

Karbon Nano Ağlar

Küçük karbon tüplerin rastgele ağları, elektronik kağıt ve güneş enerji hücreleri gibi düşük maliyetli, esnek aygıtları oluşturabilir.

Erkut Yılmaz¹, Erdoğan Özgür², Adil Denizli²

¹Aksaray Üniversitesi, Kimya Bölümü

²Hacettepe Üniversitesi, Kimya Bölümü

Pek çok klasik bilimkurgu hikâyesinde, uzaydaki yaşam biyolojinin temel yapıtaşı karbon yerine modern elektronik teknolojisinin çekirdeği olan silikon temellidir. Hatta, bilim adamları bir gün silikon temelli yaşam formları üretebileceklerini tahmin etmektedirler. Ancak bunun yerine tersi gerçekleşmeye başlıyor.

Karbon, elektronik cihazlar için bir vakıf gibi hizmet eden ve geniş olanaklar sunan ucuz, esnek ürünlerin arayışı sürecinde yeni bir yaşam için soluk olmuştur.

Bu gelişmeler lisede karbonun, daha tanıdık halleriyle elmas ve grafitin, elektriği iyi iletmediğini öğrenen bazılarımızı şaşırtabilir. Ancak son 15 yıl içinde, araştırmacılar, yeni karbon formları keşfettiler. İçerisinde elektronların kolaylıkla hareket edebildiği, birkaç yüzden 1000 atoma kadar olabilen çok küçük yapılar.

Araştırmacılar, nanoağ olarak adlandırılan karbon nanotüplerinin rastgele ağlarının çeşitli temel elektronik işlevleri yerine getirebildiğini keşfettiler. Günümüz kimyasını kullanarak, araştırmacılar bakır gibi metallerin iletkenlik özelliklerini veya daha az iletken olan silikon gibi yarı iletkenlerin özelliklerini taklit eden ağları üretebilmektedirler. Bu yenilikler bu malzemenin elektronik cihazlarda farklı roller üstlenmesinin yolunu açtı.

Bunun ötesinde, mühendisler basit üretim yöntemlerini kullanarak bu tarz karbon temelli cihazları inşa edebilmektedirler. Araştırmacılar tüpleri bir sıvıda çözebiliyor ve oluşan çözeltiyi esnek plastik levhalar üzerinde ince bir tabaka elde etmek üzere püskürtebiliyorlar. Ayrıca bu malzemeleri çeşitli elektronik işlevi olan başka tabakalara (örneğin voltaj uygulandığında ışık saçan) yayabiliyor ya da baskılayabiliyorlar.

Bu tarz iyi bilinen bir sistemin oldukça ucuz ama kullanışlı ürünlerin temelini oluşturabileceğini görmek biraz hayal gücü gerektirir: Geleneksel gazeteler gibi kıvrılabilen elektronik gazeteler, kimyasal sensörler, giyilebilen elektronik cihazlar, çatı kiremitlerine baskılanan güneş enerjisi hücreleri veya depoların/alışveriş merkezlerinin stoklarını gösteren radyo frekanslı kimlik sensörleri (RFID). Böyle uygulamalar için pahalı yıldırım hızında işlemci gücüne sahip intel pentium yongaları veya Samsung video göstergeleri gerekmemektedir; bundan ziyade, AR-GE laboratuvarları ve işe yeni başlamış teknoloji geliştiren firmalar bile düşük fiyata bu işi iyi bir şekilde yapabilirler.

