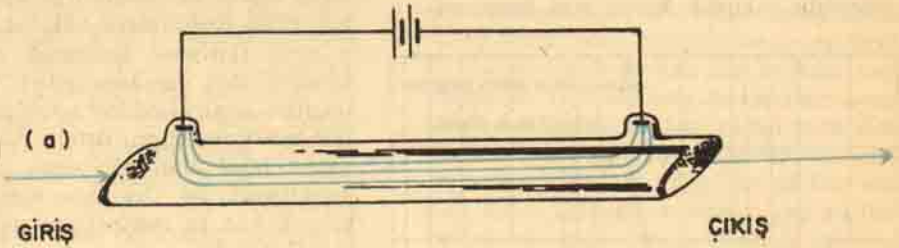


L A S E R

Işınları ile haberleşme

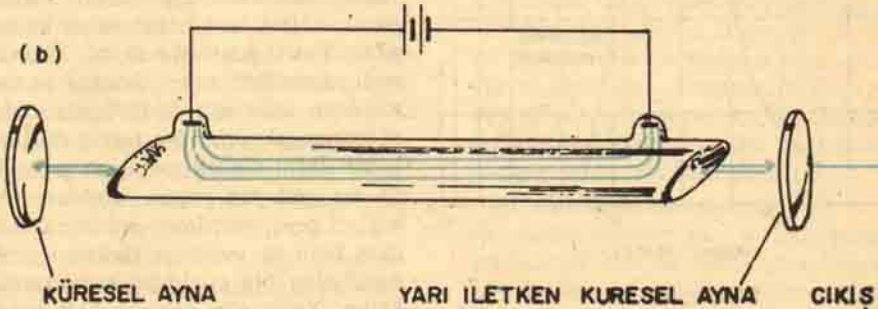
1960 yılına doğru Arthur L. Shawlow ve Charles H. Townes tarafından laserin bulunması, çözümü bir çıkmazdan kurtarmıştır (*). Laserin dayandığı kuralın geçmişi 1917 yılına kadar uzanır. Bu tarihte Albert Einstein belirli şartlar altında bir atomdan «uyarılmış» veya kontrol edilmiş bir radyasyonun elde edilebilece-

ğini göstermiştir. («Laser» terimi «light amplification by stimulated emission of radiation», «radyasyonun uyarılmış emisyonu ile ışık amplifikasyonu»; ifadelerinin baş harfleriyle meydana getirilmiştir) Uyarılmış emisyon kavramındaki yeniliği daha iyi anlamak için, ilk önce adi enkan-desant lâmbaların ve floresant lâmbaların nasıl ışık verdiklerini daha yakından inceleyelim. Her iki halde de radyasyon, bir moleküldeki veya bir atomun çekirdeği etrafındaki elektronların yörüngesel dizilişlerindeki bir değişimin neticesidir. Kuantum mekaniğinin kurallarına göre belirli bir elektron takımı, değişik yörüngesel dizilişler içinde bulunabilir; bu dizilişlerin bazıları, diğerlerine nazaran daha çok enerjiye sahiptir. Eğer bir elektron yüksek enerjiye sahip bir konfigürasyondan daha düşük enerjili bir konfigürasyona düşerse açığa çıkan enerji kısmen elektromagnetik, kısmen akustik, kısmen de titreşim



ŞEKİL - 7 a

GAZ LASER : Normal olarak bir amplifikatör gibi çalışır. Zayıf bir giriş dalgası, uyarılmış gaz atomlarının emisyonunu başlatır ve çıkışta aynı frekanslı çok daha enerjilik bir dalga olarak görülür.



ŞEKİL - 7 b

LASER OSİLATÖRÜ : Tüpün uçlarına rezonans kovuğu elde etmek için iki yansıtıcı yerleştirilirse laser osilatör olarak çalışır. Aynalardan birinden (sağdaki) dışarı çıkmadan önce, uyarılmış emisyon tarafından hâsil edilen ışık aynalar arasında ileri geri osilasyonlar yapar.

