



Makale / Research Paper

Organik Camlar

Ezgi AKKAŞOĞLU, Bekir KARASU

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

Received/Geliş: 17.03.2018

Revised/Düzeltilme: 24.04.2018

Accepted/Kabul: 25.04.2018

Öz: Poli akrilat, polis stren ve polikarbonat gibi organik polimerlerden ve metil metakrilatlı vinil klorür kopolimerlerinden elde edilen şeffaf, katı malzemelere teknik bağlamda organik cam adı verilmektedir. Endüstride, “organik cam” terimi ile genellikle metil metakrilatın blok polimerizasyonu ile üretilen bir malzeme tabakası anlaşılmaktadır. Organik cam, vakum ya da pnömatik şekillendirme veya baskılanma yöntemleriyle işlenebilmektedir, ayrıca, mekanik sürece tabi tutulabilmekte ve yapıştırılıp kaynaklanabilmektedir. Hava araçlarında, otomobillerde ve gemilerde yapı malzemesi, kış bahçelerinde, pencere ve verandalarda örtücü olarak kullanılmaktadır. Binalar sıklıkla organik camlarla dekore edilmekte ve cihaz parçalarında, protezlerde, lenslerde, optik uygulama prizmalarında, ayrıca yiyecek endüstrisi borularında değerlendirilmektedir. Bu çalışmada organik camlar tanımlanmakta, türleri, üretimleri ve son dönem çalışmaları sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Organik cam, Tarihçe, Süreç, Özellikler, Uygulama, Gelişim

Organic Glasses

Abstract: The technical name for transparent solid materials made from organic polymers as polyacrylates, polystyrene, and polycarbonates and from the copolymers of vinyl chloride with methyl methacrylate is organic glass. In industry, the term “organic glass” is usually understood as a sheet material produced by the block polymerization of methyl methacrylate. Organic glass may be treated by vacuum or pneumatic forming and by stamping. It can be processed mechanically and can also be glued or welded. It is used as a structural material in aircraft, automotive vehicles, and ships. It is also used for enclosing hotbeds and for glazing greenhouses, domes, windows, and porches. Buildings are often decorated with organic glass, and the material is also used in fashioning instrument parts, prostheses, lenses and prisms used in optics, and pipes used in food processing. The present study gives knowledge about description, types, production and latest development of organic glasses.

Keywords: Organic glass, History, Process, Properties, Application, Development

1. Giriş

Camın keşfi insanlık tarihi açısından önemli bir kilometre taşıdır. Cam, üstün optik özellikleri sayesinde sayılamayacak kadar pek çok alanda kullanılmaktadır. Ancak, kırılğan ve ağır olması gibi olumsuz özellikleri üreticileri cama alternatif yeni malzemeler bulmaya itmektedir.

Organik camlar, cama alternatif olarak ortaya çıkmış polimerik malzemelerdir. Kimyasal bileşimi, üretim metodu ve birçok özelliği geleneksel inorganik camlardan farklıdır. Bazıları şeffaftır ve caminkine benzer optik özellikler sergilerler [1]. Organik camlar, optik elemanların tasarımında benzersiz olanaklar sunarlar [2] ve böylece, de inorganik optik camın değerli bir tamamlayıcısı haline gelirler.

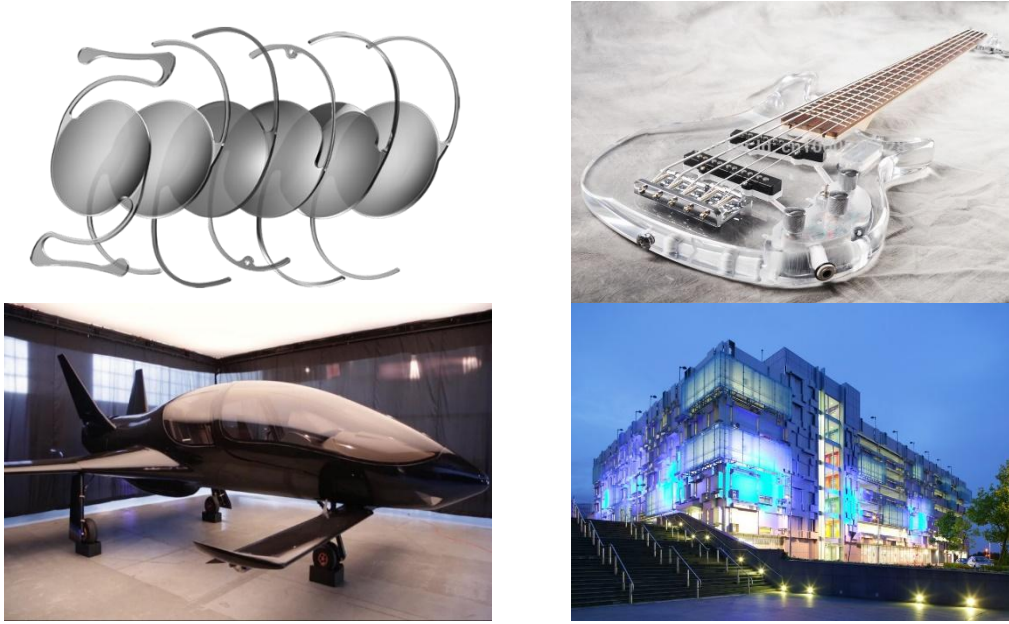
Bu makaleye atf yapmak için

Akkaşoğlu, E., Karasu, B., “Organik Camlar”, El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(2); 512-536.

How to cite this article

Akkaşoğlu, E., Karasu, B., “Organic Glasses” El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2018, 5(2); 512-536.

Günümüzde organik camlar, gözlük camları, implant, akvaryum tankları, uçak kanopisi [3], televizyon ve radar ekranları, araba ön camları, pencere camları, teleskop ve kamera camları, büro ışıklandırma gereçleri, çatılarda yapı elemanı, süs eşyası ve hızla büyüyen optik bilgi depolama sektöründe kullanım gibi gündelik yaşantımızda geniş bir uygulama alanına sahiptirler.



Şekil 1. Organik camların bazı kullanım alanları [4–7].

Organik camların ısıl davranışı inorganik esaslı geleneksel camlarınkine benzerdir. Organik camlar, eriyiğin hızlı soğutulmasıyla kristalleşme eğilimini engelleyen, karmaşık yumak düzeninde karbon–karbon zincirleri içerir [8]. Bu zincirler birbiri içine giren yumak görünümünde olup, bir konformasyondan öbürüne rastgele dönme ve kıvrılma dönüşümleri yaparlar. Yeterince düşük sıcaklıklarda ise aynı polimer sert bir katıdır. Polimerik malzeme soğutulduğunda birbirinden büsbütün ayrı iki mekanizma ile katılaşabilir; kristalleşme, camsılaşma. Bazı polimerlerde kristalleşme bazılarında ise camsılaşma ön plandadır [9].

Bir polimerik maddenin ne tür pratik uygulamaya elverişli olduğu, başlıca T_e (ergime noktası) ve T_g (cam geçiş sıcaklığı) ile belirlenir. Ergimiş haldeki sıcak bir polimer soğutulursa, T_e 'nin biraz altında kristalleşme başlar ve genellikle bir miktar camsı (amorfl) madde içeren çoklu kristalin kütle elde edilir. Polimer hızla soğutulursa, kristalleşmeksizin T_e 'nin altına inebilir. Bu durumda, termodinamik bakımından yarı kararlı (meta–stable) aşırı–soğumuş, amorf bir madde elde edilir. Moleküllerin dönüp bükülme dönüşümleri sürdürüldüğü için polimer sert değildir. Sıcaklık daha da düşürülürse, moleküllerin dönüşümleri gitgide yavaşlar ve cam geçiş sıcaklığının (T_g) altında durur. Bundan sonra polimer, sert, kırılğan, kristalin olmayan bir katı hal alır [9].

Organik camlar, geleneksel camlar gibi şeffaf ve rijit, polimerler gibi hafif ve kolay üretilme avantajına sahiptirler [1]. Ayrıca, camlara kıyasla daha az buhar tutmakta, çok yüksek mor ötesi (UV) koruması sağlamaktadırlar. Ancak, kırınım indisleri ve yüzey sertlikleri camlardan daha düşüktür. Dolayısıyla, çizilmeye karşı dayanımları daha azdır. Bu sebeple genellikle yüzeylerine çizilmeye karşı dayanıklı kaplamalar uygulanmaktadır.

2. Organik Camların Üretimi

Organik camlar bir monomerin kalıplara doldurularak ısı altında polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Polimerizasyon, küçük polimer moleküllerinin birleşerek büyük bir polimer molekülü oluşturma işlemi [10] olup başlıca üç kısımdan meydana gelir;

- **Başlama:** Başlatıcılar monomerin kimyasal yapısını etkileyerek, monomer içinde bulunan atomları başka atomlar ile bağ kuracak hale getirirler. Böylece, monomerler uygun kimyasallarla polimerleşebilirler.
- **Büyüme:** Oluşan aktif monomerler, başka monomerlerle birleşerek iki veya daha fazla monomer zinciri oluştururlar.
- **Sonlanma:** Monomer zincirinde bulunan aktif uçlar pasifleşerek yapı daha kararlı bir hal alarak polimerleşme tamamlanır [11].

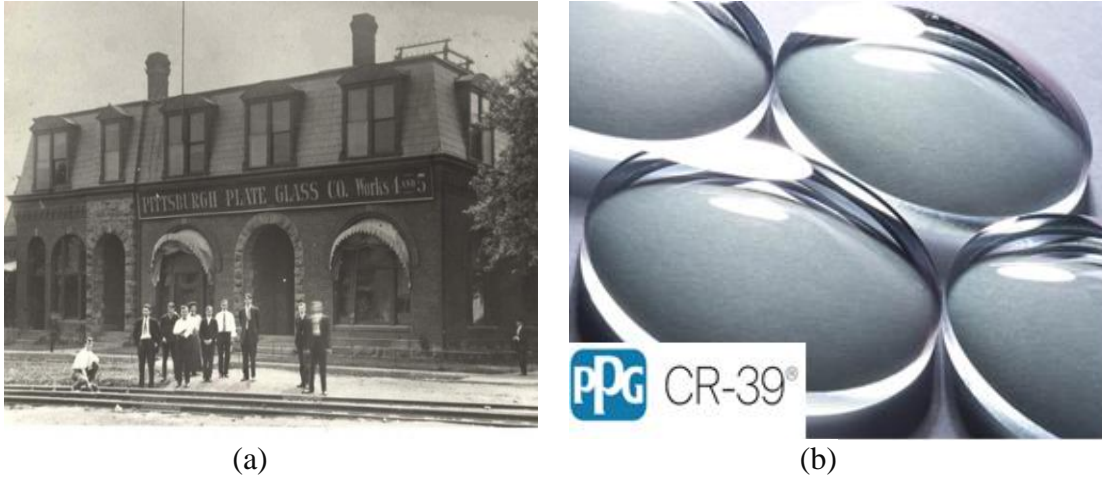
Organik bir camın yapım aşamaları Şekil 2’de gösterilmiştir. Titizlikle temizlenen ve karıştırılan hammaddeler bir cam, alüminyum veya çelik kalıba dökülür. Isı altında polimerizasyon gerçekleştirilir. Kalıptan çıkarılan camlar, iç gerilimlerini azaltmak amacıyla yaklaşık 50 °C’de 30–60 dakika arası fırınlarda bekletilir [12–13].



Şekil 2. Organik camların üretim basamakları.

3. Organik Cam Çeşitleri

İlk organik camlar CR 39 adlı maddeden üretilmiştir. İkinci Dünya Savaşı sırasında (1940) ABD’de hava kuvvetleri için askeri amaçlı araştırmalar yapılırken Pittsburgh Plate Glass Firması’nın polimerizasyon denemelerinde Columbia Reçinesi (CR) adı verilen malzemeye, (Alil diğlikol karbonat–ADC) 39, en iyi sonuca ulaşıldığı için bu maddeye CR 39 adı verilmiştir. CR 39 ısı altında sertleşmektedir [14]. CR 39 ile üretilen organik gözlük camları UV–A ışınlarını tamamıyla, UV–B ışınlarının ise büyük bir kısmını kendiliğinden absorbe eder. Ayrıca, kırılmaya karşı inorganik esaslı cama göre 20 kat daha dayanıklıdır [12].



Şekil 3. (a) Pittsburgh Plate Glass Co.1920, (b) CR39'dan üretilmiş bir mercek [15–16].

Teknolojinin ilerleyişine paralel olarak farklı polimerik malzemelerden hareketle çeşitli organik camlar üretilmiştir. Bunlardan en önemlileri, PMMA (polimetil metakrilat), PC (polikarbonat), PS (polistren) ve PET (polietilen tereftalat) malzemeden yapılmış organik camlardır.

3.1. PMMA (Polimetil Metakrilat)

Polimetil metakrilat (PMMA), ticari isimleri Lucide, Oroglas, Perspex ve Plexiglas olarak bilinen en eski polimerlerdendir. İlk olarak 1843 yılında akrilik asit üretilmiş, ondanda 1865'te metakrilik asit üretilmiştir. Metakrilik asit ve metanol arasındaki tepkime metil metakrilat esteriyile sonuçlandırılmıştır. Alman kimyacılar Fittig ve Paul 1877 yılında metil metakrilatı polimetil metakrilata dönüştüren polimerizasyon sürecini keşfetmiştir. 1933'te Alman kimyacı Otto Röhm "pleksiglas"ı marka ismi olarak kaydetmiş ve patentini almıştır. 1936 yılında ilk kez ticari olarak akrilik güvenli cam üretimi başlamıştır. 2. Dünya Savaşı esnasında akrilik cam denizaltı periskopları ve ön camları, gölgelikler ve uçaklar için ateşleyici olarak kullanılmıştır [17].

