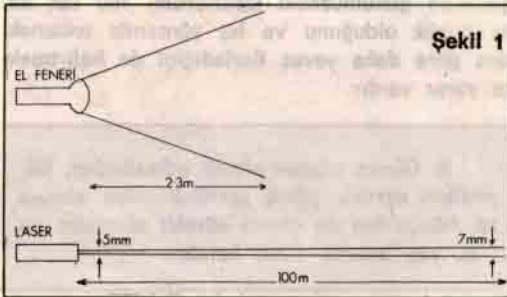




## LASER NEDİR, NE DEĞİLDİR?

**L**aser aygıtı ışık üretir, yani elektrik enerjisini, insanlarca görünebilen frekanstaki elektromagnetik ışınım enerjisine dönüştürür. Bu işlemi yapan başka aygıtlar da olduğuna göre (örneğin elektrik lambası,) laser ışığını üstün kılan özellikler nedir?

1. Laser ışığı, çok az dağılan bir ışın halindedir.
  2. Laser ışığı, hemen hemen tek frekanstadır.
  3. Laser ışığı olağanüstü güçlüdür.
  4. Laser ışığını oluşturan elektromagnetik dalgalar birbirleri ile uyum içinde ilerlerler.
- Şimdi bu özellikleri, alışılmış ışık kaynakları



Tam 23 yıl önce keşfedilen ilk laser, bilim dünyasında pek az yeni buluşa nasip olan bir devrim yaratmıştır. İcadından bu yana henüz pek az bir süre geçmiş olmasına rağmen, birçok yeni bilimsel buluşu mümkün kıldığı gibi, günlük hayatımıza da girmiş ve birçok endüstri kolunda yaygın bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Ancak bütün bunlar bile henüz bir başlangıçtır ve laserin yeni ve üstün tiplerinin geliştirilmesine devam edilirken, uygulama alanları da hızla genişlemektedir.

