

LASERLER ve KAYNAK
UYGULAMASI

Basri Köseler

Anadolu Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Makina Mühendisliği Anabilimdalı
İmalat ve Konstrüksüyon Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak hazırlanmıştır.

Danışman : Prof. Dr. Erdoğan Fıratlı

Şubat - 1990

Basri Köseler'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "LASERLER ve KAYNAK UYGULAMASI" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek kabul edilmiştir.

.08/03./1990

Üye : Prof.Dr. Erdoğan FIRATLI

Üye : Prof.M.Selami KILIÇKAYA

Üye : Doç.Dr. Macit YAMAN

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun **11 MART 1990** gün ve **.237/1**..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. RÜstem KAYA

Enstitü Müdürü

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	xii
TEŞEKKÜR	xiii
1.0- GİRİŞ	1
1.1- LASERDEN ÖNCE	1
1.1.1- Kendiliğinden (spontane) ıskık oluşumu	1
1.1.2- Etkime ile (stimüle) ıskık oluşumu	1
1.1.3- Etkime ile ıskın olusturulması ve pompaaj veya "maser"	2
1.2- LASER	3
1.2.1- Laser teorisi (Kuantum mekaniği)	5
1.2.2- Kuantum mekaniğinin temelleri	6
1.2.3- Atomun ısıması	10
1.2.4- Enerji seviyeleri	12
1.2.5- Lüminesans, Fosforesans ve Flüoresans	14
1.2.6- Laser ıskınının oluşumu	16
1.2.7- Toplu devinim	17
1.2.8- Boşluk resonansı	18
1.3- LASER ÇEŞİTLERİ	19
1.3.1- Katı cisimli laserler	19
1.3.2- Cam laserler	25
1.3.3- Gaz laserler	26
1.3.4- Yarı iletkenli laserler	27
1.3.5- Yağ laserler	31
1.3.6- Argon iyon laserler	33
1.3.7- Sıvı laserler	33
1.3.8- Kimyasal laserler	34

	<u>Sayfa</u>
1.3.9- Yeni gelişmeler.....	35
1.3.9.1- Çok hızlı laserler	37
1.3.9.2- Gamma ışınli laserler	38
1.3.9.3- Laserle "Düşünen bilgisayar".....	42
1.3.9.4- Laser'de Optoelektronik	45
1.3.9.5- Laser velosimetresi.....	50
2.0- LASERLERİN UYGULAMA ALANLARI	54x
2.1- ÖLÇME TEKNİĞİ	54
2.1.1- Laser speckle (Benekleme) tekniği.....	54
2.1.2- Holografik interferometre (algılayıcı).....	56
2.1.3- Laser tanılayıcılara.....	56
2.1.4- Topoğrafya	58
2.2- LASER IŞINI İLE HABER İLETİMİ	62
2.2.1- Laser ışınının düzenlenmesi.....	62
2.2.2- Optik iletim yolu	62
2.2.3- Laser ışınının bölünmesi	65
2.2.4- Optik fiberle haber iletimi.....	68
2.2.5- Haberleşmede süper kapasite.....	70
2.3- MİKRO-ELEKTRONİK	72
2.3.1- Off-Axis (Kapalı eksen) kaynağı.....	72
2.3.2- Avantajları	75
2.3.3- Maliyet	75
2.4- FİZİK ve KİMYA	76
2.4.1- Holografi	77
2.5- ASKERİ AMAÇLI... ..	82
2.5.1- Hedef belirleme.....	82
2.5.2- Hedef tahribi	85
2.6- BİYOLOJİ ve TIP	89
2.6.1- Laser Anjiyoplastisi.....	91
2.6.2- Kalp ameliyat	93
2.6.3- Optik fiber	98✓

	<u>Sayfa</u>
3.0- İMAL USULLERİNDE LASERLER	I03
3.1- GİRİŞ	I04
3.2- CİHAZ TEKNİĞİ	I04
3.2.1- Gaz hali laseri.....	I05
3.2.2- Katı hal laseri	I07
3.3- USULLER.....	I11
3.3.1- Kaynak	I12
3.3.1.1- CO ₂ laseri.....	I20
3.3.1.2- Katı hal laseri	I26
3.3.1.3- Laser kaynağının malzeme özelliklerine etkisi.....	I33
3.3.2- Kesme.....	I39
3.3.3- Delme	I47
3.3.4- Yivlendirme veya çizme.....	I48
3.3.5- Gravür yapma helezon açma ve haketme	I49
3.3.6- Yüzey sertleştirme	I50
3.3.7- Alasımlama ve kaplama	I52
3.3.8- Laserle kesmede yenilik	I53
3.4- LASER ve KAYNAĞI HAKKINDA TAMAMLAYICI BİLGİLER.....	I54
3.4.1- İmalatta üstünlükleri	I54
3.4.1.1- Kaynakta üstünlükleri.....	I54
3.4.1.2- Kesmede üstünlükleri	I56
3.5- GÜVENLİK ÖNLEMLERİ	I57
3.5.1- U.S.A. Ordusu Laser Emniyet Talimatı.....	I58
4.0- TÜRKİYE'DE LASERLER	I59
4.1- ESKİŞEHİR HAVA İKMAL BAKIM MERKEZİNDE.....	I59
4.2- ANKARA NÜKLEER ARAŞTIRMA EĞİTİM MERKEZİ	I63
4.3- ANKARA ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ	I65
4.4- O.D.T.Ü ve DİĞERLERİ	I63