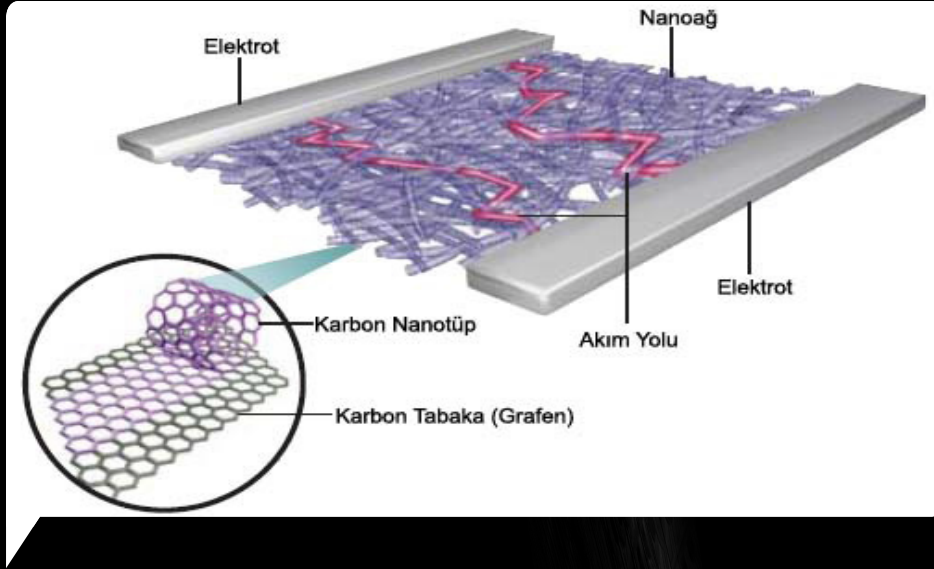
Karbon nanotüpler ya da ağlar elektronik aygıtlar olarak hizmet verebilir. Grafen olarak adlandırılan, bir atom kalınlığındaki karbon tabakasının çapı yaklaşık bir nanometre boyutunda silindirik şekilde katlanmasıyla nanotüp yapısı oluşur.

Elektrik akımı bir elektrottan diğerine birbirine bağlı nanotüpler üzerinden geçer.

Bu heyecan verici uygulamalar iletken, esnek, hafif, saydam (güneş enerjisi hücreleri gibi bazı durumlarda) ve pahalı olmayan malzemelere ihtiyaç duyan bugünün elektronik malzemelerinde çok çok fazla talep sağlayabilir. Ancak pek çok iletken metaldir ve çoğunluğu saydam değildir. Oysa elmas gibi saydam olan ince film malzemeler bir kural olarak yalıtıcıdır (elektriği iletmezler). Buna rağmen ışık metal oksitleri olarak adlandırılan özel bir metal sınıfından geçebilir. En iyi bilenen indiyum kalay oksit elektrot arasında neler olduğunu anlamaya ihtiyacı olan mühendisler tarafından kullanılmaktadır. Ancak metal oksitler pahalıdır. Ayrıca ağır ve kırılmandır, bunun yanı sıra üretimi yüksek sıcaklıkları ve milyarlarca dolarlık üretim tesislerini gerektirir.

Başka bir alternatif, iletken polimerler olarak adlandırılan olağandışı bir plastik sınıfıdır. Yaygın plastik malzemeler yalıtkan olmasına karşılık, kimyagerler son birkaç on yılda bazı polimerleri yarı iletken ve hatta tam (full-fledged) iletkenlere çevirmeyi başardılar. Polimerler oda sıcaklığı teknikleri kullanılarak üretilerler. Hafif ve esnektir ayrıca kolaylıkla pek çok şekil alabilir ve tabii ki sudan ucuzdur

Diğer taraftan pek çok plastikteki



atomları zayıf bağlar bir arada tutar. Bu bağlar daha kolay kırıldığında pek çok polimerin zamanla bozunmasına sebep olur. Birkaç güneşli günden sonra bozulan bir güneş enerjisi hücresi ne kadar kullanışlı olur bir düşünün.

Karbon Temelli Nanoteller

Karbon nanotüpler birkaç on yıl önce keşfedildi, ancak o zamanlar kimse değerini farketmedi. Daha sonra, 1991'de, NEC şirketinden Japon kimyager Sumio Iijima tarafından yeniden keşfedildiler.

Bu küçük karbon tüpleri 1 nanometre civarında, yaklaşık olarak DNA molekülünün tek bir sarmalı ile aynı çapa sahiptir.

