

"LASER"LER VE

UYGULAMA ALANLARI

B. LAURENT

1 958 senesinde «Maser» ve «Laser»in (1) bulunuşu bilimin ve tekniğin gelişmesi için muhakak ki çok büyük bir olay teşkil eder. Keşif tarihinden bu yana yeteri kadar zaman geçmemesi sebebiyle olayın ne derece önemli olduğunu tam objektif bir gözle ne kadar göremesekte, bu konuda, son senelerde yazılan yazıların çokluğu, dolayısıyla verilen önemin büyüklüğü, bu yöndeki şüpheleri ortadan kaldırmaktadır.

Optik, elektronik ve katı fiziği gibi ana bilim dallarına dayanan ve izahını kuantik mekaniğin bir uygulamasında bulan bir konunun, araştırmacıları ve mühendisleri fazlaca ilgilendirmesi gayet tabiidir.

1960 yılında Maiman ve Javan, Laser olayını bir sentetik yakut kristalinden elde etti. Fakat fenomenin bulunuş tarihini 1960 olarak kabul etmek doğru olmaz, daha gerilere giderek 1917 yılında Albert EINSTEIN'in «Stimulated Emission» (Tahrikedilmiş emisyon) adını verdiği hadiseyi göz önünde tutmak icabeder.

1950 yılına doğru bir yandan radyoelektrik, diğer yandan optik ve spektroskopi bilimlerinde kaydedilen ilerlemeler, bu iki ana fizik kolunu birleştiriyorlardı. Zira radyolink dalgalar yönünden santimetrik dalga uzunluğuna, spektroskopide de kızıl ötesine (enfraruj) (yani santimetre ile ölçülebilen dalga uzunluklarına) inilmişti.

Bu birleşmenin iki büyük faydası oldu. Birincisi bilim adamlarını hiperfrekans ile kızıl ötesinin birbirlerine yakınlığına alıştırmak, ikincisi ise gayet geniş bir frekans sahasında, cisimleri karakterize eden enerjetik farkları tayin ederek ilerisi için uygun zemin hazırlamak.

Bu sıralarda, Fransız fizikçisi Kastler, Tahrikedilmiş Emisyonun meydana gelmesini sağ-

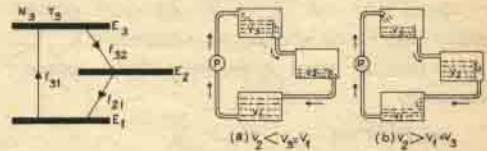
layabilecek, enerji seviyelerindeki zümre de-ğiştirme imkânlarını ortaya koydu. Bunun neticesi olarak bütün veriler birleşmiş birinci Maser (Amonyak gazlı Maser) hiperfrekanslarda titreşimlere başlamıştı. Bundan sonra, 1958 de Schlow ve Townes «Optik Maser»in, yani «Laser»in teorisini yaptılar. Bu teori- de hiperfrekans kavitelерinin yerini Fabry ve Perot'nun optik enterferometreleri alıyorlardı.

I — Laser'lerin Temel Prensipleri :

Laser olayının temeli olan Tahrikedilmiş emisyon, en basit şekliyle E_1 ve E_0 gibi iki enerji düzeyinin tefrikinden, yani kuantifie bir sistemden doğmuştur.

f frekansına sahip bir fotonun herhangi bir sistem tarafından emilişi sistemin enerjisinin E_n seviyesinden E_1 seviyesine geçişiyile gösterilir ki buna da potansiyel enerjinin ($E_1 - E_n = hf$) hf miktarı kadar artışı tekabül eder.

Termodinamik Denge durumunda sistemi oluşturan parçacıkların çoğu en düşük enerji düzeyi olan E_n seviyesindedirler. E_n seviyesinden daha yukarı olan E_1 seviyesine herhangi bir vasıtayla, E_n dakinden daha ziyade parçacık çıkarılabilirse, o sistem tahrikedilmiş olur.