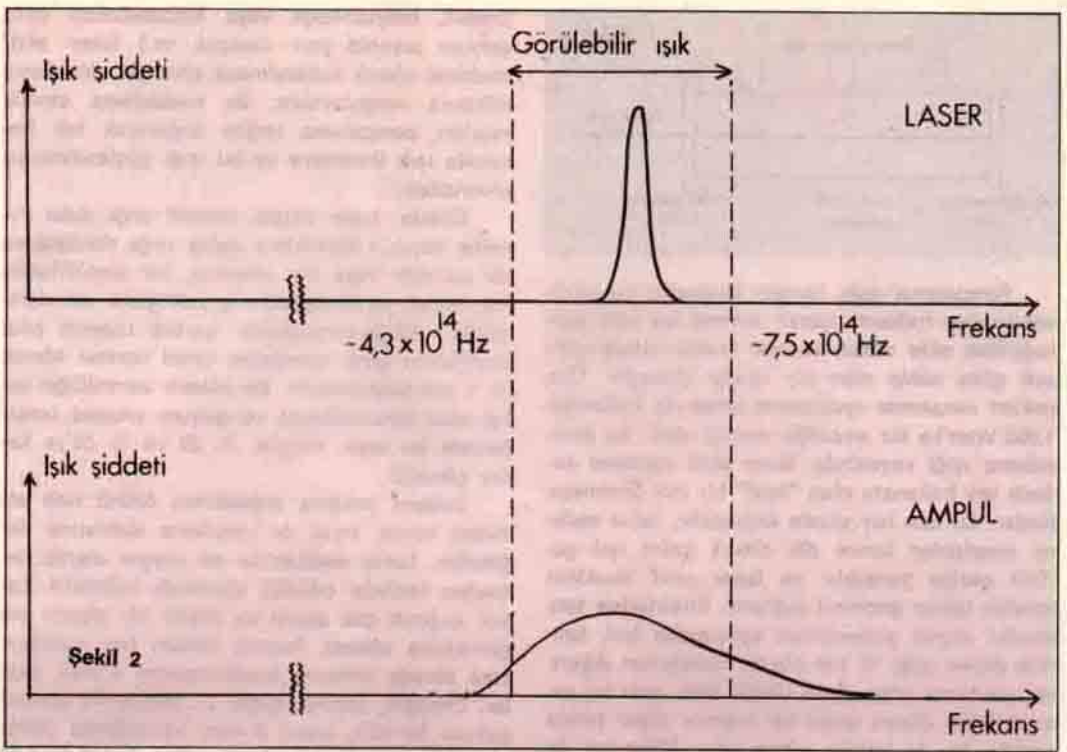
° Doç. Dr. Süleyman DEMOKAN \*

ile kıyaslayarak izah edelim. Normal ışığın dağılıma açısı çok büyüktür. Örneğin, en yönlendirilmiş el feneri ışığının bile çapı çok kısa bir mesafe içinde birkaç metreyi aşar. Halbuki laser ışınının dağılması ve yayılması hemen hemen yok gibidir; örneğin, laser çıkışında çapı 5 mm. olan bir laser ışınının çapı 100 m. sonra 7 mm.'ye bile ulaşmaz. Bunu sağlamak için yönlendirici bir merceğin kullanılması da gerekmez.

Laser ışığının kapladığı frekans bandı merkez frekansına oranla çok dardır. Bu nedenle, laser ışığı tek renktedir (yeşil veya kırmızı gibi). Halbuki normal ışık kaynakları görülebilen her frekansta ışık yayarlar ve buna beyaz ışık denir. Bir laserin tayfı ile bir elektrik ampulünün tayfı şekil 2'de gösterilmiştir.

Laser ışığının en önemli özelliklerinden biri de çok güçlü olmasıdır. O-anahtarlaması diye bilinen bir teknikte, laserin ışık üretmesi bir süre engellenir; bu da laser içinde güç bir birikimine yol açar. Işık üretimini engelleyen faktörün ortadan kaldırılmasıyla, biriken güç aniden ve çok kısa bir süre içinde dışarıya salınır (bir barajın yıkılmasıyla içindeki suyun aniden bo-

\* ODTÜ Gaziantep Yerleşkesi  
Elektrik ve Elektronik Mühendisliği Bölüm Başkanı



şılması gibi). Bu şekilde elde edilen ışık gücünün tepe değeri 1 milyar ( $10^9$ ) Watt'ı aşabilir. Bu değeri sadece 100 Watt'lık bir elektrik ampulünün verdiği ışıkla karşılaştırırsak ne kadar olağanüstü olduğu anlaşılır. Daha çarpıcı bir örnek ise, güneş ışığının dünya yüzeyindeki şiddeti ile laser ışığının şiddetini karşılaştırmaktır. Laser ışığının kapaldığı alan tipik olarak  $10^3$  cm<sup>2</sup> civarındadır. Dolayısıyla O-anahtarlanmış bir laserin ışık şiddeti yaklaşık  $10^{12}$  W/cm<sup>2</sup> dir. Güneş ışığının dünya yüzeyindeki şiddeti ise, sadece 0.1 W/cm<sup>2</sup> dir. Buna rağmen, bulutsuz bir havada güneşe çıplak gözle bakmak olanaksızdır. Sürekli şekilde çalışan (yani O-anahtarlanmış) laserlerin ışık şiddetinin çok daha düşük ( $10^2$  -  $10^5$  W/cm<sup>2</sup> arasında) olacağını belirtelim. Fakat bu nispeten küçük mertebedeki sürekli laser ışığının bile doğrudan göze girmesi halinde insanı kör edeceği kesindir.

Diğer ışıklarda bulunmayan bir başka özellik de, "bağdaşıklık", yani laserin ürettiği elektromagnetik dalgalar birbirleri ile uyum içinde ilerler. Kabaca, bunu uygun adım ilerleyen bir askeri birliğin hareketine benzetebiliriz. Daha bilimsel bir tarifle ise, laserin meydana getirdiği elektromagnetik dalganın iki noktası sırasında faz farkının hem zamana göre, hem de mesafeye göre sabit kaldığını söyleyebiliriz. Mesafe bağda-

şıklığına bir örnek olarak, normal ışık kaynaklarında bunun milimetreye bile zor ulaştığını, laserlerde ise, kilometreyi aşan bağdaşıklık mesafelerinin normal olduğunu belirtelim.

