



YAPAY KRİSTALLER

Ayşe Gül Yılmaz

ABD'nin Ohio eyaletindeki Columbus kenti sanayi bölgesinde yer alan ve sarı-kahve renkli binalarıyla hemen göze çarpan fabrika, içeride olağandışı bir şeylerin olup bittiği izlenimini veriyor. Gerçekten de içeride, tümüyle çelikten yapılmış dev makineler, doğada milyonlarca, hatta milyarlarca yılda gerçekleşen işlemleri, yalnızca birkaç dakika gibi çok kısa sürelerde yerine getiriyor. Burası dünyanın en büyük değerli taş işleme fabrikası sayılan General Electric Superabrasives. Fabrikada, elmas taneleri gün boyu üç vardiyada üretiliyor. Oysa doğada elmaslar, yerin derinliklerinde, kayaların ergimesi ve karbon elementinin yük-

sek basınç altında kristalleşmesi sonucunda oluşuyor. Elmaslar, dev kayaç kütlelerinin içinde dağınık bir biçimde bulunabiliyor. Bunların yeraltından çıkarılması çoğu kez çok külfetli olabiliyor.

Fabrikada üretilen elmas taneleri mücevher olarak kullanılmıyor. Bunlar, çok uzun bir süreç sonucunda doğada oluşan elmaslar gibi parlak ve olağanüstü güzellikte değil. Daha çok irili ufaklı kum tanelerine benziyorlar. Ancak araştırmacılar, teknikerler ve mühendisler için bu fazla önemli değil. Onlar daha çok elmasın fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilgileniyorlar. Yapay elmaslara da kazandırılan bu

özellikler, onları teknolojinin vazgeçilmez unsurları konumuna getirmiş.

Günümüzde, elmasların yanı sıra başka yapay kristallerin de teknoloji-deki yerleri yadsınamaz. Örneğin, silisyum kristalleri bilgisayar "beyinlerinin" temel yapısını oluşturuyor. Bundan başka, bazı özel kristaller, insanlığın en önemli buluşlarından sayılan lazerlerin merkezinde yer alıyor. Kristaller üzerinde araştırma yapan bilim adamları, bunların modern yaşantımıza çok önemli katkılarının olduğunu vurguluyorlar. Bu nedenle de bir süreden beri, doğanın sunduğu bu nimetle yetinmiyorlar. Çünkü doğal taşlar, ne miktar ne de kalite açısından bu-

günkü gereksinimi karşılamıyor. Araştırmacılar, buna çözüm olarak, daha 50 yıl öncesine kadar düş sayılan, yüksek kalitede yapay kristaller geliştirmeyi başardılar.

Görünüşe bakılırsa kristaller, atomların, iyonların ve moleküllerin, maddenin kendine özgü yapısını oluşturacak biçimde, periyodik olarak her yöne doğru dizildiği üçboyutlu kafeslerden başka bir şey değil. Ancak günümüzdeki kullanım alanlarına bakıldığında ne denli vazgeçilmez oldukları hemen göze çarpıyor.

General Electric Superabrasives'deki kristal üreticileri, 24 saat boyunca, saatte on kez, herbiri yaklaşık dört metre boyundaki 12 yüksek basınç presini malzemeye besliyorlar. Bunu yaparken, içi metal ve grafitle dolu yaklaşık üç santimetre çapındaki bir tüpü, araba tekerleği çapında bir metal halkanın merkezindeki deliğe yerleştiriyorlar. Daha sonra da sızdırmayı önleyen saksı biçimindeki bir malzemeyle tüpün alt ve üst kısmını kapatıyorlar, halkanın konumunu ayarlıyorlar ve işlemi başlatıyorlar.

Bundan sonra, hidrolik düzeneğe ait pistonlar silindirin merkezine doğru alttan ve üstten basınç uygulamaya başlıyor ve güvenlik kapısı kapanıyor. Preslerin üzerindeki göstergelerden basınç ve sıcaklık değerleri okunabiliyor. Sıcaklık 1500°C ve basınç da 60.000 atmosfere ulaştığında -ki bunu bir arabanın parmak ucuna uyguladığı basınca benzetebiliriz- olağanüstü bir şey gerçekleşiyor: Sıradan grafitten elmas oluşuyor. Simyacılarla kimyacılar için bu yüz yıllar boyunca bir düşten başka bir şey değildi.

