



**Nanodünya:** Bir tram sondası mikroskopunun ucu, nanometre boyutlarındaki chip'leri denetliyor ve çözümlüyor.

## Nanoteknoloji

# Chip'in Atomunu Yoklamak

**Bakteri boyutlarında bir bilgisayar tasarlayabiliyor musunuz? Blim adamları ve endüstri harıl harıl bu konu üzerinde çalışıyor. İlk ve en büyük sorun, istenildiği biçimde işleyecek minichip üretiminde yatıyor.**

■ Bilgisayar chip'leri gitgide daha küçük, daha hızlı ve üretimi daha güç bir hal alıyor. İletken yollardan daha fazla performans elde edebilmek için, araştırmacılar şu sıralar yapılabildiğinin sınırlarındaki bir mikrokosmosa yöneliyor. Bu çalışmalar sırasında çok geçmeden, bugünün tekniğiyle işlemciler üzerindeki yapıların artık daha fazla küçültülemeyeceği noktasına ulaşıyor.

Yine de mikrotekniğin öncülerinden Roland Wiesendanger'e göre "mikroelektronik, 100 nanometre altındaki yapıların söz konusu olduğu nanoelektronığa geçiş aşamasında bulunuyor." Bir saç kılı çapının onbinde biri olarak tasarlanabilecek bir nanometre, milimetrenin milyonda biri.

Branşın eski bir ilkesini ayakta tutabilmek için, endüstrinin en küçükler

dünyasına yönelik araştırmalarda elini çabuk tutması gerekiyor. Çünkü onylardır Intel'in eski şefi Gordon Moore'un, "iki yılda bir chip üzerindeki devre elemanlarının adedinin ve hızının ikiye katlanacağı" yönündeki tahmini geçerliliğini sürdürüyor.

Moore Yasası'nın geçerliliğini sürdürmesi ancak minyatürleşmenin daha da ileriye vardırılmasıyla mümkün. Buradaki sorun, günümüzde bilgisayar chip'lerinde bulunan 100 nanometrenin çok az üstünde bir uzunluktaki transistörlerin, üreticisinin kendilerini geleneksel bir ışık mikroskopuyla göremeyeceği, dolayısıyla da olası hataların farkına varamayacağı denli küçük olmaları. Modern işlemciler üzerinde yalnızca bir santimetrekarelik bir alanda bu transistörlerin 20 milyondan fazlası bulunuyor. Bu elekt-

ronik devreler, içlerine kasıtlı olarak yabancı atomların yerleştirildiği silisyum gibi yarıiletken malzemelerden ibaret. "Kirlenme" (yabancı atomlar) derecesi elektronik özellikleri belirliyor.

Yapı elemanları küçüldükçe, yarıiletken malzemelere yabancı atomlar yerleştirilmesi işinin yönetimi ve denetimi de aynı oranda güçleşiyor. Günümüzdeki ve gelecekteki bilgisayar chip'lerinin elektronik cücelerini inceleyebilmek için, artık nanodünya kökenli mikroskop(ya)lama yöntemleri gerekiyor.

### Nanochipler:

#### Yeni teknikle atomu yoklamak

Wiesendanger bu alandaki uzmanlardan biri. Onun yönetiminde Hamburg Mikroyapılar Araştırma Merkezi, na-



## "Bilgisayar chipleriyle bir pikapta olduğu gibi temas sağlıyoruz. Ancak iğnenin yerini bir nano sonda alıyor."

Hamburg Mikroyapılar Araştırma Merkezi'nden Roland Wiesendanger

nometre skalasında yer alan transistörler gibi elektronik yapı elemanlarının gelişimini ilerletmek için sürdürülen Avrupa çapında bir araştırma projesine katılıyor.

Merkez chip üreticisi Infineon ile birlikte, yarıiletkenlerin yapısını ve içlerine yabancı atomların yerleştirilmesini "mümkün merteye atom düzeyine kadar yoklayacak" yolları araştırıyor. Şimdiye kadar "tram kapasitesi mikroskobu" ile yarıiletkenlere yerleştirilen yabancı atomları birkaç nanometrelilik bir sapmayla saptamayı başarmış durumdalar.

### Sonda mikroskoplar: Kör bastonu gibi yoklama

Bu özel mikroskop, tram sonda mikroskobunun bir türü. Bu küçük aletleri Wiesendanger bir pikap ile karşılaştırıyor, ama farklılığa da işaret ederek: "Burada elmas iğnenin yerini keskin bir sonda uç alıyor. Böylelikle yalnızca yüzeylerin özellikleri değil, elektronik özellikler de yansıtıyor."

En ince yerinde 10 nanometre kalınlığa ulaşan narin sonda, yüzeyi bir kör bastonu gibi nokta nokta, satır satır yokluyor. Optik bir mikroskop karşısında bu tip bir mikroskobun sağladığı avantaj, bir yüzeyin yalnızca üç boyutlu bir resmini oluşturmakla kalmayıp, iletkenlik ve manyetizm gibi özellikleri de ölçebilmesi. Böylelikle yarıiletken yapı elemanlarındaki yabancı atomlar da belirlenebiliyor.

