

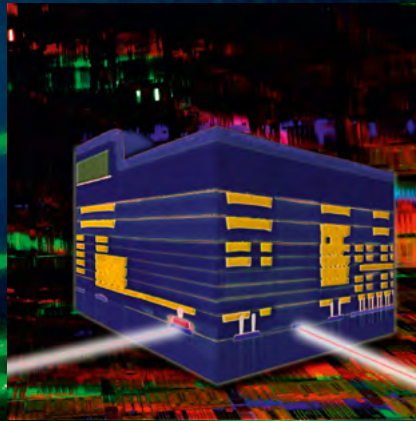
Optoelektronik ve Optik Bilgisayarlar

Masanızdaki bilgisayarın bugünkünden neredeyse bir milyon kat daha hızlı çalıştığını hayal edebiliyor musunuz?

Optik tabanlı bilgisayar mimarisi insanlığa yeni kapılar açacak gibi görünüyor. Süper bilgisayarlar, Moore Kanunu ve kuantum bilgisayarlar derken, bilişim dünyası artık gerçekten bir can simidi buldu gibi görünüyor: Optik bilgisayarlar. Üstelik bu teknoloji başka bazı teknolojiler gibi hayal ürünü varsayımlara da dayanmıyor.

Bu tipteki bilgisayarlarda kullanılacak ana bileşenlerden bazıları bırakın geliştirilmeyi, biz farkına bile varmadan hepimizin günlük hayatına çoktan girmiş durumda. Her müthiş teknoloji gibi optik bilgisayar teknolojisinin de çalışma ilkesi basit, ama o derecede etkili yöntemlere dayanıyor.

Nasıl mı?
Efendilerin elektronlar değil de fotonlar olduğu bir dünyada kısa bir yolculuğa ne dersiniz?



IBM tarafından geliştirilen *silicon nanophotonics* teknolojisi, ışık algılayıcıların ve optik modülatörlerin bildiğimiz silisyumdan üretilen elektronik tabanlı klasik transistörlerle entegre edilip birbiriyle uyumlu bir şekilde çalışmasına olanak veriyor.



Işık ile Çalışan Bir Transistör

Prof. Dr. Andrei Pimenov ve ekibi tarafından Viyana Teknik Üniversitesi'nde geliştirilen optik tabanlı transistör Faraday etkisini kullanarak çalışıyor. 1845'te İngiliz fizikçi Michael Faraday tarafından keşfedilen Faraday etkisi, ışık ile elektromanyetizmanın birbiriyle bağlantılı olduğunu gösterir. Işığın elektromanyetik bir dalga olarak tanımlanabileceği fikri ise Faraday'ın keşfinden esinlenen İskoç fizikçi James Clerk Maxwell tarafından ortaya atılmıştır. Klasik elektromanyetizma çerçevesinde yüksek frekanslı elektromanyetik dalga olarak tanımlanan ışığın dalga yapısı eninedir. İnsan gözü tarafından ancak dalga boyu 380 ile 780 nm arasında ise bildiğimiz "ışık" olarak algılanabilir.

Bugüne kadar yapılan çalışmalarda ışık demetinin büyük bir bölümü "yutulmadan" ışığın polarizasyon yönünün kontrollü bir şekilde değiştirilip yönlendirilmesi neredeyse imkânsızdı. Fakat kısa bir süre önce Prof. Pimenov tarafından geliştirilen yöntemde, sadece bir milimetre dalga boyundaki terahertz ışınım kullanılarak bu engel aşıldı ve ilk defa Faraday etkisi ile çalışan optik tabanlı bir transistör geliştirildi. Bu kapsamda ışığın polarizasyon yönü söz konusu ışık demetinin, elektriksel gerilimi 1 Volt'tan biraz daha az olan Civa-Tellür (HgTe) alaşımından yapılmış bir tabakaya (0,1 mm) gönderilmesiyle istendiği gibi değiştirilebiliyor.

Terahertz Işınım

Gelecekte optik bilgisayarlarda kullanılabilme özelliğinin yanı sıra terahertz ışınımın diğer bir özelliği de frekansının yaklaşık 1.000.000 GHz yani bir milyon GHz civarında olması. Terahertz ışınımın bu özelliği gelecekteki optik tabanlı bilgisayarların hızının, en azından kuramsal olarak hangi boyutlara ulaşabileceğinin de çok önemli bir işareti. Terahertz ışınım günümüzde özellikle havaalanlarında çeşitli güvenlik hizmetlerinin sağlanmasında da kullanılıyor.

