

Yeni Nesil Lityum-İyon Pil Teknolojileri

Mobil cihazlar ve dizüstü bilgisayarlar son yıllardaki baş döndürücü teknolojik gelişmelerle birlikte hayatımızın vazgeçilmez unsurlarından oldu. Gelişmekte olan elektrikli araç teknolojileri de çevreci teknolojiler olarak yakın bir zamanda hayatımızda yer etmeye aday görünüyor. Bilim adamları ve araştırmacılar gün geçtikçe daha güçlü, daha hafif, daha hızlı elektronik cihazlar ve araçlar geliştiriyor. Tüm bu gelişmelere karşın mevcut pil teknolojileri artan enerji ihtiyacını istenilen ölçüde karşılamaktan şimdilik uzak...

Hafifliklerinin yanı sıra enerji yoğunluğu, kapasite ve güç bakımından da nikel kullanan pillere üstün olan lityum-iyon piller, kısa sürede özellikle mobil cihazlar ve yüksek güç isteyen teknolojiler için (elektrikli araçlar ve askeri uygulamalar gibi) vazgeçilmez pil teknolojilerinden oldu. Buna karşın kapasitesinin ve kullanım ömrünün sınırlı olması ve toplam sahip olma maliyeti, lityum-iyon pil teknolojisinin en büyük dezavantajları arasında.

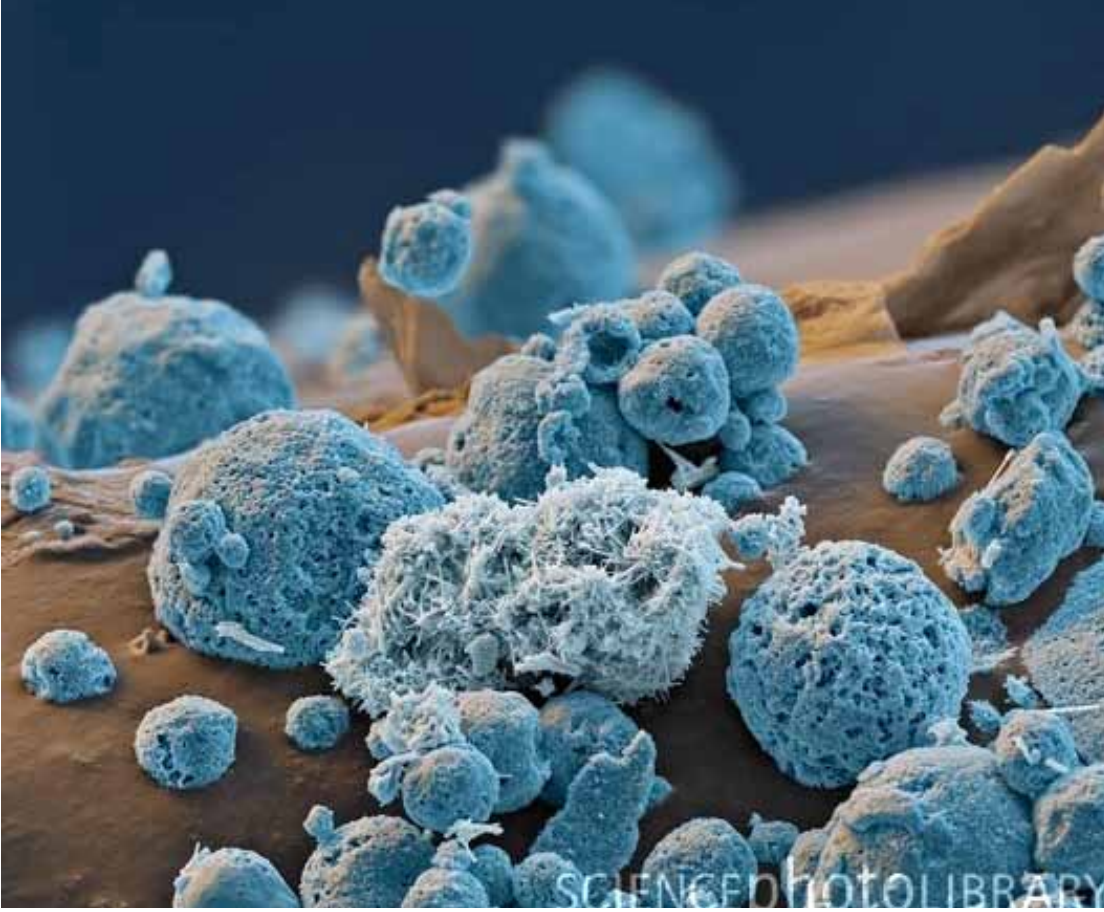
Bilim insanları ve araştırmacılar, son zamanlarda yeni nesil lityum-iyon pil teknolojileri geliştirmek için uğraşılıyor. Araştırmalar, çoğunlukla elektrotlar için farklı materyallerin kullanılması ve nanoteknolojiden yararlanılması üzerinde yoğunlaşıyor.