Böyle bir sistem metastabildir ve ($hf = E_1 - E_n$) denklemini sağlayabilecek f frekansındaki bir haricî fotonun gelişi zincirleme reaksiyon yaratacaktır ki bu, parçacığın düşük enerji seviyesine geçmesini temin eder ve bu tahrik edilmiş emisyonla tâbi parçacık sayısı kadar «hf» kuantası serbest çıkar.

İlerde izah edeceğimiz bir yolla E_1 seviyesinden E_0 seviyesine düşen yalnız bir parça-

çık vasıtasıyla bir reaksiyon buklü teşkil edilirse, tahrik olayını zincirleme önleyici bir olay meydana gelir ve tahrik durumunda toplanmış bütün enerjinin f frekansında ani bir emisyonu neticesinde sistem stabl bir hale geçer.

Eğer aşağı enerji düzeyi daha çok iskân edilmiş ise, o zaman emiş olayı vuku bulacaktır. Tahrik edilmiş emisyon, ancak pompalama denilen sun'i bir yolla, bir üst enerji seviyesinin daha fazla iskân edilmesi sağlanabilirse, bir amplifikasyon yaratır.

Bundan anlaşılıyor ki, Laser için en önemli meselelerden biri, enerji seviyelerinde, meskün parçacıkların seviyeler arasında vuku bulan yer değiştirmeleridir. Bu ise E_1 , E_2 , E_3 gibi üç enerji düzeyli bir sistemin oluşu ile sağlanır.

Pompa vazifesi gören bir f_{31} frekanslı radyasyon vasıtasıyla parçacıklar E_1 düzeyinden E_3 düzeyine geçirilirler, f_{31} frekansında pompanın gücü yeterli ise, emiş ve emisyon olayları neticesinde E_1 ve E_3 düzeylerinin iskân miktarı aynı olacaktır. Bunlara $N_1 = N_3$ diyelim. E_3 ten E_2 ye, ve E_2 den E_1 e geçişlere aktif tranzisyonlar denir. E_3 ve E_2 durumlarının hayat sürelerinde T_3 ve T_2 diyelim.

Aşağıdaki hidrolik misalde mesele daha iyi anlaşılacaktır.

V_1 , V_2 ve V_3 havuzları, E_1 , E_2 ve E_3 enerji seviyelerine tekabül ederler. V_1 ile V_3 arasındaki pompa, havuzlarda seviyelerin eşitliğini sağlar. T_2 ve V_3 havuzlarında bir baraj gösterilmiştir. Bu barajın yüksekliği, T 'nin büyüklüğü ile orantılıdır. Böylece su düzeyleri T ile doğru orantılı olmuş olacaktırlar.

Şekil 2 a) $T_2 < T_3$

Şekil b b) ise $T_3 < T_2$ hallerini göstermektedir. Havuzlardaki su seviyeleri E_1 , E_2 , E_3 e tekabül eden iskân miktarlarını göstermektedir.

(a) fıkkında $N_3 > N_2$

(b) fıkkında ise $N_2 > N_1$ dir.

Böylece seviyelerin iskân miktarları birbirleriyle değiştirilmiş olur. Demek ki $N_1 : N_3$ ü sağlayabilmek için pompanın f_{31} frekansı kâfi bir enerji düzeyine sahip olmalıdır. Ayrıca bu frekansın, $E_3 - E_1$ in, $E_3 - E_2$ ve $E_2 - E_1$ den daha büyük olması sebebiyle hâsıl olacak Laser radyasyon frekansından daha yüksek olması icabeder.

Bu izah edilmiş tarzı, olayın gayet kaba bir tercümesidir. Gayesi Laser'i yaratan muhtelif elemanlar ve hâsıl olan ışığın karakteristikleri hakkında bir fikir vermektir.

II — Laser'in Pratik Olarak Elde Edilişi :

Laser, bir reaksiyon buklüne, amplifikatör bir ortamın girişiyle elde edilen ışık jeneratörüdür.

