

Güneş Hücresi Teknolojisinde

Metal Halojen Perovskitler

Dr. Tuncay Baydemir [*Bilim ve Teknik Dergisi*]



Güneş enerjisi, fosil yakıtların neden olduğu küresel ısınma ve sera gazları konusundaki endişelere karşı kullanılacak en bol ve temiz enerji kaynaklarından birisidir. Son elli yıllık sürede silikon bazlı güneş hücrelerinde hem üretim maliyeti hem de verimlilik açısından büyük ilerlemeler kaydedildi.

Süreç içerisinde, silikon bazlı güneş hücresi teknolojileri, malzemenin yüksek sıcaklıklarda kararlı olması, sertlik ve yüzey pasifleştirme kolaylığı gibi önemli özellikleri ile fotovoltaik uygulamalarda tercih edilen bir seçenek hâline geldi. Ancak üretim zorlukları (çok aşamalı üretim, yüksek sıcaklıkta işleme, temiz oda gerekliliği vb.) nedeniyle maliyetlerinin yüksek oluşu ve verimlilik limitleri gibi sebeplerle uzun süredir bu güneş hücrelerinin alternatifleri araştırılıyor. Dolayısıyla, düşük maliyetleri üretim kolaylığı ile birleştiren ve daha yüksek verimlilikle enerji hasadı gerçekleştirebilen teknolojilerin silikon bazlı sistemlerin yerini alması bekleniyor.

Metal halojen perovskitler bu boşluğu doldurmak için en güçlü aday olarak kabul ediliyor. Bu malzemeler, yüksek ışık emme kabiliyeti, elektriksel yük taşıma ömrü ve güç dönüşüm verimliliği ile dikkat çekiyor.

Genel ifadeyle perovskitler, kalsiyum titanat (CaTiO_3) kristal yapısına benzer kristal yapıdaki (ABX_3) malzemeler olarak ifade ediliyor. Perovskitlerin kristal yapısındaki A ve B bileşenleri katyonları, X ise A'dan daha küçük boyutlardaki anyonu gösteriyor. Bu yapıda çok sayıda malzeme elde edilebiliyor. Farklı tür perovskitler termoelektrik, yalıtkan, yarı iletken, iletken, piezoelektrik, antiferromanyetik ve süper iletken uygulamalarında kullanılıyor. Bu malzemeler genellikle perovskiti oluşturan bileşenlerin katı hâldeyken yüksek sıcaklıkta karıştırılması ile elde ediliyor.



Metal halojen perovskitler güneş hücresi teknolojisinde oldukça yeni bir gelişme sayılıyor. Son on yıllık süreçte yapılan araştırmalar neticesinde, perovskit güneş hücreleri, silikon teknolojisi ile üretilen hücrelerin performanslarıyla rekabet edecek seviyelere geldi. Perovskit güneş hücrelerinin 2009 yılında %4 civarlarında olan verimlilik oranı, 2013 yılında %15'in, 2019'da ise %25'in üzerine çıkarıldı. Bu oran silikon bazlı hücrelerinde ise %28 civarlarındadır. Silikon bazlı hücrelerin verimliliğinin daha fazla artırılmasının mümkün olmaması, perovskit güneş hücrelerinin en hızlı gelişen güneş enerjisi teknolojisi olmasına yol açıyor.

Perovskit güneş hücrelerinin en önemli avantajlarından birisi de enerji bant aralığının perovskit bileşen oranlarının değiştirilmesiyle ayarlanabilmesi. Bu sayede "tandem" olarak adlandırılan güneş hücresi katmanları inşa edilebiliyor. Tandemler solar tayfın çeşitli bölgelerinden güneş enerjisi hasadı gerçekleştirebiliyorlar. Tandem güneş pilleri bu özellikleri sayesinde güneş pili verimliliğini artırmanın kanıtlanmış bir yolu olarak kabul ediliyor. Kullanılan hammaddelerin ve üretim yöntemlerinin düşük maliyetleri, yüksek soğurma katsayıları ve görünür ışık tayfının tümünü soğurma özelliği ile donatılmış ince, hafif ve esnek perovskit güneş hücreleri araştırmacıların gözde konularından birisi olarak dikkat çekiyor.

