

Ahmet Macit Özenbaş*

Halil İbrahim Yavuz**

* Prof. Dr.
** Araş.Gör.
ODTÜ Metalurji ve Malzeme
Mühendisliği Bölümü Yüzey
Bilimi Araştırma Laboratuvarı

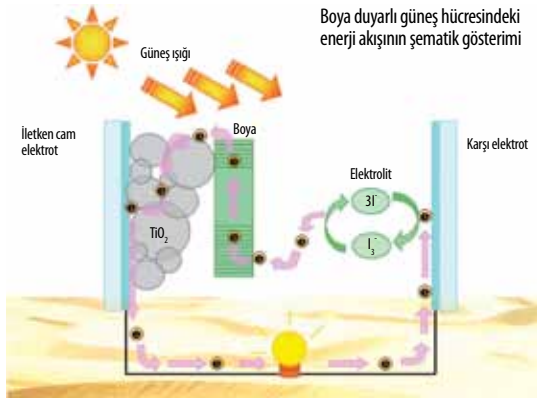


Boya Duyarlı Güneş Gözeleri Yeni ve Daha Ucuz Teknolojiler

Boya ile duyarlı hale getirilmiş güneş gözeleri (BDGG), üçüncü nesil güneş gözeleri olarak adlandırılan ve bilindik güneş gözelerine alternatif olarak ortaya çıkan fotovoltaik gözeler grubuna dahil güneş gözeleridir. 1991 yılında Michael Grätzel tarafından geliştirilmiş, günümüze kadar meydana gelen gelişmelerle % 10 laboratuvar verimliliğine ulaşılmıştır. Mevcut silisyum esaslı p-n eklem tipi güneş gözelerinden farklı olarak, bitkilerde gözlenen fotoelektrokimyasal mekanizmalarla çalışan boya duyarlı güneş gözelerinin bu özelliği yapay fotosentez olarak adlandırılmaktadır.

Boya duyarlı güneş gözelerinin diğer güneş gözelerinden üstün yönleri şunlardır:

Ekonomiklik: Günümüzde yaygın olarak kullanılan silisyum esaslı güneş gözelerinin ve onların daha ekonomik alternatifleri olan ince film teknolojilerinin üretim maliyetleri, yoğun enerji gerektiren yüksek sıcaklık ve vakum koşullarında üretilmeleri sebebiyle yüksektir ve sınırlanmıştır. Boya duyarlı güneş gözeleri daha ekonomik malzemelerden oluşur ve vakum gerektirmeyen işlemlerle üretilir. Bu açıdan mevcut teknolojiler içerisinde enerji üretim maliyetleri açısından performansı en yüksek olan fotovoltaiik teknolojidir.



Düşük ısıma koşullarında çalışabilme: Bilindik güneş gözeleri yüksek sıcaklıkta ve düşük radyasyon koşullarında performans kaybeder, ancak boya duyarlı güneş gözeleri sıcaklık, ısıma açısı ve düşük ısıma koşullarından etkilenmeden enerji üretmeye devam eder. Özellikle bulutlu havalarda, güneş radyasyonunun düşük olduğu mevsimlerde ve coğrafi bölgelerde enerji üretimi açısından son derece avantajlıdır.

Esnek taban malzemelerine uygulanabilme: Farklı renklerde ve ışık geçirgenliklerinde üretilibilmelerinin yanı sıra düşük ışık şiddetlerindeki yüksek performansları sebebiyle bina içi uygulamalarda, ısıma açısından bağımsız enerji üretilmeleri sayesinde de binalara entegre edilmiş sistemlerde kullanılabilirler. Cam gibi sert yüzeylere uygulanabilmelerinin yanı sıra esnek ve hafif malzemeler şeklinde de üretilirler; cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar gibi elektronik cihazlarda, taşınabilir şarj ünitelerinde ve giysilerde kullanılabilirler.

Sürekli/yerinde üretim koşullarına uyarlanabilme: Basit tekniklerle ve ekipmanlarla üretilmelerinin yanı sıra taşınabilir üretim hatlarının kullanılması sayesinde yerinde üretim modeline de uygundur.