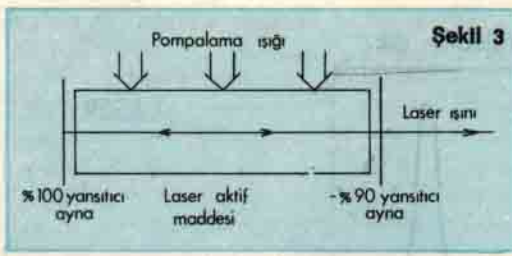
Laserlerin çeşitli tipleri vardır:

- 1) Katı hal laserleri,
- 2) Gaz laserleri,
- 3) Sıvı laserler,
- 4) Yarı iletken laserler.

Bu tiplerin kendilerine has özellikleri vardır. Bu özelliklerin en belirgin olanlarından söz edersek; katı hal laserleri en güçlü olanlarıdır, gaz laserlerin frekans tayfı en dardır, sıvı laserlerin ürettiği ışığın frekansı kolayca değiştirilebilir (ayarlanır), yarı iletken laserler ise, en verimli çalışan, en ucuz ve en küçük laserlerdir. Katı hal laserlerinin en bilinen türleri yakut ve neodimium, gaz laserlerinin helyum-neon ve karbondioksit, yarı iletken laserlerin ise, galyum arseniddir.

Laserlerin çalışma prensibini en basit bir şekilde açıklamak için bile "kuantum elektronik" olarak bilinen bilim dalının içerdiği bazı bilgilerden söz etmek gerekecektir. Bu ise, bu makalenin kapsamı dışına taşmaktadır. Ayrıntıya girmeden sadece birkaç önemli hususu belirtelim: Bir laser aygıtının şeması en basit şekliyle şekil 3'te gösterilmiştir.





Şekil 3

kristali, helyum-neon veya karbondioksit gazı, galyum arsenid yarı iletkeni, vs.) lazer aktif maddesi olarak kullanılmaya elverişli olduklarını bilhassa vurgulayalım. Bu maddelerin atomik yapıları, pompalama ışığını soğurarak tek frekansta ışık üretmeye ve bu ışığı güçlendirmeye elverişlidir.

Özetle, lazer cihazı, normal ışığı daha evvelce sayılan özelliklere sahip ışığa dönüştüren bir osilatör veya bir anlamda, bir amplifikatördür. Ancak, bu dönüşümün verimliliğinin son dere düşük olduğu vurgulamak gerekir. Lazerin çıktı enerjisinin girdi enerjisine oranı normal olarak % 1 mertebesindedir. En yüksek verimliliğe sahip olan karbondioksit ve galyum arsenid lazerlerinde bu oran, sırayla, % 20 ve % 50'ye kadar çıkabilir.

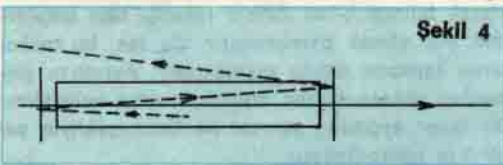
Lazerin çalışma prensibinin özünü izah ettikten sonra, biraz da uygulama alanlarına değinelim. Lazer endüstride en yaygın olarak ısısından istifade edildiği alanlarda kullanılır. Lazer ışığının çok güçlü ve küçük bir alanda yoğunlaşmış olması, hemen hemen her maddeyi kısa sürede eriterek kesebilmesine olanak sağlar. Örneğin, normal güçte (1 MW/cm<sup>2</sup>) sürekli çalışan bir CO<sub>2</sub> lazeri 3 mm. kalınlığında çeliği saniyede 2 cm'lik bir hızla, 5 cm. kalınlığındaki çam kerestesini ise, saniyede 4 cm'lik bir hızla kesebilir. Üstelik bu kesme işlemi, diğer yöntemlerle gerçekleştirilenlere oranla çok daha düzgün olur. Lazer kullanarak iki metali hızlı ve çok sağlam bir şekilde kaynak yapmak da yaygın bir uygulamadır. Lazerin kesme kabiliyeti ameliyatlarda da kullanılmaktadır. Lazer en keskin bir neşterden bile daha ince ve parçalamadan kesebildiği gibi bilhassa incelik isteyen göz ameliyatlarında kullanılmaktadır. Keserken kanın pıhtılaşmasını da sağladığı için, lazerle yapılan ameliyatlar kansız olmaktadır.