Bir çok şekilde elde edilir :

- Katı cisimli Laser'ler,
- Gazlı Laser'ler,
- Yarı iletkenli Laser'ler :

A — Katı Cisimli Laser'ler :

Laser ve Maser elde etmek için kullanılan en önemli katı cisimlerden biri Yakut'tur. Enerji seviyeleri diyagramı gösterir ki daha üst enerjili bir sistemi tahrik etmek için 2,6 cm. dalga uzunluklu Maser'ler kâfi gelir ve tahrik neticesi emisyon yaratırlar.

4 cm uzunlukta, 0,5 cm çapında bir yakut çubuk, bir Laser içinde, etrafı flaş ışığı ile kaplı bir tüp halinde gözükür ki, bu ışık pompa reaksiyonu vazifesini görür. Zira bahis konusu ışık içinde 6943 Angströmlü Laser'ler için lüzumlu frekanslar mevcuttur.

Bir yakutun eksenine yerleştirilmiş, iki ay-nadan oluşan bir optik ortamın, sağında ve solunda olmak üzere, kristalin herhangi bir noktasında hâsıl olacak radyasyon şu işleri yapmaya yarar :

- 1 — Radyasyon kristalden geçerek amplifie olur,
- 2 — Aynaların birinde yansır,
- 3 — Kristale dönerek, tekrar amplifie olur,
- 4 — Yeniden yansır, ve böylece sürer gider.

Bahis konusu optik ortam, hakikatten bir Fabry ve Perrot enterferometresidir. Biri kısmen şeffaf (% 1) iki ayna arasındaki, yalnız stasyonere dalga sistemine tekabül eden dalga uzunlukları mevcut kalır, ve ışınların jeneratörden çıkmasını sağlar.

Bu suretle katı Laser'in elde edilişi, sistemin empüislerle çalışmasını icabettirir. Empüis ritmi, lambaların sönüp yanış ritminin aynıdır ve Yakutun ısınmasıyla ortadan kalkar.

Çoğu zaman bu sisteme bir, ışınları durdurucu ayna veya Kerr selülü tipinden elekt-

ronik obtüratör konur. Obtüratörün vazifesi, reaksiyon buklünün en lüzümlü, yani, bir düzeyi iskân edenlerle diğer düzeyi iskân edenler arasında vuku bulan değişmenin en kesif olduğu anda kapanmasını sağlamaktır. Böylece gayet büyük ve net bir empüls elde edilir.

B — Gazlı Laser'ler :

Gazlı Lader'ler teorik olarak katı cisimli Laser'lerin ayırdırlar. Yalnız burada Yakut kristali yerine bir gazlı amplifikatör bulunur. Bunun için çoğunlukla helium ve neon gazları karışımı kullanılır.

İyonizasyon yoluyla helium, iyonize olmuş neonun enerji seviyesine çok yakın bir seviyeye geçirilir ve gazların atomları arasında transfer hasil olur. Böylece neonun elemanları enerji seviyelerini değiştirebilirler. Bu ise bilhassa 1,15 mikronluk dalga uzunluğunda tahrikli emisyon imkânını yaratır.

Gaz ortamın homojenliği, stabilite, spektr çizgilerinin inceliği, ve hüzmenin istikameti yönlerinden en önemli rolü oynar. Eğer iyonizasyon elektrik deşarjı sayesinde elde edilirse, doğru akımda çalışma imkânı hasil olur, fakat bu durumda çıkış gücü nisbeten zayıftır.

C — Yarı iletkenli Laserler :

Doğru yönde polarize olmuş bir gallium arseniür diyodunun jonksiyonundan geçen

akım vasıtasıyla yaratılan taşıyıcılar çok iyi randımanlı bir bileşik ışık meydana getirirler. Eğer diyod soğursa ve zerkedilen (içitilen akımın yoğunluğu $10^1/\text{cm}^2$ gibi bir değere ulaşırsa, tek yönlü monokromatik bir emisyon yaratarak Laser olayı meydana gelir.