Günümüzde bilim adamları, yüksek basıncın uygulandığı haznenin içinde ne olup bittiğini yaklaşık olarak tahmin edebiliyorlar: Grafiti kaplayan metal ergiyor ve grafitin de ergimesine, yani karbon atomlarının aralarındaki bağların kopmasına yol açıyor. Karbon atomlarından da, bu olağanüstü koşullar altında, elementin kararlı biçimi olan elmas oluşmaya başlıyor. Son zamanlarda bazı araştırmacılar, özel bir lazerle elması grafitte dönüştürme-



Boyları 1-1,5 cm arasında değişen bu yapay elmaslar tipta kullanılan neşterlerin ucuna yerleştirilmiş.

yi başardılarsa da elmasın yeniden grafitte dönüşmesi olağan koşullarda son derece yavaş gerçekleşeceğinden elmasın kalıcı olduğu söylenebilir.

Birkaç dakika sonra kapı açılıyor, yüksek basınç pistonları geri çekiliyor ve metal halka dışarı yöneliyor. Daha sonra, preslenmiş kütle metal halkadan dikkatle çıkarılıp çekiçle parçalanıyor. Bu işlem sırasında, turuncukahve renkli sızdırmazlık sağlayan malzemeye, boz renkli katı malzeme birbirinden ayrılıyor. Boz renkli malzeme, metal, grafit artıkları ve elmas tanelerinden oluşan bir karışım. Bu karışım çukur bir kabın içerisine bırakılıyor.

Elmas tanelerini kaplayan grafit tabakasının giderilmesi için, her vardiyanın sonunda prestenden çıkan malzeme asitli sıvıda yıkanıyor. Yıkama ve ayıklama işlemlerinden sonra, birkaç bin karatlık altınsarı ve gri-beyaz renkli elmas taneleri nakliye gününe kadar fabrikanın deposunda saklanıyor. Dünyanın en sert maddeleri sayılan elmas taneleri bu aşamadan sonra kes-

me, delme, parlatma ve freze gibi işlemlerin yapıldığı işletmelerde kullanılacak.

İnsanlık elmasın sıradışı özelliklerini bundan yaklaşık 2000 yıl önce keşfetmişti. İ.Ö. 200 yıllarında, değerli taşları işleyen Çinlilerin, Hindistan'dan elmas kesiciler getirttikleri biliniyor. Fransız düşünür Denis Diderot'un "Encyclopédie" adlı eserine göre de, 18. yüzyılda mühendisler, kalyaları elmaslarla kaplı keskinlerle deliyorlardı. İlerleyen yıllarda bu tür aletler geliştirilerek işlevsellikleri önemli ölçüde artırıldı.

Bilim adamları, uzun yıllar süren araştırmalar ve kendi yaşamlarını bile tehlikeye sokacak deneylerden sonra elmas sentezini gerçekleştirmeyi başardılar. Elmas dünyada ilk kez, 1953 yılında, İsveç'teki bir firmada yapay olarak üretilebildi. 1949 yılında, merkezi Stockholm yakınlarında bulunan ASEA firmasında, aralarında Baltzar von Platen adlı yaratıcı bir bilim adamının da bulunduğu bir araştırma ekibi yapay elmas üretimi konusunda gö-

revlendirilmişti. Daha önce buzdolabını icat etmiş olan von Platen o sıralarda da yapay elmas üretebilecek bir makine geliştirmeyi düşünüyordu. Ekip, grafiti oluşturan atomik bağları çözebilmek için yüksek basınç ve yüksek sıcaklığın gerekli olduğunu biliyordu. Ancak bu koşulları gerçekleştirebilecek güçteki bir makineyi geliştirmek hiç de kolay bir iş değildi; dahası işlem oldukça tehlikeliydi. Her an büyük bir patlama gerçekleşebilirdi. Çünkü aygıt 50.000 atmosferden daha da yüksek bir basınç yaratabiliyordu. Grafit ör-



Elmastan yapılmış olan bu levha, elmasın bilinen biçimine hiç benzemiyor. Sıcak metan gazının yaydığı mikrodalgalardan yararlanılarak yapılmış olan bu levhalardan neşter gibi son derece keskin el aletleri üretilebiliyor.



