *Solar Energy Materials Solar Cells*, 2017, 159: 26–51.
- [154] Ya M., Su Z., Zou P., Chen J., Li F., Feng Q., Yao X., “Dielectric properties under high electric field for silicon doped alumina thin film with glass-like structure derived from sol-gel process”, *Journal of Alloys and Compounds*, 2017, 690: 249–255.
- [155] Goleus V. I., “Properties of borosilicate glass frit as a basis for obtaining glass-enamel coatings”, *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 2017, (3): 47–52.
- [156] Granqvist C. G. and Niklasson G. A., “Thermochromic oxide-based thin films and nanoparticle composites for energy-efficient glazings”, *Buildings*, 2017, 7: 3; doi:10.3390/buildings7010003.
- [157] Estrada-Martínez J., Reyes-Gasga J., García-García R., Vargas-Becerril N., Zapata-Torres M. G., Gallardo-Rivasa N. V., Mendoza-Martínez A. M., Paramo-García U., “Wettability modification of the AISI 304 and 316 stainless steel and glass surfaces by titanium oxide and titanium nitride coating”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 330: 61–70.

- [158] Barua N. K., Ragini T., Subasri R., “Sol–gel derived single–layer zeolite–based coatings on glass for broadband antireflection properties”, *Journal of Non–Crystalline Solids*, 2017, 469: 51–55.
- [159] Zawadzka K., Godlewska E., Mars K., Nocun M, Kryshtal A., Czyska–Filemonowicz A., “Enhancement of oxidation resistance of CoSb₃ thermoelectric material by glass coating”, *Materials and Design*, 2017, 119: 65–75.
- [160] Pospiech D., Jehnichen D., Starke S., Müller F., Bünker T., Wollenberg A., Häußler L., Simon F., Grundke K., Oertel U., Opitz M., Kruspe R., “Multifunctional methacrylate–based coatings for glass and metal surfaces”, *Applied Surface Science*, 2017, 399: 205–214.
- [161] Cheng J., Wang B., Liu Q., Liang X., “In–situ sythesis of novel Al–Fe–Si metallic glass coating by arc spraying”, *Journal of Alloys and Compounds*, 2017, 716: 88–95.
- [162] Pacaphol K., Aht–Ong D., “The influences of silanes on interfacial adhesion and surface properties of nanocellulose film coating on glass and aluminum substrates”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 320: 70–81.
- [163] Osadnik M., Wrona A., Lis M., Kamińska M., Bilewska K., Czepelak M., Czechowska K., Moskal G., Więclaw G., “Plasma–sprayed Mo–Re coatings for glass industry applications”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 318: 349–354.
- [164] Rehman M. A. U., Bastan F. E., Haider B., Boccaccini A. R., “Electrophoretic deposition of PEEK/bioactive glass composite coatings for orthopedic implants: a design of experiments (DoE) study”, *Materials & Design*, 2017, 130: 223–230.
- [165] Li Y., Matinmanesh A., Curran D. J., Schemitsch E. H., Zalzal P., Papini M., Wren A. W., Towler M. R., “Characterization and fracture property of different strontium–containing borate–based glass coating for Ti6Al4V substrates”, *Jornal of Non–Crystalline Solids*, 2017, 458: 69–75.
- [166] Adak D., Ghosh S., Chakrabart P., Mondal, A., Saha H., Mukherjee R., Bhattacharyya R., “Self–cleaning V–TiO₂:SiO₂ thin–film coatings with enhanced transmission for solar glass cover and related applications”, *Solar Energy*, 2017, 155: 410–418.
- [167] Múgica–Vidal R., Alba–Elías F., Sainz–García E., Pantoja–Ruiz M., “Atmospheric pressure air plasma treatment of glass substrates for improved silver/glass adhesion in solar mirrors”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2017, 169: 287–296.
- [168] Wang B., Hua Y., Ye Y., Chen R., Li Z., “Transparent superhydrophobic solar glass prepared by fabricating groove–shaped arrays on the surface”, *Applied Surface Science*, 2017, 426: 957–964.
- [169] Askar K., Wang J., Leo S.–Y., Kim C., Fenton A. M., Jiang P., Jiang B., “Scalable parallel self–assembly of nanoparticle anti–reflection coatings”, *Thin Solid Film*, 2017, 621: 156–164.
- [170] Tao X., Li X., Gu L., Xu, X., Guo, A., Hou F., Liu J., “Effect of TaSi₂ content on the structure and properties of TaSi₂–MoSi₂–borosilicate glass coating on fibrous insulation for enhanced surficial thermal radiation”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 316: 122–130.
- [171] Zhang W., Tu J., Long W., Lai W., Sheng Y., Guo T., “Preparation of SiO₂ anti–reflection coatings by sol–gel method”, *Energy Procedia*, 2017, 130: 72–76.
- [172] Bouvard O., Lanini M., Burnier L., Witte R., Cuttat B., Salvadè A., Schüler A., “Nano & microstructured materials for renewable energies (solar nano and micro microtechnologies)”, *Energy Procedia*, 2017, 122: 781–786.
- [173] Ardakan A. M., Sok E., Niemasz J., “Electrochromic glass vs fritted glass: an analysis of glare control performance”, *Energy Procedia*, 2017, 122: 343–348.