Tünelin Ucundaki "Işık"

Günümüzde hemen hemen her alanda katlanarak artan veri miktarına rağmen, modern bilgisayarların kapasitesi ve işlem gücündeki artış silisyum elementinin getirdiği bazı doğal sınırlamalar nedeniyle göreceli olarak sürekli düşüyor. Yaklaşan postsilisyum çağının gölgesinde yeni bir bilgisayar mimarisi arayışı geçmişte olduğu gibi günümüzde de tüm süratle devam ediyor. Nitekim Moore Kanunu sayesinde onlarca yıl önceden bugünlerin geleceğini zaten bilen bilim insanları, araştırmalarını yeni iki sistem üzerinde yoğunlaştırmıştı: Kuantum bilgisayarlar ve optik tabanlı bilgisayarlar. Fakat zamanla gerçek anlamda bir kuantum bilgisayarın geliştirilmesinin düşünüldüğünden çok daha fazla zaman alacağı anlaşılınca, tüm dikkatler optik tabanlı bilgisayar sistemlerine yönelmişti. >>>

Optik Bilgisayarlar

Optik tabanlı bilgisayarlar işlemlerde elektronlar yerine bildiğimiz ışığı kullanır. Işığı oluşturan fotonların elektronlardan daha yüksek bir bant genişliğine (veri iletim hacmi) sahip olması nedeniyle bu bilgisayarlar bildiğimiz tüm elektronik tabanlı sistemlerden hayal edilemeyecek kadar daha hızlı, kelimenin gerçek anlamıyla ışık hızında çalışır. Üstelik bunu yaparken bildiğimiz tüm sistemlerden çok daha az enerji harcamaları şaşırtıcı olsa da gerçek. Tıpkı kuantum bilgisayarlar gibi optik tabanlı bilgisayarlar da henüz laboratuvar ortamından çıkmış değil. Ancak gelecekte kullanılacak optik tabanlı bilgisayarların ana bileşenlerinden bazıları daha bugünden geliştirilmiş durumda, bunlardan günlük hayatta kullanılanlara DVD, Blu-Ray Disc gibi birkaç örnek bile verebiliriz. Her ne kadar bu gelişmeler hayli ümit verici olsa da elektrik enerjisi yerine ışıkla çalışan, optik transistörlü ve optik işlemcili bilgisayarların geliştirilmesinin daha 20-30 yılı bulacağı düşünülüyor. Öte yandan hâlihazırda DVD, Blu-Ray Disc gibi yarı optik tabanlı bazı bileşenlerin geliştirilmiş olması ve bunların günümüz bilgisayarlarıyla uyumlu bir şekilde kullanılıyor olması, Moore Kanunu'nun geçerliliğini hızla yitirmeye başladığı bugünlerde bilim dünyası için yeni bir ümit kapısı olmaya başladı: Optoelektronik bilgisayarlar. Bilim dünyası, tam anlamıyla optik bileşenlerle çalışacak optik bilgisayarların aksine, yarı elektronik yarı optik tabanlı optoelektronik bilgisayar sistemlerinin geliştirilmesinin önümüzdeki 10 yıl içinde tamamlanacağı konusunda artık hayli iddialı.

Optoelektronik Bilgisayarlar

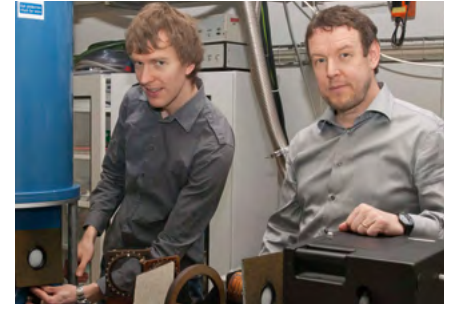
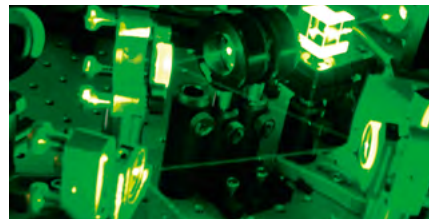
Tüm bilimsel verilerin ve teknolojik gerçeklerin ışığında, optoelektronik bilgisayarlar günümüzün elektronik tabanlı modern bilgisayar sistemlerinin tek gerçek halefi gibi görünüyor. Yukarıda da belirtildiği gibi, optoelektronik bilgisayarların hem elektronik hem de optik tabanlı bileşenlerin birbirleriyle son derece uyumlu çalıştığı hibrit bir yapısı var. Yarı iletken ta-