CERN'de çalışan bu uzman, kristallere fotodiyotlar yerleştiriyor. Ölçüm aygıtları olan fotodiyotlar, birim parçacıkların fırlamasına yol açan ani ışık atmalarını kaydediyor. Bu işlem, kurşun ve volframın birleşiminden oluşan malzemenin oldukça kırılğan olması nedeniyle yüksek dikkat gerektiriyor.

neği, bir alüminyum ve demir oksit karışımı olan termitle çevriliydi. Termit, sıcaklığın 2000°C'ye çıkmasını sağlayabiliyordu, ancak kararsız bir maddeydi ve makinedeki alkolle birleştiğinde patlamalara yol açabilirdi. Başarısız birçok denemeden sonra ekip, grafit örneğine demir karbit eklemeyi akıl etti. Demir karbit, grafitin ergime noktasını düşürüyordu, ayrıca metalin içinde daha fazla grafit çözüldükçe doymuş duruma geçiyordu. Bunu gözlemleyen ekip sonunda elmas üretmenin tekniğini bulduklarından emin oldular. Ekip, 16 Şubat 1953'te, yüksek basınç presini 83.000 atmosfer ve yaklaşık 2000°C sıcaklıkta yaklaşık bir saat boyunca çalıştırdı. Sonuç inanılmazdı. Deneyin sonunda kum tanecikleri büyüklüğünde elmas taneleri oluşmuştu. Ne var ki ASEA bu önemli buluşu kimi rakip firmalardan gizli tutmak amacıyla yayımlamayıp dünyaya açıklamadı.

Yaklaşık birbuçuk yıl sonra, 1954 yılının Aralık ayında, şirketin ABD'de-

ki rakibi General Electric'ten bir grup araştırmacı aynı amaca ulaştı ve 15 Şubat 1955 günü de, ilk yapay elması üretmeyi başardığını dünyaya açıkladı. Bu nedenle dünyada ilk yapay elması üretenin aslında İsveçli bir ekip olduğu hiçbir zaman resmen kabul edilmedi.

General Electric bu başarısını açıklamasına karşın, işlemin ayrıntılarını yıllarca gizli tuttu. 1957 yılının Kasım ayında, Sovyetler Birliği'nin ilk uzay aracı Sputnik'i uzaya fırlattığı sıralarda, General Electric dünyadaki tek üretici olarak "insan yapımı elmasları" satışına başladı.

General Electric'in bu çıkışı, bu alanda başka rakiplerin ortaya çıkmasına yol açtı ve yapay elmas üretimi hız kazandı. O yıllarda, De Beers adındaki Güney Afrika kökenli şirket, bugün de olduğu gibi doğal elmas pazarını elinde tutuyordu. Şirket hemen bir araştırma grubu oluşturdu. Grup, gerçekleştirmesi oldukça zor olan sentezi 1958 yılında yapmayı başardı. Bu-

gün, De Beers şirketi dünyaya doğal elmas pazarlamanın yanı sıra endüstride kullanılan yapay elmasların üretimini gerçekleştiriyor, ayrıca elmas işleme aygıtları üretiyor. De Beers ve General Electric dışında Rusya'da ve Uzakdoğu'daki kimi şirketler de yapay elmas üretiyor. Tüm bu şirketlerin yılda ürettiği yapay elmas miktarı 180 tonu buluyor. Bu miktar, yerin derinliklerinden çıkarılan doğal elmasların dokuz katı.

Endüstride yapay kristallerin kullanımını, doğal olanlara oranla daha fazla avantaj sağlıyor. Bu konuda, General Electric'de üretim kalitesinden sorumlu Erik Einset, elmasların işlevlerini ne derece iyi yerine getirdiklerini, bir dizi etkenin belirlediğini açıklıyor. "Bu etkenler arasında elmasın büyüklüğü, biçimi ve kirlilik oranı bulunuyor. Örneğin, çok az miktarda azot eklenmesi malzemeyi sertleştiriyor. Tüm bunları denetleyebiliyoruz. Oysa doğada bunlar denetlenemiyor."

