

Acaba organik bileşikler geleneksel silisyum'un yerine mi gelecek? istenen ölçüde üretilebilen bir iletken polimer olan poliasetilen, akımı çevresine bağlı olarak az veya çok geçirebilir, dolayısıyla bir yarı iletkene dönüşebilir. Organik meloküllerin düzenli biçimde istif edilmesinden oluşan bazı molekül kristaller, mutlak sıfıra (-273) yaklaşıldığında bir üstün-iletken haline gelmektedir. Bundan yararlanarak bir hesap makinesi için gerekli bütün mantıksal işlemlerin, ayrıca bugünkülerden çok daha güçlü ve hızlı computer'leri (bilgisayarları) tasarlamak mümkün olacaktır.

Organik" ve "Elektronik": İşte bu iki kelime temel araştırmalar sonucunda birbirine bağlanmıştır ve anılan ilişki, sanayicilere tatlı hayaller kurdurmaktadır. Aslında elektronik; silisyum ya da galyum arseniyür gibi basit ve kristal yapıli maddelerden yararlanarak gözümüzün önünde şaşırtıcı işler başarmakta, pek çok alana uygulanmaktadır ama bundan daha di iyisini bulmaya çalışılıyor.

Karbon, oksijen, azot, kükürt, selen ve diğer birçok elemanın atomlarından oluşan organik moleküller kimyası; katılar ile uğraşan fizikçiler için zengin bir yararlanma alanı olmuş, onlara yarın'ın daha verimli, daha hızlı ve daha yoğun devrelerini yaratabilecek olağan üstü çeşitli malzeme sağlamıştır. Bugünlerde, belki de yüz yılımızın sonuna vardığımız zaman bu alanda yeni bir çağ açacak olan buluşların başlangıcına tanık oluyoruz.

Denis Jeröme ekibi, 1978'den beri Orsay Katılar Fiziği Laboratuvarı'nda deneysel araştırmalar yapmaktadır. Bu arada, Kopenhag'lı bir kimyager olan Klaus Bechgaard, yavaş yavaş molekül yapılarını ortaya çıkarmıştır. Danimarkalılar ve Fransızlar, 1980'de, üstün-iletken özelliğini gösteren özlener molekül bulmuşlardır. Bugün aynı ekipler organik bir yarı-iletken üzerinde iletici kanallar kazabildiklerini bildiriyorlar. Eldeki verilerle, bu araştırma alanında hızlı gelişmeler olacağını öngörebiliriz.

İki çeşit malzeme araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Bunlar, iletken polimerler ve molekül kristallerdir. İletken polimerlerin kimyasal formülü çok basittir. Herbiri birer hidrojen atomuna bağlanmış karbon atomu dizilerinden oluşurlar.

YARI ORGANİK İLETKENLER

Laurent Broomhead

Kıscacası; ikili bir CH zinciri, diğer deyimle C_2H_2 asetilen'i oluşturur. Eğer bunlardan onlarcasını birbirine iliştirirsek poliasetilen dediğimiz bir dizi ortaya çıkar. Diziyli bir makarna teline benzetebiliriz. Bu benzetme yersiz değildir, çünkü böyle bir dizi geliştirildiği zaman elektrik akımını çevresine bağlı olarak az ya da çok iletken bir "makarna yumağı" haline geçebilir.

Bilindiği gibi, bütün elektronik tekniği, sözünü ettiğimiz maddelerin daha doğrusu, bu maddelerin ayrı biçimde işlenmiş iki örneğinin diyot, transistör ve hafıza gibi birimleri meydana getirmek üzere birleştirilmesi ilkesine dayanır. "Doping" dediğimiz bir işlemle örneğin birinci örneğe (n) özelliği, yani bir elektron verme yeteneği; ikinci örneğe ise (p) özelliği, yani bir elektron alabilme yeteneği kazandırılır. Böylece iyot buharı doldurulmuş bir balonda bulunan poliasetilen, (p) özelliğini kazanır; diğer deyimle bir elektron alabilir. Aynı sonuç arsenik heksafluorür ($As F_6$) ya da perklorat (ClO_4) ile de sağlanabilir.

