

GÜNEŞ PİLLERİ GÜNEŞ HÜCRELERİ

Güneş pilleri (daha doğrusu Güneş Hücreleri), ışık enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren aygıtlar. Bu dönüştürme işleminin bilimsel deyimise "Fotovoltaik etki". Dünya'da iklim değişikliği korkularının yoğunlaştığı bir dönemde güneş pilleri, çevre kirliliği yaratmayan güneş enerjisini direkt kullanarak, doğanın milyonlarca yıllık yaşam dengesiyle uyum içinde olan bir enerji kaynağı olmalarıyla rüzgar türbinleri gibi insanlığın gelecek umudu haline gelmiş bulunuyor. Hatta rüzgar türbinlerine kıyasla sessiz sedasız olmaları, atmosferik-coğrafik koşullara bağımlılığın daha az olması, Güneş'in bulutların arkasında olduğu kısmi-ışıklı hallerde dahi elektrik üretebilmeleri, güneş pillerinin gelecekte yaygın kullanımıyla ilgili umutları artırıyor. Bugün güneş pilleri için tek dezavantaj, halen ticari olan silisyum kristali ve ince film teknolojisiyle üretimlerinin olağanüstü yüksek maliyetler oluşturmaları. Watt başına maliyet halen güneş pilleri için 1 YTL'nin üzerindeyken, rüzgar türbinlerinde bu maliyet 10-20 kuruş. Bugün dünyada güneş pilleriyle elektrik üretiminin artırılabilmesi için silisyum kristali ve ince film teknolojisiyle üretilen pillerde maliyeti artırmadan verimi artırma çabaları hızla sürerken, Organik Boyar Maddeli, organik polimer kökenli yeni güneş pilleri üretim teknolojileri üzerinde de araştırmalar-denemeler Dünya'nın gelişmiş ülkelerinde hızla sürdürülüyor.

Fotovoltaik cihazlar, elektrik yüklü iletken negatif-n ve pozitif-p iki ince film katmanı arasındaki geçiş bölgesinde elektron ve pozitif yüklerin ışık enerjisiyle geçişini sağlayabilen yarı iletken katı malzemelerden oluşan Schotky prensibine göre çalışan aygıtlar. Silisyum kristal, ince film ve organik güneş pilleri teknolojilerinin gelecek umutlarını artıran bir diğer gelişme, güneş pillerinde Shockley-Queisser teorik verim limiti olan %33, kuantum noktalama teknolojisinin uygu-



E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsünde laminasyon teknolojisiyle üretilen %12 verimli (120 W/m²) güneş pili panelleri.

lanmasıyla aşılabileceğinin belirlenmiş olması. Güneş pillerindeki n-p tabakaları içine 20 nm (nanometre= metrenin milyarda biri) aralıklarla yerleştirilecek kuantum nokta görevini üstlenecek uygun kimyasallar, ışık ile oluşan eksitonu daha uzun mesafelere taşıyarak elektrik üretim verimini artırabiliyorlar.

Güneş pilleri-Hücrelerinin tarihi XIX. yüzyıla uzanıyor. 1839'da Alexandre Edmond Becquerel, platin tabakalarla denemelerinde ilk fotovoltaik etkiyi saptadı. 35 yıl sonra Willoughby Smith, denizaltında telgraf kabloları için uygun bir materyal ararken selenyumun da fotovoltaik etki gösterdiğini buldu. Arkasından 1884'te Charles Fritts, selenyumdan ilk güneş pili hücrelerini gerçekleştirmiştir. Bell laboratuvarlarında ki bilim adamları, Pearson ve Fuller, yarıiletken elementler ve teknik uygulamaları üzerinde çalışırken, iyon yüklenmiş silisyumun (dünyada daha yaygın kullanılan adıyla silikon) güneş pili hücresi oluşturabildiğini 1954'te keşfettiler. Arkasından silikon temelli güneş pilleri uzay araçlarında ABD tarafından, ilki 1958'de Vanguard I isimli uzay aracında olmak üzere, kullanılmaya başlandı. Silikon temelli güneş pili-hücreleri, üretim tesislerinde bir kaç mm kalınlığında plakalar-wafer (gofret) olarak 100-150 cm² boyutlarında üretilip, 1 m² boyutlarında lami-

nasyon teknolojisiyle kullanıma hazır panellere dönüştürülüyor.