Mid-kitleme adı verilen bir yöntemle, laserden 1 pikosaniye (10<sup>-12</sup> s) süreli ve 10<sup>14</sup> W/cm<sup>2</sup> şiddetinde ışık darbeleri elde etmek mümkündür. Bu lazer darbelerinin hidrojen ile etkileşmeleri sonucu çok ani olarak büyük bir sıcaklık ve basınç artışı sağlanır, bu da hidrojen atomlarının elektronlarından arınarak çekirdeklerinin birbirlerine yaklaşmalarını sağlar. Sıcaklık ve basınç yeterince arttırılabilirse iki hidrojen çekirdeği birbirine kaynarak bir helyum çekirdeği oluşturur ve bu olaya füzyon denir. Helyum çekirdeğinin ağırlığı birleşmeden evvelki hidrojen çekirdeklerinin toplam ağırlıklarından daha azdır, yani füzyon esnasında kütle kaybı olur ve bu da enerji oluşur (kütle-enerji eşdeğerliği:  $E = mc^2$ ; bura-

Pompalama ışığı, hergün kullanılan ve görülebilir her frekans içeren normal bir ışık kaynağından elde edilen ve tek özellik olarak yüksek güce sahip olan bir ışıktır (örneğin, film çekimi esnasında aydınlatma amacıyla kullanılan 1.000 Watt'lık bir ampülün verdiği ışık). Bu pompalama ışığı sayesinde, lazer aktif maddesi sadece tek frekansta olan "özel" bir ışık üretmeye başlar. Bu ışık her yönde dağılır, fakat sadece aynalardan birine dik olarak gelen ışık gerisin geriye yansıtılır ve lazer aktif maddesi içinden tekrar geçmesi sağlanır. Birbirlerine tam paralel olarak yerleştirilen aynalardan biri, üzerine düşen ışığı % 100 olarak yansıtırken diğeri yansıtma oranı daha düşük olur, yani bu ayna üzerine düşen ışığın bir kısmını diğer tarafa geçirir; bu da lazerin çıktısı olur. (Eğer her iki ayna da % 100 yansıtıcı olsa, lazerin ürettiği ışığın bir kısmını dışarı alıp yararlanmak mümkün olmaz). Yine pompalama ışığı sayesinde, lazer aktif maddesi güçlendirici bir konuma gelmiştir; yani aynadan geri yansıyan ve aktif madde içinden tekrar geçen ışık, lazer maddesinin içinden güçlenmiş olarak çıkar ve diğer aynaya gider, bu aynadan da tam veya kısmen yansyarak geldiği yoldan geri döner ve aktif maddenin içinden tekrar geçerek daha da güçlenir. Böylece bu ışık lazerin aktif maddesi içinden birçok kere geçerek çok yüksek bir güce ulaşır. Böylece, bu iki ayna, lazer ışığının salınım yapabileceği optik bir "rezonatör" oluşturur. Aynaya dik gelmeyen ışık birkaç geçişten sonra fazla güçlenmeden yan taraftan çıkış yapar ve kaybolur (şekil 4).

Sadece aynalara dik gelen ışık sürekli olarak güçlendirilir; lazer ışığının tek yönde ilerlemesi ve son derece az yayılması bu nedenledir.

Sadece bazı maddelerin (örneğin bir kristal içine yerleştirilmiş neodimium atomları, yakut



Şekil 4



da m yitirilen kütle, E bu nedenle kazanılan enerji, c ise, ışık hızıdır). Ancak, laser vasıtasıyla elde edilen füzyon enerjisi henüz pratikte kullanılmaya elverişli değildir; çünkü bu şekilde çalışan bir nükleer santral yapmak için yeterli güçte bir laserin geliştirilmesi çalışmaları hâlâ sürmektedir.

Mod-kilitlemiş bir laserden elde edilen çok kısa süreli ve çok şiddetli ışık darbeleri başka bir alanda daha kullanılmaya elverişlidir. Telekomünikasyon alanında laserin kullanılması iletilen bilgi kapasitesini olağanüstü bir şekilde artıracaktır. Sadece bir laser ışını ile 100 milyon telefon konuşmasını veya 100 bin televizyon kanalını iletmek mümkündür. Ancak burada bir sorun ortaya çıkıyor: laser ışığı bulut veya sis içinden kayıda uğramadan geçememektedir. Bu husus da, laserin şimdilik dünya üzerinde telekomünikasyon amaçlı kullanımını engellemektedir. Buna karşılık, uzayda böyle bir sorun mevcut değildir ve laserin, diğer haberleşme cihazlarına oranla çok daha hafif olması nedeniyle de, uzay haberleşmesinde (örneğin uydudan uyduya) kullanılmasına başlanmıştır.

