



İLETKEN POLİMERLERİN GELECEĞİ

“

Genellikle bilimde yeni bir buluş, bazı hatalar sonucu gerçekleşir. Hideki Shirakawa, Alan MacDiarmid ve Alan Heeger'ın organik polimerlerin elektrik akımını iletebildiğine dair buluşları bunun güzel bir örneğidir. Bu buluş onların 2000 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü kazanmalarını sağlamıştır.

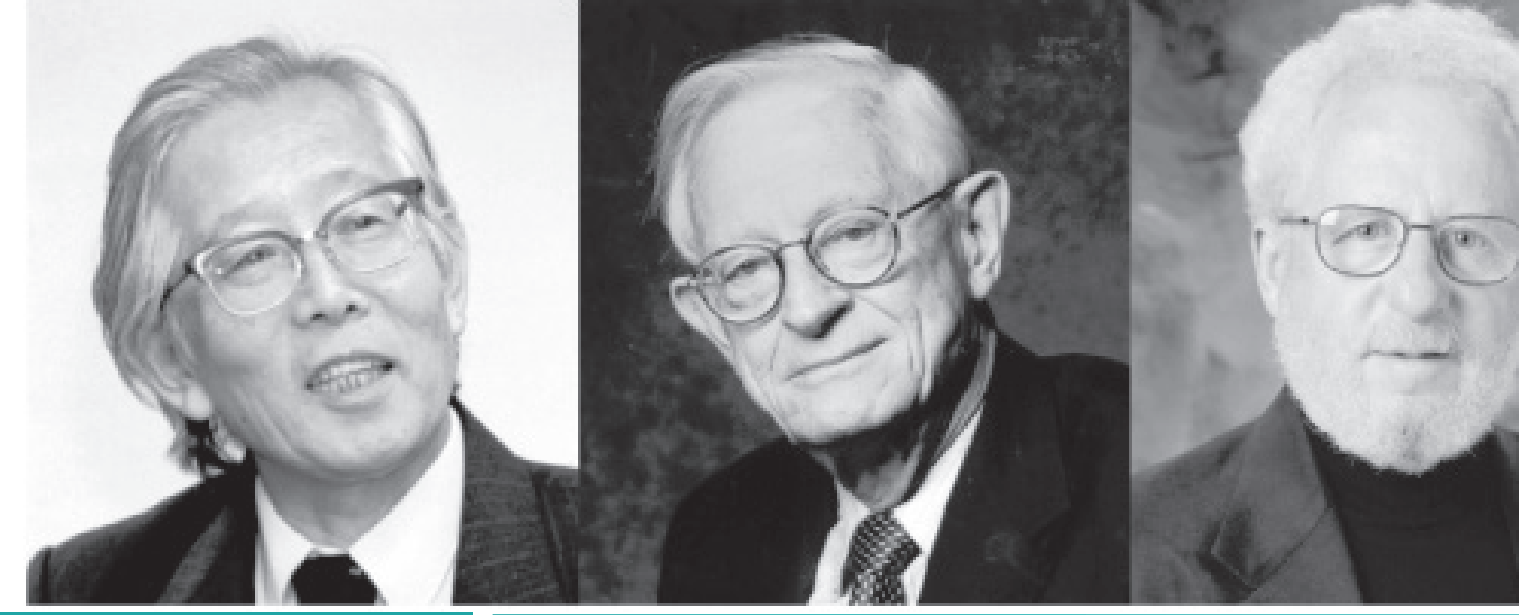


Dr. Semra Akgönüllü ve Dr. Adil Denizli

Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü, Beytepe, Ankara

Genellikle bilimde yeni bir buluş, bazı hatalar sonucu gerçekleşir. Hideki Shirakawa, Alan MacDiarmid ve Alan Heeger'in organik polimerlerin elektrik akımını iletebildiğine dair buluşları bunun güzel bir örneğidir. Bu buluş onların 2000 yılında Nobel Kimya Ödülü'nü kazanmalarını sağlamıştır. Shirakawa'nın ifadelerine göre, asetilen polimerizasyonu üzerine yaptıkları çalışmalarda, kendisi ve ortağı Hyung Chick Pyun, tesadüfen kristalin liflerden oluşan bir gümüş film elde ederek, bin kat daha fazla yüksek katalizör derişimine ulaştılar. Shirakawa, poliasetilen filmlerin kimyası üzerinde deneyler yapmaya devam etti. Filmleri halojen buharlarına maruz bırakarak onları grafitte dönüştürmeye çalıştı. Bu süreçte poliasetilen filmlerin elektriksel özelliklerindeki değişime pek dikkat etmedi. Shirakawa ile Tokyo'daki bir seminerde tanışan MacDiarmid, Heeger ile birlikte bu deneyleri yapmak için onu Pennsylvania Üniversitesi'ne davet etti. Yaptıkları çalışmalarda, konjuge polimerlerin iletken malzemeler sınıfına ait olduğunu ve iletkenliklerindeki artışı belirlediler. Sonraki süreçte yarı iletken ve yüksek iletkenliğe sahip polimerlerin ticarileştirilme çabaları başladı.