Günümüzde hemen hemen herkes mobil cihazların sağladığı kolaylıktan ve konfordan yararlanıyor. Daha hafif ve daha güçlü portatif cihazlar farklı ürün yelpazeleriyle her yaştan ve her kesimden insanın beğenisine sunuluyor. Çoğu zaman da ihtiyaç nedeniyle bir bakıma bağımlı hale gelen elektronik cihazların daha fazla kolaylık ve mobilite sağlamalarının önündeki belki de en büyük engel, artan enerji ihtiyacına karşın pil teknolojilerinin henüz bu talebi maliyet etkin bir şekilde karşılayamaması. Nikel kadmiyum (NiCd) ve nikel-metal hidrit (NiMH) gibi nikel tabanlı pil teknolojilerinin kullanım ömrü sorununun bir benzeri de lityum-iyon pil teknolojileri için geçerli. Lityum-iyon piller şarj edildikçe kapasitelerini yitirmeye başlıyor ve belirli bir şarj sayısına ulaştığında ise artık kullanılamaz oluyorlar. Ayrıca toplam şarj döngüsü arttıkça veya pil yaşlandıkça (üretim tarihinden itibaren piller yaşlanmaya başlar) iç dirençte artış oluyor. İç direncin artması ise hem pilin kullanım için sağladığı voltajın düşmesine ve bu nedenle maksimum akımın düşük seviyede olmasına, hem de kullanım süresinin azalmasına neden oluyor.

Gerek lityum-iyon pil üreten şirketler, gerekse bu pilleri kullanan cihazları üreten firmalar, pil ömrünü belirleyen faktörler arasında toplam şarj döngüsü ve sıcaklık koşulları gibi etkenlerden bahsediyor olsa da, internet ortamında yer alan bazı iddialara hiç değinmiyorlar. Bu iddiaların başında, lityum-iyon pillerin performanslarının ve ömürlerinin sadece toplam şarj döngüsü ve sıcaklık gibi koşullara bağlı olmadığı, üretim tarihinden itibaren ne kadar süre geçtiğine de bağlı olduğu geliyor. Bir diğer ifadeyle satın alınan cihazı veya yedek pilli çok sık kullanmasanız bile gün geçtikçe eskimeye devam ediyor. Her ne kadar bu konuda yayımlanmış bir bilimsel çalışmaya rastlayamadıysak da, birçok kullanıcının kişisel deneyimi bu iddianın doğru olabileceği yönünde önemli veriler sunuyor.



Tarayıcı elektron mikroskobu ile görüntülenmiş lityum-iyon kristalleri (büyütme oranı: Yukarıdaki fotoğraf 10 cm genişliğinde basılırsa $\times 1700$)



Kullanıma bağlı olarak lityum-iyon pillerin performansının neden düştüğüne veya ömrünün neden azaldığına yönelik önemli bilimsel çalışmalar yapılıyor. Bu çalışmalarla daha yüksek kapasiteli, daha uzun ömürlü ve daha yüksek güç yoğunluklu pillerin geliştirilmesi amaçlanıyor. Şu ana kadar yapılan bilimsel çalışmalarla birtakım önemli sonuçlara ulaşılmış olsa da, bu olgunun temelinde moleküler seviyedeki etkenlerin yatması mekanizmanın tam olarak anlaşılabilmesinin önündeki en büyük engellerden biri.

Lityum-iyon Pil Teknolojisi

İlk olarak Sony tarafından, 90'lı yılların başlarında ticari hale getirilen lityum-iyon piller, nikel kadmiyum (NiCd) ve nikel-metal hidrit (NiMH) gibi nikel tabanlı pillere nazaran daha hafiftir (lityum, standart koşullar altında en hafif katı elementtir). Bununla birlikte enerji yoğunluğu, kapasite ve güç bakımından daha üstün oldukları için, büyüklük ve uzun kullanım süresi açısından nikel tabanlı pil teknolojilerinden daha avantajlıdır. Bu nedenle kullanımı son yıllarda hayli yaygınlaşmış, özellikle mobil cihazların

ve yüksek güç isteyen teknolojilerin (elektrikli el aletleri, elektrikli araçlar ve askeri uygulamalar gibi) vazgeçilmez batarya teknolojilerinden olmuştur.