PMMA genellikle sulu bir süspansiyonda (asılıda) metil metakrilat (MMA) monomerinin yığın, çözelti, süspansiyon ve emülsiyon polimerizasyonu ile üretilen polimerik organik bileşikler ailesinden sentetik bir reçinedir. Ticari üretimi genelde radikal katılma polimerizasyonu üzerinden süspansiyon veya yığın polimerizasyonu teknikleriyle yapılır. Metil metakrilat anyonik mekanizma ile de polimerleşebilir [18].

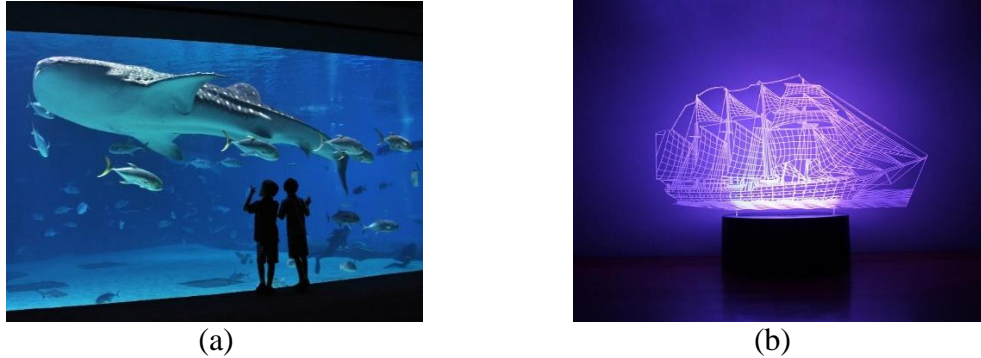
PMMA'nın optik özellikleri çok iyidir ve ışığın % 93'ten fazlasını geçirip, % 4 oranında yansıtır. Geleneksel camın yerini alacak kadar mükemmel bir darbe dayanımına sahiptir. Yaygın biçimde ticari akvaryumların üretiminde kullanılır. Ancak, cama göre daha kolay çizildiği için, uçak camları gibi bazı uygulamalarda doğrudan camın yerine kullanılmayıp mukavemeti artırıcı cam kaplamalarda değerlendirilmiştir. Kırınım indisi 1,492'dir [18–19]. 300 nm dalga boyundan daha düşük UV ışınlarını filtreler. Bazı PMMA ürünlerine kaplama veya katkı maddeleri uygulanarak ışığı soğurma (absorplama) özelliği 300–400 nm dalga boylarına kadar çıkarılır. 2800 nm dalga boyuna kadar kızıl ötesi ışınlarını geçirir [17].

Mükemmel optik özellikleri sayesinde, gözlükler, lensler, mercek, yüksek ses doğallığı sağlayan cihazlar için toz kapakları başlıca kullanım alanlarıdır. Cam gibi şeffaf ve cama göre darbelere daha dayanıklı olmasından dolayı, taşıma araçlarında, arka farlar, uçak kanopileri, motorsiklet başlığı camı PMMA'nın önemli uygulama alanlarıdır.



Şekil 4. (a) Akrilik cam levhalar, (b) akrilik camlı gözlük [20–21].

PMMA, elektrik mühendisliğinde, lamba kapakları, abajur, kol saati camları, düğme parçaları, numara levhaları ve kontrol düğmelerinde kullanılmaktadır. Estetik görünüm üstünlüğünün diğer özelliklerine eklenmesiyle, büro ışıklandırma gereçleri, cetvel, gönye türü yazım çizim aletleri ve kalemlerde de değerlendirilmektedir. PMMA'nın tıpta, katarakt tedavisi, kemik çimentosu uygulamaları, protezler, dolgular, tablet ambalajları, kaplar, kapsüller, sipozitivarlar, idrar kapları, sterilize edilir cihazlar gibi özel uygulamaları da vardır. Ayrıca, banyo akrilik küvetleri, mutfak akrilik tezgâhları, reklam yazı ve levhaları, akrilik boyalar, gürültü dayanımlı camlar, duş hücreleri, şeffaf borular, yıldızlı aydınlatma işaretleri, oyuncaklar diğer aplikasyon alanlarıdır [17].



Şekil 5. (a) Akrilik camlı akvaryum, (b) akrilik camdan yapılmış abajur [22–23].

3.2. PC (Polikarbonat)

Polikarbonat (PC), genellikle aromatik diol ile karbonik asitlerden elde edilen, lineer polyesterler sınıfının bir üyesidir. Ticari PC, amorf yapılı, yüksek cam geçiş sıcaklığına (T_g) sahip, eriyik halde işlenebilen, yüksek şeffaflık ve tokluk sergileyen bir polimerdir. Ticari olarak PC bisfenol A olarak bilinen 2,2-di(4-hidroksifenil) propandan elde edilmektedir [24].

PC'ler ilgi çekici ve ticari anlamda başarılı olmuş polimerlerdir. Yüksek ısı kapasitesi, yüksek şeffaflık ve gelişmiş toklukları sayesinde PC'lerin yeni ticari kullanım alanlarına uyarlanması üzerine akademik ilgi gün geçtikçe artmaktadır. Aromatik PC'ler literatüre ilk defa yaklaşık 100 yıl önce girmiş olsa da, bu ürünlerle ilgili patent sayısı her geçen gün artmaktadır [24–25].

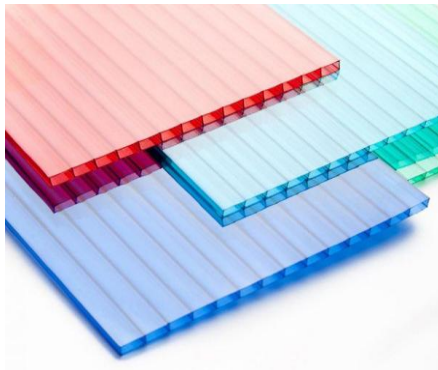
1881 yılında Birnbaum ve Lurie PC'nin elde edildiği tepkimeyi raporlamışlar, fenol kristalini (resorcinol), fosgen ve piridini tepkimeye sokmuş ve karbonat yapısı elde etmişlerdir. 1898 yılında Einhorn bu çalışmayı tekrarlamış fakat hidrokinon (hydroquinone) ve katekol (catechol) kullanmıştır. Her iki metot sentetik PC üretiminin ilk basamaklarıdır. 1930'da, Carothers PC sentez

çalışmalarının sonuçlarını yayınlamıştır. P-ksilen glikol içeren alifatik diollerden ve dietil karbonattan PC doğrudan sentezlenmiştir. Polimerlerin kullanılabilirlikleri için kristalin fakat düşük erime noktalarına sahip olmaları gerektiği belirtilmiştir [24, 26].

Bisfenol A (BPA)'dan PC ilk defa 1953 yılında GE'den kimyager Daniel Fox ve Bayer'den Herman Schnell tarafından hazırlanmıştır. Camsı yapısı ilk kez göze çarpan, eşsiz karakteristik özelliği olarak tanımlanmıştır. Berraklık, yüksek T_g ve darbe dayanımı diğer karakteristikleridir. 10 yıl içinde bu firmalar gerekli yatırımı yaparak BPA'dan PC üretip satmaya başlamıştır. Almanya'da 1959 yılından itibaren Bayer'in Makrolon ticari adıyla sunduğu PC satılmaya başlamıştır. General Electric ise bunlardan bağımsız olarak difenil karbonat (DPC) ile bisfenolün transesterifikasyonu sonucu eriyik polimerizasyon yöntemini geliştirmiştir. Bu ürün 1960 yılında ABD pazarına Lexan adıyla girmiştir [27].

PC üzerinde ilk çalışmalar üretim sürecini geliştirmek ve BPA ile benzer diğer monomerlerle PC üretip özelliklerin gelişimini incelemek üzerineydi. 70'li ve 80'li yıllar PC'nin ticari anlamda ana ürün oluşunun başlangıcıdır. PC çalışmaları optik karakteristik, elektriksel özellikler, kimyasal kararlılık, alev geciktiricilik, işlenebilirlik, reoloji ve mekanik özellikler üzerine yoğunlaşmıştır. 90'lı yıllarda ise PC'nin kullanım miktarı birkaç yüz milyon kilogramdan, milyar kilograma çıkmıştır. Geçtiğimiz son on yıl içinde ise PC yeni monomerlerin eklenmesiyle daha sünek, yüksek T_g 'li ya da kimyasal dayanımı yüksek olarak elde edilmeye başlanmıştır [26].

PC, şeffaf renksiz bir polimerdir ve iyi optik özellikleri sayesinde optik uygulamalarda önemli bir yere sahiptir [28]. Bu yüzden camın yerine tercih edilebilen bir polimerdir. Görünen ışık geçirgenliği % 90 seviyesindedir. Polikarbonat, 275 nm dalga boyuna kadar UV-bölgede ışınları tamamen absorplar. 400 nm'nin üzerindeki görünür bölgede ışık geçirgenliği % 90 civarındadır. Polikarbonatın 550 nm'de ölçülen kırınım indisi 1,582–1,586 arasında olup malzemenin viskozitesine (ağdalığına) bağlıdır. PC'nin yüksek kırınım indisi ve bağıl ağırlığının camlara göre düşük olması, gözlük uygulamalarında kullanımını cazip kılar. Özel sınıf PC türleri, hızla büyüyen optik bilgi depolama sektöründe de kullanılmaktadır. Kompakt disklerde (CD) ve DVD'lerde PC şeffaflık, düşük çift kırılım, mekanik ve dinamik kararlılık ve iyi ısı direnç gibi özellikleri yüzünden tercih edilir [27]. Optik özellikleri, yüksek mekanik dayanımı, daha hafif ve sağlam oluşu sayesinde araç camlarında ve farlarında da kullanılmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 6. (a) Polikarbonat cam levhalar, (b) polikarbonat camdan yapılmış kış bahçesi [29–30].

3.3. PS (Polistren)

Polistren (PS), kolay işlenebilen ve değişik amaçlarda kullanılan önemli bir sanayi termo-plastiğidir [31]. İlk olarak Fransız kimyacı M. Berthelot tarafından 1851'de benzen ve etilenin sıcak tüplerden geçirilmesiyle elde edilmiştir. Naugatuck Chemical Company ilk kez 1925 yılında polistreni piyasaya sürdü. Aynı zamanlarda I.C. Farbenindustrie, Avrupa'da polistrenin ticarileşmesine yol

açtı. Dow Chemical Company, 1930'da polistren ürününün ve sürecinin geliştirilmesine başladı. Ticari polistren üretimi ilk olarak 1930'ların başında Almanya ve ABD'de aynı zamanda gerçekleşmiş, İngiltere'de ise İkinci Dünya Savaşı'nın başlangıcında üretilmiştir. İlk etapta iyi elektrik özellikleri için üretilmiştir. Sadece bir elektrik yalıtımı olarak değil, aynı zamanda, lensler ve prizmalar savaş yüzünden Almanya'dan artık temin edilemediğinde optik aletlerde camın yerine kullanılmıştır [32].

Birçok elektronik cihaz kabini, süs eşyası, oyuncak, soğuksu borusu ve otomobillerin plastik kısımları çoğunlukla PS'den yapılmaktadır [33]. Ayrıca polistren, stiren plastik ailesinin ana ürünü ve yüksek molekül ağırlıklı doğrusal bir polimerdir. PS' nin ana ticari şekli (ataktik PS) amorf ve dolayısıyla yüksek şeffaflığa sahiptir. Askılı fenil gruplarının polimer zincir sertleştirme etkisi ile cam geçiş sıcaklığı (T_g) 100 °C'nin biraz üzerindedir. Ortam koşullarında, polimer berrak bir malzemedir. Dolayısıyla, ambalajlama uygulamalarında kullanılan çift eksenli film şeklinde adlandırılan 'kristal polistren' ürünler, et ve sebze tepsileri, blister ambalajları ve şeffaflığın gerekli olduğu diğer ambalajları içerir [34].



Şekil 7. Polistren ambalaj ürünleri [35].

3.4. Polietilen Tereftalat (PET)

Polietilen tereftalat polyster ailesine ait termoplastik bir malzemedir. Isıl işlenmesine bağlı olarak camsı (şeffaf) ve yarı kristalin (opak ve beyaz) halde bulunur. PET'in amorf veya opak oluşu üretim koşullarını bağlıdır. Ergime sıcaklığından cam geçiş sıcaklığının altında bir sıcaklığa hızlı soğutulduğu takdirde daha amorf ve saydam bir yapı oluşur. Katı amorf PET cam geçiş sıcaklığının üzerinde bir sıcaklığa ısıtılırsa % 30 kristal yapıya sahip opak PET elde edilebilir [36].

Birçok uygulama için kusursuz bir malzeme olan PET, özellikle şişe yapımında sıkça kullanılmaktadır [37]. PET; cam elyafı, karbon elyafı, asbest, bor elyafı ile desteklendiğinde üstün özellikler sergileyen mühendislik malzemeleri üretilebilmektedir. Örnek olarak; PET cam elyafı ile desteklendiğinde, bot gövdesi, otomobil kumanda paneli, basınç aletleri ve spor eşyalarının yapımında değerlendirilebilmektedir [38]. Mükemmel bir kimyasal dayanıma, berraklığa, işleme kolaylığına, renk uyumuna ve makul bir ısı kararlılığına sahiptir.



Şekil 8. Polietilen tereftalattan elde edilmiş ürünler [39–40].

En önemli kullanım avantajı; tamamen geri dönüşebilir olmasıdır. Diğer plastiklerden farklı olarak, polimer zincirleri, sonraki kullanımlar içinde eski halini almış durumdadır. Orijinal PET, kullanımındaki hızlı gelişime bağlı olarak son 20 yılın en önemli mühendislik polimeri şeklinde düşünülmüştür.