banlı elektronik sistemlerin kullanımı sayesinde hem elektrik enerjisi bildiğimiz ışığa hem de ışık elektrik enerjisine çevriliyor. Tahmin edileceği gibi özellikle dünya çapında bilinen bazı üniversiteler ve IBM gibi dünyanın en önde gelen bilişim devleri bu alandaki araştırmalarda da iddialı.

IBM Silicon Nanophotonics: Aralık 2012'de IBM tarafından yapılan açıklamaya göre IBM laboratuvarlarında elektrik sinyalleri yerine ışık ile veri iletimi yapılan çok yeni bir teknoloji türü geliştirildi. "Silicon nanophotonics" adı verilen bu teknoloji elektronik ve optik tabanlı bileşenlerin birbiriyle uyumlu yani entegre olarak çalışmasına imkân vererek, yakın bir gelecekte optoelektronik bilgisayarların geliştirilmesine çok uygun bir ana tekniği de beraberinde getiriyor.

Işık Tabanlı Transistörler: Optoelektronik bilgisayarlar alanındaki önemli adımlardan bir diğeri de kısa bir zaman önce Viyana Teknik Üniversitesi tarafından optik tabanlı yeni bir transistörün geliştirilmesiyle atıldı. Prof. Dr. Andrei Pimenov ve ekibi tarafından geliştirilen bu yeni transistör çeşidinin yakın bir gelecekte bilgisayar endüstrisine büyük etkisi olması bekleniyor. Yarı iletken tabanlı klasik silisyum transistörlerden farklı olarak, bu transistörde Faraday etkisi kullanılıyor ve bu sayede veriler, elektrik enerjisi yerine bildiğimiz ışık olarak iletiliyor. Bilgi teknolojisi alanında neredeyse bir devrimle eş anlamlı olan bu buluş yakın bir gelecekte itibaren hem bilim insanlarına hem de bilgisayar kullanıcılarına yeni kapılar açacak gibi görünüyor.

Anahtar Teknoloji: Faraday Etkisi: Yukarıda da belirtildiği gibi yeni nesil optik tabanlı transistörün geliştirilmesini sağlayan anahtar teknoloji Faraday etkisinin kullanılmasıdır. Faraday etkisine göre bazı maddeler bir manyetik alan etkisine girdiklerinde ışığın titreşim yönünü



Prof. Dr. Andrei Pimenov ve ekibi tarafından Viyana Teknik Üniversitesi'nde geliştirilen dünyanın ilk Faraday etkisiyle çalışan optik tabanlı transistörünün gelecekte bilgisayar dünyasında yeni bir çığır açması bekleniyor.