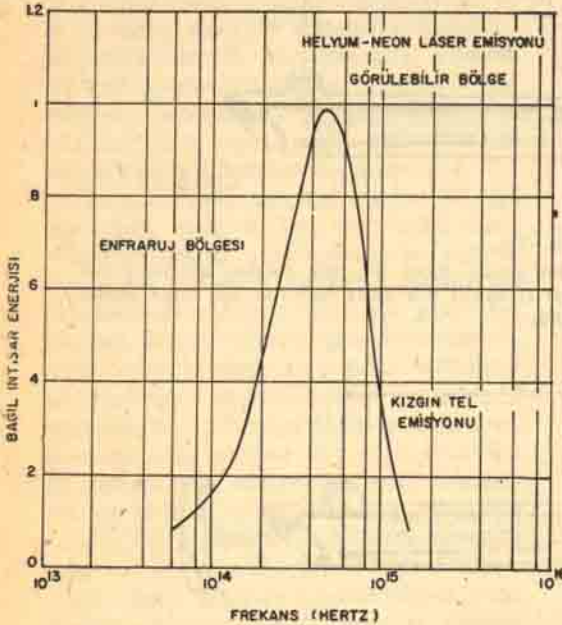
radyasyonu halindedir. Meydana gelebilecek enerji seviyeleri birbirinden farklı olduğundan, elektron konfigürasyonundaki herhangi bir tip değişim sonucu meydana gelecek elektromagnetik radyasyonun frekansı daima aynı olacaktır. Kızgın bir katı maddede ise birçok farklı elektron konfigürasyonuna rastlamak mümkündür ve izin verilen haller arasında enerji seviyesindeki farklar önemsizdir. Bunun sonucu ışık, birbirinden farklı pek çok frekansta neşredilir. Işık neşreden kızgın bir telin elektromagnetik spektrasında akustik karşıt etkiler tarafından meydana getirilen diğer güçlükler burada söz konusu edilmeyecektir.

Floresant lâmbada akımın geçtiği ortam katı madde yerine gazdır. Fakat radyasyon mekanizması kızgın telli lâmbadaki gibi aynıdır. Elektronlar düşük bir enerji seviyesinden daha yüksek bir seviyeye çıkarılırlar. Tekrar eski seviyelerine düştükleri zaman açığa çıkan enerji ışık halinde neşredilir. Akustik karşıt etki ihmal edi-

lebildiğinden, floresant lâmbada durum daha basitleştirilmiştir. Neşredilen ışığın frekansı doğrudan doğruya elektronların enerji seviyesindeki değişimle ilgilidir. Bununla birlikte, ışıklı reklâmlarda kullanılan floresant lâmbalarda karakteristik renklerini veren birkaç çeşit enerji değişimi daha hâkim durumda gözükmektedir. Sodyum buharı ile sarı, civa buharı ile de mor renkler elde edilir. Band genişliği belli bir rengi vermek için yeterli derecede darsa da, örneğin sodyum buharlı lâmbada 500 milyon hertz mertebesinde gene de geniş sayılacak bir banddır.

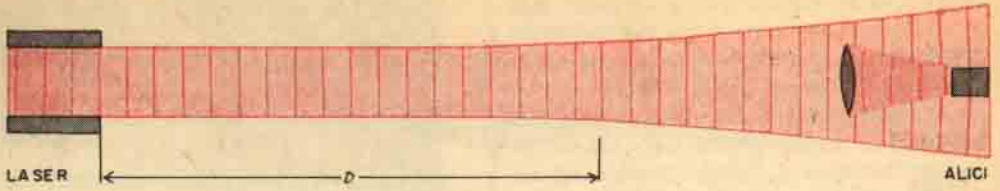
Bilinen bu ışık kaynakları ile laser arasındaki önemli fark, açığa çıkan enerji emisyonunun kontrol edebilme derecesine bağlıdır. Einstein, bir atomun veya molekülün enerji durumunda bir yükselme yapıldığında, açığa çıkan depo edilmiş enerjinin atomun veya molekülün küçük ve uygun frekanslı bir elektromagnetik alana mâruz bırakılması ile kontrol edilebileceğini göstermiştir (Aksine, kızgın telli veya floresant lâmbanın emisyonları kendiliğinden meydana gelir). Yukarıdaki teknikle kontrol edilen açığa çıkmış enerjiye uyarılmış enerji denilir. Uyarı yapan zayıf alan uyarılmış radyasyonla kuvvetlendirilir. Uyarılmış enerjiyi hâkim kılmak için ısı radyasyonu minimum seviyede tutulur.

Laser tarafından neşredilen frekansların sayısı, emisyon yapan atomların elektron konfigürasyonundaki özel birkaç varyasyonuna güç vererek seçici olarak da tahdit edilebilir. Bu durum burada ayrıntılı olarak anlatılamıyacak kadar karışıktır. Fakat genel olarak, bir laserde emisyon yapan bir atom, komşu atomlardan nispeten uzaklaştırıldığı zaman ideal bir davranış gösterir. Bu tecrit durumu gazlarda doğal olarak meydana gelir, katılarda ise emisyon yapan atomları ve molekülleri hem uyarılmış emisyonla karşı saydam hem de emisyon frekansı aralığında pasif olan bir maddeye karıştırarak elde edilir. Yani, söz konusu katı madde de uyarılmış emisyonu meydana getiren enerji seviyesi bölgesinde enerji seviyeleri arasında fark yoktur. Özellikle tecrit edilmiş atomların enerji seviyelerini yükselten bir



ŞEKİL 8

LASER EMİSYONU : (Düşey koyu çizgi) tek bir frekansa konsantre edilir. Bu sırada ana frekansdan sapma ancak birkaç bin hertzdir. Aksine, kızgın telli bir lâmbanın emisyonu (eğri) çok geniş bir spektral bandda yayılır.