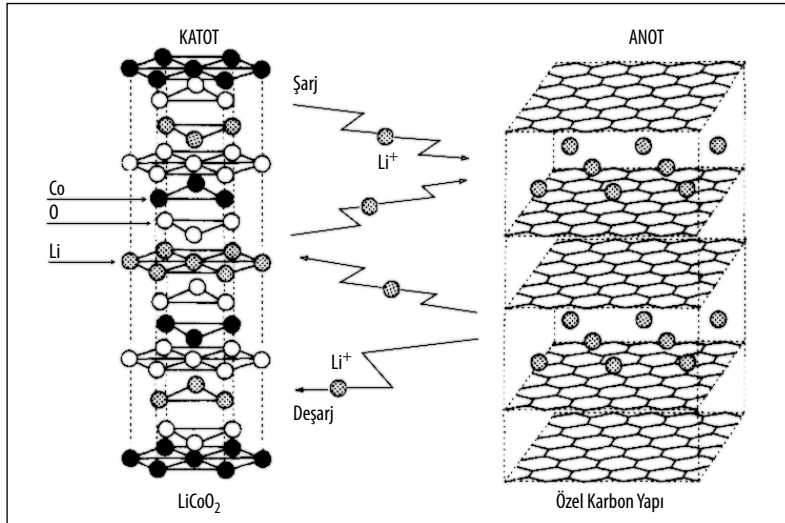
Lityum-iyon pillerin bir diğer önemli özelliği NiCd pillerde görülen hafıza etkisinin (*memory effect*) görülmemesi. Hafıza etkisi NiCd pillerin üst üste, tam olarak boşalmadan şarj edilmesi sonucu, maksimum kapasitelerini kaybetme özelliğidir. Bu nedenle lityum-iyon pilleri şarj etmek için tamamen boşalmalarını beklemek veya tam olarak şarj etmek gerekmez (en azından kuramsal olarak). Ayrıca lityum-iyon pillerin zamana bağlı olarak kendi kendine deşarj olma hızı da nikel tabanlı teknolojilere göre hayli düşüktür.

Lityum-iyon hücreler tipik olarak üç ana kısımdan oluşur:

Katot (pozitif elektrot): Metal oksitten oluşur. Ticari açıdan en çok tercih edilenleri lityum kobalt oksit, lityum demir fosfat veya lityum mangan oksit ve lityum nikel mangan kobalttır.

Anot (negatif elektrot): Gözenekli karbondan oluşur. En yaygın olarak kullanılanı grafitir.

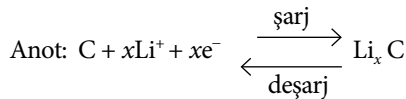
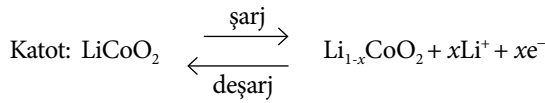
Elektrolit: Çoğunlukla lityum iyonları içeren organik çözücülerden oluşur.



Panasonic internet sitesinden alınmıştır.¹

Lityum-iyon batarya hücrelerinin çalışma prensibi hayli basittir, temelinde lityum iyonlarının anot ve katot arasında gelip gitmesi vardır. Kullanım (deşarj) sırasında lityum iyonları anottan çıkar, katota geçer. Şarj esnasında ise bunun tam tersi olur ve lityum iyonları katottan ayrılarak anota geçer.

Katot olarak lityum kobalt oksit kullanılan tipik bir lityum-iyon pil hücresinde şu reaksiyonlar gerçekleşir: ¹



Sağ alttaki resimde lityum-iyon pil hücrelerinden oluşan ve özel devreler içeren lityum-iyon bataryanın iç yapısı görülmüyor. Bu devreler düzensiz çalışma koşullarında elektronik cihazların güvenli bir şekilde çalışmasına yönelik koruma sağlar. Örneğin şarj sırasında voltaj belli bir değerin üstüne çıktığında, güvenlik devresinin müdahalesi sonucu şarj durur. Benzer şekilde kullanım esnasında voltaj seviyesi belli bir değerin altına düştüğündedeşarj durur. Sıcaklık seviyesinin anormal derecede arttığı durumlarda bataryanın kullanılmasını engelleyen devreler de vardır. Akıllı pillerde bulunan işlemciler aynı zamanda, pile ait doluluk oranı (%), gerilim (V), kapasite (mWh), sıcaklık ve anlık tüketim gibi bilgileri kullanılan cihazlara iletirler. Bu yüzden bazılarında 3, bazılarında 4 terminal bulunur. İçinde işlemci bulunmayan pillerde ise bu terminaller sıcaklık sensörü için de kullanılabilir. Tabii ki bu özel tasarımların içinde, bu devrelerin ve diğer güvenlik önlemlerinin olmasının bir maliyeti oluyor. Orijinal olmayan yan sanayi ürünleri daha düşük maliyetli olduğu için birçok kişi tarafından tercih edilse de, yeterli güvenlik katmanlarını taşımadığından hayli ciddi tehlike oluşturuyor. Şarj edildiği sırada patlayıp kullanıcıya zarar veren cep telefonlarıyla ilgili haberleri birçokunuz okumuşsunuzdur.

www.electronicshab.com/articles/Li_ion_reconstruct



Lityum-iyon Polimer Piller: Kullandığınız birçok üründe lityum-iyon polimer piller olduğunu göreceksiniz. Lityum-iyon polimer pillerin lityum-iyon pillerden en temel farkı, elektrolitin (lityum tuzu) organik çözücü yerine polietilen oksit gibi katı polimer kompozitlerde tutulması. Bu yapı hemen hemen her istenilen şekilde pil üretilebilmesine olanak veriyor. Bu da bu pillerin kullanım alanlarını hayli yaygınlaştırıyor.

