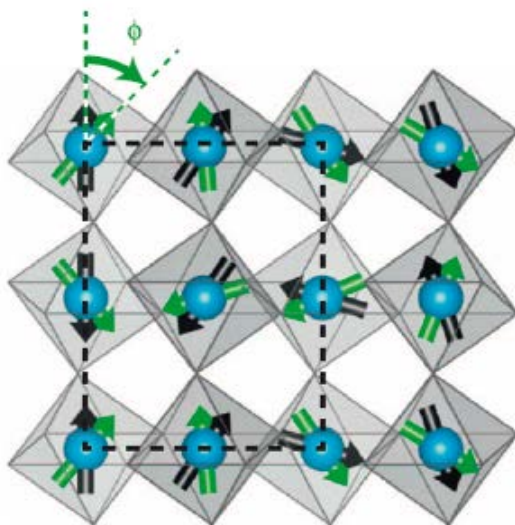


Yeni Bir Elektronik Hafıza Teknolojisi

Elektrik Alan ile Kontrol Edilen Manyetik Bölgeler

Günümüzde depolama aygıtı olarak kullanılan elektronik hafızalarda bilgiler, ferromanyetik malzemelerin içindeki manyetik bölgelerde kodlanıyor. Bilgilerin yazılması, silinmesi veya değiştirilmesi içinse manyetik alanlardan yararlanılıyor. Ancak manyetik alan üretmek için önce bir elektrik akımı oluşturmak gerekiyor. Elektrik alan üretmek ise manyetik alan üretmeye göre çok daha kolay. ETH Zürih ve Paul Scherrer Enstitüsü'nde çalışan araştırmacılar $TbMnO_3$ üzerinde yaptıkları deneylerle atom ölçeğindeki manyetik yapıların, ışığın elektrik alanı kullanılarak işlenebileceğini gösterdi. Bu durum manyetik bölgelerin elektrik alanlar ile kontrol edildiği sabit disklerin günümüzdeki cihazlardan daha verimli olabileceğine işaret ediyor.

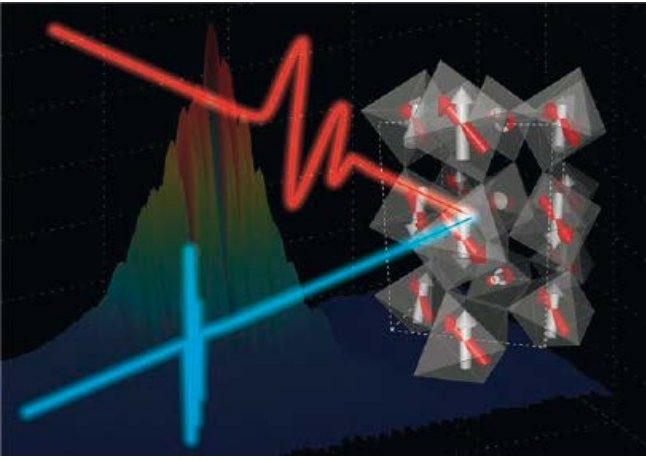
Bilgisayarlarda tüm bilgiler, bit adı verilen birimlerde kodlanır. Bir bitin değeri ya 0 ya da 1 olabilir. Bitleri sabit diske kaydetmek içinse ferromanyetik (komşu atomların manyetik momentlerinin aynı yönde hizalandığı) malzemelerin içindeki manyetik bölgelerden yararlanılır.



Bir sabit diskin içinde her biri çok sayıda atom içeren pek çok manyetik bölge vardır. Bu manyetik bölgelerdeki atomların manyetik momentlerinin farklı yönlerde hizalanması farklı bit değerlerine karşılık gelir. Örneğin bir yön 0'ı kodlamak için kullanılıyorsa bu yönün tersi ise 1'i kodlamak için kullanılır. Manyetik momentlerin yönü değiştirilerek bitlerin değeri değiştirilir. Bu amaçla manyetik alanlardan yararlanılır. Oluşturulan ufak bir elektrik akımının ürettiği manyetik alan, atomların manyetik momentlerinin yönünü değiştirir. Bu işlem birkaç nanosaniye (saniyenin milyarda biri) kadar sürer. ETH Zürih ve Paul Scherrer Enstitüsü araştırmacıları ortaklaşa yaptıkları bir çalışmada manyetik bölgelerin manyetik alan değil de elektrik alanı kullanılarak işlenmesiyle daha verimli cihazlar geliştirilebileceğini gösterdi.

Birden fazla "ferro" özellik (ferromanyetik, ferroelektrik, ferroelastik) gösteren malzemelere çoklu-ferroik malzemeler denir. En bilinen örnekleri arasında $TbMnO_3$, $HoMn_2O_5$, $BiFeO_3$, $BiMnO_3$, $BaNiF_4$, $ZnCr_2Se_4$ sayılabilir. Bu malzemeler, belirli koşullar altında farklı ferroik özellikleri aynı anda gösterir.