Gelecekte boya duyarlı güneş gözelerinin endüstriyel olarak üretilmesi ve daha fazla sayıda ticari firmanın rekabet oluşturmaları sonucunda maliyetlerin büyük ölçüde düşmesi bekleniyor. Günümüzde pek çok enstitü, üniversite ve araştırma kuruluşunun yanı sıra Sony, Sharp, Toyota gibi büyük firmalar ve pek çok irili ufaklı firma da boya duyarlı güneş gözeleri üretimini konusunda çalışmalar yapıyor. Önümüzdeki bir kaç sene içinde ilk ticari panellerin piyasaya sunulacağı tahmin ediliyor. TÜBİTAK'ın Vizyon 2023 Programı'nın "Güneş Enerjisi" bölümünde 2008-2017 hedefi olarak 200 W düzeyinin altında, taşınabilir, organik pigmentli güneş gözeleri teknolojilerinin geliştirilmesi yer alıyor. Bu doğrultuda laboratuvarımızda yapılan çalışmaların amacı da, yukarıda belirtilen hedeflerle örtüşecek şekilde, boya ile duyarlı hale getirilmiş nanokristal yapı malzemeler kullanarak daha verimli ve daha ucuz güneş gözeleri yapmaktır.

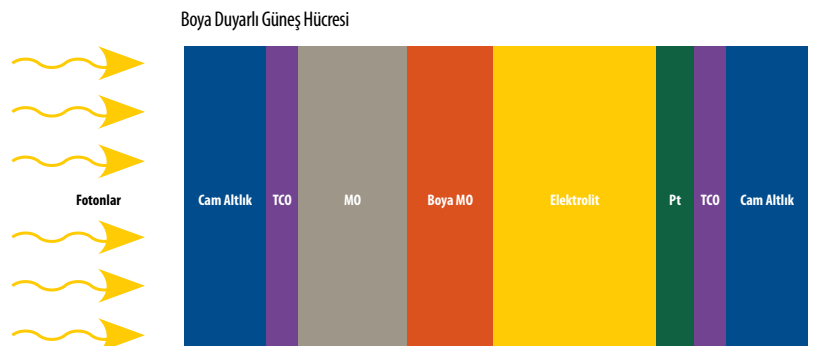
Boya ile duyarlı hale getirilmiş güneş gözeleri 3 ana bölümden oluşur.

En üstte, gelen ışığı gözenin içine iletmek amacıyla, geçirgen bir cam bulunur. Camın altında, anotta (metal oksit ve metal oksit-boya katmanları) elde edilen fotoelektronları toplamak amacıyla, iletken bir katman olan TCO (Transparan İletken Oksit) yer alır. TCO tabakasının hemen altında, çok ince halde nano parçacıklı metal oksit katmanı yer alır. Bu katman, nano yapısı sayesinde, hayli geniş bir yüzey alanına sahiptir. Metal oksit katmanının altında ise foto aktivitesi yüksek boya katmanı (genelde rutenyum poli-piridin esaslı) bulunur. Poli-piridin boya tabakası aktivite artırımı için kovalent bağlı metal oksit tabaka ile çevrelenmiştir.

Bu katmanın dışında ise elektrolit ve redoks çiftinin bulunduğu tabaka yer alır.

Gözenin en altında yine iletken bir katman içeren (TCO), platin ile kaplı, geçirgen cam katot bulunur.

Boya duyarlı güneş gözelerinin çalışma prensibi ise şekilde görüldüğü gibi dört aşamada açıklanabilir.





Macit Özenbaş, doktora derecesini ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü'nden aldı. Almanya'daki Max Planck Enstitüsü'nde ve ABD'deki Princeton Üniversitesi'nde araştırmacı olarak çalıştı. 30'dan fazla lisans üstü tez yönetti. Son yıllarda TiO_2 nano parçacıklar ve boya ile duyarlı hale getirilmiş güneş gözeleri üzerine çalışmalar yürütüyor.

Çeşitli miktarlarda indiyum kalay oksit nano tel ya da nano toz eklenerek elde edilen nano kompozit TiO_2 güneş gözelerinin akım-voltaj (J-V) eğrileri ile nano örgülü anot yapımında kullanılan ITO nano tellerin SEM görüntüleri

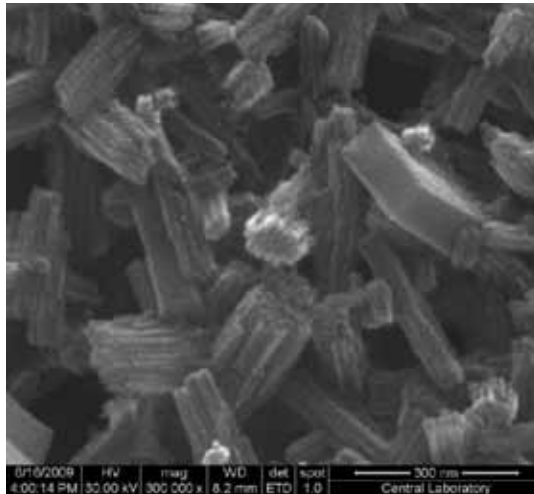
1. Güneş ışığından kaynaklanan fotonlar, geçirgen bir cam yardımı ile foto aktivitesi yüksek boya moleküllerine çarparak onları uyarırlar. Uyarılan boya molekülleri, n tipi taşıyıcı nano parçacıklı metal oksit katmanını (TiO_2 , ZrO_2 , NiO , SnO_2) tarafından çekilir.