Elde edilen güç, genellikle çok zayıftır, fakat sistemin randımanı elverişlidir. Yalnız, bilhassa bu tip Laser'ler içitilen elektrik akımı vasıtasıyla ve kolayca doğrudan doğruya modüle olurlar.

Aşağıdaki tabloda muhtelif tipten Laser'lerin karakteristikleri mukayese edilmiştir. Burada emisyon üç hususiyetle belirtilmektedir.

- 1 — Etrafla irtibat (cohérence)
- 2 — Güç
- 3 — Monokromatiklik ve zamanla ilgili bağlantı.

a — Etrafla irtibat, emisyon yapan alanın aynı faz açısı altında emisyon yapma hususiyetidir. Yani, gönderilen dalgaların yayılması bir düzlemde olur. Gönderilen hüzmenin diverjansı çok azdır ve teorik limiti olan

$$\Theta \sim 1,22 \frac{\lambda}{d} \text{ yi bulur. (d : Laser'in çıkış yüzünün çapı)}$$

LASER'LERİN KARAKTERİSTİKLERİ

	Gazlı Laser'ler	Yarı iletkenli Laser'ler	Katı cisimli Laser'ler
Spektral bölge	0,4880 dan 130 mikrona kadar	0,4 ten 5 mikrona kadar	0,6943 (Yakut için)
Güç	Doğru akımda 1 W $20 \cdot 10^{-9}$ da, 200 W $20 \cdot 10^{-3}$ de, 10 W	Doğru akımda 5W 200-300 tepe gücü ($20 \cdot 10^{-8}$ s te) (1 MW tepe gücü elde etme imkânı)	$10 \cdot 10^{-9}$ s. te 5000 Megawatt. (Dakikada 1 empüls) $5 \cdot 10^{-3}$ s. de 2000 J
Randıman	% 1 (Normal temperatür)	77 K° de % 50 Normal temperatürde % 15	Senkron sürtansiyonlu Laser'lerde % 0,1 Sabit sürtansiyonlu Laser'lerde % 4
Diverjans	10^{-1} Radian 10^{-13}	$1^\circ \times 5''$	10^{-3} Radian 10^{-6}
Tahrik tarzı	Elektrikideşarj vasıtasıyla iyonizasyon	taşıyıcıların zerki	Ecler tüpleri

b — Laser hüzmesinde temerküz eden güç gayet büyüktür. Bunun sebeplerini iki kı- sımda toplayabiliriz :

— Hüzmenin gayet direktif olması yüzün- den bütün gücü uzayda muayyen bir yere gön- derişli,

— Laser empülslerinin birkaç nanosaniye (10^{-9} s) gibi kısa bir zaman içinde bütün ener- jiyi toplayabilecek kabiliyette, âni empülsler oluşur.

c — Laser emsyonu, spektral çizgilerin gayet ince oluşuyla karakterize edilir. Elde edilen ışık hemen hemen monokromatiktir. Bu hususiyet onu, radyoelektrik dalgalarla ay- nı sınıfa sokar ve netice olarak, burada da he- terodin tipten deteksiyon sistemiyle birlikte çalışacak modüle taşıyıcılı sistemler düşünü- lebilir.

III — Laser'lerin uygulamaları :

Laser'lerin keşfini müteakkip, sağladıkları mühim imkânlar sebepleriyle, Bilim adamları ve mühendisler derin incelemelere koyuldular.

Aşağıdaki tablo neşredilen ışınların karak- teristiklerinin fonksiyonu olarak Laser'lerin imkân verdiği tatbikat sahalarını göstermek- tedir :

Şurası muhakkak ki, Laser'lerin daha çeşit- li uygulama alanlarına intibak etmelerini en- gelleyci çok sayıda mühim zorluklarla kar- şılaşılmıştır. Buna rağmen, gelecekte Laser'in yeri büyük olacaktır ve öncelikle şu dört sa- hada kullanılabileceklerdir :

- 1 — Telekomünikasyon
- 2 — Uzayda yer tesbiti (Lokalizasyon)
- 3 — Enerji üretimi
- 4 — Hesap cihazları