Amorf, kristal ve multikristal olarak piyasada bulunabilen silisyum güneş pil-hücreli panellerde bugün amorf silisyum ile %11 ve silisyum kristali ile %25 verime ulaşılabilmiş bulunuyor. Verimlerde tarihsel gelişimse: %6-1954, %10-1956, %14-1960, %17,7-1974'tür. Ancak bu silisyum güneş pil-hücreli panellerin yüksek maliyetleri (Ülkemizde ithalat, donanım, kurulum harcamaları ile birlikte yaklaşık 14-15.000 YTL/kW), kullanım alanlarını kısıtlıyor. Silikon temelli güneş pili-hücreleri, ultra saf silisyum dioksit-SiO₂'ten üretiliyor. Ancak, mikroelektronik endüstrisinde de bu malzemeye olan yüksek talep, üretim miktarları tüm Dünya'da artmasına rağmen (özellikle Japonya ve Çin), maliyetlerin azalmasını mümkün kılamıyor. Bu yüksek maliyetler, tüm Dünyada daha ucuz ve daha verimli güneş pili-hücresi üretim teknolojilerine yönelik araştırma ve üretim çabalarını hızlandırdı. İnce film güneş pili-hücresi teknolojileri olarak adlandırılan yeni teknolojiler: galyum-arsenik, bakır-indiyum (ya da galyum) diselenür-CIS, kadmiyum tellür, indiyum fosfit, indiyum-galyum nitrür-arsenik, alüminyum arsenik bileşenlerinden yararlanıyor. Diğer yöntemlerse, polimer organik ve boyar maddeyle uyarılmalı güneş pili-hücre teknolojileri.

2004 yılında silisyum güneş pilleri dünya pazarlarında yaklaşık 6 milyar Euro'luk bir orana ve yaklaşık 4,4 GWp olan global elektrik üretim kapasitesine ulaştı. Bu oran 2006 yılında 6,6 GWp'a ulaştı; 2010 yılındaysa en az 30 GWp'a ulaşması bekleniyor.

İnce film güneş pili-hücresi teknolojileri olan Ga-As, CuInS₂ (CuInSe₂)-CIS, CdTe, InP, InGaNaS, GaNaS, AlAs sistemlerinde Shockley-Queisser teorik limiti olan %33 limitinin üzeri olan %40,7 verimlere güneş ışınımının yoğunlaştırılmasıyla ulaşılmış olmakla birlikte, bu tür güneş pili hücrelerinin çok pahalı özel vakum kaplama sistemleriyle ancak üretilebilmeleri, kullanılan saf metallerin yüksek maliyetleri, silisyum kristal güneş pili hücrelerinin yerini almalarını engelliyor. Silisyum kristal güneş pillerinde, güneş ışınımının yoğunlaştırılmasının verim artımına katkısı olamıyor. İnce film güneş pili sistemleri, ancak maliyet unsurunun öneminin azaldığı uzay uyduları gibi sistemlerde veya özel askeri amaçlarda silisyum kristali güneş pillerinin yerini alabiliyorlar. Ga-As güneş pilleri uzay uydularında genellikle tercih ediliyor. Bazı yeni ince film güneş pili sistemlerinde kararlılık ve üretim zorlukları sorunları da halen sürüyor.

Organik polimer ve organik boyar madde kökenli güneş pillerinin verimleri, silisyum kristal ve ince film güneş pillerine kıyasla düşük olmakla birlikte üstünlükleri var. Bunlar:

1. Her iki organik güneş pili sistemi, basit ve ucuz organik moleküler yapılardan üretilebiliyor.

2. Organik moleküler yapıların, silisyum ve diğer ince film teknolojilerindeki sınırlı sayıda metallerle kıyasla onbinlerce kez daha fazla alternatif oluşturabilmeleri, sürekli yeni tür organik güneş pili sistemlerinin denenebilmesine, oluşturulabilmesine olanak sağlamakta.