Lityum-iyon pil hücreleri nispeten basit bir yapıya ve işleyişe sahip olsalar da, ömürleri ve performanslarının optimize edilmesiyle birlikte birtakım güvenlik kriterlerini sağlayabilmek amacıyla, lityum-iyon bataryalar özel bir dizayna sahiptir ve içlerinde özel elektrik devreleri barındırırlar. Günümüzde hemen hemen her üründe kullanılan lityum-iyon bataryalar bu devrelere sahip akıllı bataryalardır. Lityum-iyon pil hücreleri son kullanıcılar açısından erişilebilir ve satın alınabilir değildir. Batarya üreticileri, bu pil hücrelerini alır, belirli güvenlik kriterlerini sağlayan özel tasarıma sahip akıllı devre içeren bir yapının içine yerleştirir ve kullanıma sunarlar.

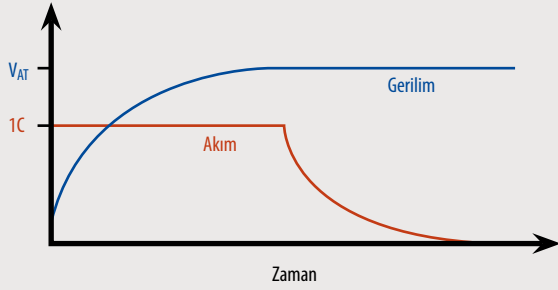
Bir lityum-iyon batarya fazla şarj olduğunda, fazla ısındığında veya üretim hataları nedeniyle içsel kısa devre yaptığında, içindeki elektrolitler elektrotlarla kimyasal tepkimeye girebilir. Bunun sonucunda batarya patlayabilir ve içindeki elektrolit hava ile temas ederek alev alabilir.

Araştırmalar Hangi Alanlarda Yoğunlaşıyor?

Araştırmalar başlıca enerji ve güç yoğunluklarının artırılması, kullanım ömrünün uzatılması ve iç güvenlik önlemlerinin artırılması gibi konular üzerinde yoğunlaşıyor. İç güvenlik mekanizmaları, elektrikli cihazların ve düşük voltajlı devrelerin tehlikeli alanlardaki yangın gazlarının tutuşmasına neden olabilecek enerji salınımlarını engeller.

Bir batarya içindeki maddelerin yapısal özellikleri, o bataryanın sahip olabileceği kuramsal performans değerlerini belirler. Tercih edilen materyallere göre, bataryanın voltajı, ömrü, toplam şarj edilebilir sayısı, kapasitesi ve güvenlik seviyesi önemli ölçüde değişebiliyor. Bu nedenle de son yıllarda önemli sayılabilecek birçok araştırma, daha yüksek güce ve kapasiteye ulaşılabilmesi için hem anot ve katot materyalleri hem de kullanılan elektrolitler üzerinde yoğunlaştı. Ayrıca iç direncin düşürülmesine yönelik çalışmalar, batarya performansının yanı sıra güvenlik seviyesinin de artırılması açılarından hayli önemli. Nanoteknoloji kullanılarak gerçekleştirilen modifikasyonlar, lityum-iyon pil teknolojilerinde hayli önemli gelişmeler kaydedilmesini sağladı.

Bataryalar Nasıl Yaşlanıyor? Ohio State Üniversitesi bilim insanlarının hibrit araba bataryaları ile yaptıkları güncel bir çalışma, önceki kısımlarda kısaca değindiğimiz faktörlerin dışında, moleküler seviyedeki değişimlere bağlı olarak bataryaların nasıl yaşlandığını dikkat çekici bir şekilde ortaya koyuyor. Sürmekte olan çalışmaların elde edilen ilk bul-



Lityum-iyon piller nasıl doldurulup boşaltılır?

Öncelikle bazı terimleri tanımlayalım: "Kapasite" pilin depolayabileceği azami enerji miktarını belirtir ve Amper-saat (Ah) cinsinden verilir; örneğin 10Ah'lık bir batarya 1 saat boyunca 10 Amper veya 10 saat boyunca 1 Amperlik akım sağlayabilir. Pilin "doluluk oranı" kapasitesinin yüzde kaçına kadar şarj olduğunu gösterir. "Anma gerilimi" normal doluluk oranındaki bir pilin kaç volt sağladığını gösterir. "Terminal gerilimi" ise pilin o an sağladığı gerilimdir. Lityum-iyon pillerin bir özelliği de doluluk oranlarının terminal gerilimi ile ilintili olmasıdır, yani bir pilin terminal gerilimini ölçerek doluluk oranı hakkında bilgi sahibi olabiliriz. Son olarak, pilin sağlayabileceği anlık gücün göstergesi olarak üreticinin belirlediği "akım sabiti" (C) kullanılır ki bu da pilin en hızlı olarak ne kadar sürede boşaltılabileceğini veya eşdeğer olarak verebileceği azami anlık akımı gösterir. Örneğin 1C'lik pil tam dolu halden en çabuk 1 saatte boşaltılabilirken, günümüzde piyasada kolayca bulunabilen 45C'lik piller yaklaşık 1,5 dakikada boşaltılabilir. Yani 5000mAh 45C'lik bir pil, 225 Amperlik akım sağlayabilir. Bu, dikkatli kullanılmazsa ciddi sonuçlar doğuracak bir güçtür. Şarj için ise 0,5C-2C'ye karşılık gelen akımlar kullanılır. Pilin kapasitesi ile akım sabiti birbirinden büyük ölçüde bağımsızdır.