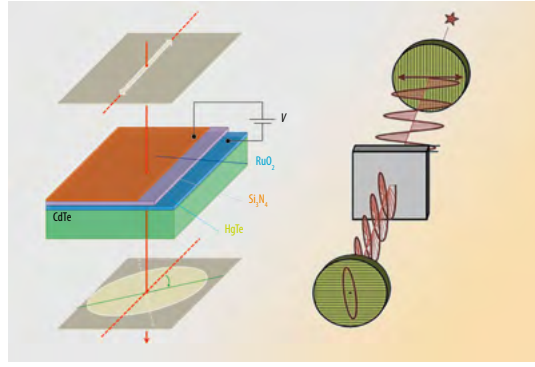
değiştirir. Faraday etkisi normal şartlar altında çok düşüktür; bu etkinin bir elektromanyetizma tarafından kontrol altına alınıp uygun bir şekilde yönlendirilmesi için gerekli elektrik enerjisi ise hayli yüksektir, dolayısıyla bu haliyle örneğin optik tabanlı bir transistörde kullanım için uygun değildir. Fakat kısa bir zaman önce Prof. Pimenov tarafından geliştirilen bir yöntemle ışığın polarizasyon yönünün değiştirilmesi (polarizasyon, bu kapsamda dalga'nın titreşim yönünü tanımlar) dolayısıyla ışık demetlerinin istendiği gibi yönlendirilmesi, düşük bir elektriksel gerilimle yönlendirilebilen terahertz ışımının kullanımı ile başarılıydı. Bu aynı zamanda dünyanın Faraday etkisi ile çalışan ilk optik tabanlı transistörünün icadı anlamına geliyor. Peki, burada Faraday etkisi sayesinde ışığın titreşim yönünün değiştirilmesinin ne gibi bir getirisi oluyor? Işığın titreşim (polarizasyon) yönünün değiştirilmesi ile ışığın transistörün içinde istenen bir noktaya ulaşması veya ulaşmaması sağlanarak klasik transistörlerden bildiğimiz 1 ve 0 değerlerine denk olan "ışık gönderildi" veya "ışık bloke edildi" (yani 1 veya 0) değerleri üretiliyor. Böylece veriler elektrik enerjisi (1 veya 0, yani elektriksel gerilim var veya yok) yerine sadece bildiğimiz ışık ile tanımlanmış oluyor. Bu çalışma ilkesi gelecekte optik tabanlı tüm bilgisayarların nasıl çalışacağına dair çok önemli bir ipucu da veriyor. Nitekim gelecekte terahertz türündeki ışınların elektriksel gerilim yerine yine bildiğimiz ışıkla veya bir ışık tüpüyle yönlendirilebilmesiyle, elektrooptik bilgisayarlar çağından sonra tüm bileşenleri tamamen ışıkla çalışan optik bilgisayarlar çağı başlayacak.

Işığın Veri Olarak Saklanması

Her ne kadar optik ve optoelektronik bilgisayarların tam anlamıyla hayata geçirilmesi için gerekli bileşenlerden en önemlileri, örneğin işlemciler henüz geliştirilememiş veya en azından laboratuvar ortamından çıkacak teknolojik olgunluğa erişememiş olsa bile, önemli optik bileşenlerden bazıları biz pek farkında olmasak da uzun yıllardan beri hayatımızda. Bunların en önemlilerinden bazıları CD, DVD ve Blu-Ray gibi optik tabanlı veri kayıt ortamları. Söz konusu bu sistemlerin hepsinin ortak özelliği ise verilerin yazılırken önce ışığa dönüştürülerek ilgili kayıt ortamına aktarılması, okunurken de yine ışığa dönüştürülerek okunması. Tüm bu amaçlar için kullanılan ışık türü ise lazer. Günümüz optik veri depolama sistemlerinin çalışma ilkesi buna dayanıyor. Bu nedenle CD, DVD ve Blu-Ray gibi veri kayıt ortamlarının arasındaki en önemli fark çalışma sistemlerinden değil, sadece kullandıkları ışığın türünden yani lazerin dalga boyundan kaynaklanıyor. Örneğin CD'lerde kullanılan dalga boyu 780 nm (kızılötesi), DVD'lerde 650 nm (kırmızı) ve 405 nm (mor-mavi). Görüldüğü gibi dalga boyu küçüldükçe kullanılan sistemin depolama kapasitesi de artıyor. Bir örnekle açıklamaya çalışırsak, doğada kırmızı ışığın dalga boyu mavi ışığın dalga boyundan iki kat daha uzun. Sonuç olarak dalga boyu kırmızı ışığın yarısı kadar olan mavi ışıkla, kırmızı ışıkla olduğundan tam dört kat daha fazla veri depolama ve okuma imkânı var. Bu nedenle de geleceğin optoelektronik ve optik bilgisayar sistemlerinde de veri depolama amaçlı olarak Blu-Ray veya benzeri sistemlerin kullanılması düşünülüyor.

