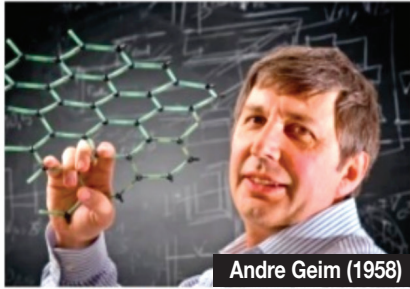


Karbonun Harika Bir Biçimi: GRAFEN



Andre Geim (1958)



Kostya Novoselov (1974)

Mannchester Üni. İngiltere 2010 Nobel Fizik Ödülü)

Prof.Dr. Nihal SARIER

İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

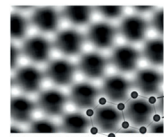
“Andre Geim ve Konstantin Novoselov’un yolculuğu, merakın gücüne ve yenilikçi düşüncenin dünya üzerinde yaratabileceği etkiye dair bir kanıt olarak gösteriliyor. Onların hikayesi, bazen en büyük keşiflerin en basit fikirlerle ve onları takip etme cesaretiyle başladığını hatırlatıyor.”

Dr.Andre Geim ve Dr.Konstantin Novoselov, 2004 yılında Manchester Üniversitesi’nde görünüşte basit ama çığır açıcı bir deney gerçekleştirdiler. Bu teknik, karbon atomlarından oluşan tek bir katman elde edilene kadar yapışkan bant kullanarak grafit katmanların soyulmasını içeriyordu. Andre Geim ve Konstantin Novoselov ince bir silika (SiO₂) yüzey üstüne kalem ucu ile karalama yaparak, grafit bir tabaka oluşturdular. Daha sonra sıradan yapışkan bir bant (seloband) kullanarak, grafit örneğin yüzeyinden grafit tabakaları soymaya başladılar. Selobandın üzerine yapışan grafit tabakaları bir başka silika yüzeye aktararak daha az sayıda tabakadan oluşan yeni bir örnek grafit elde ettiler. Bu işlemi pek çok kez tekrarlayarak, silika yüzeyden selobantla grafit tabaka soyma işlemine devam ettiler.

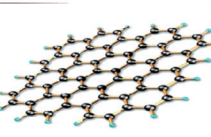
Sonuçta, iki boyutlu bir petek kafeste düzenlenmiş tek bir karbon atomu tabakası kalana kadar grafiti incelttiler. Bir milimetre kalınlığında bir grafit örneğin yaklaşık üç milyon grafen tabakasından oluştuğu dikkate alındığında, grafiti mekanik yolla soyarak tek tabaka grafen elde etmenin büyük bir özen ve çaba gerektirdiği daha kolay anlaşılabilir. Ekim 2004’te Science dergisinde yayınlanan makalelerinde Geim ve Novoselov, ilk kez bir atom kalınlığında bir grafen tabakası oluşturabildiklerini duyurdular. Bu öncü çalışmalarını onlara 2010 yılında Nobel Fizik Ödülü’nü kazandırdı.

Grafenin yapısı

Grafen, altı karbon atomunun halkalar halinde el ele tutuşarak



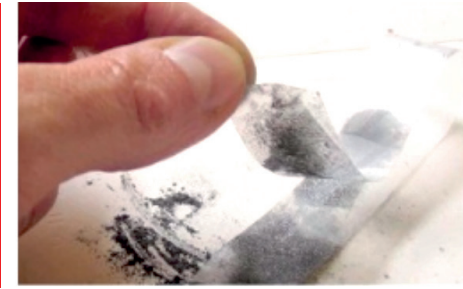
Kristal halde altılı kafeslerden oluşan grafen tabakasının elektron mikroskop görüntüsü (bağ uzunluğu ~0.14 nm)



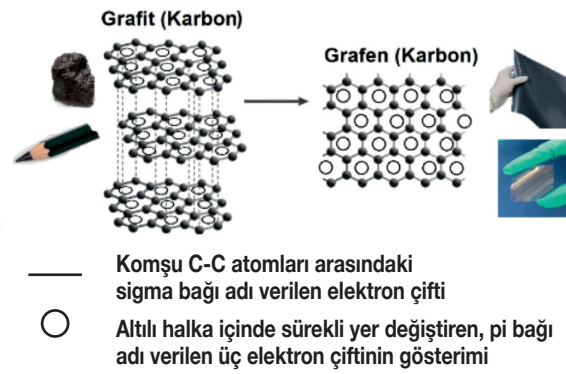
Kaynak: Dato, A. vd.(2009). Chemical Communications, (40), 6095-6097.

bal peteği şeklinde düzlemsel levhalar (2 Boyutlu) oluşturdular, bir atom kalınlığında (0.33 nm), karbon elementinin yeni bir biçimidir (allotropudur). Altı C atomundan

Andre Geim ve Konstantin Novoselov’un yapışkan bantla başlattığı basit deney, karbonun en ince ve en güçlü hali olan grafeni ortaya çıkardı. Sadece bilimsel değil, teknolojik bir devrimin de kapısını aralayan bu keşif; elektronığın, tıbbın, enerjinin ve malzeme biliminin geleceğini yeniden şekillendiriyor.