Doluluk oranının terminal geriliminden anlaşılabilmesi sebebiyle lityum-iyon pilleri doldurmak aslında çok da karmaşık değildir. Pilin tam dolduğunda ulaşacağı "azami terminal gerilimine" gelinene kadar artı kutbundan 1C sabit akım verilir ve azami terminal gerilimine ulaşıncaya bu kez gerilim sabitletir ve akımı pilin belirlemesine izin verilir. Pil tamamen dolana kadar akım yavaş yavaş azalır

Ancak doldurma ve boşaltma işinde iki püf noktası vardır. Bunlardan birincisi şudur: Tam dolu ve tam boş terminal gerilim değerleri hassastır. Pil doldurulurken 4,20V terminal geriliminde tam dolmamıştır, ama bu pillerde izin verilen azami terminal gerilimi olan 4,26V'u aşarsa da alev alıp yanabilir. Benzer şekilde 3V'un altına düşerse tekrar doldurulamayacak şekilde hasar görebilir. İkinci nokta ise biraz daha karışık: Diyelim ki dizüstü bilgisayarımız için anma gerilimi 7,4V olan bataryaya ihtiyacımız var. Bunu 2 lityum-iyon pili seri bağlayarak elde edebiliriz. Bu pilleri doldurup boşaltırken sadece toplam gerilime bakarsak, bataryanın bir süre normal bir şekilde çalıştığını ama doldurup boşalttıkça bozulmaya başladığını görebiliriz. Bunun nedeni seri bağlanan iki pilin kapasitelerinin eşit olmasından kaynaklanır. Bataryayı doldurup boşalttıkça, kapasitesi az olan pil azami terminal gerilimi olan 4,26V'a daha önce ulaşır. Kapasitesi daha büyük olan diğer pil o sırada henüz daha az dolu olduğundan, terminal gerilimi de daha düşüktür. Toplam gerilim azami değeri olan $2 \times 4,26 = 8,52V$ 'a ulaşıldığında ise kapasitesi küçük olan pil azami terminal gerilimini aşar ve hasar görür. Bu nedenle, çok sayıda lityum-iyon pilin seri bağlanmasıyla yüksek gerilim oluşturulması gereken uygulamalarda (örneğin elektrikli otomobillerde) her bir pilin terminaline pilin voltajını kontrol eden ve gerekirse fazla akımı bertaraf eden devreler yerleştirilir. Bunun için hayli karmaşık sistemler gerekebilir; elektrikli araçların tasarlanmasındaki zorluklardan biri de budur. Cep telefonunuzun ve bilgisayarınızın bataryalarında da böyle birer cihaz vardır ve telefonun bu cihazla haberleşebilmesi için bataryanın ikiden fazla terminali bulunur.

Yrd. Doç. Dr. Ahmet Onat

guları geçtiğimiz aylarda 57. AVS Uluslararası Sempozyumu ve Sergisi'nde sunuldu. Aralarında Ohio State Üniversitesi Otomotiv Araştırma Merkezi direktörü Georgio Rizzoni'nin de bulunduğu bir grup araştırmacı, farklı ortam koşullarında defalarca şarj edildikten sonra kullanılamaz duruma gelen bir bataryanın iç yapısındaki değişiklikleri moleküler düzeyde inceledi. Kızılaltı Termal Görüntüleme yöntemi ile önce her bir elektrottaki sorunlu bölgeler tespit edildi. Daha sonra Transmisyon Elektron Mikroskopi, Yayılma Direnç Mikroskopi ve Kelvin Sonda Mikroskopi gibi daha detaylı görüntüleme teknikleri kullanılarak, sorunlu bölgeler daha detaylı bir şekilde incelendi. İnceleme sonucunda elekt-

rotların yüzeyindeki ince yapılı nanomalzemelerde kabalaşma olduğu belirlendi. Bu nanomalzemeler, elektronların hızlı bir şekilde girip çıkmasını sağlayan, bu nedenle bataryanın daha hızlı bir şekilde şarj ve deşarj olmasını sağlayan özel yapılardır. Ayrıca Nötron Derinlik Profilleme tekniği ile yapılan incelemeler, elektrik yükünün taşınmasını sağlayan lityum iyonlarının belli bir oranının, katotta anota geri döndürülemez bir şekilde transfer olduğunu ve lityum iyonlarının anot materyali ile geri döndürülemez bir şekilde birleştiğini ortaya koyuyor. Araştırmacılar lityum iyonlarının kaybolmasına, kullanıma bağlı olarak katotta meydana gelen kabalaşmanın neden olduğunu düşünüyor.