ŞEKİL - 9 a

LASERİN UZAYSAL BAĞDAŞIMI: oldukça yüksek dereceden yönlü bir iletimi mümkün kılar. Düzlemsel dalga yayan bir lazer kaynağının verdiği huzmenin kalınlığı, kaynak çapının karesinin radyasyon dalga boyunun dört katına bölümüne eşit bir (D) uzaklığı boyunca hemen hemen sabit kalır. Bu uzaklığın ötesinde dalga tedricen koni şekline genişler. Yukarıda genişleme olduğundan büyütülmüştür. Gerçekte D , iki inçlik mercekler kullanıldığında ve dalga boyu 6300 angstrom seçildiği zaman 3/5 mil civarındadır.

enerjinin kullanılmasıyla uyarılmış emisyon dar bir spektral banda tahdit edilmiş olur.

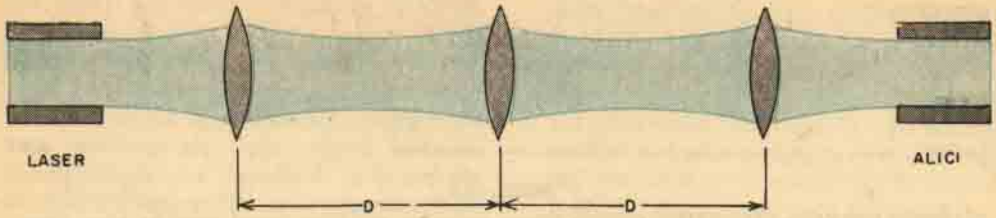
Şekil -7'de gösterilen helyum-neon laseri gibi gaz halindeki laserde, gaz karışımı vasıtasıyla sürekli bir elektrik deşarjı sağlanır. Deşarj bölgesinde neon atomlarına bağlı elektronlar daha yüksek enerji seviyelerine yükseltilir. Buradan da sadece birkaç ayrı enerji farkına haiz daha alçak enerji seviyelerine kendiliğinden düşerler. Böyle bir enerji farkı 6328 angstrom dalga uzunluğuna ve 473 trilyon hertz frekansa sahip kırmızı ışığın meydana geliş nedenidir. Tam 473 trilyon hertzlik zayıf bir elektromagnetik dalgayı laser tüpünden geçirerek uyarılmış neon atomlarından emisyon hâsıl etmek mümkündür. Girişteki zayıf dalga, çıkışta aynı frekanslı daha enerjetik bin dalga olarak görünür. Bundan başka eğer giriş dalgasının cepheleri düz ise çıkış dalgasının cepheleri de düz olacaktır. Uzaysal bağdaşım diye adlandırılan bu ikinci özellik, kızgın telli bir kaynağın kendiliğinden hâsıl olan birbirinden bağımsız emisyonları tarafından üretilen bir durum arzeder.

Bir rezonans kovuğu teşkil etmek için tüpün her iki ucuna yerleştirilmiş iki tane yansıtıcı vasıtasıyla bir laseri osilatör gibi çalıştırmak mümkündür (Şekil 7'ye bak). İlâve edilen uyarılmış emisyonlar sayesinde, tüpte uyarılmış elektronların hepsi kullanılıncaya kadar iki ayna arasında 473 trilyon hertz frekansla ileri-geri osilasyon yapan ışık elde edilir. Bundan sonra enerjinin bir kısmı uç aynalarından yarı saydam olan bir tanesi tarafından serbest bi-

rakılır. Böyle bir lazerin çıkışı tek bir frekansta konsantre edilmiştir. Bu frekansın ana frekanstan sapış miktarı ancak birkaç bin hertz kadardır. Laser amplifikatöründe olduğu gibi, bu lazer osilatörünün de çıkışı uzaysal bağdaşıklık özelliğine sahiptir.

Monokromatiklik ve uzaysal bağdaşıklık diye adlandırılan iki özellik, laseri ilerisi için kentler arası haberleşme sistemlerinde kullanılacak faydalı bir osilatör yapmaktadır. Üstelik, laser huzmesinin uzaysal bağdaşıklığı, bilinen radyo teknikleri ile erişilmesi çok yüksek seviyeden yönlü iletimi mümkün kılar. Bir düzlem dalgalı lazer kaynağı, kaynağın çapının karesinin radyasyon dalga boyunun dört katına bölümünden elde edilecek bir uzaklık boyunca hemen hemen sabit genişlikte bir huzme neşreder (Şekil -9'a bak). Bu uzaklıktan ötede, huzme tedricen koni şeklinde genişlemeğe başlar. Koninin açısı, radyasyon dalga boyunun kaynağın çapına bölümüne eşittir. Diğer bir deyişle, laser huzmesi ile radyodalga huzmesinin yayılımı identiktir. Bununla birlikte, dalga boyundaki çok geniş fark yüzünden iki radyasyonu bakımından bu formüllerin sonuçları tamamen farklıdır.