Laser ışığının bağdaşıklık özelliğinden holografide de yararlanır. Holografi, cisimlerin üç boyutlu olarak gerçeğe çok yakın görüntülerini yaratma tekniğidir. Laser ışını kullanan üç boyutlu televizyon cihazının önümüzdeki yıllarda gerçekleştirilmesi beklenmektedir.

Laser ile çok hassas olarak mesafe ve hız ölçmek de yaygın olarak kullanılan yöntemlerdir. Örneğin, laser kullanarak ay ile dünya arasındaki mesafe en fazla 15 cm. yayılmayla ölçülebilmektedir. Başka yöntemlerle, aynı ölçümdeki hata payı, 1 km'yi aşmaktadır. Laser ışığının düz bir çizgi halinde ilerlemesi, hizalama amacıyla da kullanılmasında olanak sağlamaktadır. Bu şekilde tünel inşaatlarında ve köprü yapımlarında kullanılmakta, ve hizalamadaki 1 mikrondan (metrenin milyonda biri) az kaymaları bile saptayabilmektedir. Aynı yöntemle, örneğin bir barajın gövdesindeki deformasyonu ölçmek de mümkündür.

Bilgisayarlarda da, laserin bilgi depolama işlemlerinde kullanılması yaygınlaşmaktadır. Laser ışınının kapladığı alan çok küçük olduğu için büyük miktarda bilgi, küçük alanlara sığdırılabilmektedir.

Laserin askeri amaçla kullanımı için de, yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Uçaklarda bulunan laser cihazları ile uçağın yerden veya hedeften uzaklığı hassas bir biçimde saptanmaktadır. Başka bir uygulamada ise, hedef yerden bir laser ışığı ile işaretlenmekte, uçağın bu işarete göre hedefi tahrip etmesi kesinlik kazanmaktadır. Laserin kendisinin bir tahrip aracı olarak kullanılmasına ilişkin çalışmalarda da başarıya ulaşılmaktadır. Ancak yine atmosferin etkisi ile laserin tesir gücü yok olmakta, bu nedenle laserin dünya üzerinde uzun mesafe silahı olarak kullanılması olanaksızlaşmaktadır. Ancak, uzayda bu sorun yoktur. Laser ışığının herhangi bir füzeden çok daha hızlı yol alması, ve hemen hemen her maddeyi eritip delecek güçlere sahip olabilmesi, laseri geleceğin uzay silahı olmaya en kuvvetli aday yapmaktadır.

Şimdiye kadar laserin ne olduğunu açıklamaya çalıştık. Ancak kamuoyunda laser hakkında yerleşmiş bulunan yanlış imajı silmek amacıyla, laserin ne olmadığına da kısaca değinelim. Laser, insanların bir tabanca gibi ellerine alabilecekleri ve "ateş ederek" hedefi yok edebilecekleri bir silah değildir. Bunu yapabilecek güçte bir laserin geliştirilmesi ve bunun elde taşınabilecek kadar küçük ve hafif olması, şimdiki bilginin ve teknolojik gelişmemizin sınırları içinde mümkün değildir.

● Fotonlar (ışık enerjisi) çok hafif gibi görünürlerse de, herhangi bir anda yeryüzüne çarpan toplam güneş ışığının ağırlığı, büyük bir yolcu gemisinin ağırlığı kadardır.

● Dünya'mızdaki tüm yaşamı sağlayan atmosfer, ince bir battaniye gibidir. Bir kıyaslama yapabilmek için, yeryüzü yuvarlağını bir elmaya benzetirsek, bu elmanın kabuğunu oluşturan atmosfer tabakasının, normal bir elma kabuğundan daha ince olduğunu söyleyebiliriz.

● Gözkapağı sınırlı hücreleri öyle duyarlıdır ki, küçük bir kum tanecığının çarpması, gözkapağının hızla, anında kapanmasına neden olur.

**Başarısızlık, nişan alınan hedeflerle, ulaşılanlar arasındaki farktır.**

**NABERT**