KATOT Materyalleri Üzerinde Yapılan Araştırmalar

Son yıllarda yapılan araştırmalar, katot materyali olarak lityum kobalt oksit (LiCoO_2) yerine lityum demir fosfat (LiFePO_4), lityum mangan oksit (LiMn_2O_4) ve lityum nikel oksit (LiNiO_2) kullanımı üzerinde yoğunlaştı. Demir ve mangan gibi elementlerin kobalta nazaran doğada daha bol ve ucuz olması, sahip oldukları bazı fiziksel ve kimyasal özellikler sayesinde daha çevreci olmaları gibi sebeplerden ötürü demir ve mangan içeren piller, kobalt içeren pillere önemli bir alternatif oldu. Lityum-iyon piller, kullanılan katot materyaline bağlı olarak bu isimlerle anılır oldular. Mangan ve fosfat bazlı lityum-iyon piller, kobalt bazlı pillere nazaran daha düşük enerji yoğunluğuna sahiptir. Buna karşın yük kapasitesi (sağlayabileceği anlık güçleri) bakımından kobalt bazlı lityum-iyon pillerden hayli üstün olmaları sebebiyle, elektrikli el aletleri ve elektrikli araçlar gibi yüksek güç gerektiren işler için çok daha uygun.

Lityum-iyon bataryalar, sahip olduğu yüksek performans özellikleri nedeniyle elektrikli araçların gelecekte yaygınlaşabilmesi açısından da büyük öneme sahip. Buna karşın bu teknolojilerin yangınlaşabilmesinin önündeki en büyük engellerden biri de mevcut teknoloji nedeniyle fazla ısınma ve bunun neticesinde ateş alma ve yangın tehlikesini barındırması. Bu nedenle lityum-iyon bataryaların fazla ısınma ve kısa devre yapma olasılığını düşürmek amacıyla yeni teknolojiler üzerinde çalışmalar devam ediyor. Bu çalışmaların bir kısmı, farklı katot materyallerinin kullanılması üzerinde yoğunlaşmış durumda. Katot olarak lityum kobalt metal oksit (LiCoO_2) kullanılan bataryalarda aşırı şarj etme sonucu katot materyalindeki oksijen serbest kalabiliyor ve oksidasyon sonucunda lityum-iyon pil hücrelerinde fazla ısınmaya neden olabiliyor. Isı artışı, komşu pil hücreleri de etkileyerek ısıl sürüklenme (*thermal runaway*) adı verilen bir süreci tetikleyebiliyor. Bu durum da kontrolsüz bir şekilde bataryanın ısısının artmasına ve patlamaya yol açabiliyor. Bu sorunun üstesinden gelebilmek için ABD Massachusetts merkezli A123 Systems şirketi 2005 yılında, MIT tarafından lisanslanmış nanofosfat materyallerini kullanan oldukça üstün özellikli lityum-iyon pilleri geliştirdiğini duyurdu. Katot materyali olarak kullanılan demir fosfat içeren yapı, oksijeni kobalt dioksit göre çok daha sıkı bağlıyor ve ısıl sürüklenme sürecinin gerçekleşme olasılığı daha düşük oluyor (Kobalt yerine demir-fosfat bazlı lityum-iyon pil teknolojileri, ilk olarak 1996 yılında Texas Üniversitesi araştırmacıları tarafından geliştirilmişti). Lityum-demir fosfatlı piller birtakım güvenlik avantajlarına sahip olsalar da, daha düşük voltaj üretmeleri nedeniyle performansları lityum kobalt oksit pillere nazaran daha düşük. A123 Systems, kendisine patentli Nanophosphate™ teknolojisi ile katottaki iletkenlik derecesini artırdığını belirtiyor. Şirketin internet sitesinde (www.a123systems.com) yer alan bilgilere göre, üretilen lityum-iyon piller 10 seneden fazla kullanım ömrü ve yüksek güç yoğunluğuna sahip olması ile dikkat çekiyor.

Sony, 2009 yılında olivin tip (magnezyum demir içeren silikat minerali) lityum demir fosfatlı pilleri geliştirdiğini duyurdu. Kullanılan katot materyali, yüksek sıcaklıklarda bile sağlam kristal yapısı ve istikrarlı performansı ile dikkat çekiyor. Sony tarafından verilen ürün bilgilerine göre yüksek güç yoğunluğuna sahip bu pillerin ömürleri yaklaşık 2000 şarj döngüsüne sahip, sonrasında da kapasitelerinin % 80'i hâlâ kullanılabilir durumda oluyor. Bu özelliklere ek olarak hızlı şarj edilebilmeleri (30 dakikalık bir sürede % 99'luk doluluk oranı) ile standart lityum-iyon pillere kıyasla öne çıkıyorlar.