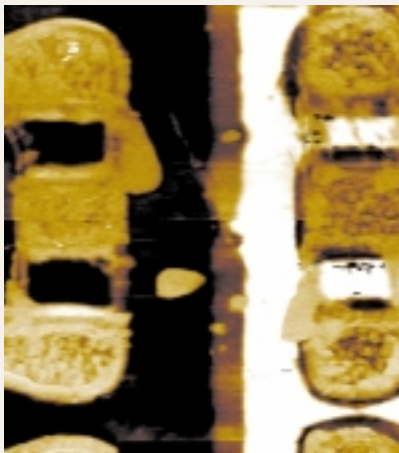
Ölçüm yöntemi artık, şimdiye kadar bu boyutlardaki elemanlarda olanaklı olmayan bir biçimde, kullanıcıya bir üretim hatası olup olmadığını ve eğer varsa nerede olduğunu kesinlikle saptama olanağı sunacak ölçüde güvenli. Infineon kendi tram kapasitesi mikroskobuna sahip ilk işletme ve bu alanda öncü sayılıyor.

"Tram kapasitesi mikroskobuyla henüz atomar bir çözünürlüğe ulaşabilmiş değiliz. Şu anda en iyi koşullarda beş nanometre, ortalama ise on nanometre civarındayız" diyerek mucizevi alet yeteneklerinin sınırını çiziyor

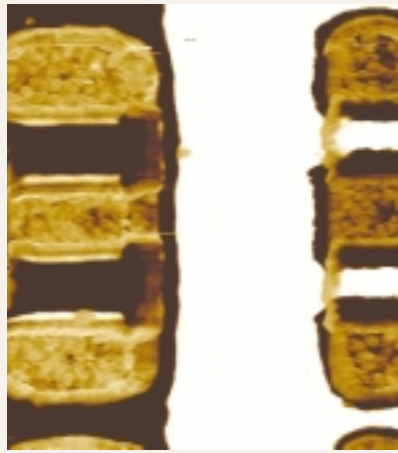
Hamburg Araştırma Merkezi basın sözcüsü Klaus Schöpe. Bilim adamlarının hedefi atomar boyutlara kadar ilerlemek ve yöntemi endüstri için bastırmak.

Yeni aletlerin yanı sıra, bir nanobilgisayar kökten yeni bir tasarıma da gereksiniyor. Gerçi gerekli mikroskoplar yakın zaman içinde kullanıma hazır olacak, ancak Amerikan "Wired" dergisinin bir anketine göre çoğu bilim adamı yakın zaman içinde bir nanobilgisayar beklemiyor. Silikat Araştırmaları Frauenhofer Enstitüsü (Würzburg) üyesi Dr. Ruth Houbertz-Krauß büyük çapta Amerikalı meslektaşlarıyla hemfikir: "Bir bilgisayar chip'lerden ve birçok başka bileşenlerden ibaret zeki bir sistem. Bunların hepsi bir nanometre boyutunda herhalde varolamayacaktır." Ancak şunu eklemeyen de edemiyor: "Pratiğin gösterdiğine göre, başka bir sonuç elde etmek için planlı çalışılmışsa da, rastlantı bazen şaşırtıcı sonuçlar doğurabiliyor." Ruth Houbertz-Krauß'un yakından tanıdığı bir durum bu: Kendisi 1986 yılındaki ilk tram tüneli mikroskobunun yapımına katılmış ve 14 yıldır da tram sondası alanında çalışıyor.

## Nanochipler: Hataların İzinde



**Sağlam iletken yol:** Şekil bir tram kapasitesi mikroskobu yardımıyla kaydedildi. Şekil silisyumdan bir transistörün hatasız bir numunesini gösteriyor. İki katman tipi saptamak olanaklı: Katmanlardan biri sol tarafında karanlık, diğeri sağ tarafında aydınlık olarak beliriyor. Dikey şeritler üzerinde resmin tam ortasında iki katman buluşuyor.



**Bozuk iletken yol:** Karşılaştırma amaçlı olarak burada bozuk bir transistör numunesi kaydedildi. Değişiklik bir tram kapasitesi mikroskobu yardımıyla kolaylıkla keşfedilebiliyor. Ortadaki şerit kaybolmuş durumda; yalnızca bir mikrometre boyutunda çok küçük bir fark. Bu fark optik bir mikroskobun sunduğu geleneksel bir resim ile ortaya çıkarılamazdı.

### Start çizgisinde: Kuantum bilgisayarları için mikroskoplar

Wiesendanger'in geleceğe bakışı iyimser, beş nanometrelilik sihirli çözünürlük sınırının yakın zamanda altına inileceğini umuyor. Umudunu şaşırtıcı işler başaran tram tüneli mikroskoplarına bağlamış: "Tram tüneli mikroskobuyla tek tek atomları çözümleyebiliriz. Aynı şekilde, kuantum yapılı elemanların geliştirilmesinde belirleyici bir rol oynayan, nano yapı elemanlarındaki baskın kuantum etkilerini de doğrudan inceleyebiliriz."

Demek ki bakteri boyutlarında PC yapılabilir, bazı sınırlılıklarla birlikte: Örneğin, insanın kalın parmaklarına uyumlu kaba klavyelerin daha da küçültülmesi düşünülemez. ☑

KK/ Garo Antikacıoğlu (agaro@chip.com.tr)