



X-Işını Mercekleri

X-ışını odaklayabilen bir alüminyum mercek, tıbbi görüntüleme de devrim yaratabilir; hücrelerin işleyişini ve kristallerin yapılarını benzeri görülmemiş ayrıntılarla açıklayabilir.

Herhangi bir nedenle bir kemiğini kırmış olanlar X-ışınlarını biliyordur. X-ışınları, kemiğe oranla yumuşak olan etten daha kolay geçtiklerinden, vücut içindeki yapıların görüntüsünü oluşturur. Konuyla ilgili yüz yıldan uzun bir süredir yapılan çalışmalar, bu fenomenden yararlanmak amacıyla teknik geliştirme üzerinde yoğunlaştı. X-ışınıyla elde edilen gölgeli görüntüler, gözle görülebilen ışıkla oluşturulan karmaşık görüntüleme tekniklerine oranla hâlâ ilkel kalıyor.

Sorun, X-ışınlarının, görünür ışığın bir büyüteçle odaklandığı gibi odaklanamaması. Araştırmacılar, mercek olmadan küçük cisimlerin büyütülmüş görüntülerini oluşturamazlar, X-ışınlarını küçük alanlar üzerine kolayca yoğunlaştıramazlar ya da zayıf kaynaklardan ışık toplayamazlar.

Ancak, bunların hepsi değişecek gibi görünüyor. Fransa, Grenoble'deki Avrupa Sinkrotron Radyasyon Tesisi'nde (ESRF), Anatoly Snigirev başkanlığındaki bir araştırmacı grubu, büyüteçtekine benzer bir X-ışını uygulaması için basit bir yöntem geliştirdi. Bu yöntemin potansiyeli çok büyük. X-ışını mercekleri, insan vücu-

dunun küçük parçalarının büyütülmüş görüntülerini oluşturabilecek, belki de hücrelerin yapısını ve işleyişini de açıklayabilecek. Odaklanan ışın demetleri, çevredeki dokulara zarar vermeden küçük tümörleri yok etmekte bile kullanılabilir. Odaklanan ışınlar, bilim adamlarına, kristaller gibi çok küçük malzeme örneklerinin yapılarını çözümlenebilme olanağı sağlayacak.

Işıkların Bükülmesi

Tüm bunların anahtarı, X-ışınlarını kırarak bir merceğin geliştirilmesi. Kırıcı mercekler, elektromanyetik dalgaların vakumdan bir maddeye geçtikleri zaman yavaşlamaları esasına dayalı olarak çalışır. Eğer dalgalar (ışınlar) maddeye 90°'den daha farklı bir açı yaparak girerse, hızlarındaki farklılık, hareket ettikleri yönü de değiştirerek ışınları bükür. Vakumdaki ışık hızının bir madde içindeki ışık hızına oranı, maddenin kırılma indisi olarak bilinir. Kırılma indisi büyüdükçe, gelen ışının bükülmesi de artar.

Işıkların, bir kırılma ortamından diğerine geçtikçe, ne kadar büküldükleri kırılma indisleri arasındaki farkla belirlenir. Görünür ışık için havanın kırılma indisi 1'e yakındır ama camın kırılma indisi yaklaşık 1,5'tur.

Bu da, neden camın görünür ışık ışınlarını daha fazla kırdığını açıklar.

Ancak, X-ışınları çok daha farklı davranır. X-ışınlarının çok kısa dalga boylarında, hava ve camın kırılma indisleri arasında çok az fark vardır. X-ışınları, geleneksel cam merceklerden, yolunu hemen hiç değiştirmeden geçer. X-ışını merceklerini tasarlamak için diğer engel de, kırılma indisi yüksek olan maddelerin X-ışınlarını soğurma eğilimi. Bu sorunlar, araştırmacıların, kırıcı X-ışını merceklerinin olanaksız olduğuna inanmalarına yol açtı.

Bu, X-ışınları için, görünür ışıkla çalışanlara benzer çok az sayıda özel görüntüleme tekniklerinin olduğu anlamına geliyor. X-ışınlarını odaklamak isteyen araştırmacılar, ışınları odak noktasına yansıtmak için eğri yüzeyli aynalar kullanıyor. Fresnel merceği olarak adlandırılan minik bir dairesel kırınım (difraksiyon) ızgarası da X-ışınlarını parlak bir noktaya odaklayabilir. Daha yakın zamanlarda, araştırmacılar, görünür ışığın optik fiberde yaptığı gibi, X-ışınlarının gittikçe incelen oyuk bir tüpten geçerken yan yüzeylerden yansıtıldığı bir teknik olan kılcal optikler kullanıyordu. Snigirev, konuyla ilgili olarak, "On beş yıldır görevdeyim, bu yüzden X-ışınlarının mikro-odaklanması benim için yeni bir alan değil. Ancak, kırıcı merceklerle yapılan hiç bir deneyle karşılaşmadım" diyor.