Örneğin, mikrodalga-radyo röle sisteminde anten borusu için verilebilecek tipik genişlik 10 feet ve radyasyon dalga boyu 7,5 cm'dir. Formülü uygularsak, huzmenin genişliğinin sabit kalacağı maksimum uzaklık için 100 feet değerini buluruz. Bu, 10 feet boyundaki bir antene sahip alıcının, vericiden çıkan orijinal huzmeyi alabilmesi için verici merkez olmak üzere



ŞEKİL - 9 b

SERİ MERCEKLER : Huzmeyi sınırlandırmak ve alıcıya yöneltmek için D aralıklarıyla yerleştirilir. Mercek açıklığı D den % 20 - % 40 az seçerek huzme genişlemesinden dolayı meydana gelecek güç kaybını yüzbinde bire indirmek mümkündür. Gene huzme genişlemesi olduğundan fazla gösterilmiş ve yatay ölçek daraltılmıştır.

çizilecek 100 feet çaplı bir daire alanı içinde bulunmak zorunda olması demektir. Mikrodalga-radyo röle sistemindeki normal uygulamada alıcı ve verici birbirinden 20-30 mil uzaklıkta yerleştirilmiştir. Bunun sonucu olarak alınan güç, gönderilen gücün yüzbinde biridir.

Diğer taraftan laser kullanılması halinde ise huzmenin dalga genişliği iki inç ve dalga boyu da 6300 angstrom kadardır. Bu ise huzmenin genişlemeden gideceği $3/5$ millik bir maksimum uzaklığı verir; böylece laserden $3/5$ mil uzağa yerleştirilmiş iki inçlik bir mercek, gönderilen gücün büyük bir kısmını toplayacaktır. Daha uzun uzaklıklarda, birbirinden $3/5$ mil aralıklarla yerleştirilmiş iki inçlik mercekler, huzmeyi sınırlayacak ve alıcıya yöneltecektir (Şekil 9 a bak). Huzme genişlemesinden dolayı meydana gelen kayıp ise, prensip olarak, genişlemeden önce maksimum uzaklıktan % 20 - %40 daha az açıklıkla yerleştirilecek merceklerle yüzbinde bir defa veya daha da fazla azaltılabilir. Mikrodalga-radyo röle sisteminde olduğu gibi alınan net güç, gönderilen yüzbinde birine düşmeden önce son derece uzun toplam uzaklıklara erişmek mümkün görünmektedir.

Görülüyor ki laser huzmesinin iki ana özelliği —monokromatik oluşu ve uzaysal bağdaşıklığı—, bu ışığı uzun mesafe iletimi için ideal bir iletim vasıtası yapmıştır. Bununla birlikte, bu potansiyelden efektif bir şekilde faydalanılmadan önce çok dikkat gerektiren pek çok probleme çözüm bulmak gereklidir. Şimdi de bu problem-

leri çözümlenmek için halen yapılmakta olan araştırmaları söz konusu edelim.

Verimli bir laser haberleşme sistemi kurmak için, osilatör ödevi görecek pek çok sayıda lasere ihtiyaç vardır. Şehirler arası bir hatta modüle edilen çıkışlar kombine edildiğinde, birbiri üzerine düşmeyi önlemek için bunların frekansları birbirinden yeterli açıklıkta olmalıdır. Diğer yandan, frekanslar arasındaki açıklığın lüzumundan büyük olması da istenmez. Çünkü bu kez de haberleşme trafiği için çok faydalı bir alan boşuna harcanmış olacaktır. Uygun açıklıklara sahip bir frekanslar serisi elde etmek o kadar kolay bir iş değildir; laser frekansları atom veya moleküllerin ayrı enerji seviyesi farkları sayesinde tespit edilir, bu ise verilen bir malzeme için sabittir. Uygun frekanslar serisini bulmak ve böyle frekansları önceden tahmin etmekte faydalanılacak bir kural elde etmek konularında halen bir araştırma yürütülmektedir. Bu araştırma sadece gaz karışımlarını değil, aynı zamanda saydam bir katı «ana» madde içinde seyrek yabancı elemanlar gibi asılı duran emisyon atomlarına sahip katı maddeleri de kapsamına almaktadır.

(*) Laser ışınları ile haberleşme yazısının birinci bölümü *Bilim ve Teknik* dergisinin Nisan 1968, sayı 6'da yayımlanmıştır.

GELECEK YAZI :
Uzun Mesafe İletiminde Laser Işını Kullanılması