4. Son Dönem Gelişmeleri

İlgili alanda pekçok sayıda çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bunlardan kayda değer olan bazıları aşağıda sunulmuştur:

Renge ve Wild, düşük sıcaklıklarda, organik camların optik spektromundaki homojen olmayan kabalaşma ve basınç kaymalarını araştırmışlar [41] ve Cong ve ark., organik–inorganik hibrid güneş paneli hücrelerini çalışmışlardır [42].

Kobayashi ve ark., organik camların cam geçiş sıcaklığının altında ve üstündeki ağırlığını ölçmüşler [43], Łączka ve ark., tetra etoksi silan (TEOS) ile dietoksi di metil silan (DEDMS) başlangıç maddelerini alıp sol–jel metodunu kullanarak organik–inorganik hibrid camlarını üretmişler [44], Müller ve ark., optik boşluk yakma tekniğiyle polimer ve diğer organik camlara emdirilmiş kromofor moleküllerinin absorpsiyon spektrumunda bir Lorentzian dışı hat profilinin olduğunu belirlemişler [45], Kharlamow, iki kademe sistemiyle (TLS) polimerik camların düşük sıcaklık özelliklerini başarılı bir biçimde tanımlamıştır [46]. Organik yük taşıyan polimerlerin modern kopyalama ve lazer basım tekniklerinde kullanımı polimerik malzemelerin en karmaşık uygulamalarından biridir. Son dönemde söz konusu malzemelerin organik ışık–yayan diyotlar ve fotovoltaiik hücrelerde kullanımları da ilgi çekmektedir. Dolayısıyla, Grazulevicius ve Strohriegl taşıyıcı polimerler ve moleküler camlar üzerine detaylı ve değerli bir bilgilendirme yapmışlar [47], Imrie ve Ingram, hem kristalin hem de camsı halde kayda değer seviyede iyonik iletkenlik sergileyen yeni bir mezomorfik polimer elektrot sınıfını incelemişler [48], Okumoto ve Shirota, organik elektro–lüminesan aygıtlar ve bunların iyon–taşıyım özellikleri için yeni, boşluk–taşıyan amorf moleküler malzemeleri geliştirmişler [49] ve Saiter ve ark., melamin formaldehit reçineden hareketle üretilen termodinamik açıdan kuvvetli, kinetik açıdan da kırılğan polimerik camın kalorimetrik araştırmayla cam geçiş sıcaklığındaki ısı kapasitesini ve kırılğanlık indisini tespit etmişlerdir [50].

Kuwata ve ark., gümüş iyodür (AgI) ve alkilbis trimetil amonyum diodid içeren yeni organik–inorganik hibrid süper iyonik iletken camları geliştirmişlerdir [51]. Biyo–aktif cam ve cam–seramikler, kusurlu, yaşayan kemiklere bağlanabiliyor olmalarıyla dikkatleri üzerlerine çekerken yüksek kırılğanlıkları ve doğal kemikten daha az esneklikleriyle belirgin dezavantajlara sahiptirler. Esnek polimerle takviyeli biyo–aktif cam ve cam–seramiklerin gerekli bileşenlerinin

hibriditasyonu bu problem çözülebilmektedir. Ohtsuki ve ark. da, yaşayan kemiğe bağlanabilen organik–inorganik hibridleri tasarlamaya kendilerini adanmışlar [52], Vogel ve ark., çeşitli organik bileşiklerin cam geçiş sıcaklığı altında yavaş β -sürecini dielektrik ve ^2H NMR spektrumlarını kaydederek çalışmışlar [53], Chun ve ark., organik foto–yansıtma camı sentezleyip karakterize etmişler [54] ve Hung ve Chen, sahip oldukları özellikleriyle düz panel göstergelerinde uygulama potansiyeli sergileyen organik malzemelerle yapılmış elektro–lüminesan cihazlar üzerine bir derleme makalesini kaleme almışlardır [55].

Takahashi ve ark., fotonik uygulamalar açısından önemli, organik–inorganik hibrid düşük–sıcaklık fosfit camlarını fosforik asit (H_3PO_3), dimetil dikloro silan (Me_2SiCl_2) ve kalay klorür (SnCl_2) kullanarak hazırlamışlar [56], Mutaguchi ve ark., düzgün camsı film oluşturan, boşluk taşıma özelliğine sahip, yeni sınıf malzeme şeklinde tanımlanan vinil polimeri sentezleyip organik elektro–lüminesan aygıtlardaki kullanımını irdemişler [57] ve Houbertz ve ark., transfer teknolojisinde önem arz eden, oldukça düşük maliyetlerde üretilen inorganik–organik hibrid polimerik malzemeler hakkında bilgiler sunmuşlardır [58].

Cardoso ve de Abreu, cam geçiş sıcaklığı oda sıcaklığına yakın şeker–esaslı camlarda su konsantrasyonunun karamel–su karışımlarının T_g sıcaklığı üzerindeki etkilerine bakmışlar [59], Brabec, organik fotovoltaiğin teknolojisi ve piyasası hakkında bir derleme yazısına imza atmış [60] ve Mecerreyes ve ark., yeni polimerik elektro–kromik aygıtları iletken poli(etilen dioksi tiofen) (PEDOT) ile hazırlamışlardır [61].

Nocuń ve ark., tetra etil orto silikat–tri metoksi oktil silan ve tetra etil orto silikat–tetra etil orto titanat–tri metoksi oktil silan sistemlerine dayalı hibrid camların yapı ve optik özellikleri üzerinde durmuşlar [62], Uğur ve Pekcan, bir polimer çözeltisi içerisinde şişen PMMA camından küçük moleküllerin salınımını direkt enerji transfer (DET) yöntemiyle çalışmışlar [63], Kois ve ark., iletken polimer katkılı cam/ITO/In(O,S)/CuIn(S,Se) $_2$ güneş paneli hücrelerini araştırmışlar [64] ve Oh ve ark., elektro–kimyasal polimerizasyonla ITO cam üzerine poli propil nano fiberlerini oluşturup bu yapının karakteristik özelliklerini incelemişlerdir [65].

Meneaa ve ark., salisilik, tartarik, sitrik ve bütan tetra karboksilik asit katkılı, düşük ergime sıcaklığına sahip inorganik–organik $\text{Me}_2\text{SiO–SnO–P}_2\text{O}_5$ (Me=organik metil grupları) camlarının suya karşı kimyasal dayanımını çalışmışlar [66], Lyulin ve Michels bir grup polimerik camın simülasyon ve deneysel araştırmalarını çeşitli özellikler bakımından karşılaştırmışlar [67], Mortimer ve ark., ekran uygulamalarında kullanılan elektro–kromik organik ve polimerik malzemeler üzerine bir derleme yazısı kaleme almışlar [68], Fabbri ve ark., perfloro polieter–esaslı organik–inorganik hibrid kaplamalar üzerine araştırmalar gerçekleştirmişler [69] ve Mozer ve Sariciftci, birleşik polimer fotovoltaiğin aygıtları ve malzemeleri hakkında bilgiler sunmuşlardır [70].

Carella ve ark., saf benzimidazol esaslı di metakrilik kromofor kullanımını kuadratik, lineer olmayan optik (NLO) özellikler sergileyen ince filmlerin hazırlanması bakımından araştırmışlar [71], Choi, lazer yükseltgeç uygulamaları için organik olarak düzenlenmiş, flora alkilen köprülü poli silseski oksan katkılı, $\text{Er}^{+3}/\text{CdSe}$ nano taneciklerini geliştirmiş [72], Getautis ve ark., elektro–fotografi için, boşluk taşınım malzemeleri olan fenil–1,2,3,4–tetra hidro kionolin kısmına sahip düşük moleküler camlarını incelemişler [73], Urman ve Otaigbe, polimer sektörü açısından önem az eden, düşük T_g 'li fosfat camlarını sıvı halde polimerik malzemelerle karıştırarak elde edilen yeni sınıf inorganik cam/organik polimer hibridleri hakkında gayet detaylı bir derleme yazısını literatüre kazandırmışlar [74], Wojtach ve ark., yeni nano–metrik malzeme olarak tanımlanan, inorganik camlarla organik camların ortak özelliklerini gösteren inorganik–organik hibrid camlarını koruyuculuk ve renk açısından çalışmışlar [75], Etienne ve ark., camsı polimerlerin fiziksel yaşlanma ve moleküler hareketliliklerini araştırmışlar [76] ve Ishii ve Nakayama, camsı moleküler sistemlerin işlevsel organik malzemeler olarak oluşumlarına ve kararlılıklarına bakmışlardır [77].

Hanisch ve ark., organik güneş paneli hücrelerinde saçınımla depozite edilmiş katod tabakaları üzerine araştırmalara imza atmışlar [78], Malinauskas ve ark., oto-elektronik uygulamalar bakımından yeni, oldukça çözünür 3,3'-bikarbazolil esaslı polimerleri üretip karakterize etmişler [79] ve Alévêque ve ark., organik güneş paneli hücreleri için aktif malzemeler olarak ditiafulvenil-türetilmiş tri fenil aminden hareketle üretilen yıldız şekilli, birleşik sistemleri karakterize etmişlerdir [80].

Gorelov ve ark., havacılık sanayi için yeni organik camları çalışmışlar [81] Sheng ve Yan, üçlü organik/inorganik/polimerik PVP-Eu-(DBM-Si)₃ [DBM-dibenzol metan; PVP-poli(4-vinil piridin)] hibrid malzemesini sentezleyip karakterizasyonuna bakmışlar [82], Bricaud ve ark., siyanovinen bağlar içeren birleşik polimer hibrid yapısını, para-disiyanometil benzenli diformil tertiyenilin Knovenajel yoğunlaşması yoluyla sentezleyip belli başlı özelliklerini çalışmışlar [83], Bedeloglu ve ark., organik fotovoltaiik aygıtları, şeffaf olmayan poli propilen (PP) şeritler ve ITO kaplı camlar üzerinde üretmişler, daha sonra bunların akım-voltaj karakteristiklerini ve morfolojilerini incelemişler [84], Kirkus ve ark., boşluk taşıyan indilo[3,2-b]karbazol-esaslı diepoksi monomer and polimerleri hazırlayarak ısı, optik, foto-fiziksel, foto-kimyasal ve foto-elektriksel özelliklerini belirlemişler [85], Wu ve ark., kuvvetlisinden kırılmasına çeşitli camı polimerlerin dinamik mekanik özelliklerini ölçmüşler [86], Ramirez ve Parise, metilen-köprülü arlamin esaslı, çözücü dayanımı yüksek elektro-kromik polimeri sentezleyip elektro-kimyasal, spektro elektro-kimyasal ve FT-IR karakterizasyonlarını gerçekleştirmişler [87], Saxena ve ark., geniş yüzeyli düz panel monitörlerinde ve genel aydınlatma işlemlerinde her geçen gün daha bir önem kazanan organik elektro-lüminesan aygıtlar hakkında bir derleme yazısı yayımlamışlar [88], Xhi ve ark., tetratia[22]anulen[2,1,2,1]/PCBM hetero bağlantılarına dayalı organik fotovoltaiik hücreleri üretip incelemişler [89] ve Tanaka ve ark., iki şeffaf elektrotlu yarı şeffaf organik fotovoltaiik hücreyi üretip Ga-katkılı ZnO katotlu hücrenin ITO katotluya göre daha iyi bir performans sergilediğini göstermişlerdir [90].

Zhu ve Yu, ilk kez mükemmel termodinamik ve kinetik kararlılığa sahip organik camları buhar biriktirme yöntemiyle elde etmişler [91], Pokrass ve ark., sol-jel süreciyle hazırlanan hibrid organik/inorganik camlardaki organik bileşen içeriğinin termo-optik katsayına olan etkisine bakmışlar [92], Boccaccini ve ark., mikron boyutlu geleneksel biyo-aktif cam malzemeleriyle karşılaştırdıklarında süper osteo-iletkenliğe sahip nano boyutlu biyo-aktif camları göz önünde bulundurarak polimerik sistemlerle birlikte biyo-aktif cam nano-taneciklerini veya nano-lif kombinasyonlarını ortopedik uygulamalar açısından genel anlamda gözden geçirmişler [93], Horie ve ark., organik fotovoltaiik aygıtların üretiminde kullanılan poli(3, 4-dioktil tienilevinil-PDOTV)i sentezlemişler [94], Bedeloglu ve ark., ışık toplama açısından polimer esaslı malzemeleri kullanarak yarı-şeffaf fotovoltaiik yapıyı açıklamışlar [95], Sivakumar ve ark., hetero poli tungstik asit içeren, yeni tip organik-inorganik hibrid katı hal polimer elektrotu güneş paneli hücrelerinde kullanmak üzere hazırlayıp karakterize etmişler [96], Zhao ve ark., geçirgen olmayan polimer güneş paneli hücrelerinin üretiminde ITO cam yüzeyine alüminyum katkılı ZnO(ZnO:Al) tabakasının uygulanmasını rapor etmişler [97], Chung ve ark., selofenin polikuatertiofen esaslı organik güneş paneli hücrelerinin hareketliliği ve fotovoltaiik etkinliği üzerindeki etkilerini incelemişler [98], Martinez ve ark., gözlük camlarında kullanılan termoset polimerlerin kırılma davranışını araştırmışlar [99] ve Jeong ve ark., katkı olarak kullanılan polimer güneş paneli hücrelerinin güç dönüşüm verimliliği üzerindeki etkilerini irdelemişlerdir [100].