Geim ve Novoselov’un uyguladığı grafitten selobantla mekanik olarak grafen tabakasının ayrılması yöntemi



oluşan halkaların içinde, komşu iki karbon (C) atomunun ortaklaşa kullandığı, sigma bağı adı verilen altı elektron çiftinin yanı sıra, altıgen halka içinde sürekli hareket halinde olan pi bağı adı verilen üç elektron çifti daha bulunur.

Grafenin Özellikleri

Grafen, karbon atomlarının bal peteği şeklindeki iki boyutlu düzlemsel yapısı, karbon atomlarını bir arada tutan sigma ve pi bağlarının varlığı sayesinde olağanüstü kimyasal, fiziksel, mekanik, termal, elektriksel ve optik özelliklere sahiptir. Bu bağlamda keşfinden bu yana bilim ve teknoloji dünyasında büyük ilgi görmekte, malzeme biliminde çığır açan bir ilerlemeyi temsil etmektedir.

Bir grafen tabakası, kâğıt yaprağından yaklaşık bir milyon kat daha incedir. Aynı zamanda **bir metre karesi yaklaşık 0.77 miligram** olan çok hafif bir malzemedir. Grafen, bir tenis kortunun on katı kadar büyüklükte devasa bir yüzey alanına sahiptir (**yüzey alanı 2630 m² / 1 gram grafen**). Sadece şimdiye kadar elde edilen en ince değil, aynı zamanda en güçlü malzemedir. Grafen **130000 MegaPaskal çekme dayanım** değeri ile **çelikten 100-300 kat daha güçlüdür**. Elmas kadar sağlam, ama bir plastik kadar da esnektir. Yapısındaki hareketli pi elektronları sayesinde çok iyi bir elektrik iletkenliğine sahiptir. Düşük sıcaklıklarda elektron hareketliliği ~200.000 cm²/V.s olan grafenin elektriksel iletkenliği, aynı koşullarda elektron hareketliliği 43.000 cm²/V.s olan **bakır metalinden %35 daha yüksek** olarak ölçülmüştür. Çok yüksek bir ısı iletkenliğe sahiptir, bilinen diğer tüm malzemelerden daha iyi termal performans gösterir (~5300 W/m-K). Neredeyse tamamen şeffaftır, görünür ışığın ~ %97.7’sini geçirir. Grafenin altılı kafes yapısının içinden en küçük gaz atomu olan Helium(He) bile geçemez, bu özellik hava/gaz geçirmez membranların yapımı için çok önemli bir potansiyel taşıır.

Grafenin endüstriyel uygulamaları

Elektronik ve Optoelektronik: Grafen esnek elektroniklerde, yüksek hızlı transistörlerde ve dokunmatik ekranlar için şeffaf iletken filmlerde kullanılmaktadır.

Biyomedikal Uygulamalar: Grafen ve türevleri biyosensörlerde, ilaç dağıtım sistemlerinde, antimikrobiyal kaplamalarda ve doku mühendisliğinde kullanılmaktadır. Biyoyumuluğu ve yüksek yüzey alanı, tıbbi teşhis ve tedavideki etkinliğini artırmaktadır.

Enerji ve Çevre Uygulamaları: Grafen, pillerin ve süper kapasitörlerin performansını artırmak için, verimli güneş pillerinin geliştirilmesi için kullanılmaktadır.

Kompozit Malzemeler: Grafenin polimerlere, metallere ve seramiklere dahil edilmesiyle, havacılık ve otomotiv endüstrilerinde gelişmiş mekanik dayanım ve termal iletkenliğe sahip kompozitler elde edilmektedir.

Gıda uygulamaları: Gıda yüzeyine yenilebilir grafen devreler basılarak, çiftlikten sofralarımıza kadar bir gıdanın özelliklerini takip etmemize yardımcı olabilecek akıllı etiket olarak kullanıma olanağı olduğu belirlenmiştir.

Kuantum Bilgisayar araştırmaları: Grafenin benzersiz elektronik yapısı, kuantum hesaplama yapan bilgi işlemcilerin geliştirilmesini sağlayarak veri işleme ve depolamada yeni olanaklar sunmaktadır.

Grafen, bilimsel ve mühendislik disiplinlerinde yeniliklere ilham vermeye devam etmektedir. Büyük ölçekli üretim ve entegrasyon gibi zorluklar devam etse de, benzersiz özellikleri ve çok yönlü uygulamaları, gelecekteki teknolojik gelişmelerde çok önemli bir rol oynayacağını garanti etmektedir.

Kaynaklar

- Geim, A. K., & Novoselov, K. S. (2007). The rise of graphene. *Nature materials*, 6(3), 183-191.
- Hancock, Y. (2011). The 2010 Nobel Prize in physics—ground-breaking experiments on graphene. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 44(47), 473001.
- Novoselov, K. S. (2011). Graphene: materials in the flatland (Nobel Lecture). *Angewandte Chemie International Edition*, 50(31), 6986-7002.
- Dylla, H. F. (2020). A Prize Hidden Under a Piece of Tape. In *Scientific Journeys: A Physicist Explores the Culture, History and Personalities of Science* (pp. 101-103). Cham: Springer International Publishing.
- Urade, A. R., Lahiri, I., & Suresh, K. S. (2023). Graphene properties, synthesis and applications: a review. *Jom*, 75(3), 614-630.



T.C.
İSTANBUL
KÜLTÜR
ÜNİVERSİTESİ

ÜNİVERSİTE
KÜLTÜR'DÜR