3. En önemlisi her iki organik güneş pili sistemleri de iletken plastik yüzeyler üzerine baskı tekniğiyle kaplanarak üretilebiliyor. Bu, tıpkı 17. yüzyılda matbaanın yazı tekniğine ve üretimine getirdiği devrim gibi bir gelişme. Baskı tekniğiyle güneş pili üretimi kuşkusuz gelecekte üretim teknolojilerini basitleştirip ucuzlatabilecek.

Organik polimer güneş pilleri, iletken polimer yapıların n-p katmanları

oluşturmasıyla üretilmekte. 2000 yılı Nobel ödülü sahibi Alan Heeger ile Serdar Niyazi Sarıçiftçi'nin öncülüğünü yaptığı organik polimer güneş pillerinde %5 verime 2007 yılında ulaşılmış ve baskı tekniğiyle seri üretim denemeleri başarmış bulunuyor. Ancak organik polimer sistemlerdeki zincir yapılarında, ışık altında elektrik üretimi sırasında elektronların sürekli geçişi nedeniyle kopmalar oluyor. Önüne geçilemeyen bu olay, organik polimer güneş pilinin kararlılığını azaltarak ömrünü kısaltmakta. Bu sistemlerin kararlılıkları genelde 1 yıldan az oluyor. Buna karşın maliyet avantajı bu sistemlerin bazı kullanım alanları bulmalarını sağlayabilecek.

Organik boyar madde kökenli güneş pili sistemini doğada ki fotosentez mekanizmasını örnek alarak geliştiren Michael Graetzel, hücrelerde verimi

%2-3'ten %12'ye çıkarmayı da başardı. Japonya ve Güney Kore'de bazı araştırmacılar bu verimi %13'e sıvı elektrolit sistemiyle ulaştırmış bulunuyorlar. Tamamen katı fazda, baskı tekniği üretime uygun olan organik boyar maddeli güneş pili üretimlerinde %7 verime birim hücrelerde ulaşılmış durumda. Organik boya içeren güneş pili hücresi sisteminde n-p katmanını organik boyar madde ve nanoyapıda olan poroz titanyumdioksit tabakası oluşturmakta. Hücre içinde olan tüm yapılar mono moleküler yapıda, konjuge aromatik yapılar oldukları için, güneş ışınımını altında elektrik üretimi sürecinde moleküllerin parçalanması ve/veya sistemin bozunması gerçekleşmiyor. Nitekim Graetzel'in laboratuvarlarında 2005 yılında yapılan denemelerde güneş pili hücrelerinin 10 yıl



E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde güneş pilleri laminasyon makinesiyle kaplanarak dış etkilere dayanıklı hale getiriliyor.



E.Ü. Güneş Enerjisi Enstitüsünde üretilen %2,5 verimli organik boyar maddeli güneş pili paneli.

dayanıklı oldukları, 2006 yılında Japonya'da sürekli 1 sun (1 kW/m²) standart güneş ışınımı altında (Türkiye'de yaklaşık yaz öğlen güneşi ışınımı) yapılan denemelerdeyse organik boya içeren güneş pili hücrelerinin dayanıklılığının atmosferik koşullarda 20 yılın üzerinde olduğu kanıtlandı. Organik boya içeren güneş pili hücreleriyle yapılan panellerde verim %4-5 olabiliyor. Ancak, düşük üretim maliyetlerinin ve basit üretim teknolojilerinin getirdikleri avantajlar, organik boya içeren güneş pili teknolojisini silisyum kristal güneş pili teknolojisine üstün kılmakta, ve büyük bir olasılıkla yakın gelecekte dünyada üretimi içinde yaygınlaşabileceği umudunu getirmekte.

Fotoğraflarda Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Enstitüsü'nde son bir yıl içinde üretilen %2,5 verimli organik boya içeren güneş pili paneli ve laminasyon teknolojisiyle birim hücrelerden üretilen %12 verimli silisyum kristali güneş pili paneli (120 W/m²) görülmüyor. Ülkemizde yakın gelecekte her iki güneş pili üretiminin de ticari oranda yapılabilmesi, gerek elektrik enerjisi üretimlerimizde temiz ve yerli kaynaklara yönelme, ve gerekse bu kritik ve stratejik nanoteknoloji yöntemlerinin geliştirilmeleri açısından önem taşıyorlar.

Prof. Dr. Sıddık İçli
güneş Enerjisi Enstitüsü, Ege Üniversitesi