İyot; polimer yapısına işler, "makarna"nın telleri arasına yerleşir ve gelen elektronları kaptasını sağlar. Aynı olayı silisyum'un kristal ağı arasına galyum ya da bor yerleştirildiği zaman gözetleyebiliriz. Poliasetilen'e (n) özelliğini kazandırmak için "doping" maddesi olarak lityum, sodyum ya da potasyum kullanılır. Doping'li poliasetilenden metrelerce üretilebilir, ve fiyatı aynı boydaki muşambadan daha pahalı değildir. Hatta şimdi de Birleşik Amerikadaki bir şirket olan "Rohm and Haas" bunu üretmektedir. Herhalde amaçları sadece piyasanın sofraya örtüsü ihtiyacını karşılamak değildir! BASF ise, elektronik alanına uygulanması üzerinde durmaktadır. Bir (n) ve (p) katının basitçe üstüste dizilmesiyle bir volta foto-pil meydana getirilebilir. Bununla birlikte bazı ön araştırmalar yapılması

gerekliyor: Şimdiki halde bu pillerin verimi çok düşük olup silisyumlu güneş pillerinin % 10 u kadardır. Aslında karşılaşılan en önemli sorun "doping" işlemidir, çünkü bununla kazandırılan özellik henüz uzun süre güvenilir biçimde muhafaza edilememektedir. Biri (p), diğeri (n) özelliğini taşıyan iki örneğin başarılı biçimde bitleştirilmesi için örneklerin herbirindeki karşıt (p) ve (n) özelliklerinin devamlı kalması gerekir. Ne var ki, "makarna yumağı"na yerleştirdiğimiz iyonlar, yerlerine sıkı sıkıya bağlanmış değildir. Bu yüzden (n) ile (p) nin karşılaşması tüm kitleyi nötralize eder; çünkü zıt yüklü iyonlar karşılaştıkça birbirlerinin "değer"lerini karşılıklı olarak yok ederler. Başka türlü söylersek, elimizdeki madde uzun süre yarı-iletken olarak kalmaz.

Görülüyor ki, hem maddeye elektron verme ya da elektron alma yeteneğini kazandıracak, hem de polimer içinde kimyasal yapısı bozulmadan kalabilecek "doping" maddelerine gereksinim vardır. Almanların bu alanda ileride oldukları söylenmektedir. Hatta anılan pillerin piyasaya sürülmesi bile söz konusudur. Elektronları toplamak ve sonra açığa çıkarmak için bir zardan yararlanılacak: zarin sağ tarafına indirgeyici elektrolite, sol tarafına ise oksitleyici elektrolite batırılmış poliasetilen yerleştirilecektir. "Makarna" biçimi, elektronik temas ve yük alış-verişi için geniş bir yararlı alan sağlamaktadır: Bu gram başına 60 metre kare kadardır. Üstelik böyle piller şimdiye kadar yapılabilenlerden on kat daha hafif olabilecektir.

İletken polimerlerden sonra moleküler kristallere geçelim: Orsay ekibi, dünyanın en iyi uzmanları arasında yer almıştır. Ekibin amacı, organik moleküllerin karışık ve dağınık değil, düzenli biçimde istifini sağlamaktır. 1980'de kod adı TMTSF olan tetrametil-tetraselenofulvalen ile başarıya ulaştılar.