Günümüzde elmasların teknoloji-deki yerleri yadsınamaz. Örneğin, granit gibi sert kayaların ya da başka sert malzemelerin kesilmesinde, petrol gibi yeraltı zenginliklerinin araştırılmasında kullanılan sondaj başlıklarında hep elmaslardan yararlanılıyor. Bunun nedeni, elmasların tüm malzemeler arasında en sert yapıya sahip olmalarıdır. Elmasları oluşturan karbon atomları birbirlerine her yönde sınıksız bağlılar. Ancak sıradışı özellikleri bununla bitmiyor. Elmas, aynı zamanda çok iyi bir ısı iletkeni. Örneğin, bakıra oranla ısıyı beş kat daha iyi iletiyor. Dahası, elmaslar morötesi ve kızılötesi dalgaboyları arasındaki her türlü ışık için saydam olma özelliğine sahip. Bilim adamlarının, sıcak metan gibi gazlar kullanarak mikrodalgalar aracılığıyla elmastan plakalar ve camlar geliştirmeleriyle birlikte, elmasın bu çekici özelliklerinden de yararlanılıyor. Bunlar, lazerlerde ışınım camları işlevini görüyor ya da yüksek verim elektroniğinde ısının yönünün değiştirilmesinde kullanılıyor. Birçok araştırmacı, elmasların bu özellikleri nedeniyle gelecekte bilgisayar çiplerinin üretiminde çok önemli rol oynayacaklarını daha şimdiden söyleyebiliyor.

Ancak, bu noktaya gelmesi zaman alacağına benziyor. Günümüzde bilgisayar çiplerinin üretiminde yay-



Şişe genişliğindeki bu grena kristalinden bir elmas delici yardımıyla 0,5 cm kalınlığında ve 12 cm uzunluğunda çubuklar kesiliyor. Bu kristal çubuklar, tıpta kullanılan lazerlerin ana parçalarını oluşturuyor.

ğın olarak silisyum kullanılıyor. 1999 yılında, bu elementin dev kristallerinden, yaklaşık üç milyar metrekairelik bir alanı kaplayacak kadar ince levha kesildi. Çip üreticileri bu silisyum parçalarının üzerine bilgisayarların mantık çekirdeğini oluşturan karmaşık elektronik devreler yerleştiriyorlar. Çipler, büyük miktarlarda veriyi saklayabiliyor; daha basit yapıda olanlarsa elektronik ev aletlerine kumanda ediyor ya da cep telefonlarına yeni özellikler katıyor.

Elektronların, çok ince devrelerden geçerken yollarından sapmamaları için kristalin boyutlarının tam doğrulukta, ayrıca kimyasal açıdan saflık derecesinin, doğadaki kuvars mineralinden elde edilen silisyumun saflık derecesinden çok daha yüksek olması gerekiyor.

Saf silisyum kristalleri üreten fabrikalar, bunu yapmak için doğadaki kumda bulunan kuvars (SiO₂) tanelerinden yararlanıyorlar. Bir silisyum-oksijen bileşimi olan kuvars büyük miktarda enerji harcanarak ayrıştırılıyor. Ne var ki iş bununla bitmiyor, çünkü elde edilen silisyum yüzde bir oranında, kirlilik yaratan yabancı madde içeriyor. Bu yabancı maddeler arasında demir, bakır ve nikel bulunuyor. Arıtma işlemi sırasında silisyum, tuzlu asit yardımıyla renksiz bir sıvıya dönüştürülüyor; bu sıvı damıtılıyor ve sonra da tekrar elemente dönüştürülüyor. Tüm bu işlemlerin sonucunda madde yüzde 99,999999'luk bir saflığa ulaşıyor. Bu, bir milyar silisyum atomu arasında bir tane yabancı atomun bulunduğu anlamına geliyor.