A — Telekomünikasyon :

Telekomünikasyon dalında Laser demet- lerinin kullanılışı şu iki sebepten önemlidir :

a — Işık dalgalarının frekanslarının yük- sek oluşu (10^{14} - 10^{15} Cycle) sebebiyle birbi- ri ardısıra 100 milyon televizyon programının transmisionunu sağlayabilecek frekans ban- dı genişliği elde edilebilir.

b — Demet o derece direktiftir ki, anten kazancı, hiperfrekansta 300 m. çaplı bir an- tenle elde edilecek kazanç miktarına tekabül eder. Fakat daha derin bir inceleme neticesin- de bu imkânların geniş ölçüde tahdit görülür. 100 milyon televizyon programına gayet tabii, hiç bir zaman ihtiyaç olmayacaktır. Bu bakım-

UYGULAMA ALANLARI

Bilim alanda

Raman spektro
Lineer olmayan optik
Fotokimya
Biyolojik etüdler

Çok şiddetli fokalizasyon

Süperradians
Enter modülasyon
Spektral etüd
Rölativite
Spekroskopi

Güç

Uzay tatbikatları ve direktiflik

Spektral tatbikat - Monokromatizm

Teknolojik alanda

Yansıtıcıların eriyişi
Kaynak ve kesme
Seri foto
Tıp

Radar muhaberatı

Taşıyıcılı muhaberat
Süperheterodin
Enterferometre

dan, hiperfrekanslar bu yönde çok daha ucuz ve randımanlıdır. Demetin çok ince olabil- mesi, atmosferin homojen olmayışı ve meka- nik zorluklar sebepleriyle sınırlıdır. Bu sebeb- ten anten kazancı 150 dB yi pek geçemez.

Demetin atmosferi kat edişide çok kritik- tir, zira yağmurlu ve sisli havalarda sistem normal çalışmayacaktır. 1,7 mikronluk bir band- da normal olarak zayıflama 0,5 dB/km. iken,

görüş mesafesinin 1 km. olduğu elverişsiz meteorolojik şartlar altında bu zayıflama 10 dB/km yi bulur.

Diğer bir görüşten, işarete eklenen gürül- tü, sistemin mühim bir karakteristiğidir ve bu bakımdan bir hiperfrekans alıcısı ile mukaye- se edilebilir.

Kaynağın termik gürültüsü, en önemli gü- rültü faktörüdür.

şındaki dalga uzunlukları üzerinden gelen parazit sinyalleri süzebilecek bir enterferansiyel filtre, arında ise bir amplifikatör bulunur.

En büyük zorluk yine atmosfer'e ilgili olanıdır. Zira, havada bulunan su zerreçikleri yüzünden, neşredilen demet bir geri-difüzyona uğrar. Bunun neticesi olarak alıcıda şiddetli bir gürültü hasil olur ve 300 m. den daha yakındaki hedefleri tesbitte imkânsızlıklarla karşılaşılır. Emisyon tepe gücünün 1 mW, ve alıcı alanın 50 cm² olduğu durumda 15 km ye kadar yayılan, ölçülebilir mesafe gamında, mesafe presizyonu 5 m. dir. Mesafeden başka demetin inceliğinde açısız ölçü bakımından elverişlidir. Gönderilen demet açısı 1/10 miliradyandan ve alıcı açısı ise 1 miliradyandan az olmalıdır.

Kısa mesafeli klasik telemetri ve topografya sistemlerinde hata, mesafe ile orantılıdır. Laser'li telemetri sisteminde dakikada 10 kadar ölçü yapılabilir. Fakat bu sistemlerin klasik telemetri sistemlerini çok geride bırakışının asıl sebebi, Laser'li sistemlerde presizyonun dolayısıyla hatanın sabit oluşudur.

Uzak mesafede Laser telemetresi büyük hizmetler görür. Bu konuda NASA'nın fırlattığı S66 uydusu hakkında bazı bilgiler vermek faydalı olabilir.