İki selen ve üç karbon atomunu alın, bu atomlardan herbirini bir beşgenin köşelerine yerleştirin, beşgenlerden ikisini yanyana getirin ve bunları dört CH_3 grubu ile çevreleyin: O zaman TMTSF'yi elde edersiniz. Şimdi TMTSF'yi onar onar ve bir sütun meydana getirecek biçimde zikzaklı olarak dizin, bu sütunları uygun küçük moleküllerle (ClO_4 , NO_2 , PF_6 , AsF_6 , TaF_6 , SbF_6 ...) birbirine bitştirin: Ortaya çıkan madde, yapısal dizileri boyunca elektriği iletir ve düşük ısı derecelerinde üstün-iletken haline geçer. Bu, bir organik cisim için gerçekten az rastlanır bir olaydır. Hatırlatalım ki, andığımız fiziksel olay, bir maddenin elektrik akımına karşı

hiçbir direnç göstermemesi sonucunu doğurur. Bunun önemli uygulanma alanları vardır; çok şiddetli manyetik alanlar, sürtünmesiz manyetik süspansiyonlar, yarının computer'leri için çok hızlı işlem birimleri gibi... Ne yazık ki, yarattığımız klasik ürünler ancak 10 K (-263°) lık bir ısının altında üstün-iletken olabilmektedir. Bunu sağlayabilmek için az bulunur, pahalı ve zor stoklanabilir bir madde olan sıvı helyumdan yararlanılmaktadır.

(TMTSF)₂ PF₆; siyah renkli fakat parlak görünüşlü, beş milimetre boyunda küçük bir iğne biçimindedir. Çelimsiz yapılı böyle bir örnek 10 kilobarlık şiddetli basınç altında ve sıfır Kelvin'e yani -273'e yakın bir dereceye kadar soğutulduğu zaman, üstün-iletken özelliği kazanmaktadır. Daha sonra, sözünü ettiğimiz aileden birçok madde bulunmuştur. Nitekim (TMTSF)₂ ClO₄; 1,2 K'de normal atmosfer basıncı altında üstün-iletkendir. Henüz daha yüksek ısıda üstün-iletkenlik sağlanamamıştır ama, önemli olan bu değildir. Zaten bu madde 40 K (-233) den itibaren özel bir davranış, diğer deyimle üstün-iletkenliği ön belirtilerini göstermeye başlar. Oysa, örneğin kurşun gibi normal bir iletkende elektriksel direnç ısı ile birlikte yavaş yavaş azalır, fakat mutlak sıfıra (-273°) yaklaşıldığı zaman birdenbire sıfıra düşer. Buna karşı, bulunan yeni bileşimlerde direncin düşüşü mutlak sıfırdan daha yüksek derecelerde daha çabuk ve daha sürekli olmaktadır. Bu, bize iki olanak sağlar: Bir yandan daha iyi iletkenlik sağlamak için bu ön belirtilerden yararlanabilir, diğer yandan 20 Kelvin (-253°) hatta daha yüksek derecelerde üstün-iletkenlik durumunu sağlamaya çalışabiliriz. Bunu elde etmek için araştırmacılar şu günlerde gerçekten büyük çabalar harcamaktadır. Uğraştıkları konu, moleküllerden elektronların geçişini kolaylaştırmak için, TMTSF sütunlarını yan-geçitlerle bağlamaktır. Kritik ısı derecesini yükseltmek için, araya yabancı atom ve çeşitli moleküller bileşikler yerleştirmek gibi bin türlü usul denenmektedir.

Üstün-iletkenliğin sağlanması için, elektronların hiçbir dirençle karşılaşmaması gerekir. Geçişleri ne kadar kolaylaştırılırsa, üstün-iletkenlik o oranda yüksek bir ısı derecesinde sağlanabilir. Bunun yararı açıktır; çünkü, örneğin -269° lık bir ısı elde etmek için sıvı helyum gerekli olduğu halde, -253° için sıvı hidrojen yeterlidir. Bu da önemli bir üstünlüktür.

Şimdiye kadar, organik üstün-iletkenler tek-boyutluluk özelliği göstermekteydi; çünkü elektronlar "sütun"lar boyunca akıyordu. Elimiz-

Bu şişecikte platin bir elektrodun çevresinde küçük (TMTSF)₂PF₆ iğneleri oluşuyor. Bu, Orsay ekibi tarafından üstün-iletkenlik özellikleri ortaya çıkarılan ilk organik maddedir.