Messori ve ark., organik bileşen olarak perfloro eterleri (PFPE) (ki sol-jel sürecinde PFPE'den tetratoksi silan ve ayrıca silika yayılım göstermektedir) içeren organik-inorganik hibridlerin hazırlanması ve karakterize edilmesi üzerine gayret sarf etmişler [101], Cetin ve Odabasi, İzmir Türkiye'de, iç ve dış mekan pencere camlarına uygulanan polibromin difenil eter (PBDE) konsantrasyonlarının büro, laboratuvar, şehir evleri, varoşlar, kırsal alanlar ve endüstri bölgeleri gibi farklı yerlerde ölçümlerini gerçekleştirmişler [102], Yu ve ark., fenil tri etoksilanın hidrolik,

çoklu yoğunlaştırılması yoluyla ve sonrasında uygulanan ısı ileme düşük ergime sıcaklıklı organik–inorganik cam sentezlemişler, cam/epoksi, cam/kil/epoksi kompozitlerini alev dayanımı, ısı ve mekanik özellikler bakımından çalışmışlar [103], Kim ve ark., flor katkı kalay oksit elektrotlu tersinir polimer güneş paneli hücrelerini hazırlayıp performans iyileşmesini araştırmışlar [104], Zhang ve ark., yüzeyi aydınlatılmış organik güneş paneli hücrelerinde kullanılan gümüş oksit anotlarının yüzey kalınlıklarının hücrenin performansına olan etkilerine bakmışlar [105], Jeong ve ark., katkı olarak ilave edilen perflöre bileşenin polimer güneş paneli hücrelerinin güç dönüşüm etkinlikleri üzerindeki etkisini yayımlamışlar [106], Luk ve ark., nano–yapılı, yansıtmasız kaplamayla elde edilen polimerik fotovoltaiik hücrenin iyileştirilmiş dönüştürme etkinliğini bildirmişler [107] ve Nasybulin ve ark., elektro–kimyasal yöntem kullanılarak poli(3,4–etilen dioksi diyofen)/poli(2, 2’–bitiofen)/fulleren (PEDOT/PBT/C₆₀) üç tabakayla kaplı polimer güneş paneli hücrelerini hazırlayıp spektroskop ve atomik güç mikroskobu çalışmaları gerçekleştirmişlerdir [108].

Delpouve ve ark., hidrojen bağlı organik camlarda kırılma kırılma içeriğine dair bir makale sunmuşlar [109], Liu ve ark., organik alan etkin transistörler (OFETs), polimer güneş paneli hücreleri (PSCs) ve polimerik, ışık yayan diotlar (PLEDs) gibi çoklu uygulamalarda kullanılan yeni bir diindenopirazin–benzotriazol kopolimerini sentezleyip karakterize etmişler [110], Ikena ve ark., bakır, çinko, kadmiyum kurşun gibi endüstrinin pek çok alanında kullanılan elementleri belirlemede kullanılan, yeni, ince polimerik film ve kalgojenit camlarını çalışmışlar [111], Kim ve ark., bir bakır elektrot ve polimid altlık içeren bakır tabakaların üzerine maliyet etkin ITO içermeyen polimer güneş hücrelerini (PSCs) raporlamışlar [112], Du ve ark., ITO/ZnO/PBDTTT–C:PC₇₁BM/MoO₃/Ag konfigürasyonlu, tersinir polimer güneş paneli hücrelerini üretip güç dönüşüm verimliliğini ve UV ışık etkinliğini belirlemişler [113], Woestenborghs ve ark., organik tabakalı, şeffaf, foto–iletken algılayıcıların (sensörlerin) elektro–optik performanslarını araştırmışlar [114], Lin ve ark., indiyum–kalay oksit kaplı cam altlıklar üzerine vakum yoğunlaşması yoluyla üretilen, çift taraflı, güç dönüşüm verimliliği % 3’ten ve şeffaflığı % 50’den fazla olan organik güneş paneli hücrelerini hazırlayıp test etmişler [115], Ripaud ve ark., hetero–birleşik organik güneş paneli hücrelerinde verici eleman olarak diketopirolopirol esaslı birleşik moleküllerini sentezleyip değerlendirmişler [116], Choi ve ark., tiofen üniteli Zn–tetrakistiofenporpirin içeren organik fotovoltaiik hücreler kullanarak fotovoltaiik etki değişimini yayınlamışlar [117], Zhu ve ark.’nın PEDOT:PSS emdirilmiş ince film polimer güneş paneli hücrelerinin düşük band–aralığındaki optik özelliklerinin iyileştirilmesi üzerine araştırmaları olmuş [118], Nasybulin ve ark., polimer güneş paneli hücresi üretmek üzere bir elektro kimyasal yaklaşımda bulunmuşlar [119], Oo ve ark., yüksek elektron hareketliliğine ve şeffaflığa sahip çinko kalay oksit (ZTO) tabakasını elektron taşıyıcı katman olarak tersinir, organik güneş paneli hücresi üzerinde başarılı bir biçimde oluşturmuşlar [120] ve Li ve ark., ışığı daha fazla yakalamak bağlamında doğal optik lif yapısının kullanıldığı üç boyutlu fotovoltaiik mimarisinin bir örneği olan lif–esaslı güneş paneli hücresini çalışmışlardır [121].

Alman araştırmacılar güneş aydınlatmasını ve sıcaklığı gösterebilen, kendi gücünü üretebilen, renkli, yarı şeffaf güneş hücreli lensler üretmiş [122].



Şekil 9. Güneş paneli hücreli gözlük [122].

Aleksejeva ve ark., optik kayıt uygulamalarında kullanılan, azobenzen içeren düşük moleküler ağırlıklı organik camları çalışmışlar [123], Ouyang ve ark., hidro-termal yöntemle ilk defa grafen/MoS₂ (G/MoS₂) kompozitlerini sentezlemişler, sonrasında döküm yöntemiyle organik cam üretmek üzere metil metakrilatı dağıtmışlar ve elde edilen organik camın lineer olmayan absorpsiyon özelliklerini incelemişler [124], Traskovskis ve ark., düşük-moleküler ağırlıklı azobenzen ve stilbenden hareketle 1,1,1 trifenilpentan kriztalizasyonunu kullanarak yeni bir modüler sentetik yaklaşımda bulunmuşlardır [125]. Son dönemde organik fotovoltaiğin optimizasyonu ve üretiminde önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Böylesi ürünlerin popülaritesi düşük maliyetleri, geniş yüzey alanları ve esnek altlıklarla uyumlarından kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda Rahimi ve ark., yük aktarım tabakasındaki kalınlık değişiminin organik fotovoltaiğin elektriksel özelliklerine olan etkilerine bakmışlardır [126]. Yüksek mekanik esnekliğe sahip organik polimerler mevcut avantajları ve plastik ve metal altlıklar üzerine uygulanmış geniş yüzeyli organik fotovoltaiğin üretiminde gösterdikleri hızlı ilerleme sayesinde dikkat çekmektedirler. Kumar ve Wang, organik fotovoltaiğin aygıtlardaki metal altlıkların morfolojilerini ve aktif poli(3-hekziltiyofen):[6,6]-fenil C61-bütirik asit metilester (P3HT:PCBM) tabakasını araştırmışlar [127], Hsu ve ark., bir esnek altlık üzerinde hazırlanmış indiyum-kalay oksit nano-elektrod emdirilmiş organik ince-film aygıtlarının yük toplama özellikleri üzerinde durmuşlar [128], Liang ve ark., düşük sıcaklıkta sulu çözelti büyütme metoduyla ITO kaplı cam altlıklar üzerinde dikey ZnO nano-duvarlarının üretimini raporlamışlar [129], Kozanoglu ve ark., polimer esaslı organik güneş paneli hücrelerinin poli(3,4-etilendioksitiyofen):poli(sitrensülfonat) (PEDOT:PSS) tabakasına katılmış farklı morfolojideki (yıldız, çubuk, küre) altın (Au) nano-taneciklerin etkilerini ortaya çıkarmışlar [130], Noh ve ark., poli(3,4-etilendioksitiyofen) tabakasına üçgen şekilli Ag nano-taneciklerini (nano-pirizmalarını) katarak aktif poli(3-hekziltiyofen) (P3HF) ve [6,6]-fenil C61-bütirik asit metilester (PCBM) içeren hetero-bağlantılı organik güneş paneli hücrelerinde plazmonik etkiyi göstermişler [131], Cheng ve ark., organik güneş paneli hücrelerinin etkinliğini arttırmak ereğiyle tiazolotiazol esaslı küçük moleküllerin yapısını [132] ve Lao ve ark., organik güneş paneli hücrelerinde yük taşıyıcı olarak işlevselleştirilmiş nano-elması çalışmışlardır [133].

Ouyang ve ark., yaş kimyasal metotla ilk kez grafen/ZnO kompozitlerini sentezleyip x-ışını ve geçirgen elektron mikroskopuyla (TEM) ortalama yaklaşık 5 nm çapındaki ZnO nano-taneciklerinin grafen yüzeyince kaplandığını göstermişler, G/ZnO/PMMA organik camlarını modifiye Z-tarama tekniğiyle incelemişlerdir [134]. Organik fotovoltaiğin cihazlarda aktif tabakaya altın nano-çubuklar katıldığında güç dönüşüm verimliliğinde % 30 artış sağlanmaktadır. Wadams ve ark. da, mikroskop, cihaz karakterizasyonu ve spektroskopi analizleri sonucunda söz konusu iyileşmenin aktif filmin morfolojisindeki değişikliklerden kaynaklandığını ortaya çıkarmışlar [135], Abidin ve ark., geleneksel inorganik elektro-kromik cihazlara alternatif elektro-kromik polimerlerle üretilen elektro-kromik aygıtlar hakkında detay bilgi sunmuşlar [136], Gutiérrez ve ark., organik fotovoltaiğin cihazlarda elektron toplayıcı tabaka olarak titanyum oksit:fulleren (TiO_x:PC₇₁BM) filmin kullanımına dair bir makale yayınlamışlar [137], Hwang ve ark., ısı tavlama sonucu ortaya çıkan morfolojik değişiklikler ve bunların ikili ve üçlü organik güneş paneli hücrelerindeki foto-akım üretimi üzerine etkilerini araştırmışlar [138], Kim ve ark., polimerik güneş paneli hücrelerinde ultra ince tunsten oksit/PEDOT:PSS hibrid boşluk giderim tabakasını PEDOT:PSS'nin avantajlarını kullanarak tasarlamışlar ve cihaz kararlılığını önemli ölçüde iyileştirmişler [139], Lan ve ark., sol-jel süreciyle değişen bileşimlerde çift faz SrTiO₃:ZnO nano-kompozit filmleri üretilen tersinir polimerik güneş paneli hücrelerinde katodik tabaka olarak uygulamışlar ve güç dönüşüm etkinliğini arttırmışlar [140], Han ve ark., poli(3-hekziltiyofen) (P3HT) ve [6,6]-fenil C61-bütirik asit metilester (PCBM) esaslı, elektro-kimyasal yöntemle biriktirilmiş nano polianilin tabakalı organik güneş paneli hücrelerini üretmişler [141], Lau ve ark., poli(3-hekziltiyofen) (P3HT)-fulleren (C₆₀) kitlesel hetero-bağlantılı fotovoltaiğin hücrelerin foto-aktif tabakaya çok az oranlarda karbon siyahı katarak ilk kez verimliliğin iyileştirildiği bulgusunu paylaşmışlar [142], Kösemen ve ark., V₂O₅ kalınlığının tersinir organik güneş paneli hücrelerinin etkinliği üzerindeki etkilerini çalışmışlar [143] ve Raja ve ark., yüksek kararlılığa sahip polimerik

güneş paneli hücreleri üretmek üzere fulleropirolidinde bulunan bileşen yapılarının polimer konak içindeki inter-moleküler paketlenme üzerindeki etkilerini irdelemişlerdir [144].

Kumar ve ark., yüzey koruyucu tabaka olarak su sevmez SiO_2 -PMMA kompozitlerini sentezleyip deneysel ve kuantum kimyasal analizlerini gerçekleştirmişler [145], Wu ve ark., poli[9,9]-bis(3'-(N,N-dimetilamino)propil)-2,7-floren)-alt-2,7-(9,9-dioktil)-floren]birleşik polimerli ZnO nano-tanecikli kompozit geliştirip katod tabakası olarak tersinir organik güneş paneli hücrelerinde kullanmışlar [146], Berrebi ve ark., alifatik polikarbonat ve polimetakrilatı polimerizasyon süreciyle sentezlemişler, böylece camının çizilmelere ve çözücülere karşı dayanımını arttırmaya gayret sarf etmişler [147], Lin ve ark., fulleren türevli organik fotovoltaiğin optik, elektro-kimyasal ve fotovoltaiik özelliklerine bakmışlar [148], Çağlar ve ark., kaplama yüklerinin elektro-kromik polimerlerin ıslatılabilirliği üzerine olan etkilerini yayımlamışlar [149], Yu ve ark., bakır fitalosiyanın katkısıyla polimerik güneş paneli hücrelerinin güç dönüşüm etkinliğini iyileştirmeye çalışmışlar [150], Wang ve ark., fulleren içermeyen organik güneş paneli hücrelerindeki geleneksel ve tersinir yapıları aktif tabakanın dikey faz ayrışımı ve morfolojisini esas alarak karşılaştırmışlar [151], Qui ve ark., etkin ışın yakalama ve yüksek-performanslı organik fotovoltaiikler için nano-çukurlu optik yoğunlaştırıcıları araştırmışlar ve bunların güç dönüşüm etkinliğini % 28'in üzerinde arttırdığını bulmuşlar [152], Tessarolo ve ark., farklı polimerlerle üretilmiş hetero-bağlantılı kitlesel güneş paneli hücrelerinin ısıl bozunumlarını ölçmüşler [153], Lei ve ark., polimerik güneş paneli hücresinde indiyum kalay oksit (ITO) anodu düzenlemek üzere anot ve boşluk taşıyan tabaka ara yüzeyine CuS ince tabakasını uygulayıp yüksek çalışma işlevi elde etmişler [154], Fan ve ark., ilk kez bir indolon kromoforlu küçük molekülü, elektron tutan birim ve benzotiofeni de elektron verici birim olarak sentezleyip organik güneş paneli hücrelerine uygulamışlar, indolon kromoforunun yüksek performanslı opto-elektronik malzemelerin üretiminde mükemmel bir elektron kabul eden ünite şeklinde kullanılabileceğini bildirmişler [155], Zu ve ark., düşük maliyetli, oksiyen işlevli grafeni anot tabakası olarak organik güneş paneli hücrelerinde kullanılmak üzere sentezlemişlerdir [156]. Plazmonik ışığı bölgesel olarak konsantre edip polimerik güneş paneli hücrelerinin performansını iyileştirebilmekte ve aygıtlardaki plazmonik metalik nano-yapılar yüksek performanslı plazmonik güneş paneli hücrelerinin tasarlanmasında önemli rol oynamaktadırlar. Yang ve ark., plazmonik etkinin fotovoltaiik malzeme özellikleri üzerindeki rolünü sistematik biçimde çalışmışlardır [157].