Deneylerde kullanılan $TbMnO_3$ 'ün yapısı perovskite benziyor. Oda sıcaklığında paramanyetik olan bu malzemenin sıcaklığı 27 K'nin altına düştüğü zaman dairesel-spin adı verilen bir faz görülüyor. Bu fazda spinler bir düzlem içinde dairesel olarak düzenleniyor ve bir eksen boyunca ferroelektrik polarizasyon oluşuyor. Dairesel-spin durumunun modern depolama aygıtlarındaki, manyetik momentlerin belirli yönlerde hizalandığı manyetik bölgelere benzediği söylenemez. Ancak bu fazdaki spinlerin dönme yönü ya saat yönünde ya da saat yönünün tersi yöndedir. Dolayısıyla bitlerin sahip olabileceği farklı iki değer, farklı iki dönme yönü kullanılarak kodlanabilir. Bu durumda bitlerin değerinin değiştirilmesi için manyetik momentlerin dönme yönleri değiştirilmelidir. Bu amaçla yapılması gereken şeyse bitin kodlandığı bölgedeki tüm manyetik momentleri 180 derece döndürmektir.



Çoklüferroik malzemelerin sahip olduğu özelliklerden biri de elektrik polarizasyonudur. Katı malzemeleri oluşturan atomlar ötelenme hareketi yapmazlar, belirli konumların civarında titreşirler. Ancak elektronlar tamamen bir atoma bağlı değildir. Elektronların hareketi dolayısıyla -malzeme toplamda yüksüz olsa bile- malzemenin bazı kısımları pozitif bazı kısımları ise negatif yüklenebilir. Bu durumda bir elektriksel polarizasyon (kutuplanma) meydana gelir.

$TbMnO_3$ 'te elektriksel polarizasyon ile manyetik momentlerin dönme yönü birbirleriyle bağlantılı. Elektriksel polarizasyonun yönü, manyetik momentlerin dönme yönünü de belirliyor. Polarizasyonun yönü değiştiği zaman manyetik momentlerin dönme yönü de değişiyor. Bu durum elektriksel polarizasyonu değiştirerek manyetik bölgelerde kodlanan bitlerin değerinin de değiştirilebileceği anlamına geliyor.

Araştırmacılar elektriksel polarizasyonu değiştirecek manyetik bölgelerin nasıl yeniden düzenlenebileceğini incelemek için ışık ışınlarının elektrik alan-

larından yararlandı. Malzemenin üzerine gönderilen ışınların, manyetik momentlerin yönünü 4 derece kadar döndürdüğü görüldü. Bitlerin değerinin değiştirilmesi için gerekli olan 180 derecelik dönme ile kıyaslandığında bu değişim çok küçük kalıyor. Ancak daha büyük elektrik alanlar kullanılarak istenilen 180 derecelik dönmenin de gerçekleştirilebileceği düşünülüyor. Araştırmacılar kullandıkları ışınları, manyetik düzeni belirli bir biçimde değiştirecek şekilde ayarladıklarını ve bu durumun enerji kaybını azalttığını belirtiyor. Bu durum hafızanın işlenmesi sırasında malzemenin daha az ısınacağı anlamına geliyor.

Yapılan deneyler çoklüferroik malzemelerde gerçekleşen hızlı değişimlerin ilk kez büyük bir kesinlikle gözlemlenmiş olması nedeniyle de önem taşıyor. Araştırmacılar manyetik momentlerde meydana gelen değişiklikleri, malzemenin üzerine gönderilen X-ışınlarının saçılmalarını inceleyerek belirlemiş. Saçılmaların bazıları atomların düzenleniş biçiminden bazıları ise manyetik momentlerden kaynaklanıyor. Manyetik momentlerin düzenlenişinde meydana gelen değişiklikler, yön değiştiren ışınların yoğunluğunda değişikliklere sebep oluyor. Belirli yönlerde saçılan ışınların farklı zamanlardaki yoğunluklarının ölçülmesi, manyetik momentlerde meydana gelen değişiklikler hakkında bilgi veriyor.

Deneyler sırasında gözlemlenen değişiklikler, pikosaniye (bir saniyenin trilyonda biri) zaman ölçeğinde meydana geliyor ve bu modern depolama aygıtlarının çalışma hızının yaklaşık bin katı. Ayrıca tüm değişikliklerin manyetik alan yerine elektrik alan kullanılarak yapılması da avantaj. Çünkü manyetik alan üretmek için önce bir elektrik akımının oluşturulması gerekiyor. Elektrik alanları ise akım olmadan da üretilebiliyor.

Elde edilen sonuçların çoklüferroik malzemeler kullanılarak daha verimli depolama aygıtları geliştirilebileceğini gösterdiği söylenebilir. Ancak bunun gerçekleşmesi için gelecekte de pek çok araştırma yapılması gerekiyor. Deneyler sırasında kullanılan $TbMnO_3$, teknolojik cihazlar için uygun değil. Çünkü malzemenin çoklüferroik özellik göstermesi için çok düşük sıcaklıklara soğutulması gerekiyor. Ayrıca bitlerin değerini değiştirebilmek için çok büyük elektrik alanlar üretmek gerekiyor. Ancak benzer sonuçların, teknolojik cihazlarda kullanılmaya daha uygun malzemelerde de gözlemlenebileceği düşünülüyor.



Kaynaklar

- Kubacka, T. ve ark., "Large-amplitude spin dynamics driven by a terahertz pulse in resonance with an electromagnon", *Science*, Cilt 343, s. 1333, 2014.
- <http://www.sciencedaily.com/releases/2014/03/140306142701.htm>