"U" biçimindeki bu bölmede iki elektrod arasında TMTSF'nin bir oksidi ile PF₆ nın karşılaşması, organik elektronüğün umutlarının bağlandığı bir cökeleği yaratır.

deki madde, yapılması düşünölen "geçit"lerle iki, hatta üç boyutluluk kazanacak, bu suretle klasik maddelere benzeyecek; bir de üstün-iletkenlik özelliğini taşıyacaktır.

Denis Jeröme: "Bu maddeden kablolar döşeyemeyiz, çünkü elimizdeki ürün şimdilik çok pahalıdır" diyor. Ancak ileride bu maddeyi daha da işleyerek çeşitli alanlara uygulamak olanağı

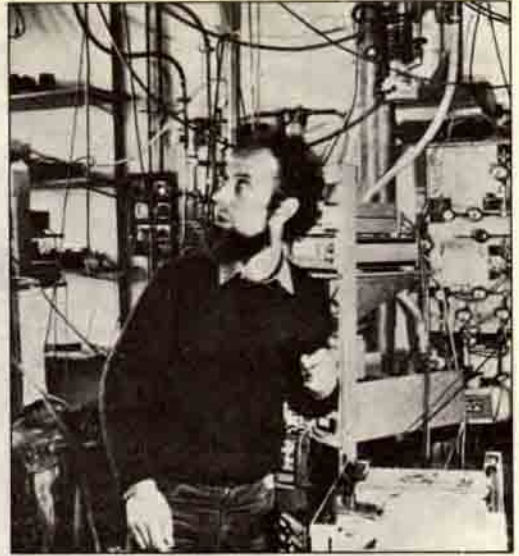
doğacaktır. Ne var ki; madde basınç, ısı, manyetik alan, iyonize edici radyasyon, hatta gaz şeklindeki kimyasal maddelere karşı çok duyarlıdır. Buna karşı, normal çevre ısısında oldukça duragandır. Bu özelliği dolayısıyla her çeşit detektör (uyarıcı) yapımında kullanılabilir.

En umut verici ufuklar, iletişim devreleri alanında açılmıştır. Yüzlerce bilim adamı ve araştırma ekibi işte bu umut yüzünden sentetik organik kimya, fizik ve teoriyi birleştirerek ideal computer'e giden yolu bulmaya çalışıyor. Birleşik Amerika'da IBM ve "Bell Telephone" bu konu üzerinde uğraşmaktadır. Bu arada belirtilen alanda şaşırtıcı bir hamle yapmış olan Japonları da unutmamak gerekir.

İşin sırrı Josephson olayında yatmaktadır: Eğer bir bakır teldeki akım değişim eğrisini, uygulanan elektrik gerilimine bağlı olarak çizersek, Ohm'un ünlü kanununa uygun bir doğru elde ederiz. (Ohm kanununa göre $V = RI$ dir. Burada V gerilimi; I akım şiddetini; R ise direnç simgeleri) Bu alanda yeni maddemiz iki ayrı davranış özelliği göstermektedir. "Kritik" dediğimiz belirli bir akım şiddeti üstünde normal davranır, bu şiddetin altında ise akımın geçişi, devrenin iki ucu arasında ölçülebilir bir gerilim oluşturmaz. (Bu durumda akım değişim eğrisi bir doğru olmaktan çıktığından buna nonlinearity adı verilmektedir) İşte elektronik uzmanları, bu iki ayrı davranıştan yararlanarak bir computer için gerekli bütün mantıksal işlemleri (amplifikasyon, mantıksal devreler ya da bir durumdan diğerine geçiş ve hafıza) tasarlayabileceklerini düşünmektedirler. İleride bütün bu işlemler hem daha çabuk yapılacak, hem de daha az ısı açığa çıkaracaktır; çünkü kullanılacak olan malzeme üstün-iletkendir.