İlk buluşu izleyen yıllarda, iletkenliğe yol açan mekanizmaların araştırılmasına devam edildi. Üç bilim adamının birlikte gerçekleştirdiği halojenleme işlemi bir p-tipi doping (taşıyıcı) örneğidir: Halojenler, uygulanan bir elektrik alanı altında pozitif yükleri serbest bırakan elektronları çıkararak poliasetilen zincirlerini oksitlerler. Küçük moleküllerin de polimer zincirlerini oksitlemede veya azaltmada ve sırasıyla pozitif veya negatif yükleri taşımalarında etkili oldukları kanıtlanmıştır. Polimerleri protonlamak için asitlerin kullanılması gibi alternatif doping işlemleri de geliştirilmiştir. Yapılan son çalışmalarda, yüklerin doğrudan nötral polimerler arasında aktarılabileceği de gösterilmiştir.



“ Moleküler ve elektronik yapı arasındaki bağlantıların daha iyi anlaşılması, kimyagerlerin yarı iletken özelliklere sahip katkısız polimerleri sentezlemesini sağladı.

Moleküler ve elektronik yapı arasındaki bağlantıların daha iyi anlaşılması, kimyagerlerin yarı iletken özelliklere sahip katkısız polimerleri sentezlemesini sağladı. Bu organik yarı iletkenlerin transistörlerde kullanılabilirliğinin ve hatta yük enjeksiyonu yoluyla ışık yayabileceğinin gösterilmesi, bu alandaki araştırmaları daha da artırdı. Bu süreç özel optoelektronik özelliklere sahip polimerlerin sentezini tetikledi. Bu malzemelerden bazıları artık ticari olarak üretilmektedir. Ticarileşme basamağında polimerizasyon, izolasyon ve saflaştırma süreçleri, monomerlerin ve reaktiflerin maliyeti ve toksik yan ürünlerin oluşumu, iletken polimerlerin ekonomik rekabet gücünü belirleyen faktörlerdir. Aynı derecede önemli olan diğer faktörler, kullanılan çözücülerin türü, polimerlerin reolojik özellikleri ve raf kararlılıklarıdır.

Konjuge polimerlerin özellikleri, özellikle yük taşınması ve polimer morfolojisinden nasıl etkilendiği konusunda hala pek çok şey bilinmemektedir. Bir polimer zincirinin omurgası boyunca yük hareketi çok hızlıdır. Ancak komşu zincirler arasında sıçradığında yavaşlar. Zincirlerin bükülmesi ve katlanması, kristallinitedeki değişiklikler, diğer statik ve dinamik yapılar, yüklerin hareket etme şeklini ve organik

yarı iletkenlerde elde edilen hareketliliği etkiler. Yine de polimer filmlerde bir dereceye kadar düzensizlik, katkı sağlayan moleküllerin ve diğer iyonik türlerin nüfuz etmesine yardımcı olduğundan faydalı olabilir. Polimerler aslında sadece elektronik iletkenler değildirler. Ayrıca, daha da önemlisi, malzemenin elektronik davranışını değiştirebilen iyonları da taşıyabilirler. Örneğin, yakın dönemde yapılan bir çalışmada iyon duyarlı bir konjuge polimerden üretilen bir cihazın elektronik çıktısının, polimer üzerinde kültür edilen hücreler tarafından salınan dopamin tarafından kontrol edilebileceğini ve hücreler arasında biyohibrit sinaptik bir bağlantı gerçekleştiğini göstermiştir. Bununla birlikte, iyonik-elektronik etkileşimler, bu malzemelerin davranışlarının anlaşılmasını daha da zorlaştırmaktadır.

Malzemelerin ticarileştirilmesi yarışında, araştırmacılar, iyi elektriksel ve mekanik özelliklerin birleşiminin yanı sıra iletken polimerlerin çok yönlü uygulama alanlarını araştırdılar. Anti-statik kaplamalar, organik ışık yayan paneller, esnek foto-voltaik modüller ve organik ince film transistörler, ticarileşme yolunda önemli uygulamalardan bazılarıdır. Bazı iletken polimerlerin karışık iyonik-

elektronik iletim özellikleri elektro-kromik cihazlarda kullanılmaktadır. Bu polimerlerin yüksek biyoyumlulukları, vücuda yerleştirilebilir olmaları, biyoelektronik, biyokimyasal algılama ve sağlık verilerini izleme gibi alanlarda önemli avantajlar sunabilir.

Elektriksel iletkenliğin keşfi, konjuge polimerlere inanılmaz bir çekicilik kazandırmıştır. Konjuge polimerler bir zamanlar kimyagerler, malzeme bilimciler ve kimya mühendisleri için bir çalışma alanı iken, şimdi fizikçiler, elektronik mühendisleri, yaşam bilimciler için de bu malzemeler oldukça ilgi çekicidir. Bu tür çok disiplinli iş birlikleri uygulamalarda yeni atılımlara yol açacaktır. Aynı zamanda muhtemel yeni Nobel ödüllerine ulaşabilecek çalışmalara da fırsatlar sunacaktır.

KAYNAKLAR

1. Shirakawa, H., Louis, E.J., MacDiarmid, A.G., Chiang, C.K., Heeger, A.J.J., Chem. Commun., 16 (1977) 578–580.
2. The Nobel Prize in Chemistry, 2000, Conductive Polymers, <https://www.nobelprize.org/uploads/2018/06/advanced-chemistryprize2000.pdf>
3. Xu, K. et al., Nature Materials, 19 (2020) 738–744.
4. Burroughes, J.H. et al., Nature, 347 (1990) 539–541.
5. Fratini, S., Nikolka, M., Salleo, A., Schweicher, G., Siringhaus, H., Nature Materials, 19 (2020) 491–502.
6. Paulsen, B.D., Tybrandt, K., Stavrinidou, E., Rivnay, J., Nature Materials, 19 (2020) 13–26.