ANOT Materyalleri Üzerinde Yapılan Araştırmalar

Lityum-iyon pillerdeki anot teknolojileri üzerinde yapılan çalışmaların başında, anotta karbon yerine farklı materyallerin kullanılması ve karbon yapılı anot yüzeyinde farklı materyallerin eklenti olarak kullanılması geliyor.

Lityum-Titanat Batarya Teknolojisi: Lityum-iyon pillerdeki anot teknolojisi ile ilgili son yıllardaki gelişmelerden biri de anot yüzeyinde karbon yerine lityum-titanat nanokristalleri kullanılmasıdır. Toshiba, SICB™ adını verdiği, çok hızlı şarj edilme ve yüksek güvenlik özelliklerine sahip bu teknolojiyi piyasaya sürdü. Ürünün internet sitesinde (www.scib.jp/en) yer alan bilgiye göre bu ürünün kapasite kaybı 3000 şarj döngüsünden sonra bile % 10'dan düşük, ayrıca şarj esnasında 5 dakikadan az bir sürede % 90'luk kapasite oranına geliyor. Ayrıca -30 °C'de bile çalışabilme özelliği de dikkat çekiyor. Bu özellikler bilhassa elektrikli araçlarda kullanım açısından büyük bir avantaj sağlıyor.

Silikon Tabanlı Teknolojiler: Silikon, yapısal özelliği açısından kuramsal olarak karbona nazaran 10 kat daha fazla lityum iyonu tutma kapasitesinde. Bu da daha fazla elektrik depolama kapasitesi anlamına geliyor. Bu açıdan standart lityum-iyon pillerde anot materyali olarak kullanılan grafit çok iyi bir alternatif olsa da, şarj ve deşarj sırasında oluşan hacimsel genleşme ve sıkışmalara çok dayanıklı olmaması, önündeki en büyük engel. Silikon yapılı piller birkaç şarj döngüsünden sonra bu zafiyet nedeniyle kullanılamaz duruma geliyor. Bilim in-



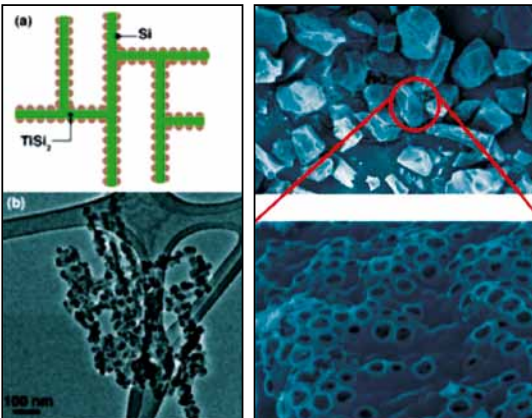
Toshiba tarafından üretilen 24V, 4,2 Ah özelliklerine sahip, 2 kg ağırlığındaki SCiB™ model batarya

sanları bir yandan silikonun yapısal özelliklerinden faydalanıp daha yüksek kapasiteli pil teknolojileri üzerinde çalışırken, diğer yandan da bu yapısal zafiyetleri bertaraf etmek amacıyla çeşitli yöntemler üzerinde çalışıyor. Bu çalışmaların arasında silikon tabanlı nanoyapıları içeren araştırmalar hayli umut verici sonuçlar sunuyor.

Anotta grafit yerine silikon parçacıkları ile kaplanmış titanyum yapıları ağ şeklindeki nanonetlerin (TiSi₂) kullanılması, daha hızlı şarj edilebilen, daha hafif ve daha uzun süreli lityum-iyon pillerin üretilmesine imkân verecek gibi görünüyor. Amerika Kimya Topluluğu tarafından yayımlanan *Nano Letters* dergisinin geçtiğimiz Şubat ayı internet baskısında yayımlanan bir çalışmanın sonuçlarına göre, aralarında Dunwei Wang'ın da bulunduğu Boston Koleji bilim insanları tarafından özel yapıları nanonetler geliştirildi. Geliştirilen Si/TiSi₂ yapı, standart lityum-iyon pillerdeki grafitte göre yapısal olarak daha sağlam, daha iletken ve daha geniş yüzey alanına sahip. Şarj ve deşarj sürecinde kristal TiSi₂ yapı korunuyor ve grafitte nazaran 5 ila 10 kat daha hızlı şarj ve deşarj hızı sunuyor. Gerçekleştirilen testlerde 20. ve 100. şarj döngüleri arasında her bir döngü başına pillerin yaklaşık % 0,1 kapasite kaybına uğradığı belirlenmiş. Bu özel yapıları nanonetler, lityum iyonlarının silikon kaplamaya girip çıkma yeteneğini artırıyor.