- [174] Bik M., Stygar M., Jelén P., Dąbrowa J., Leśniak M., Brylewski T., Sitarz M., “Protective–conducting coating based on black glasses (SiOC) for application in solid oxide fuel cell”, *International Journal of Hydrogen Energy*, 2017, 42: 27298–27307.
- [175] Wu L. Y. L., Zhao Q., Huang H., Lim R. J., “Sol–gel based photochromic coating for solar responsive smart window”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 320: 601–607.
- [176] Siecker J., K. Kusakana K., Numbi B. P., “A review of solar photovoltaic systems cooling technologies”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, 79: 192–203.

- [177] Nam Y.-W., Choi J.-H., Lee W.-J., Kim C.-G., “Fabrication of a thin and lightweight microwave absorber containing Ni-coated glass fibers by electroless plating”, *Composites Science and Technology*, 2017, 145: 165–172.
- [178] Fernandez J. S., Gentil P., Pires R. A., Reis R. L., Hatton P. V., “Multifunctional bioactive glass and glass-ceramic biomaterials with antibacterial properties for repair and regeneration of bone tissue”, *Acta Biomaterialia*, 2017, 59: 2–11.
- [179] Garlisi C., Palmisano G., “Radiation free superhydrophilic and antifogging properties of E-beam evaporated TiO₂ films on glass”, *Applied Surface Science*, 2017, 420: 83–93.
- [180] Lee J., Liou M.-L., Duh J.-G., “The development of a Zr-Cu-Al-Ag-N thin film metallic glass coating in pursuit of improved mechanical, corrosion and antimicrobial property for bio-medical application”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 310: 214–222.
- [181] Bouarioua A., Zerdaoui M., “Photocatalytic activities of TiO₂ layers immobilized on glass substrates by dip-coating technique toward the decolorization of methyl orange as a model organic pollutant”, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2017, 5: 1565–1574.
- [182] Dalai S., Savithri V. and Sharma P., “Investigating the effect of cobalt loading on thermal conductivity and hydrogen storage capacity of hollow glass microspheres (HGMs)”, *Materials Today: Proceedings*, 2017, 4: 11608–11616.
- [183] Chang C. M., Yang C. J., Wang K.-K., Liu J.-K., Hsu J. H., Huang J. C., “On the reflectivity and antibacterial/antifungal responses of Al-Ni-Y optical thin film metallic glass composites”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 327: 75–82.
- [184] Addanki S., Nedumaran D., “Fabrication of ozone sensors on porous glass substrates using gold and silver thin films nanoislands”, *Optik*, 2017, 150: 11–21.
- [185] Kewvilai A., Tanathakorn, R., Laobuthee, A., Rattanasakulthong, W., Rodchanarowan, A., “Electroless copper plating on nano-silver activated glass substrate: a single-step activation”, *Surface & Coatings Technology*, 2017, 319: 260–266.
- [186] Lampert F., Christiansen A. B., Din R. U., Gonzalez-Garcia Y., Møller P., “Corrosion resistance of AISI 316L coated with an air-cured hydrogen silsesquioxane based spin-on-glass enamel in chloride environment”, *Corrosion Science*, 2017, 127: 260–266.
- [187] Carlier T., Saitzek S., Méar F. O., Blach J.-F., Ferri A., Huvé M., Montagne L., “Aluminosilicate glass thin films elaborated by pulsed laser deposition”, *Applied Surface Science*, 2017, 397: 13–18.
- [188] Arabatzis I., Todorova N., Fasaki I., Tsesmeli C., Peppas A., Li W. X., Zhao Z., “Photocatalytic, self-cleaning, antireflective coating for photovoltaic panels: characterization and monitoring in real conditions”, *Solar Energy*, 2018, 159: 251–259.
- [189] Enrichi F., Armellini C., Belmokhtar S., Bouajaj A., Chiappini A., Ferrari M., Quandt A., Righini G. C., Vomiero A., Zur L., “Visible to NIR downconversion process in Tb³⁺-Yb³⁺ codoped silica-hafnia glass and glass-ceramic sol-gel waveguides for solar cells”, *Journal of Luminescence*, 2018, 193: 44–50.
- [190] Zhukov A., Ipatov M., del Val J. J., Churyukanova, M., Zhukova, V., “Tailoring of magnetic properties of Heusler-type glass-coated microwires by annealing”, *Journal of Alloys and Compounds*, 2018, 732: 561–566.
- [191] Liu Z., Ji J., Jiang J., Wang J., “Experimental analysis for electromagnetic scattering characteristics of aluminum-doped zinc oxide (AZO) coated glass”, *Optik*, 2018, 155: 561–566.
- [192] Yusof N. N., Ghoshal S. K., Arifin R., Awang A., Tewari H. S., Hamzah K., “Self-cleaning and spectral attributes of erbium doped sodium-zinc-tellurite glass: role of titania nanoparticles”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2018, 481: 225–238.
- [193] Koçak A., Karasu B., “General evaluations of nanoparticles”, *El-Cezeri Journal of Science and Engineering (EJCSE)*, 2018, Vol. 5 (1): 191–236.