2. Boya molekülleri bu tepkime sonucunda pozitif yüklü duruma geçer (yükseltgenir).

3. Elektrolit, yükseltgenen boya moleküllerini tekrar nötr (doğal) hallerine çevirir. Böylece boya molekülleri doğal hallerine geri dönerken elektrolit yükseltgenmiş olur.

4. Elektrolit tekrar katot (Pt) yüzeyinde, elektrik devresinde kullanılan elektronlar ile indirgenir, böylece elektrik çevrimi tamamlanmış olur.

Laboratuvarımızda (ODTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü Yüzey İşlemler Laboratuvarı) Boya Duyarlı Güneş Gözeleri (BDGG) konusunda yapılan çalışmalar aşağıda kısaca tanıtılmaktadır.



Nano Kompozit Boya Duyarlı Güneş Gözeleri:

Güneş gözesinde yer alan metal oksit katmanının yüzey alanını artırarak daha fazla boya molekülünü metal oksit tabakasına bağlayabilmek, bunun sonucu olarak birim zamanda daha fazla ışık soğurabilmek, elektron difüzyon mesafesini kısaltarak metal oksit parçacıklarının geçiş aralıklarındaki elektron birikimini engellemek, bu çalışmaların esasını oluşturuyor. Bu amaçla çeşitli yarı iletken, metal oksit nano parçacıkları ile nano tellerin birbirleri ile değişik kombinasyonları kullanılarak yeni nano örgülü sistemler üretilmiştir. Bu nano örgülü anotlar BDGG uygulamalarında kullanılarak gözenin verimliliği artırılmaya çalışılmıştır.

Çalışmalar sonucunda TiO_2 -ITO (indiyum kalay oksit), nano tel kompozit güneş gözelerinde klasik BDGG'lere göre % 33 verim artışı gözlenmiştir. Çeşitli miktarlarda indiyum kalay oksit nano tel ya da nano toz eklenerek elde edilen nano kompozit TiO_2 güneş gözelerinin akım-voltaj (J-V) eğrileri aşağıda verilmektedir. Bu gözelerin üretimi tamamen ıslak kimya ve açık atmosferik koşullarda yapılarak maliyet oranları düşürülmüştür. Ölçümü yapılan boya duyarlı güneş gözesi de aşağıda görülmektedir.

İkiyüzlü Boya Duyarlı Güneş Gözeleri:

Güneş gözesi üzerine düşen ışığın içeride kalma zamanının artması ile soğurulan ışık miktarı artacağından iki yüzlü (Bifacial) olarak tanımlanan güneş gözelerinde çalışmalar yapılmaktadır. Bu gözelerde klasik BDGG güneş gözesi yapısındaki polimer elektrolit yerine, gözenin sıcaklık, nem, hava durumu, ışık geliş açısı ve yönü gibi çevre şartlarından etkilenmemesi amacıyla katı faz elektrolit kullanımına yönelinmiştir. Yaklaşık 5-10 nanometre büyüklüğündeki katı parçacıklardan oluşan tabakanın, üzerinde iyon ya da yük taşıyabilecek şekilde tasarlanmış gözenekli bir yapısı vardır. SiO_2 ve organik imidazol, bu tabakada yaygınlıkla kullanılan malzemelerdir.

Boya Duyarlı Güneş Gözeleri İçin Çekirdek-Kabuk Tipi Nanokristal FTO Fotoanotlar:

Bu çalışmada iç içe, farklı iki yarı iletken metal oksit katmanından TiO_2 -FTO (SnO_2 :F) oluşan nano küreciklerin üretilerek anot olarak kullanılmalarının BDGG üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Yüksek basınç reaktörü kullanılarak üretilen iki katmanlı nano kürecikler değişik göze kombinasyonlarında denenmiştir. Yapı içinde flor miktarının artmasının, boya duyarlı güneş gözelerinde verim artışına neden olduğu gözlenmiştir.

Kuantum Noktacık ile Duyarlı Hale Getirilmiş Güneş Gözesi:

Boyar madde yerine, alternatif olarak laboratuvar alt yapımızda boyları 1 nm den daha küçük kuantum noktacıklar sentezlenerek güneş gözesi yapımında kullanılmıştır. Sonuç olarak ucuz maliyette sahip kuantum parçacıkların, BDGG'lerde ışık emici olarak kullanılabileceği saptanmıştır. Laboratuvarımızda verimlilikleri ve kullanım ömürleri ile ilgili çalışmalar devam etmektedir.