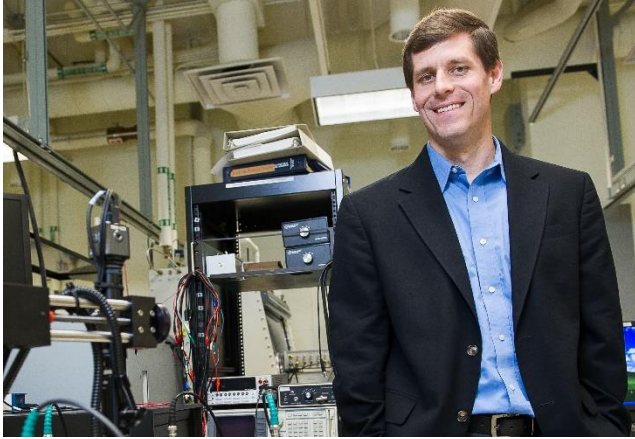


BOROFEN: TEKNOLOJİNİN YENİ NANOMALZEMESİ

Ülkemiz, dünyadaki bor rezervinin %78'ine sahiptir. Bilim insanları bor elementinden borofen adlı yeni bir nanomalzeme üretmeyi başardı. Borofen ile elektronik ve bilgisayar alanında devrimsel gelişmeler yapılabileceğine inanılıyor. Nanomalzemelerin boyutu; 100 nanometreden küçüktür, yani insan saçı diklemesine 1000'e bölündüğünde elde edilen kalınlıktan daha küçüktür. Bazı malzemelerin boyutunu nanometre düzeyine indirirsek fiziksel ve kimyasal özellikleri değişir. Örneğin altın; kimyasal reaksiyonlara karşı çok dirençli olduğu halde nanoboyuta indirilince, kimyasal olarak aktif olur. Rengi sarı olan altın, nanometre boyutunda kırmızı veya mor renklidir. Çünkü altın nano boyuttayken elektronlarının serbestliği kısıtlıdır ve bu nedenle ışıkla etkileşmesi, normal koşullardaki altından farklı olur. Normal ortamlarda gerçekleştirilemeyen reaksiyonların nanometre boyutunda gerçekleşmesi, bilimsel çalışmalara yeni seçenekler sunar. Bu nedenle, borofenin elektronik ve bilgisayar alanında yeni ufuklar açması bekleniyor.



Profesör Mark Hersam

Borofen nasıl üretildi?

Az sayıda bor atomu bir araya gelince, ne tür geometrik yapılara sahip olacakları 1997'de İhsan Boustani tarafından hesaplandı. Boustani'nin hesapları, bor elementinin bir atom kalınlığında film şeklinde nanomalzemeler oluşturabileceğini gösterdi. İlk kez 2015'te ABD'de; Argonne Ulusal Laboratuvarı, Stony Brook ve Northwestern üniversitelerindeki araştırmacılardan Profesör M. Hersam ve arkadaşları, bir bor atomu kalınlığındaki borofen adlı filmi üretti. Bu araştırmacılar; elektron-demeti buharlaştırma yöntemiyle gümüş metali üzerinde, bir atom kalınlığında borofen filmi oluşturmayı başardı. Bor, doğada sadece üç boyutlu formlarda bulunur. Doğada film formunda bor bulunmadığı için borofenin üretilmesi önemli bir başarı oldu. Doğal bor yarı iletken olduğu halde, sentetik olarak üretilen film formundaki borofenin elektriği bir metal gibi iletmediği açıklandı.

Borofenin çok esnek ve çelikten daha güçlü olduğu da belirlendi. Bu özellikleri nedeniyle borofen geleceğin nanomalzemesi olarak değerlendirilmektedir. Profesör Hersham ve doktora öğrencisi A. Mannix, borofenle ilgili bilimsel verileri 2015'te Science Dergisi'nde yayımladı. Borofen filmin; diğer iki boyutlu nanomalzemeler gibi düz değil, oluklu mukavva gibi girintili çıkıntılı oluşunun malzemenin elektriksel iletkenliğini yönelimli hale getirdiği açıklandı. Araştırmacılar, metal yapısındaki başka bir nanomalzemede bu tür bir özelliğe rastlanılmadığını belirtti. Hersham; borofenin yüzey görüntüsünü elde ettiklerini, filmin kalınlığını ölçüp kimyasal özelliklerini bulduklarını açıkladı. Araştırmacılar tarama tüneli mikroskopisini; X ışını fotoelektron spektroskopisi ve transmisyon elektron mikroskopisiyle birleştirerek bu verileri elde edebildi. Profesör Hersham ve ekibi daha sonra 2019'da borofeni, altın metali üzerinde de üretti. Bu araştırmacılar; yüksek sıcaklıklarda bor atomlarının altın metalinin yüzeyinde film oluşturmayıp altının iç kısımlarına gömüldüğünü, sıcaklık düşürülünce bor atomlarının yüzeye çıkıp borofen oluşturduğunu açıkladı. Çalışmanın bilimsel verileri ACS Nano Dergisi'nde yayımlandı. Borofen, 2018'de Brookhaven Ulusal Laboratuvarı ve Yale Üniversitesi'nin ortak çalışmasını yöneten I. Bozovic ve ekibi tarafından bakır metali üzerinde üretildi. Bu çalışma Nature Nanotechnology'de yayımlandı. Borofen filmler, üzerinde oluşturuldukları metalin yüzeyinden kaldırılamadığı için henüz nano boyutta elektronik malzeme üretiminde kullanılmadı ama yakında bunun başarılacağına inanılıyor.

Prof. Dr. Ural Akbulut
ODTÜ Kimya Bölümü