Stanford Üniversitesinden Rohit Prasanna ve arkadaşları *Nature Energy* dergisinde yayımladıkları makale ile termal ve atmosferik koşullara dayanıklı ve kolay üretilen kalay-kurşun metal halojen perovskit güneş hücreleri geliştirmeyi başardıklarını duyurdular. Kalay-kurşun iyodür perovskit güneş hücreleri üzerine çalışmalarını yoğunlaştıran Prasanna ve arkadaşlarının yaptığı araştırmada geliştirilen perovskit güneş hücreleri, 1000 saat boyunca 85°C'de muhafazasız olarak tutulduklarında başlangıç verimliliğinin %95'ini korumayı başardılar. Muhafazalı bir şekilde 85°C sıcaklığa ve %85 bağıl neme aynı süre maruz bırakılan numunelerde de verimin aynı oranda korunduğunu bildiren araştırmacılar, 1000 saat boyunca güneş enerjisine maruz bırakılan güneş hücrelerinin verimliliğinde herhangi bir azalma tespit etmedi.

Daha önce yapılan çalışmalarda üretilen saf kalay bazlı perovskit güneş panelleri havayla temas ettiklerinde birkaç dakika içerisinde oksitleniyordu. Araştırmada sadece kalay kullanmak yerine kurşun ve kalay alaşımı perovskitlerin kullanılması ile daha kararlı bir yapı elde edildi. Bu gelişme ile güneş pilleri açık havada önemli bir bozunmaya uğramadı. Hâlbuki daha önce üretilen düşük bant aralıklı kalay-kurşun perovskit güneş pilleri ısı, ışık ve havaya maruz kalmaları sonucunda uzun vadede performans düşüklüğü gösteriyordu. Araştırmacılar transfer katmanında indiyum kalay oksit ve kalay-kurşun perovskit katmanlar kullanarak bu sorunun da belli ölçüde üstesinden gelmeyi başardılar. Ayrıca güneş hücresi yapısının detaylı görüntülenmesi ile oksitlenmenin perovskitin yüzey yapısından kaynaklandığını tespit eden araştırmacılar, bu sorunu daha büyük tanecik boyutlarında ve iyi istiflenmiş bir perovskit yapısı sayesinde oksijen girişini engelleyerek çözdüler.

Araştırmada gerçekleştirilen çözümlerle birlikte, kalay içeriğinin %50 ve altında kullanılması durumunda elde edilen güneş hücrelerinin açık havada 85°C'de 1000 saat süre ile herhangi bir bozunma göstermeden performanslarını koruduğunu bulan araştırmacılar bu sayede verimli, ucuz ve kolay uygulanabilir bir solar hücre teknolojisini hayata geçirdiler.

Yapılan araştırmayla kalay-kurşun karışımlarının oksitlenmeye karşı daha dayanıklı olması, güneş hücrelerinde istenmeyen tepkimelerin önlenmesi ve perovskit yapısının amaçlar doğrultusunda geliştirilmesi başarılı bir şekilde gerçekleştirildi. Sonuçlar perovskit güneş pillerinin çevresel faktörlere karşı kararlılığının uzun süreliğine devam ettirilmesi açısından büyük önem taşıyor. Araştırmacılar bu aşamadan sonra kalay-kurşun perovskitlerin üretim optimizasyonunu sağlayarak güneş hücrelerinin kullanım ömrünü ve verimliliğini daha da artırmayı amaçlıyor. ■

Kaynaklar

Prasanna, R., Leijtens, T., ve ark., "Design of low bandgap tin-lead halide perovskite solar cells to achieve thermal, atmospheric and operational stability", *Nature Energy*, Cilt 4, s. 939-947, 2019.

Ahmed M.I., Habib, A., ve ark., "Perovskite Solar Cells: Potentials, Challenges, and Opportunities", *International Journal of Photoenergy*, Cilt 2015, Makale No.592308, 2015.

<https://devicematerialscommunity.nature.com/users/322779-rohit-prasanna/posts/54961-low-band-gap-perovskites-for-solar-cells-with-thermal-atmospheric-and-operational-stability>