Carlson ve ark., yüksek etkinlikli hızlı nötron sintilatörleri olarak eriyik dökümle elde edilen organik camları incelemişler [158], Baba ve ark., süper su sevmez polisitren- SiO_2 kompozit yüzeylerin ıslatılabilirlik ve optik özellikleri üzerinde durmuşlardır [159]. Fotovoltaiik uygulamalara uygun, kurşun halojen perovskit güneş paneli hücreleri düşük maliyetli üretim yöntemleri kullanılarak kararlı cihazların eldesini gerektirmektedirler. Wei ve ark., tek-kademe çözelti süreciyle üretilen organik/inorganik perovskit film içerisine üniform biçimde dağıtılmış organik şebekeyle yeni bir aygıt yapısı geliştirmişler [160], Jia ve ark., organik ve perovskit güneş panelleri hücreleri için katod tabakası olarak düşük maliyetli, düşük sıcaklıkta işlem görebilen çinko oksit-polietilenimin (ZnO:PEI) nano-kompozit geliştirmişler [161], Dusza ve ark., ince lüminesan tabakaların üretiminde nano-kristalin stronsiyum seryum oksit (Sr_2CeO_4) tozunu kullanmışlar, böylece kısa devre akımında önemli bir azalma olmaksızın organik güneş paneli hücresinin kararlılığını iyileştirmişler [162], Rault, yönlendirilmiş polimer camlarının boyutsal (D) ve entalpi (ΔH) gevşemesini T_g ve T_g-20 °C arasındaki sıcaklığın ve yaşlanma zamanının bir fonksiyonu olarak çalışmış [163], Zadarozhny ve ark., araştırmalarında ekstrüzyon ve basma işleminin aynı anda uygulanmasıyla $\text{Mg}_{67.5}\text{Ca}_5\text{Zn}_{27.5}$ metalik camıyla kuvvetlendirilmiş yüksek-yoğunluklu polietilen (HDPE) esaslı kompozitleri üretmişler [164], Nakashima ve ark., kitlesel hetero-bağlantılı polimerik güneş paneli hücrelerinde verici malzeme olarak polimerin yerine disilanobitiofen-ditienilbenzotiadiazolu hazırlamışlar [165], Khanum ve Ramamurthy, aktif film tabakasının morfolojisini değiştirerek poli(3-hekgziltiofen):fenil C61-bütirik asit metilester (P3HT:PCBM) aygıt karakteristiklerinde iyileşme gerçekleştirmişler [166], Kao ve ark., elektro-kromik malzeme

olarak fenil viologen (PV) ve N,N,N',N'-tetrametil-1,4-fenilendiamin (TMPD) ile hepsi bir arada elektro-kromik jel hazırlamışlar [167], Liu ve ark., polimerik güneş paneli hücrelerinin 150 °C'de 15 dakika ısıl tavlama işlemi sonrasında performanslarını % 3,85'den % 6,84'e arttırmışlar ve vakum buharlaştırma tekniğiyle elde edilen TiO₂ tabakalı eşdeğerine benzer kararlı toz dönüşüm etkinliğine ulaşmışlar [168] ve Bolognesi ve ark., ortodiklorobenzenin yerine PC₆₁BM ile karıştırılmış HBG-1 polimeri kullanarak fotovoltaik performansı düşürmeden organik güneş paneli hücrelerinin ısıl kararlılıklarını arttırmışlardır [169].

Carlson ve ark., radyasyon tanımlama ve tanecik ayırım işlemlerinde kullanılmak üzere organik camlardaki hatalardan faydalanmışlar [170], Jung ve ark., elektron eldesi için hat desenli iç tabaka kullanarak tersinir organik güneş paneli hücreleri üretmişler [171], Chander ve ark., organik fotovoltaik cihazların ticarileşmesinde önemli bir engel teşkil eden kararlılık ve güvenilirlik konusunu P3HT:PC61BM tersinir organik güneş paneli hücreleri için çalışmışlar [172], Zeynali ve ark., biyolojik malzemelerin kullanıldığı foto-sistem esaslı, yeni tek bağlantılı organik güneş paneli hücreleri hakkında bilgiler sunmuşlar [173], Rolston ve ark., ısı UV radyasyonu ve nemin tersinir organik güneş paneli hücrelerinin yapışmama kinetikleri üzerine etkilerini incelemişler [174], Liu ve ark., tungsten tri oksit (WO₃) ve poli[tri(4-(2'-tienil) fenilamin)] (P3TPA) esaslı elektro-aktif yeni tip bir kompozit malzeme hazırlayıp elektro kromik özelliklerine bakmışlar [175], Tran ve ark., tersinir organik güneş paneli hücreleri için mükemmel bir elektron taşıyıcı tabaka olarak düşük-sıcaklık, çözelti-süreçli, iyonik sıvı modifiyeli SnO₂'i incelemişler [176], Kim ve ark., organik fotovoltaikler için süper-su sever nano-yapılara dayalı, tozdan arınık, kendi kendini temizleyebilen, şeffaf iletken camları sis koşullarında çalışmışlar ve sis etkisinin bastırıldığını, ışık toplama kapasitesinin artırıldığını raporlamışlar [177], Liu ve ark., opto-elektronik uygulamalarda değerlendirilmek üzere, eş zamanlı elektro-floro-kromik anahtarlama elde etmek ereğiyle bir yeni polimeri tasarlayıp sentezlemişler [178], Lakshminarayana ve ark., poli vinil alkol konak içerisine emdirilmiş (TeO₂-(x))-ZnO-WO₃-TiO₂-Na₂O (x = Bi₂O₃ ya da Pr₂O₃ % mol) cam mikro-kristalitlerinde tane boyutuyla foto-arttırılmış çift kırılım arasındaki ilişkiyi raporlamışlar [179], Shi ve ark. fulleren türevlerini katkılayarak üçlü polimer güneş paneli hücrelerini çalışıp spektral absorpsiyon şiddetini arttırmış ve vericiden alıcıya yük aktarımını iyileştirmişler [180], Li ve ark., fulleren esaslı iki farklı polimer güneş paneli hücresine fulleren olmayan küçük moleküler alıcılar (NF-SM) ilave ederek özelliklerine bakmışlardır [181]. Elektronik aygıtların önemli bir dalı olan ışık yayan cihazlarda son dönemde çok hızlı gelişmeler yaşanmıştır. Bu bağlamda ışık yayan birleşik polimerler düşük maliyetleri ve geniş yüzey alanlarıyla dikkat çekmektedir. 2017 yılında konuyla ilgili bir detay literatür taraması yapılmıştır [182]. Cheng ve ark., tek kademe, oda sıcaklığı etanol-süreçli nikel oksit (NiOx):elektron alan, etkin boşluk taşıyıcı tabaka olarak işlev gören nano-kompozit (HTL) üretmişler [183], Li ve ark., anot tabakası olarak MoO₃ ile modifiye edilmiş, kararlı setrimonyum bromid ile molibden oksit ince filmlerin üretiminde bir yöntem rapor etmişler, böylece polimer güneş paneli hücrelerinin performanslarının iyileştirilebildiğini belirtmişler [184], Li ve ark., tek kademede sentezlenmiş yeni fulleren türevleri kullanılarak üretilen P3HT-esaslı organik güneş paneli hücrelerinin üretim maliyetleri hakkında bilgi vermişler [185], Liu ve ark., ısıl tavlama yöntemiyle, çukur oluştucu tabaka olarak işlev gören amonyum heptamolibdatlı tersinir polimer güneş paneli hücrelerinin performanslarını ve kararlılıklarını iyileştirme üzerine araştırmalar gerçekleştirmişlerdir [186]. Oda sıcaklığında çapraz bağlı elastomerler şeklinde davranan esnek, kolay üretilebilen termo-plastik poliüretanlar özel işlevleri sayesinde dikkatleri üzerine çekmiştir. Choi ve ark. da, azido-termoplastik poliüretanların potansiyel uygulama alanlarını arttırmak amacıyla bahsi geçen poliüretanların mekanik özelliklerini incelemişlerdir [187]. Dikey faz dağılımı, yük taşınımı ve yüklenme kombinasyonu üzerindeki etkileri yüzünden cihaz performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Bi ve ark. da, poli[(2,6-(4,8-bis(5-(2- etilhegzil)tiofen-2-yl)benzo[1,2-b:4,5-b']ditiofen))-ko-(1,3-di(5-tiofen-2-yl)-5,7-bis(2- etilhegzil)benzo[1,2-c:4,5-c']ditiofen-4,8-dion)](PBDB-T):3,9-bis(2- metilen(3(1,1-disiyanometilen)indanon)) -5,5,11,11 tetrakis (4-hegzilfenil)-ditiene[2,3-d:2',3'-d']-s-indaseno[1,2b:5,6-b']-ditiofen (ITIC) esaslı organik güneş paneli hücresinde fenil-C71-bütirik-

asit–metil ester (PC71BM) ilavesi yaparak tercih edilen dikey faz dağılımını elde etmeye çalışmışlar [188], Charles ve ark., organik–inorganik 3–halojen perovskit güneş paneli hücrelerinin elektro–birikimi üzerine bir derleme makalesi kaleme almışlardır [189]. Polimerler çok yönlü endüstriyel malzemelerdir ancak mühendislik alanındaki uygulamaları düşük elastik modülleri, sürünme ve bozunumları yüzünden genellikle sınırlı kalmaktadır. Söz konusu özellikleri yapı ve bileşimlerinin kontrolü sayesinde düzenlenebilmektedir. Polimerlerin inorganik dolgu malzemeleriyle (cam gibi) kuvvetlendirilerek yeni polimerik malzemelerin eldesi bu anlamda büyük bir ekonomik avantajı da beraberinde getirmektedir. Bu açıdan Serio ve ark., kalay florür içeriğinin fosfat camı–poliamid 11 hibridlerinin yapı ve özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir [190]. Wang ve ark., polimer esaslı elektro–kromik cihazların yapımında kullanılan malzemeler ve süreçler hakkında bir derleme yazısı yayınlamışlar [191], John, işlevselleştirilmiş küresel silikatların üzerine kurulu organik–inorganik hibrid biyo–malzemelerin gelişimleri ve tıbbi uygulamaları üzerine derleme yazısı hazırlamış [192] ve Liu ve ark., polimer güneş paneli hücreleri için küçük molekül alıcılarının enerji seviyesi modülasyonunu yapmışlardır [193].

5. Sonuç

Farklı yöntemlerle ve değişen başlangıç maddeleriyle polimerik camlar ve ürünleri elde edilmekte ve 21. yüzyılın en popüler malzemeleri arasında gösterilmektedirler. Özellikle polimerik malzemelerin en karmaşık uygulamalarından biri olarak kabul edilen organik yük taşıyan polimerlerin modern kopyalama ve lazer basım tekniklerinde kullanımı, ayrıca organik ışık–yayan diyotlar ve fotovoltaik hücrelerde kullanımları dikkat çekmektedir. Sahip oldukları özellikleriyle düz panel göstergelerinde ve genel aydınlatma işlemlerinde her geçen gün daha bir önem kazanan, organik malzemelerle yapılmış elektro–lüminesan cihazlar, organik–inorganik hibrid süper iyonik iletken camlar, esnek polimerle takviyeli biyo–aktif cam ve cam–seramikler, fotonik uygulamalar açısından önemli, organik–inorganik hibrid düşük–sıcaklık fosfit camları, ekran uygulamalarında kullanılan elektro–kromik organik ve polimerik malzemeler, lazer yükseltgeç uygulamaları, elektro–fotografi ve havacılık sanayi için geliştirilen yeni organik camlar, ortopedik uygulamalar açısından polimerik sistemlerle birlikte biyo–aktif cam nano–tanecikleri veya nano–lif kombinasyonları, gözlük camlarında kullanılan termoset polimerler, organik alan etkin transistörler (OFETs), polimer güneş paneli hücreleri (PSCs) ve polimerik, ışık yayan diotlar (PLEDs, foto–iletken algılayıcıların (sensörlerin), güneş aydınlatmasını ve sıcaklığı gösterebilen, kendi gücünü üretebilen, renkli, yarı şeffaf güneş hücreli lensler bahsedilmesi gereken önemli malzemeler ve uygulamalardır. İnanılmaz bir hızla yol alan teknolojik gelişmelerden organik camların da daha çok pay alacağı beklenmesi gereken bir gerçektir.

Kaynakça

- [1] Pulker H. L., “Coatings on glass”, 2nd Edition, Elsevier Science Press, 1999.
- [2] Roth Connie B., “Polymer glasses”, CRC Press, 2017.
- [3] Yılmaz R., Karasu B., “Havacılık ve uzay endüstrisinde kullanılan camlar”, Şişe Cam Teknik Bülten, 2017, 46, 3(232), 5–14.
- [4] http://www.medicontur.com/pmma_lens (Erişim tarihi: 15.12.2017).
- [5] <https://www.dhgate.com/product/custom-shop-organic-glass-electricguitars/214251141> (Erişim tarihi: 15.12.2017).
- [6] <http://www.techionix.com/tech-updates/meet-valkyrie-a-super-sleek-aircraft-taking-on-the-private-plane-industry/> (Erişim tarihi: 15.12.2017).
- [7] <https://i.pinimg.com/originals/41/2d/62/412d621e63d7f6ef28e4b0a6c665d0ed.jpg> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [8] Heavens O. S. and Smith, D. S., “Dielectric thin films”, J. Opt. Soc. Am., 1957, 47, 469.
- [9] Ay B., “Organik polimerler ve kullanım alanları”, Bitirme Tezi, Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2007.