Tüplerin elektrik iletkenliği bakırla karşılaştırılabilir seviyededir ve herhangi bir polimerden büyüklük sıralamasında üstündür. Ayrıca en iyi bilinen metalden yaklaşık 100 kat daha fazla akım taşıyabilir.

Ek olarak karbon nanotüpler fiziksel olarak dayanıklıdır. Kolayca bükülebilir, pek çok kimyasalla tepkimeye girmez ve günlük kullanımdan doğabilecek hasarlara dirençlidirler.

Ardından değişik formlarda karbon moleküllerinin oluşumunu sağlayan katalizörler eklerler.

Bu görece basit işlem temelinde, buckyball olarak adlandırılan küresel ve ayrıca diğer fullerenleri ve karbon nanotüpleri de içeren, çeşitli formlarda karbon molekülleri üretir. Ardından üreticiler zahmetli bir şekilde nanotüpleri karışımından ayırmalıdır.

Yöntem uzun eş merkezli çoklu duvara sahip tüplerden ziyade yalnızca tek duvarlı mükemmel yakın türleri saflaştırmaya yoğunlaşmıştır. Bu nedenle uygun nanotüpler şu an yüksek fiyatlıdır, lakin üreticiler yüksek hacimli üretim tesislerindeki maliyetleri karşılayacak pazar talebi olduğunda fiyatların önemli derecede düşeceğine eminler.

Modern elektroniğinin ağır işçisi olan transistör (gerilim ile etkinleşen devre anahtarı) tek bir nanotüpten üretildiği zaman günümüz bilgisayarlarındaki silikon çipler üzerindeki transistörlerden daha iyi performans sergileyebilecektir. Ancak tek bir karbon nanotüp öngörülebilir bir gelecekte bakır ve silikonun yerini almayacaktır. Nanoteknolojinin ticarileştirilmesinde en can sıkıcı sorun olan nanotüplerin üretilebilirliği ana engeli teşkil etmektedir. Tek nanotüp temelli günümüz cihazlarının üretimi günler almaktadır, çünkü genellikle elle monte edilmelidirler.

Performans kararsızlığı diğer bir zorluktur. Nanotüpler elektriksel

özelliklerini etkileyen kısmen farklı şekil ve yapılarda üretilirler.

Tek Bir Telden Şebekeye

Araştırmacılar her bir tüpün diğerinden farklı olduğu halde pek çok tüpü bir arada kullanarak farklılıkların ortalamasının alınabileceğinin farkına varmışlardır. Böylece bazı tüplerde mevcut olan eksikler, daha iyi çalışan benzeri tarafından telafi edilebilir. En basit örnek rastgele nanotüp ağlarıdır. Aynı eyaletler arası bir otoyol sisteminin yoldaki bir trafik sıkışıklığına alternatif yollar sunması gibi elektriksel iletkenliği olan nanotüplerin rastgele yerleştirilmesiyle (nanoağ) alternatif yollar sağlanarak elektron iletimi hızlandırılabilir. Araştırmacılar bu neredeyse iki boyutlu rastgele şebekelerin kendi içlerinde ilginç özellikler sunduğunu tespit ettiler.

İlk olarak nanoağlardaki pek çok yol ve bağlantı bir elektrottan diğerine olası üretim hatalarına rağmen iyi bir elektriksel iletkenlik garantilemektedir. Los Angeles büyükşehir bölgesindeki çevreyolu sistemi iyi bir benzetimdir. Kimse çevre yolu yerine trafiğin olduğu şehir içi yolları tercih etmez. Aynı kavram aslında nano ölçekli bir çevre yolu sistemi olan elektronların tüplerin üzerinden atlamasına izin veren nanoağlara da uygulanabilir. Bu şebekeler tarafından sağlanan çoklu caddeler önemli derecede hataya direnç gösterir ya da hatayı tolere eder. Eğer bir yol kullanımdan çıkarsa