Bu uydusu tam yansımali 360 prizma ile donatılmış olup, prizmalar ışığı 10⁻⁴ radyal gibi zayıf bir diverjans ile gönderebilecek kabiliyettedirler. Gönderici demetin diverjansı 10⁻³ radyal civarındadır.

Yansıyan hüzenin diverjansının muayyen bir değerin üstünde olması lâzımdır, zira, yer-yüzüne ve uduya nazaran fotonların yer değiştirmeleri, giriş ve çıkış ışınları arasında bir diverjans yaratır ki, bu, yeryüzünde emisyon noktası ile resepsiyon noktası arasında 70 metrelik bir fark meydana getirir. Demekki, emisyon ve resepsiyon noktalarının çakışık olması isteniyorsa, demet diverjansını kabul etmek zorluğu vardır.

Bakış eksenli ile uydusu doğrultusu arasındaki açıyı 10⁻³ radyandan daha aşağı düşürmek için bir servomekanizma sistemi mevcuttur. Bu durumda Laser faaliyete geçer ve uydusu, Laser demetine girmiş olur.

Klasik telemetrelerde olduğu gibi uydunun mesafesini ölçmek mümkün olacaktır, ve muhtelif istasyonlar arasında triangülasyon metodu ile uydunun kesin yeri, birkaç metre toleransla tesbit edilebilir. Bu muazzam neticeye

varmak için, alıcı teleskopun görüş yüzeyinin 500 cm² ve emisyon enerjisinin birkaç Jul gibi zayıf bir değere sahip olması kâfi gelir. Bu durumda varılabilen menzil 1500 km. dir. Uydunun uzay içindeki yerini bu şekilde tayin edebilme bir çok kavramı aydınlatmaya yarar. Belli başlıları şunlardır :

a — Gravitasyon alanının yapısı ve yüksek atmosfer yoğunluğu hakkındaki bilgi vermeye,

b — Kıt'alar arası mesafeleri kesin olarak belirlemeye,

c — Yer yüzündeki girinti çıkıntıları tam olarak saptamaya,

d — Kıt'alar arası balistik cihazlara uygulanan, uzak mesafede deteksiyon yapmaya.

Laser'in buna benzer diğer bir sahaya uygulanması ise, uzay veya deniz seyrüseferinde kullanmak üzere en hassas jiroskopların yerini tutabilecek Laser detektörlerinin yapılabilmesidir. Laser'li bir rotasyon detektörünün prensibi şudur :

Üstünde stasyonere bir dalga sistemi elde edilen, düz ve kapalı bir optik yol göz önünde tutulacak olursa, bu dalga sistemi, bir doğru diğeri ters künde yayılan iki dalganın bileşimi olarak belirir. Sistem ve optik yol, bu yolun bulunduğu düzleme dik bir eksen etrafında dövyöyorlar ise, dalgalardan biri rotasyon yönünde, diğeri ise ters yönde yayılır. Böylece rotasyon, doğru ve ters doğrultudaki dalgalar arasında bir frekans farkı yaratır.

Bu fark bir fotomultiplikatör tübü üzerindeki vurmalarla ölçülebilir ve buna istinaden de düzlemin rotasyon kat sayısı tesbit edilir. Deneysel olarak bir üçgen veya kare teşkil eden, üç veya gazlı Laser'le yapılır. Bu şekilde dünyanın ekseninin etrafında dönüşünün saatte 10° olduğu meydana çıkarılmıştır, ancak Sperry Gyroscope Amerikan şirketi deneylerinde saatte 2 veya 3° lik bir rotasyon hassasiyeti elde edebilmiştir. Klasik bir jiroskopun, saatte 0,1° lik hassasiyeti göz önünde tutularak bu neticeleri mukayese etmek gerekirse, Laser'li detektörlerin aleyhine büyük bir fark görülür ve buna çare bulmak zordur.

Telecom, Revue de l'Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications dan
Çeviren : Y. Mühendis NURGÜN AKYÜZALP

(Devamı Gelecek Sayıda)