Tüm bu aşamalardan geçen silisyum henüz kusursuz bir kristal yapısına ulaşmış olmuyor. Saf silisyum, temiz olmasına aşırı özen gösterilen "Kristal Üretim Merkezi"nde kristal haline getiriliyor. Burada, 20 cm kalınlığındaki silisyum kristallerinin üretildiği çelikten dev kazanlar bulunuyor. Uzun bir metal kola asılı, yaklaşık bir metre yarıçapındaki bu kazanlar, aynı zamanda sayısız kablolar, ölçüm aygıtları ve motorlarla çevrili. Bunların yanında ayrıca bir de denetim ve kumanda konsolları yer alıyor.

Makineleri ve bilgisayardaki

verileri denetleyen uzmanlar, küçük pencerelerden, kazanların içinde olup bitenlere göz atmayı da ihmal etmiyorlar. Kazanların içindeki ergimiş silisyumdan oluşan sıvının sıcaklığı 1420°C'ye ulaşıyor. Bu sıvıdan bir silisyum sütunu yükseliyor. Dakikada 20 kez kendi çevresinde dönen bu sütunun üst ucunda parmak kalınlığında bir çubuk oluşuyor. Aşırı çubuğu adı verilen bu silisyum kristali, eriyik içerisindeki atomların birbirleriyle oluşturacakları bağ için model durumunda.

Bu aşamadan sonra tanecikler bir bir kristalin yüzeyine yerleşiyor ve böylece bir tabaka üzerine yenisi ekleniyor. İç yapıya bağlı olarak bazı yüzeyler daha hızlı gelişirken başka yüzeyler daha yavaş gelişiyor. Bu değişken hızlar kristalin biçimini belirliyor. Doğada silisyum da elmas gibi sekizyüzlü biçimde kristalleşirken, bu yapay işlem sırasında, kendi çevresinde dönmesi nedeniyle silindirik biçimde kristalleşiyor. Kristal bu işlem sırasında dakikada bir milimetre büyüyor. Bu, başka yapay kristallerin üretimi gözönüne alındığında oldukça büyük sayılabilecek bir hız. İkibuçuk gün süren bu işlemin sonunda yaklaşık 100 kilogram silisyum, gümüş gibi parlayan tek bir kristal halinde bir araya gelmiş oluyor. Bu tür kusursuz yapıların yapay olarak üretimi büyük ustalık



Kalın ham kristallerden çok dikkatli bir biçimde kesilmiş olan bu dört kenarlı kristaller maddenin doğasına farklı açıdan bakmamızı sağlayacak. 2005 yılında, Avrupa Parçacık Fizik Laboratuvarı CERN'in parçacık hızlandırıcısında birim parçacıklar çarpıştığı zaman, bu şeffaf kristal çubuklar dışarı fırlatılan parçacıkları "ölçülebilen" ışık atmalarına dönüştürecek.



İki kilogram ağırlığında olan yttriyum-alüminyum-grena karışımı bu ham kristali oluşturan üç boyutlu atom yapısına krom, tullyum ve holmiyum elementleri yerleştirilmiş. Araştırmacılar bu kristali üretebilmek için ham maddeleri 1950°C'de ergitmişler. Eriyiğe daldırılan bu model kristal eriyikten çıkarıldığında yavaş yavaş dev bir kristal halini almış.

gerektiriyor. Ancak silisyum kristallerinin üretimi artık tümüyle otomatik olarak gerçekleşiyor.

Kristal üretimi sırasında kimi hatalar oluşabiliyor. Örneğin, dört kenardan oluşan silindirik yapıdaki kristalin kenarlarında kırıklar bulunabiliyor. Bu hatalar kristalin kalitesini ve doğal olarak satış fiyatını düşürüyor.

Silisyum kristali kazandan çıkarıldıktan sonra 0,725 milimetre kalınlığındaki yüzlerce levhaya bölünüyor. Bu levhalar, yüzeyleri tam anlamıyla pürüzsüz olana değin düzleştirilip parlatılıyor. Daha sonra uzmanlar, silisyumdaki demir ve bakır atomu sayısını, atomların gerekli yerlere yerleşmemelerinden kaynaklanan boşlukları ve fazla sayıda atomun biriktiği yerleri belirliyorlar. Çünkü levhalar, ancak belirli ölçütlere uygun olduklarında çip üretiminde kullanılabilir.