Sonuç

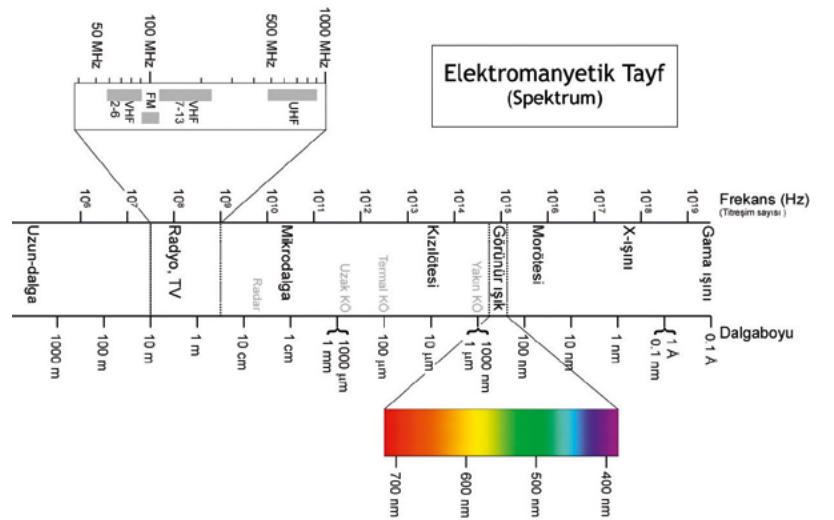
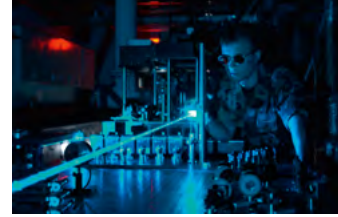
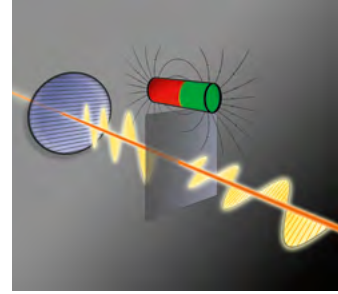
Moore Kanunu olarak da bilinen öngörüye göre bir mikroişlemciye transistör sayısı en geç iki yılda bir ikiye katlanıyordu. Son yıllarda tökezlemeye başlayan bu öngörünün tahminen 2020'li yılların başında geçerliliğini yitirmesi bekleniyor (bkz. Ege, B., "Moore Kanunu ve Post-Silisyum Çağına Doğru", *Bilim ve Teknik*, s. 38-43, Aralık 2013). Bu da o tarihten sonra bilgisayarların işlem gücünde kayda değer hiçbir artış olmaması demek. Kuantum bilgisayarlardan kısa vadeli ümitlerin kesildiği bugünlerde, optik tabanlı bilgisayarlar gibi yeni nesil bilgisayarlar bilişim dünyasının yardımına hızla yetişecek. Optik tabanlı bilgisayar mimarisinde bilgisayarların işlem gücü kat kat artacak hem de daha fazla enerji harcanmasına bile gerek kalmayacak.



Işık demeti elektriksel gerilim altında bulunan özel bir tabakaya gönderilerek polarizasyon yönü istendiği gibi değiştiriliyor ve "ışık gönderildi" veya "ışık bloke edildi" (yani 1 veya 0) değerleri üretiliyor.

dan. Yine bu tipteki yeni nesil bilgisayarlar sayesinde, kullanılan paralel hesaplama yöntemlerinde artık sınıra gelinmekte olan süper bilgisayarlar alanında da gerçek bir devrim yaşanacak. Bunun yanı sıra günümüzde, aynı Big Data örneğinde olduğu gibi, analizi çok zaman alan devasa bilgi yığınlarının müthiş bir süratle işlenmesi ve değerlendirilmesi adeta çocuk oyuncağı haline gelecek. Kısacası optik tabanlı bilgisayarlar gibi yeni nesil bilgisayarlar günümüzde gerçekleştirilmesi neredeyse sadece kuramsal olarak mümkün olan birçok uygulama alanını bilişim dünyasına kazandırarak yeni bir teknolojik devrimin kapısını açacak gibi görünüyor.

Bu makalenin hazırlanmasındaki katkıları için Viyana Teknik Üniversitesi'nden Prof. Dr. Andrei Pimenova'ya teşekkürler.



Kaynaklar

- Viyana Teknik Üniversitesi, "TU Wien entwickelt Licht-Transistor", http://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/8291/, 2 Temmuz 2013.
- IBM News Room, "Made in IBM Labs: IBM Lights Up Silicon Chips to Tackle Big Data", <http://www-03.ibm.com/press/us/en/pressrelease/39641.wss>, 10 Aralık 2012.