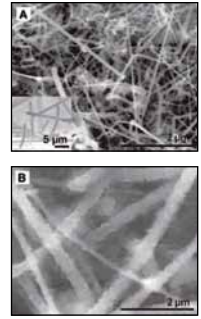
Silikonun dayanıklılığını artırmaya yönelik çalışmaların bir diğeri geçtiğimiz yıllarda Kore Hanyang Üniversitesi'nden Jaephil Cho liderliğindeki araştırmacılar tarafından gerçekleştirildi. *Angewandte Chemie International Edition*'un Kasım 2008 internet baskısında yayımlanan bir çalışma,

Soldaki resim: (a) Son derece iletken TiSi₂ nanonetler üzerine ilüstririlen silikon nanopartiküllerin şematik görüntüsü (b) Nanonetler üzerindeki silikon kaplamanın elektron mikroskobu altındaki görüntüsü. Kaynak: Sa Zhou ve diğ., 2010
Sağdaki resim: Çok daha fazla lityum iyonu tutulmasını sağlayan gözenekli yapıdaki silikon bazı anot metayalinin mikroskopik görüntüsü. Kaynak: H. Kim ve diğ., 2008



Silikonun daha dayanıklı hale getirilmesinde nanoteknolojinin çok önemli katkıları var. Bu alanda Stanford Üniversitesi'nden Yi Cui liderliğinde gerçekleştirilen bir başka çalışma, anot olarak silikon nanotellerin kullanılabilceğini gösteriyor. 2008 yılında *Nature Nanotechnology* dergisinde yayımlanan bu çalışmaya göre lityum, küçük silikon nanotel ormanı içinde depolanıyor.

Yaklaşık olarak kâğıt kalınlığının binde biri çaptaki bu nanoteller, lityumu emdikçe hacimleri dört katına çıkıyor. Buna karşın, daha öncekilerde olduğu gibi bu özel silikon yapı kırılmıyor ve parçalanmıyor. Araştırmacılar, gerçekleştirdikleri testlerde bu özel silikon nanotelli anotlar kullanılmasıyla silikonun kuramsal şarj kapasitesine ulaşıldığı gösterdi. 4200mAh/g olan bu kapasite, grafit anotlu lityum-iyon pillerin sahip olduğu kapasitenin yaklaşık on katı.



Silikon nanotellerin lityum iyonu absorbe etmesinden önceki (a) ve sonraki (b) hallerinin tarayıcı elektron mikroskobu ile aynı büyütme oranı ile çekilen fotoğrafları. Kaynak: C.K. Chan ve diğ., 2008.

özel bir yöntemle gözenekli yapıda karbonla kaplanmış, silikon anot materyali üretilmesini içeriyor. Çalışma, üç boyutlu ve çok gözenekli yapıya sahip anotun, şarj/deşarj sırasında oluşan genleşme ve sıkışmalara hayli dayanıklı hale geldiğini gösteriyor. Ayrıca bu yapı hem daha yüksek kapasitede lityum iyonu emilmesine hem de iyonların daha hızlı transfer edilmesine imkân veriyor.

Son birkaç yılda hayli önemli gelişmeler olduysa da daha yüksek kapasiteli, daha uzun ömürlü, ortam şartları açısından daha yüksek tolerans seviyesine sahip güçlü pil teknolojilerine ihtiyaç var. Tabii ki bu yöndeki arge faaliyetlerinin inovasyona dönebilmesi için, yeni teknolojilerin maliyet etkin bir şekilde üretilebilmesi ve çevreci olma özelliklerini de taşıması gerekiyor. Yeni batarya teknolojileri, geleceğin teknoloji dünyasını şekillendirecek en önemli faktörlerden biri. Acaba gelecek günler bu beklentileri karşılayabilecek mi, hep birlikte göreceğiz.

Kaynaklar

1www.panasonic.com/industrial/includes/pdf/Panasonic_LiIon_Overview.pdf
Zhou, Sa, ve diğerleri, "Si/TiSi₂ Heteronanostructures as High-Capacity Anode Material for Li Ion Batteries", *Nano Letters*, Cilt 10, Sayı 3, s. 860-863, 2010
İnternet Baskısı: 11 Şubat 2010
Kim, H., Han, B., Choo, J. ve Cho, J., "Three-Dimensional Porous Silicon Particles for Use in High-Performance Lithium Secondary Batteries",

Angewandte Chemie International Edition, 47: 10151-10154. doi: 10.1002/anie.200804355
İnternet Baskısı: 17 Kasım 2008.
Chan, C.K. ve diğerleri, "High-performance lithium battery anodes using silicon nanowires" *Nature Nanotechnology* Cilt 3, s. 31-35, 2008, İnternet Baskısı: 16 Aralık 2007 doi:10.1038/nnano.2007.411
Tavsiye edilen okumalar
www.batteryuniversity.com