- [10] Şenvar C., “Polimer kimyasına giriş, “zincir (katılma) polimerizasyonu”, “Basamaklı polimerizasyon”, “Kimyasal kinetik ve makromoleküller”, Fizikokimya, Cilt 4, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 1986.
- [11] http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/Polimer%20Eldesi.pdf (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [12] Büyükyıldız H. Z., “Coatings and tints of spectacle lenses”, TOD 45. Ulusal Oftalmoloji Kongresi, Girne, Kıbrıs, 2011.
- [13] Özmumcu M., “Özel bir termiyonik vakum ark (TVA) tekniği kullanılarak organik gözlük camlarının çeşitli kaplamalarının yapılması ve bazı fiziksel özelliklerinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi, Fizik Ana Bilim Dalı, Eskişehir, 2011.
- [14] Büyükyıldız H. Z., “Gözlük camları, cam materyalleri ve kişiye özel gözlük camları”, İstanbul Göz Hastanesi, İstanbul, 2011.
- [15] <https://tr.pinterest.com/source/the pittsburgh history journal.com/> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [16] <http://www.ppgoptical.com/Home.aspx> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [17] Saydam N., “Polimetilmetakrilat (PMMA) plastik atıkların katalitik pirolizi”, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Ankara, 2012.
- [18] Saçak M., “Polimer kimyası”, Gazi Kitapevi, Ankara, s. 483, 2002.
- [19] Saçak M., “Polimer teknolojisi”, Gazi Kitapevi, Ankara, s. 431, 2005.
- [20] Shishir S., Vinay K., “Polymer systems and applications”, 2010.
- [21] <http://spartansigns.com/category/acrylic-sheets-accessories/> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [22] <https://healthyliving.azcentral.com/benefits-acrylic-glasses-7921.html> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [23] <http://www.couponsaregreat.net/georgia-aquarium-discount/> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [24] <https://tr.aliexpress.com/item/Sailboat-3D-Lamp-7-Color-Changing-RGB-Night-Light-Acrylic-Sailing-Boat-Model-Crafts-3D-Table/32811619794.html> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [25] Scheirs J., Timothy E. L., “Modern polyesters: Chemistry and technology of polyesters and copolyesters”, 1st ed., Wiley Series in Polymer Science, England, 2003.
- [26] Brunelle D. J., Korn M. R., “Advances in polycarbonates”, 1st ed., American Chemical Society Symposium Series, Washington, 2005.
- [27] Othmer K., “Kirk–Othmer encyclopedia of chemical technology”, 5th ed., John Wiley & Sons, 2004.
- [28] Yıldız S., “Poli(laktik asit)’in silikon kauçuk ile toklaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2012.
- [29] Ebewe R. O., “Polymer science and technology”, 1st ed., CRC Press LLC., New York, 11–13, 2000.
- [30] <http://www.polikarbondeposu.com/> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [31] <http://www.polikarbon.com.tr/solid-polikarbonat-levha.htm> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [32] Kurt A., Yavuz R., Bozdağ G., “Polistiren–kil nanokompozitlerin sentezi, termal ve optik özelliklerinin incelenmesi”, Adıyaman Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 2013, 3 (2), 58–70.
- [33] http://www.bayar.edu.tr/besergil/6_PP_PS_PVC.pdf (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [34] Kaya A., “Genleştirilmiş polistren (EPS) atığının çeşitli bağlayıcı kombinasyonlarında yeniden değerlendirilmesi”, Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Elazığ, 2016.
- [35] <http://www.separplastik.com/index.php?ks=324&sayfa=574> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [36] <http://www.polimerplastik.com/> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [37] Awaja F., Pavel D., “Recycling of PET”, European Polymer Journal, 2005, 41:1453–1477.
- [38] Acar I., “Polietilen tereftalat atıklarının hidrokaminlerle reaksiyon ara ürünlerinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1996.
- [39] <http://muhendisoldum.blogspot.com.tr/2012/09/plastikler.html> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).

- [40] <http://tekn-mak.blogspot.com.tr/2013/05/yaygn-olarak-kullanlan-plastik-turleri.html> (Erişim Tarihi: 15.12.2017).
- [41] Renge I., Wild, U. P., “Inhomogeneous broadening and pressure shifts of the optical spectra in organic glasses at low temperatures”, *Journal of Luminescence*, 2000, 86, 241–247.
- [42] Cong H. N., Dieng M., Sene C., Chartier, P., “Hybrid organic–inorganic solar cells: Case of the all thin PMeT(Y)/CdS(X) junctions”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2000, 63, 23–35.
- [43] Kobayashi H., Takahashi H., Hiki Y., “Viscosity measurement of organic glasses below and above glass transition temperature”, *Journal of Non–Crystalline Solids*, 2001, 290, 32–40.
- [44] Łączka M., Cholewa–Kowalska K., Kogut M., “Organic-inorganic hybrid glasses of selective optical transmission”, *Journal of Non–Crystalline Solids* 287, 2001, 10–14.
- [45] Müller J., Haarer D., Kharlamov B. M., “Non–Lorentzian Hole profiles in organic glasses caused by a distribution of optical line widths”, *Physics Letters A*, 2001, 281, 64–69.
- [46] Kharlamov B. M., “Non–TLS relaxations in polymer glasses”, *Journal of Luminescence*, 2001, 94–95, 695–699.
- [47] Grazulevicius J. V., Strohriegl P., “Charge–transporting polymers and molecular glasses”, Chapter 5 in *Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices*, edited by H.S. Nalwa Volume 10: Light–Emitting Diodes, Lithium Batteries, and Polymer Devices, 233–268, 2001.
- [48] Imrie C. T., Ingram M. D., “Decoupled ion transport in mesomorphic polymer electrolyte glasses”, *Electrochimica Acta*, 2001, 46, 1413–1417.
- [49] Okumoto K., Shirota Y., “Development of new hole–transporting amorphous molecular materials for organic electroluminescent devices and their charge–transport properties”, *Materials Science and Engineering B*, 2001, 85, 135–139.
- [50] Saiter A., Devallencourt C., Saiter J. M., Grenet J., “Thermodynamically “strong” and kinetically “fragile” polymeric glass exemplified by melamine formaldehyde resins”, *European Polymer Journal*, 2001, 37, 1083–1090.
- [51] Kuwata N., Kawamura J, Nakamura Y., “New organic–inorganic hybrid superionic conductor glasses consisting of silver iodide and alkylbis–trimethylammonium diiodides”, *Solid State Communications*, 2002, 124, 221–226.
- [52] Ohtsuki C., Miyazaki T., Tanihara M., “Development of bioactive organic–inorganic hybrid for bone substitutes”, *Materials Science and Engineering C*, 2002, 22, 27–34.
- [53] Vogel M., Tschirwitz C., Schneider G., Koplín C., Medick P., Rössler E., “A ^2H NMR and dielectric spectroscopy study of the slow β –process in organic glass formers”, *Journal of Non–Crystalline Solids*, 2002, 307–310, 326–335.
- [54] Chun H., Kim, N.–J., Joo W.–J., Han J. W., Oh C. O., Kim N., “Synthesis and characterization of organic photorefractive glass”, *Synthetic Metals*, 2002, 129, 281–283.
- [55] Hung L. S., Chen C. H., “Recent progress of molecular organic electroluminescent materials and devices”, *Materials Science and Engineering R*, 2002, 39, 143–222.
- [56] Takahashi M., Niida, H., Tokuda Y., Yoko T., “Organic–inorganic hybrid phosphite low–melting glasses for photonic applications”, *Journal of Non–Crystalline Solids*, 2003, 326 & 327, 524–528.
- [57] Mutaguchi D., Okumoto K., Ohsedo Y., Moriwaki K., Shirota Y., “Development of a new class hole–transporting and emitting vinyl polymers and their applications in organic electroluminescent devices”, *Organic Electronics*, 2003, 4, 49–59.
- [58] Houbertz R., Domann G., Cronauer C., Schmitt A., Martin H., Park J.–U., Fröhlich L., Buestrich R., Popall M., Streppel U., Dannberg P., Wächter C., Bräuer A., “Inorganic–organic hybrid materials for application in optical devices”, *Thin Solid Films*, 2003, 442, 194–200.
- [59] Cardoso A. V., de Abreu W. M., “Water and the glass transition temperature of organic (caramel) glasses”, *Journal of Non–Crystalline Solids*, 2004, 348, 51–58.
- [60] Brabec C. J., “Organic photovoltaics: Technology and market”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2004, 83, 273–292.

- [61] Mecerreyes D., Marcilla R., Ochoteco E., Grande H., Pomposo J. A., Vergaz R., Pena J. M. S., “A simplified all-polymer flexible electrochromic device”, *Electrochimica Acta*, 2004, 49, 3555–3559.
- [62] Nocuń M., Leja E., Jedliński J., Najman J., “Structure and optical properties of hybrid glasses based on tetraethylorthosilicate–trimethoxyoctylsilane and tetraethylorthosilicate–tetraethylorthotitanate–trimethoxyoctylsilane systems”, *Journal of Molecular Structure*, 2005, 744–747, 3555–3559.
- [63] Uğur Ş., Pekcan Ö., “Small molecule desorption from a swelling polymeric glass in polymer solution: Energy transfer method”, *Materials Chemistry and Physics*, 2005, 92, 269–273.
- [64] Kois J., Bereznev S., Raudoja J., Mellikov E., Öpik A., “Glass/ITO/In(O,S)/CuIn(S,Se)₂ solar cell with conductive polymer window layer”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2005, 87, 657–665.
- [65] Oh S.-W., Rhee H. W., Lee C., Kim Y. C., Kim J. K., Yu J.-W., “The photovoltaic effect of the p–n heterojunction organic photovoltaic device using a nano template method”, *Current Applied Physics*, 2005, 5, 55–58.
- [66] Meneaa B., Mizono M., Takahashi M., Tokuda Y., Yoko T., “Polycarboxylic acid as network modifiers for water durability improvement of inorganic–organic hybrid tin–silico–phosphate low–melting glass”, *Journal of Solid State Chemistry*, 2006, 179, 492–499.
- [67] Lyulin A. V., Michels M. A. J., “Simulation of polymer glasses: From segmental dynamics to bulk mechanics”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2006, 352, 5008–5012.
- [68] Mortimer R. J., Dyer A. L., Reynolds J. R., “Electrochromic organic and polymeric materials for display applications”, *Display*, 2006, 27, 2–18.
- [69] Fabbri P., Messori M., Montecchi M., Nannarone S., Pasquali L., Pilati F., Tonelli C., Toselli M., “Perfluoropolyether–based organic–inorganic hybrid coatings”, *Polymer*, 2006, 47, 1055–1062.
- [70] Mozer A. J., Sariciftci N. S., “Conjugated polymer photovoltaic devices and materials”, *C. R. Chimie*, 2006, 9, 568–577.
- [71] Carella A., Centore R., Mager L., Barsella A., Fort A., “Crosslinkable organic glasses with quadratic nonlinear optical activity”, *Organic Electronics*, 2007, 8, 57–62.
- [72] Choi K. M., “A chemical strategy to improve the fluorescence environments of erbium–ions doped into organically modified hybrid glasses for laser amplifier applications”, *Materials Chemistry and Physics*, 2007, 103, 176–182.
- [73] Getautis V., Stumbraite J., Gaidelis V., Jankauskas V., Kliucius A., Paulauskas V., “Molecular glasses possessing a phenyl–1,2,3,4–tetrahydroquinoline moiety as hole transporting materials for electrophotography”, *Synthetic Metals*, 2007, 157, 176–182.
- [74] Urman K., Otaigbe J. U., “New phosphate glass/polymer hybrids–current status and future prospects”, *Prog. Polym. Sci.*, 2007, 32, 1462–1498.
- [75] Wojtach K., Laczka M., Cholewa–Kovalska K., Olejniczak Z., Sokolowska J., “Characteristics of colored inorganic–organic hybrid materials”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2007, 353, 2099–2103.
- [76] Etienne S., Hazeg N., Duval E., Mermet A., Wypych A., David L., “Physical aging and molecular mobility of amorphous polymers”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2007, 353, 3871–3878.
- [77] Ishii K., Nakayama H., “Formation and stability of amorphous molecular systems: As the prototype of functional amorphous organic materials”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2007, 353, 1279–1282.
- [78] Hanisch J., Ahlswede E., Powalla M., “All–sputtered contacts for organic solar cells”, *Thin Solid Films*, 2008, 516, 7241–7244.
- [79] Malinauskas T., Gaidelis V., Jankauskas V., Getautis V., “Novel highly soluble 3,3’–bicarbazolyl based polymers for optoelectronics”, *European Polymer Journal*, 2008, 44, 3620–3627.