Sıvı helyumda soğutulmuş üstün-ileticilerden yapılmış bir Josephson computeri; üzerinde yıllarca araştırma yürütülmüş olmasına rağmen, henüz gerçekleştirilememiştir. Bununla birlikte bugün organik maddeler kullanarak aynı işi sıvı hidrojenle denemek yerinde olur. Herhalde bir kere denenmeye değer. Başarı halinde önemli bir teknoloji eşiği aşılmış ve computer'lerin gücü birkaç kat artırılmış olacaktır.

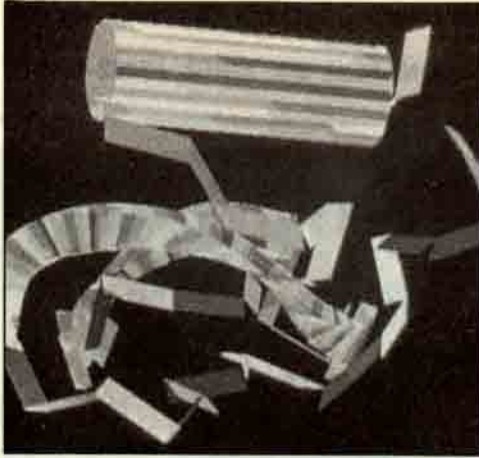
Üstün güçlü computer'leri bir tarafa bırakıp, elimizdeki daha klasik hesap makinelerinde kullanılan silisyumun yerini organik bileşiklerin alacağını düşünebilir miyiz? Bu, pek te olanaksız değildir. Organik moleküllerin yarı-iletken özelliğinden yararlanıp bunlardan biri (n), diğeri (p) özelliği taşıyan elektron verici ve elektron alıcı ayırı iki örneği bitistirmek yeter. Zaten görmüş



Sıvı helyumlu bu soğutucu "kriostat"ta Denis Jerôme, örnekleri üstün-iletkenlik özelliklerini belirlemek için, erişilebilen mutlak sifıra en yakın dereceye getiriyor.

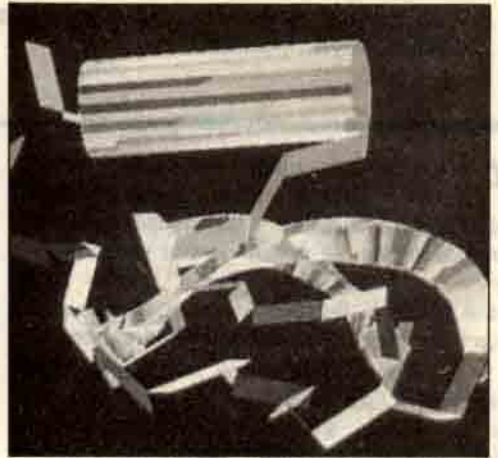
olduğumuz gibi, organik kristaller çok çeşitlidir. Orsay ekibi TMTSF'den başka, TTF-TCNO (tetrafulvalentetra-ciyano-kinodimetan) ve TMTSF'ye benzer kökürtlü bir bileşim olan TMTTF'yi bulmuştur. Bu madde de aynı üstün-iletken özelliklerini göstermektedir. Marsilya Üniversitesi'nde organik bir madde ($TM_2 ClO_4$) ile organik olmayan bir madde (galyum antimoniyür GaSb) bitleştirilerek akımı sadece bir yönde geçiren diyot elemanı yapılmıştır. Organik maddelerin özelliklerini incelememize yarayan böyle düzenlerin değişik biçimlerini yaratabiliriz. Nitekim Denis Jerôme, (TMTSF)₂ ClO₄'ün yüzeyinde buharlaştırılmış ince bir TTF-TCNO tabakasının mükemmel bir diyot görevini yapacağına inanmaktadır. Ekibi bu deneyi yapmaya hazırlanıyor.