Fizikçiler ve mühendisler, halen standart format sayılan 200 milimetre çapındaki levhalara önemli kalite ölçütleri getiriyorlar. Ancak, 300 milimetre çapında olacak olan bir sonraki kuşak levhalarda, üretim aşamalarının da daha karmaşık hale gelmesine bağlı olarak, kaliteyi tutturmak daha da zorlaşacak. Bu konuda ilk pilot çalışmalar başlamış durumda; hatta bunları kullanacak çip üreticileri levhaları işlemeye başladı bile.

Levha çapının artırılmasının nedeni açık: Çaptaki on santimetrelilik bir artış, levha alanında 2,25 katlık bir artış anlamına geliyor. Böylece bir seferde iki kat daha fazla elektronik birim üretilebiliyor. Şöyle bir hesaplama

ma da yapılabilir: 200 milimetrelük levhaya sığan 64MB'lık yapıtaşları 700.000 sayfa dolusu bilgiyi, buna karşın 256 MB'lık çiplerle donatılmış 300 milimetrelük bir levha yaklaşık 3,2 milyon sayfa dolusu bilgiyi saklayabilir.

Kristaller, silisyum örneğinde olduğu gibi, yalnızca elektrona karşı tipik davranışlarından dolayı değil, aynı zamanda yüksek kalitede ışık oluşturabilmelerinden dolayı teknik dünyada devrim yarattılar. Amerikalı fizikçi Theodore Maiman bunu ilk kez 1960 yılında bir yakut kullanarak başarmıştı. Bu deney, çok önemli bir teknolojik buluş olan lazerin bulunmasını sağlamıştı.

Günümüzde değişik alanlarda kullanılan lazerler, yüzeyleri kesiyor, deliyor, lehimliyor, oyuyor, işaretliyor ve sertleştiriyor. Bundan başka bu gelişmiş aygıtlar, uzaklıkların ölçülmesinde, çevreye zarar veren maddelerin analizinde, haberlerin aktarılmasında, CD'lerdeki girintilerin müziğe dönüştürülmesinde, hatta birçok hastalığın tedavisinde kullanılıyorlar.

Lazerlerde kristallerin yanı sıra kim gazlar, renkli maddeler ve diyotlar da ışınımı sağlayabiliyor. Ancak, dermatoloji ve oftalmoloji alanlarında olduğu gibi, birçok alanda kristallerle çalışan lazerlerin kullanımı yeğleniyor. Bunun nedeni, bu tip lazerlerin daha kullanışlı ve güvenilir olması.

Bir örnek vermek gerekirse, körlüğe yol açan bazı göz bozukluklarının tedavisinde kullanılan çok özel bir lazerin çekirdek parçasını uzunluğu 10 cm, çapı 4 mm olan renksiz bir kristal çubuk oluşturuyor. Kristal, neodim, yttriyum, lityum ve flor gibi



Bir lazer denenirken, plastik cam çubuğunda kırmızı ve mavi desenler oluşuyor. Kızılötesi ışık yayan lazer kaynağı, başta görünmez olan ışığı görünen ışığa dönüştüren küçük kristallerle bezenmiş. Gelecekte, bu üç rengin bir araya gelmesinden oluşan renk oyunu lazer televizyonunun görüntülerini oluşturacak.

elementlerin karışımından oluşuyor. Burada, neodim önemli rol oynuyor. Öteki elementler, bu ağır metalin elektronlarının özel ışık yayabilmeleri için uygun bir elektriksel alan oluşturuyorlar.