- [80] Alévêque O., Leriche P., Cocherel N., Frère P., Cravino A., Roncali J., “Star-shaped conjugated systems derived from dithiafulvenyl-derivatized triphenylamines as active materials for organic solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2008, 92, 1170–1174.
- [81] Gorelov Y. P., Chmykhova T. G., Shalaginova I. A., “New organic glasses for the aircraft industry”, *Polymer Science and Technology*, 2009, 37, No: 5.
- [82] Sheng K., Yan B., “Coordination bonding assembly and photophysical properties of europium organic/inorganic/polimeric hybrid materials”, *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 2009, 206, 140–147.
- [83] Bricaud Q., Cravino A., Leriche P., Roncali J., “Terthiophene-cyanovinylene π -conjugated polymers as donor material for organic solar cells”, *Sythetic Metals*, 2009, 119, 2534–2538.
- [84] Bedeloglu A., Demir, A., Bozkurt Y., Sariciftci N. S., “A flexible textile structure based on polymeric photovoltaics using transparent cathode”, *Sythetic Metals*, 2009, 159, 2043–2048.
- [85] Kirkus M., Grazulevicius J. V., Grigalevicius S., Gu R., Dehaen V., Jankauskas V., “Hole-transporting glass forming indilo[3,2-b]carbazole-based diepoxy monomer and polymers”, *European Polymer Journal*, 2009, 45, 410–417.
- [86] Wu J., Huang, G. Qu L., Zheng J., “Correlations between dynamic fragility and dynamic mechanical properties of several amorphous polymers”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2009, 355, 1755–1759.
- [87] Ramirez C. L., Parise A. R., “Solvent resistant electrochromic polymer based on methylene-bridged arylamines”, *Organic Electronics*, 2009, 10, 747–752.
- [88] Saxena K., Jain V. K., Mehda D. S., “A review on the light extraction techniques in organic electroluminescent devices”, *Optical Materials*, 2009, 32, 221–233.
- [89] Xhi H., Wei Z., Xu W., Bo Z., Hu W., Zhu D., “Organic photovoltaic cells based on tetrathia[22]annulene[2,1,2,1]/PCBM heterojunction”, *Chemical Physics Letters*, 2009, 484, 41–43.
- [90] Tanaka S., Zakhidov A. A., Ovalle-Robles R., Yoshida Y., Hiromitsu I., Fujita Y., Yoshino K., “Semitransparent organic photovoltaic cell with carbon nanotube-sheet anodes and Ga-doped ZnO cathods”, *Sythetic Metals*, 2009, 159, 2326–2328.
- [91] Zhu L., Yu L., “Generality of forming stable organic glasses by vapor deposition”, *Chemical Physics Letters*, 2010, 499, 62–65.
- [92] Pokrass M., Burshtein S., Gvishi R., “Thermo-optic coefficient in some hybrid organic/inorganic fast sol-gel glasses”, *Optical Materials*, 2010, 32, 975–981.
- [93] Boccaccini A. R., Erol M., Stark W. J., Mohn D., Hong Z., Mano J. F., “Polymer/bioactive glass nanocomposites for biomedical applications: A review”, *Computer Science and Technology*, 2010, 70, 1767–1776.
- [94] Horie M., Shen I. -W., Tuladhar S. M., Leventis H., Haque S. A., Nelson J., Saunders B. R., Turner M. L., “Poly(thienylenevinylene) prepared by ring-opening metathesis polymerization: Performance as a donor in bulk heterojunction organic photovoltaic devices”, *Polymer*, 2010, 51, 1541–1547.
- [95] Bedeloglu A. (C), Demir A., Bozkurt Y., Sariciftci N. S., “Photovoltaic properties of polymer based organic solar cells adapted for non-transparent substrates”, *Renewable Energy*, 2010, 35, 2301–2306.
- [96] Sivakumar R., Akila K., Anandan S., “New type of inorganic-organic hybrid (heteropolytungsticacid-polyepichlorohydrin) polymer electrolyte with TiO₂ nanofiller for solid state dye sensitized solar cells”, *Current Applied Physics*, 2010, 10, 1255–1260.
- [97] Zhao Z., Teki R., Koratkar N., Efstathiadis H., Haldar P., “Metal oxide buffer layer for improving performance of polymer solar cells”, *Applied Surface Science*, 2010, 256, 6053–6056.
- [98] Chung D. S., Kong H., Yun W. M., Cha H., Shim H.-K., Kim Y.-H., Park C. E., “Effects of selenophene substitution on the mobility and photovoltaic efficiency of polyquaterthiophene-based organic solar cells”, *Organic Electronics*, 2010, 11, 899–904.

- [99] Martínez A. B., Artús P., Dürsteter J. C., Arencón D., “Fracture behaviour of termosetting polymers for ophthalmic lenses”, *Engineering Failure Analysis*, 2010, 17, 4–10.
- [100] Jeong S., Han Y. S., Kwon Y., Choi M.-S., Cho G., Kim K.-S., Kim Y., “Effects of n type perylene derivative as an additive on the power conversion efficiencies of polymer solar cells”, *Synthetic Metals*, 2010, 160, 2109–2115.
- [101] Messori M., Fabbri P., Pilati F., Tonelli C., Toselli M., “Perfluoropolyether-based organic-inorganic coatings”, *Progress in Organic Coatings*, 2011, 72, 461–468.
- [102] Cetin B., Odabasi M., “Polibrominated diphenyl ethers (PBDEs) in indoor and outdoor window organic films in Izmir, Turkey”, *Journal of Hazardous Materials*, 2011, 185, 784–791.
- [103] Yu D., Kleemeier M., Wu G. M., Schartel B., Liu W. Q., Hartwig A., “A low melting organic-inorganic glass and its effect on flame retardancy of clay/epoxy composites”, *Polymer*, 2011, 52, 2120–2131.
- [104] Kim J.-R., Cho J. M., Lee A.-R., Chae E. A., Park J.-U., Byun W.-B., Lee S. K., Lee J.-C., So W.-W., Yoo S., Moon S.-J., Shin W. S., “Improvement of the performance of inverted polymer solar cells with a fluorine-doped tin oxide electrode”, *Current Applied Physics*, 2011, 11, S175–S178.
- [105] Zhang M., Chiu T.-L., Lin C.-F., Lee J.-H., Wang J.-K., Wu Y., “Roughness characterization of silver oxide anodes for use in efficient top-illuminated organic solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2011, 95, 2606–2609.
- [106] Jeong S., Woo S. -H., Lyu H.-K., Han Y. S., “Effects of a perfluorinated compound as an additive on the power conversion efficiencies of polymer solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2011, 95, 1908–1914.
- [107] Luk W. C., Yeung K. M., Tam K. C., Ng K. L., Kwok K. C., Kwong C. Y., Ng A. M. C., Durišić A. B., “Enhanced conversion efficiency of polymeric photovoltaic cell by nanostructured antireflection coating”, *Organic Electronics*, 2011, 12, 557–561.
- [108] Nasybulin E., Feinstein J., Cox M., Kymissis I., Levon K., “Electrochemically prepared polymer solar cells by three-layer deposition of poly(3,4-ethylenedioxythiophene)/poly(2,2'-bithiophene)/fullerene (PEDOT/PBT/C₆₀)”, *Polymer*, 2011, 52, 3627–3632.
- [109] Delpouve N., Vuillequez A., Saiter A., Youssef B., Saiter J. M., “Fragility and cooperativity concepts in hydrogen-bonded organic glasses”, *Physica B*, 2012, 407, 3561–3565.
- [110] Liu X., Zhang J., Tang P., Yu G., Zhang Z., Chen H., Chen Y., Zhao B., Tan S., Shen P., “Development of a new diindenopyrazine-benzotriazole copolymer for multifunctional application in organic field-effect transistors, polymer solar cells and light-emitting diodes”, *Organic Electronics*, 2012, 13, 1671–1679.
- [111] Ikena H., Kirsanov, D., Legin A. and Schöning M. J., “Novel thin-film polymeric materials for the detection of heavy metals”, *Procedia Engineering*, 2012, 47, 322–325.
- [112] Kim T.-S., Na, S.-I., Oh S.-H., Kang R., Yu B.-K., Yeo J.-S., Lee J., Kim D.-Y., “All-solution-processed ITO-free polymer solar cells fabricated on copper sheets”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2012, 98, 168–171.
- [113] Du X., He D., Xiao Z., Ding L., “The double-edged function of UV light in polymer solar cells with an inverted structure”, *Synthetic Metals*, 2012, 162, 2302–2306.
- [114] Woestenborghs W., De Visschere P., Beunis F., Van Steenberge G., Neyts K., Vetsuypens A., “Analysis of a transparent organic photoconductive sensor”, *Organic Electronics*, 2012, 13, 2250–2256.
- [115] Lin H.-W., Chen Y.-H., Huang Z.-Y., Chen C.-W., Lin L.-Y., Lin F., Wong K.-T., “Highly efficient bifacial transparent organic solar cells with power conversion efficiency greater than 3 % and transparency of 50 %”, *Organic Electronics*, 2012, 13, 1722–1728.
- [116] Ripaud E., Demeter D., Rousseau T., Boucard-Cétol E., Allain M., Po R., Leriche P., Roncali J., “Structure properties relationships in conjugated molecules based on diketopyrrolepyrrole for organic photovoltaics”, *Dyes and Pigments*, 2012, 95, 126–133.

- [117] Choi E. H., Chae S. H., Kim K., Lee S. J., Joo J., "Photovoltaic characteristics of organic solar cells using Zn-porphyrin derivatives with controlled π conjugation structure", *Synthetic Metals*, 2012, 162, 813–819.
- [118] Zhu X., Choy W. C. H., Xie F., Duan C., Wang C., He W., Huang F., Cao Y., "A study of optical properties enhancement in low-bandgap polymer solar cells with embedded PEDOT:PSS gratings", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2012, 99, 327–332.
- [119] Nasybulin E., Cox M., Kymissis I., Levon K., "Electrochemical codeposition of poly(thieno[3,2-b]thiophene) and fullerene: An approach to a bulk heterojunction organic photovoltaic device", *Synthetic Metals*, 2012, 162, 10–17.
- [120] Oo T. Z., Chandra R. D., Yantara N., Prabhakar R. R., Wong L. H., Mathews N., Mhaisalkar S. G., "Zinc tin oxide (ZTO) electron transporting buffer layer in inverted organic solar cell", *Organic Electronics*, 2012, 13, 870–874.
- [121] Li Y., Huang H., Wang M., Nie W., Huang W., Fang G., Carrol D. L., "Spectral response of fiber-based organic photovoltaics", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2012, 98, 273–276.
- [122] <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-4762440/Organic-solar-cell-glasses-charge-phone.html#ixzz58PjORNZd> (Erişim Tarihi: 02.03.2018).
- [123] Aleksejeva J., Teteris J., Tokmakovs A., "Azobenzene containing low-molecular weight organic glasses for optical recording", *Physics Procedia*, 2013, 44, 19–24.
- [124] Ouyang Q., Yu H., Wu H., Lei Z., Qi L., Chen Y., "Graphene/MoS₂ organic glasses: Fabrication and enhanced reverse saturable absorption properties", *Optical Materials*, 2013, 35, 2352–2356.
- [125] Traskovskis K., Lazdovica K., Tokmakovs A., Kokars V., Rutkis M., "Modular approach to obtaining organic glasses from low-molecular weight dyes using 1,1,1-triphenylpentane auxiliary groups: Non linear optical properties", *Dyes and Pigment*, 2013, 99, 1044–1050.
- [126] Rahimi R., Roberts A., Narang V., Kumbham V. K., Korakakis D., "Study of the effect of the charge transport layer in the electrical characteristics of the organic photovoltaics", *Optical Materials*, 2013, 35, 1077–1080.
- [127] Kumar V., Wang H., "Selection of metal substrates for completely solution-processed inverted organic photovoltaic devices", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2013, 113, 179–185.
- [128] Hsu M.-H., Chen P.-H., Yu P., Huang J.-H., Chang C.-H., Cheng Y.-C., Chu C.-W., "Ubiquitous carrier harvesting in organic solar cells with embedded indium-tin-oxide nano-electrodes", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2013, 118, 102–108.
- [129] Liang Z., Gao R., Lan J.-L., Wiranwetchayan O., Zhang Q., Li C., Cao G., "Growth of vertically aligned ZnO nanowalls for inverted polymer solar cells", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2013, 117, 34–40.
- [130] Kozaoglu D., Apaydin D. H., Cirpan A., Esenturk E. N., "Power conversion efficiency enhancement of organic solar cells by addition of gold nanostars, nanorods, and nanospheres", *Organic Electronics*, 2013, 14, 1720–1727.
- [131] Noh H. S., Cho E. H., Kim H. M., Han Y. D., Joo J., "Organic solar cells using plasmonic of Ag nanoprisms", *Organic Electronics*, 2013, 14, 278–285.
- [132] Cheng P., Shi Q., Lin Y., Li Y., Zhan X., "Evolved structure of thiazolothiazole based small molecules towards enhanced efficiency in organic solar cells", *Organic Electronics*, 2013, 14, 599–606.
- [133] Lao X. C., Desai C., Mitra S., "Functionalized nanodiamond as a charge transporter in organic solar cells", *Solar Energy*, 2013, 91, 204–211.
- [134] Ouyang Q., Xu Z., Lei Z., Dong H., Yu H., Qi L., Li C., Chen Y., "Enhanced nonlinear optical and optical limiting properties of graphene/ZnO hybrid organic glasses", *Carbon*, 2014, 67, 214–220.
- [135] Wadams R. C., Yen C.-W., Bucher Jr D. P., Koerner H., Durstock M. F., Fabris L., Tabor C. E., "Gold nanorod enhanced organic photovoltaics: The importance of morphology effects", *Organic Electronics*, 2014, 15, 1448–1457.