Tümüyle organik diyotlardan başlayarak entegre devrelere gelinceye kadar birçok safhalardan geçmek gerekiyordu. Daha şimdiden özellikle Fransız fizikçileri, elektronik birimlerin üretiminde bu maddelerin silisyuma karşı önemli bir üstünlüğü olduğunu belirtmektedir. Bilindiği gibi, bir "çip", örneğin karşıt (p) tipinde bir alt-katmanın üzerinde yerleştirilmiş (n) tipinde bir yarı-iletken dizisinden oluşur. Ek olarak bilgi taşıyıcısı elektronları iletmek için bütün yüzeyi çevreleyen bir metal elektrot ağına, yani



ÜÇ BOYUTLU PROTEİNLER

Bilgisayar tarafından yapılan bu resimler, bir proteinin (mide salgısı pankreas tripsinini parçalayan bir protein) üç boyutlu görüntüsünü oluşturmak için birleştiriliyor.



Bilim adamları bu tür fotoğrafları, protein yapısını ve işlevleriyle ilgili ilişkileri incelemek için kullanıyorlar. Üç boyutlu bir görüntü elde etmek için burnunuzun sağ yanında, sayfadan yaklaşık 15 cm. yükseklikte, resimlerin arasında bir ayna tutun. Soldaki görüntüyü sol gözünüzle netleştirin ve aynayı eğin. Böylece aynadaki sağdaki görüntü, soldaki görüntünün üzerine bindirilecektir.

SCIENCE 82'den

şebekeye gereksinim vardır. Silisyumda kullanılan usul, önce polimerize edilmiş bir reçine maddesine bir elektron demeti ya da röntgen ışınları yönlendirilerek üzerinde ağ biçiminde oyuklar açmaktır. Daha sonra bir eritici ile reçinenin ışığına maruz kalmamış kısmı ayrılır. Burada oluşan oyuklara metal bir tabaka dökülür. Yeniden yapılan temizleme işlemi sonucunda sadece metal ağ geri kalır. Oysa yarı-iletken organik bileşikler için çok daha basit bir teknik uygulanacaktır. Esasen Orsay ekibi, bu moleküller kristallerin doğrudan doğruya elektron demetlerine duyarlı olduğunu göstermiştir. Sadece yirmi Angström'lük açıklığı olan bir ışın demeti moleküllerin durumunu değiştirebilir, böylece yalıtkanları iletken haline getirebilir. Artık döküme ve kalıp çıkarmaya gerek kalmayacak, computer devresi çizmek için sadece elektron demetini yönlendirmek yetecektir.

Önümüzdeki yılların mikro-elektroniklerini gerçekleştirilebilmek için en iyi bileşikleri bulmak ve uygulamaya koymak gerekmektedir. Bu 21. yüzyıl elektronikliği yeni bir minyatürizasyona yol açacak, diğer deyimle her şey molekül boyutuna inecektir. Ancak bunlar tabii ki büyük moleküller olacak ama, koca silisyum kristalleri ile hiçbir ortak yönleri bulunmayacaktır. Daha sıkıştırılmış olan böyle devreler daha hızlı, belki on kat daha çabuk işlem yapabilecektir.

Yine de çok aceleci olmayalım. 1982 yılının bilgilerini bilmecenin çözümlenmiş bölümlerini bir araya getirmeye çalışıyor ve daha çok şeyi öğrenmeleri gerektiğini biliyorlar. Organik kimyanın ürünleri hemen hemen sonsuzdur. İki üç temel maddeden başlayarak bütün bir koleksiyon, durmadan genişleyen bir yelpaze yaratabiliriz.

Sciences et Avenir'den çeviren: Dr. Ergin Korum

Milletimizin siyasi, sosyal hayatında, milletimizin fikir terbiyesinde rehberimiz ilim ve fen olacaktır.

ATATÜRK