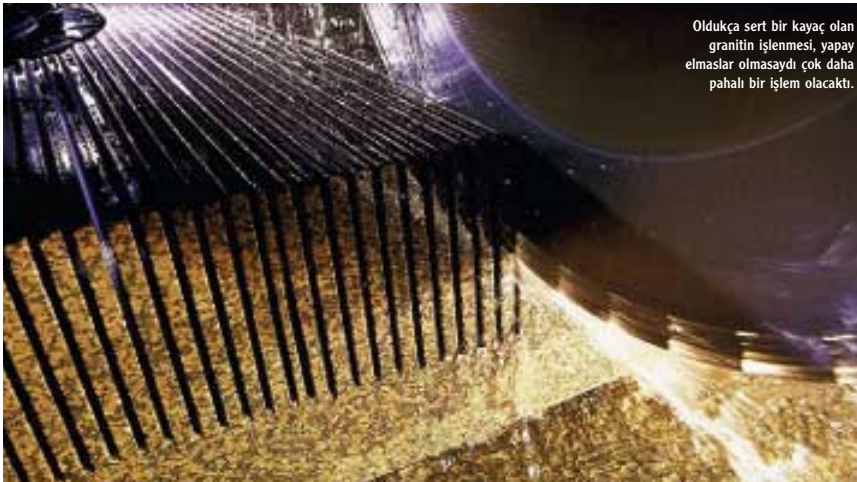
Burada, neodime ait elektronlar, dıştan gelen enerjiyle -ki bunu lazer diyotları sağlıyor- daha yüksek ve enerjiyle dolu yörüngelere yönlendiriliyor. Bu durumda herhangi bir neodim atomuna ait bir elektron birdenbire yeniden eski yörüngesine dönüyor ve çok özel renkte bir ışık yayıyor. Işığın dalgaboyu, başka neodim atomlarının elektronlarını, aynı şekilde eski yörüngeye düşmeleri ve aynı renkte ışık yaymaları için harekete geçiriyor. Aynalar arasına hapsedilmiş ışınım, sürekli gidip gelerek ilerlerken daha çok enerji yayımına yol açıyor. Böylece ışık dalgaboyu çığ gibi büyümeye başlıyor.

Geçtiğimiz yıllarda birçok fizikçi ve kimyacı, lazerlerdeki mucizevi ışığın kaynağı yüzlerce işlevsel kristal ve la-

zerde etkinlik gösteren yaklaşık 20 metal iyonu keşfettiler. Ancak bunların arasında en işlevsel olanı neodim elementi. Bilim adamları yine de yeni dalgaboylarına sahip, daha işlevsel, daha verimli ve ışık tayfı daha geniş ya da daha dar olan başka özgün malzemelerin arayışı içerisinde.

Araştırmacılar, bir malzemenin lazere uygunluğunu ancak o kristali üretilip onu lazerde deneyerek sınıyabiliyorlar. Burada önemli olan, etkin atom türünü kristal kafesindeki doğru yere yönlendirebilmek. Çünkü lazer kristalinin elementindeki atomlar, değişik türdeki yerlere yerleşebilir; buna göre de lazer örneğin kırmızı ya da yeşil ışık yayabilir.

Son zamanlarda bazı fizikçiler, skandiyum, yttriyum, lutetyum, florit, cer, holmiyum, gadolinyum, galyum ve erbiyum gibi birçok değişik element kullanarak farklı bileşimlere sahip kristaller üretmeye başladılar. Bu deneylerde en iyi sonuçları ytterbiyum elementiyle elde ettiler. Neodime oranla daha az ısı kaybına yol açması nedeniyle bu element, yüksek verimli lazerlere çok uygun bir kristal olabilir. Araştırmacılar, ytterbiyum-oksijen bileşimlerini 2500°C gibi çok yüksek bir sıcaklıkta ergitmeyi başardılar bile. Uzmanlar, lazerlerin kullanım alanlarının yaygınlaşması ve geliştirilmesiyle birlikte, yapay kristallerin de geleceğinin çok parlak olacağı konusunda birleşiyorlar.



Oldukça sert bir kayaç olan granitin işlenmesi, yapay elmaslar olmasaydı çok daha pahalı bir işlem olacaktı.

Kaynaklar:
Bachmann, K., "Juwelen aus der Retorte", GEO, Temmuz 2000.
<http://www.bbc.co.uk/science/horizon/diamonds>
<http://www.debeers.ca/soc/de-debeers.html>
<http://www.htracyhall.org/history/bio.htm>