X-ışınlarını kırma fikri, Snigirev'in grubunun aklına, X-ışınlarının holografi için nasıl odaklanabileceği üzerinde çalışırken geldi. Bir mercecek oluşturmanın anahtarı, X-ışınlarını fazla soğurmayan ancak, farklı kırılma indisine sahip iki madde bulmak. Snigirev ve çalışma arkadaşları, hava ve alüminyumun böyle iki madde olduğunu ve havanın daha fazla kırma yetisine sahip bulunduğunu biliyorlardı. Biraz düşünererek, alüminyum bir bloktan geçen bir X-ışını demetinin, mercecek biçimindeki hava boşlukları kullanılarak odaklanacağını farkettiler.

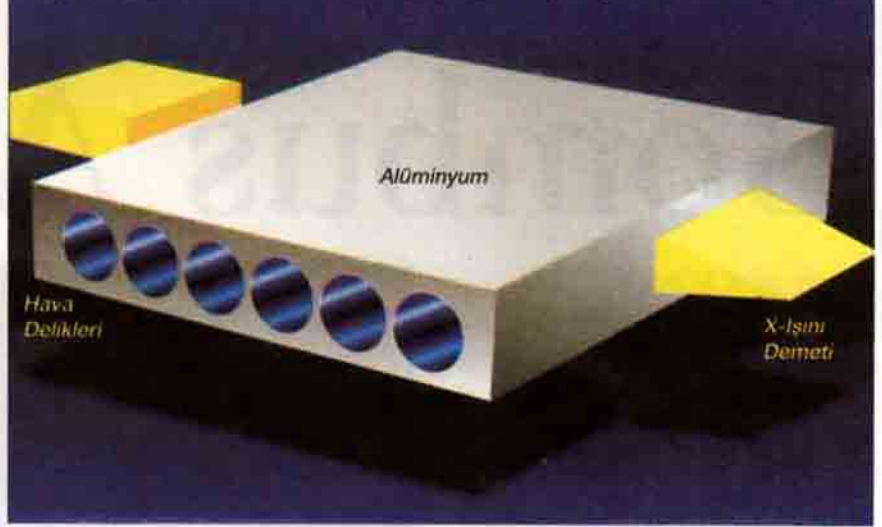
Ancak, ortada bir sorun vardı. Hava ve alüminyumun kırılma indisleri arasındaki fark diğer birçok çifttekinden daha büyük olmasına rağmen, hâlâ çok küçüktü -sadece $2,8 \times 10^{-6}$. Bu da, tek bir merceceğin odak uzaklığının 50 m'den daha fazla olması anlamına geliyor. Araştırmacılar, bileşik bir mercecek oluşturmak amacıyla mercecekleri bir araya getirerek sorunu çözdüler. Örneğin, beş tane merceceğin odak uzaklığı, bir tanesinin 1/5'i. Snigirev'in çalışma grubunun tasarımında bileşik odak uzaklığı sadece 1,8 m olan 30 silindirik mercecek kullanılıyor.

Her mercecek prototipi, alüminyum bir bloğa açılmış bir delikten oluşuyor. İnce alüminyum levhalar sadece az miktarda X-ışını soğururken, büyük bir blok daha fazla soğurur ve ışın demetinin şiddetini azaltır. Araştırmacılar, girişteki ışın demeti şiddetini koruyabilmek için, bloklara delik açarken mercecekler arasındaki alüminyum dilimlerinin sadece 10 mikrometre (μm) kalınlığında kalmasını sağlıyor.

Bu tür silindirik mercecekler, X-ışını demetini kama şekline sokarak sadece bir boyutta odaklayabiliyor. Ancak Snigirev, birbirine dik iki bileşik mercecek kullanıldığında, tıpkı bir büyüteç gibi iki boyutta da odaklanmanın mümkün olabileceğini söylüyor. X-ışını demeti daha sonra bir koniye dönüşebiliyor.