- [136] Abidin T., Zhang Q., Wang K.-L., Liaw D.-J., “Recent advances in electrochromic polymers”, *Polymer*, 2014, 55, 5293–5304.
- [137] Gutiérrez E. P., Maldonado J.-L., Nolasco J., Ramos-Ortiz G., Rodríguez M., Mendoza-De la Torre U., Meneses-Nava M.-A., Barbosa-García O., García-Ortega H., Farfán N., Granados G., Santillan R., Juaristi E., “Titanium oxide: Fullerene composite films as electron collector layer in organic solar cells and the use of an easy-deposition cathode”, *Optical Materials*, 2014, 36, 1336–1341.
- [138] Hwang I., McNeill C. R., Greenham N. C., “Evaluation of phase separation upon annealing and the influence on photocurrent generation in ternary blend organic solar cells”, *Synthetic Metals*, 2014, 189, 63–68.
- [139] Kim W., Kim J. K., Lim Y., Park I., Choi Y. S., Park J. H., “Tungsten oxide /PEDOT:PSS hybrid cascade hole extraction layer for polymer solar cells with enhanced long-term stability and power conversion efficiency”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2014, 122, 24–30.
- [140] Lan J.-L., Liang Z., Yang Y.-H., Ohuchi F. S., Jenekhe S. A., Cao G., “The effect of SrTiO₃:ZnO as cathodic buffer layer for inverted polymer solar cells”, *Nano Energy*, 2014, 4, 140–149.
- [141] Han Y.-K., Chang M.-Y., Ho K.-S., Hsieh T.-H., Tsai J.-L., Huang P.-C., “Electrochemically deposited nano polyaniline films as hole transporting layers in organic solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2014, 128, 198–203.
- [142] Lau X. C., Wang Z., Mitra S., “Effect of low concentrations carbon black in organic solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2014, 128, 69–76.
- [143] Kösemen A., Tore N., Parlak E. A., Kösemen Z. A., Ulbricht C., Usluer O., Egbe D. A. M., Yerli Y., San S. E., “An efficient organic inverted solar cell with AnE-PVStat: PCBM active layer and V₂O₅/Al anode layer”, *Solar Energy*, 2014, 99, 88–94.
- [144] Raja R., Liu W.-S., Hsiow C.-Y., Hsieh Y.-J., Rwei S.-P., Chiu W.-Y., Wang L., “Novel fulleropyrrolidines bearing π -conjugated thiophene derivatives as compatibilizing group for developing highly stable polymer solar cells”, *Organic Electronics*, 2014, 15, 2223–2233.
- [145] Kumar A. M., Latthe S. S., Sudhagar P., Obot I. B., Gasem Z. M., “In-situ synthesis of hydrophobic SiO₂-PMMA composite for surface protective coatings: Experimental and quantum chemical analysis”, *Polymer*, 2015, 77.
- [146] Wu, N., Luo Q., Bao Z., Lin J., Li Y.-Q., Ma, C.-Q., “Zinc oxide: Conjugated polymer nanocomposite as cathode buffer layer for solution processed inverted organic solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2015, 141, 248–259.
- [147] Berrebi M., Fabre-Francke I., Lavédrine B., Fichet O., “Development of organic glass using interpenetrating polymer networks with enhanced resistance toward scratches and solvents”, *European Polymer Journal*, 2015, 63, 132–140.
- [148] Lin G., Cui R., Huang H., Guo X., Yang S., Li C., Dong J., Sun B., “Facile synthesis of isomeric fullerene derivatives as acceptors for high performance organic photovoltaic”, *Tetrahedron*, 2015, 71, 7998–8002.
- [149] Çağlar A., Cengiz U., Yıldırım M., Kaya İ., “Effect of deposition charges on the wettability performance of electrochromic polymers”, *Applied Surface Science*, 2015, 331, 262–270.
- [150] Yu H., Ge Y., Shi S., “Improving power conversion efficiency of polymer solar cells by doping copper phthalocyanine”, *Electrochimica Acta*, 2015, 180, 645–650.
- [151] Wang Y., Bai H., Zhan X., “Comparison of conventional and inverted structures in fullerene-free organic solar cells”, *Journal of Energy Chemistry*, 2015, 24, 744–749.
- [152] Qiu, Y., Leung, S.-F., Zhang, Q., Mu, C., Hua B., Yan H., Yang, S., Fan Z., “Nanobowl optical concentrator for efficient light trapping and high-performance organic photovoltaics”, *Sci. Bull.*, 2015, 60(1):109–115.
- [153] Tessarolo M., Guerrero A., Gedefaw D., Bolognesi M., Prosa M., Xu X., Mansour M., Wang E., Seri M., Anderson M. R., Muccini M., Garcia-Belmonte G., “Predicting thermal stability of organic solar cells through an easy and fast capacitance measurement”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2015, 141, 240–247.

- [154] Lei H., Qin P., Ke W., Guo Y., Dai X., Chen Z., Wang H., Li B., Zheng Q., Fang G., "Performance enhancement of polymer solar cells with high work function CuS modified ITO as anodes", *Organic Electronics*, 2015, 22, 173–179.
- [155] Fan L., Cui R., Jiang L., Zou Y., Li, Y., Qian D., "A new small molecule with indolone chromophore as the electron accepting unit for efficient organic solar cells", *Dyes and Pigments*, 2015, 113, 458–464.
- [156] Zu Q., Bao X., Yu J., Yang R., Dong L., "Simple synthesis of solution-processable oxygen-enriched graphene as anode buffer layer for efficient organic solar cells", *Organic Electronics*, 2015, 27, 143–150.
- [157] Yang Y., Qing J., Ou J., Lin X., Yuan Z., Yu D., Zhou X., Chen X., "Rational design of metallic nanowire-based plasmonic architectures for efficient inverted polymer solar cells", *Solar Energy*, 2015, 122, 231–238.
- [158] Carlson J. S., Marleau P., Zarkesh R. A., Feng P. L., "Melt-cast organic glasses as high-efficiency fast neutron scintillators", *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A*, 2016, 832, 152–157.
- [159] Baba E. M., Cansoy C. E., Zayim E. O., "Investigation of wettability and optical properties of superhydrophobic polystyrene-SiO₂ composite surfaces", *Progress in Organic Coatings*, 2016, 99, 378–385.
- [160] Wei J., Li H., Zhao Y., Zhou W., Fu R., Leprince-Wang Y., Yu D., Zhao Q., "Suppressed hysteresis and improved stability in perovskite solar cells with conductive organic network", *Nano Energy*, 2016, 26, 139–147.
- [161] Jia X., Wu, N., Wei J., Zhang L., Luo Q., Bao Z., Li Y.-Q., Yang Y., Liu X., Ma C.-Q., "A low-cost and low-temperature processable zinc oxide-polyethylenimine (ZnO:PEI) nano-composite as cathode buffer layer for organic and perovskite solar cells", *Organic Electronics*, 2016, 38, 150–157.
- [162] Dusza M., Stefanski M., Wozniak M., Hreniak D., Gerasymchuck Y., Marciniak L., Granek F., Streck W., "Luminescent Sr₂CeO₄ nanocrystals for applications in organic solar cells with conjugated polymers", *Journal of Luminescence*, 2016, 169, 857–861.
- [163] Rault J., "Aging of oriented polymer glasses", *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2016, 352, 4946–4955.
- [164] Zadarozhnyy M. Y., Chukov D. I., Churyukanova M. N., Gorshenkov M. V., Zadarozhnyy V. Y., Stepashkin A. A., Tsarkov A. A., Louzguine-Luzgin D. V., Kaloshin S. D., "Investigation of contact surfaces between polymer matrix and metallic glasses in composite materials based on high-density polyethylene", *Materials and Design*, 2016, 92, 306–312.
- [165] Nakashima M., Murata N., Suenaga Y., Naito H., Sasaki T., Kunugi Y., Ohshita J., "Disilanebithiophene-dithienylbenzothiadiazole alternating polymer as donor material of bulk heterojunction polymer solar cells", *Synthetic Metals*, 2016, 215, 116–120.
- [166] Khanum K. K., Ramamurthy P. C., "Instigating network structure in bulk heterojunction organic solar cells creating a unique approach in augmenting the optical absorption", *Polymer*, 2016, 91, 146–155.
- [167] Kao, S.-Y., Kung C.-W., Chen H.-W., Hu C.-W., Ho K.-C., "An electrochromic device based on all-in-one polymer gel through in-situ thermal polymerization", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2016, 145, 61–68.
- [168] Liu Z., Wang N., Fu Y., "Effect of thermal annealing treatment with titanium chelate on buffer layer in inverted polymer solar cells", *Applied Surface Science*, 2016, 389, 1120–1125.
- [169] Bolognesi M., Prosa M., Tessarolo M., Donati G., Toffanin S., Muccini M., Seri M., "Impact of environmentally friendly processing on polymer solar cells: Performance, thermal stability and morphological study by imaging techniques", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2016, 155, 436–445.
- [170] Carlson J. S., Marleau P., Zarkesh R.A., Feng P. L., "Taking advantage of disorder: Small-molecule organic glasses for radiation detection and particle discrimination", *J. Am. Chem. Soc.*, 2017, 139 (28), 9621–9626.

- [171] Jung S. E., Lee E. J., Moon D. K., Haw J. R., “Surface modification of line-patterned electron transfer layer for enhancing the performance of organic solar cells”, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2017, 52, 147–152.
- [172] Chander N., Singh S., Iyer S. S. K., “Stability and reliability of P3HT:PC61BM inverted organic solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2017, 161, 407–415.
- [173] Zeynali A., Ghiasi T. S., Riazi G., Ajeian R., “Organic solar cells based on photosystem I pigment-protein complex, fabrication and optimization”, *Organic Electronics*, 2017, 51, 341–348.
- [174] Rolston N., Printz A. D., Dupont S. R., Voroshazi E., Dauskardt R. H., “Effect of heat, UV radiation, and moisture on the decohesion kinetics of inverted organic solar cells”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2017, 170, 239–245.
- [175] Liu W., Zhang X., Liu J., Ma X., Zeng J., Liu P., Xu T., “Electrochromic properties of organic-inorganic composite materials”, *Journal of Alloys and Compounds*, 2017, 718, 379–385.
- [176] Tran V.-H., Khan R., Lee I.-H., Lee S.-H., “Low-temperature solution-processed ionic liquid modified SnO₂ as an excellent electron transport layer for inverted organic solar cells”, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2017, doi:<https://doi.org/10.1016/j.solmat.2017.12.013>.
- [177] Kim E. C., Na Se.-I., Park J. T., “Fogging, reflection, and dust-free transparent conducting glasses based on superhydrophilic nanotextures for organic photovoltaics”, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 2017, 52, 243–250.
- [178] Liu J., Li M., Wu J., Shi Y., Zheng J., Xu C., “Electrochromic polymer achieving synchronous electrofluorochromic switching for optoelectronic application”, *Organic Electronics*, 2017, 51, 295–303.
- [179] Lakshminarayana G., Tkaczyk S., Ebothe J., El-Naggar A. M., Albassam A. A., Kityk I. V., Mahdi M. A., “Laser operated PVA polymer/(TeO₂-(x))-ZnO-WO₃-TiO₂-Na₂O (x = Bi₂O₃ or Pr₂O₃ mol %) glass composites”, *Journal of Non-Crystalline Solids*, 2017, 471, 146–150.
- [180] Shi Y., Fu J., Ji Z., “Efficient ternary polymer solar cells by doping fullerene derivatives”, *Thin Solid Films*, 2017, 636, 20–25.
- [181] Li W., Zhang S. Zhang H., Hou J., “The investigations of two conjugated polymers that show distinctly different photovoltaic properties in polymer solar cells”, *Organic Electronics*, 2017, 44, 42–49.
- [182] “Light emitting based on polymer”, Section 7 in *Polymer Materials for Energy and Electronic Applications*, Elsevier, 243, 2017.
- [183] Cheng J., Ren X., Zhu H. L., Mao J., Liang C., Zhuang J., Roy V. A. L., Choy W. C. H., “Pre- and post-treatments free nanocomposite based hole transport layer for high performance organic solar cells with considerably enhanced reproducibility”, *Nano Energy*, 2017, 34, 76–85.
- [184] Li Y., Yu H., Huang X., Wu Z., Xu, H., “Improved performance for polymer solar cells using CTAB-Modified MoO₃ as an anode buffer layer”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2017, 171, 72–84.
- [185] Li Z., Jiang W., Li W., Hong L., Lei T., Mi D., Peng R., Ouyang X., Ge Z., “Reducible fabrication cost for P3HT-based organic solar cells by using one-step synthesized novel fulleren derivatives”, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 2017, 159, 172–178.
- [186] Liu Z., Hui S., Wang S., “Improved performance and stability of inverted polymer solar cells with ammonium heptamolybdate acted as hole extraction layers via thermal annealing method”, *Journal of Luminescence*, 2017, 181, 310–314.
- [187] Choi J., Moon D. S., Jang J. U., Yin W. B., Lee B., Lee K. J., “Synthesis of highly functionalized thermoplastic polyurethanes and their potential applications”, *Polymer*, 2017, 116, 287–294.

- [188] Bi P., Xiao T., Yang X., Niu M., Wen Z., Zhang K., Qin W., So K. S., Lu G., Hao X., Liu H., “Regulating the vertical phase distribution by fullerene-derivative in high performance ternary organic solar cells”, *Nano Energy*, 2018, 46, 81–90.
- [189] Charles U. A., Ibrahim M. A., Teridi M. A. M., “Electrodeposition of organic–inorganic trihalide perovskites solar cell”, *Journal of Power Sources*, 2018, 378, 717–731.
- [190] Serio L., Gawne D. T., Bao Y., “Effect of tin fluoride content on the structure and properties of phosphate glass–polyamide 11 hybrids”, *European Polymer Journal*, 2018, 99, 134–141.
- [191] Wang H., Barrett M., Duane B., Gu J., Zenhausern F., “Materials and processing of polymer–based electrochromic devices”, *Materials Science & Engineering B*, 2018, 228, 167–174.
- [192] John L., “Selected developments and medical applications of organic–inorganic hybrid biomaterials based on functionalized spherosilicates”, *Materials Science & Engineering C*, 2018, <https://doi.org/10.1016/j.msec.2018.02.007>.
- [193] Liu R., Du Z., Wen S., Wu Y., Zhu D., Yang R., “Energy levels modulation of small molecule acceptors for polymer solar cells”, *Synthetic Metals*, 2018, 235, 131–135.