Çalışma grubu, elde edilen ilk sonuçlardan oldukça memnun. Snigirev, kırıcı merceceklerin diğer optiklere göre daha pek çok avantajının olduğunu belirtiyor. Prototip, 8 mikrometre kalınlığında bir odak "çizgisi" oluşturuyor; bu da, geliştirilmeleri yıllar alan diğer odaklama teknikleriyle karşılaştırılabilir. Snigirev, "Yeni gelişmelerle, diğer yöntemlerle mümkün olmayan mikron

Alüminyum bloktaki silindirik delikler x-ışınlarını odaklayabiliyor



altı odaklama noktaları yaratabiliriz" diye de ekliyor.

X-ışını merceceğini yapmak oldukça basit. Buna ek olarak, merceceğin odaklama becerisi, biçim ve düzgünlüğe aynalarda olduğundan daha az bağlı. Sonuç olarak, dünyadaki en şiddetli X-ışını kaynaklarıyla bile ortaya çıkabilecek ısı yüklemesi merceğe pek zarar vermiyor. Bazı laboratuvarlarda, ısı yüklemesi mm^2 'de 1 kW'a kadar çıkabiliyor, bu da, soğutulmayan bir hedefin sıcaklığını yüzlerce derece artırmak için yeterli. Bu, soğutulmuş yansıtıcı optikleri bile tahrip ederek odağı bozabilir.

Snigirev'e göre, kırıcı X-ışını optikleri, özellikle tıp alanında çok sayıda olanak yaratıyor. Odaklama sisteminin çözünürlüğü, kullanılan radyasyonun dalgaboyuna bağlı olduğu için, X-ışınları vücuttaki hücrelerin en küçük ayrıntılarının görüntüsünü bile oluşturabiliyor. Snigirev, özellikle mamografi alanının bundan kârlı çıkacağını belirtiyor.

Mikro-odaklı ışın demetlerini kullanan araştırmacılar, bir örneğin küçük parçalarını inceleyebilmeyi ümit ediyor. Bu, örnekler az miktarlarda bulunduğu, yeni malzeme geliştirme konusunda belirgin bir kazanç sağlayabilir. Snigirev bunu, "Mikro-odaklama çalışması için ışın demetini yaklaşık 1 mikrometreye odaklamalıyız. Yeni mercecekleri bu tür uygulamalar için kullanabilmeyi umuyoruz" diyerek açıklıyor. Mikro-odaklama, araştırmacıların, tek bir hücrede devam eden işleyişin daha önce görülemeyen ayrıntılarını görebilmelerine olanak sağlayacak. Aynı zamanda, küçük protein

parçacıklarının kristal yapılarını ya da büyük kristal haline getirilmesi zor olan büyük molekül yapılarını ortaya çıkaracak.

Gelecekte, Snigirev, alüminyumdan farklı malzemeler kullanarak mercecekleri geliştirmeyi umuyor. Boronun daha ilginç bir madde olduğunu doğrulayan Snigirev, "Bu, daha az soğuran bir malzeme, ancak kırılma indisi alüminyumunkine neredeyse aynı" diye de ekliyor. İşlemesi daha zor olsa da, boronun erime noktası 2000°C 'den daha yüksek; alüminyumunki ise 658°C . Bu yüzden boron büyük ısı yüklemelerine çok daha dayanıklı.

Gelecekte mercecekler, silindirik yerine küresel delikler kullanılarak, iki boyutlu olarak da odaklayabilecekler. Küresel delikler oluşturmanın bir yolu, metal bir bloğa polimerler gömmek. Snigirev bunu yapabileceğini umuyor, çünkü polimerler, geleneksel mercecek şekillerine uyarlanabilir ve böylece, merceceklerdeki bazı anormallikler düzeltilebilir. Snigirev, "Bu bize çok daha küçük odak boyutları verecektir. 500 Angstrom'un (50 nanometre) mümkün olabileceğini söyleyebilirim" diyor.

Küçük bazı teknolojik gelişmelerle, kırıcı X-ışını mercecekleri birkaç kişinin rüyası olmaktan çıkarak dünyadaki birçok araştırmacı için gerçek olacak. Ancak, X-ışını merceceklerinin çekiciliğinin büyük bir kısmı konunun basitliğinde yatıyor. Neden bunu daha önce kimse düşünmedi? Snigirev bunun nedenini bilmediğini belirtiyor ve "Belki de fazla basitti" diye ekliyor.