5.0- LASER TASARIMI	I69
5.1- ÜLKEMİZDE İLK LASER TASARIMI.....	I69
5.2- GİRİŞ	I69
5.3- GAZ BOĞALMASI	I70
5.4- TASARIM PARAMETRELERİ.....	I74
5.5- TASARIM SONUÇLARI	I79
5.6- LASER EKİPMANLARI ve YAPIM.....	I86
6.0- KAYNAK UYGULAMASI İÇİN LASER TASARIMI.....	I92
6.1- MEKANİK EKİPMANLAR	I92
6.1.1- Resonatör	I92
6.1.2- Laser başlığı	I93
6.1.3- İş tablası.....	I93
6.2- GAZ EKİPMANLARI	I98
6.3- ELEKTRİK EKİPMANLARI.....	I98
6.4- SOĞUTMA SUYU EKİPMANLARI	I99
6.5- He - Ne LASERİ	I99
6.6- MALİYET UNSURLARI.....	200
6.7- EKONOMİKLİK ve SONUÇ	201
6.8- TARTIŞMA.....	202
6.9- ÖNERİLER	203
KAYNAKLAR DİZİNİ	204

EKLER

1. KARBONDİOKSİT LASERİ KOMPLE RESMİ
2. RESONATÖR KOMPLE VE DETAY RESİMLERİ
3. LASER BAŞLIĞI KOMPLE VE DETAY RESİMLERİ
4. İŞ TABLASI KOMPLE VE DETAY RESİMLERİ
5. GAZ TESİSATI ÇİZİMİ
6. SOĞUTMA SUYU TESİSATI ÇİZİMİ

ÖZET

Çağımızın yüksek teknolojisi olan laser, 1917 de fiziksel olarak atomun ışıması şeklinde tarif edildi. 1954 te "Maser" bulundu, mikrodalgaların güçlendirilmesi olan bu buluşun uygulamalarının bir diğeri yoktu. Araştırmalar devam etti mikrodalganın üzerindeki radyasyonun da güçlendirilebileceği ortaya çıktı.

1960 ta atomlara enerji vererek seviyelerini yükseltip uyarma ile elde edilen ışına "laser" denildi. Bu olay bilim ve teknolojide geniş ufuklar açtı. Bu gün bilimsel araştırma ve uygulamalarda, teknolojinin bütün dallarında kullanılmaktadır.

Laser ışını katı maddelerden, gazlardan, sıvılardan ve yarı iletkenlerden elde edilebilir. Endüstride, tıbda, askerlik alanında, haberleşmede, fotoğrafçılıkta ve uzay çalışmalarında geniş bir uygulama alanı bulmuştur.

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 İncoherent ışık türü.....	1
1.2 Coherent ışık türü.....	2
1.3 Bohr'a göre hidrojen atomu.....	10
1.4 Hidrojenin enerji düzeyleri.....	12
1.5 Yarı iletken kristalinde enerji seviyeleri.....	16
1.6 Ruby kristalinde ışık etkisi.....	19
1.7 Katı hal laseri prensibi.....	21
1.8 Kristalde bosluk rezonansı.....	23
1.9 CO ₂ laser prensibi.....	25
1.10 Gaz laseri prensibi.....	27
1.11 Laser diyodunun geometrisi.....	30
1.12 Sıvı laser sistemi.....	33
1.13 77° de Pb se diyodu dalga boyu.....	35
1.14 Gamma ışınlarının elde edilışı.....	39
1.15 Doppler etkisi.....	51
2.1 Laser speckle yönteminin uygulamaları.....	55
2.2 Halografinin bazı uygulamaları.....	57
2.3 Laser ışınının mercekle taşınması.....	64
2.4 Uyumlu ışık dedektörü.....	65
2.5 Optik fiber oluşumu.....	68
2.6 Kapalı eksen kaynağı.....	72
2.7 Tüp içinde yansıtıcılı kaynak.....	73
2.8 Laser kaynağı bağlantı tipleri.....	74
2.9 Uçak yüksekliği tayini.....	83
2.10 Optik radar prensibi.....	84
2.11 Laserle by-pass ameliyatı prensip şeması.....	91
2.12 Fiberskop ile damar açılması.....	93
2.13 Fiberskop.....	94
2.14 Kanserli dokunun optik fiberle tedavisi.....	98

2.15	Laserle kalpte kılcal damar açılışı.....	I00
2.16	İnsan kalbi iki odacıklıdır.,.,.....	I01
3.1	Bir CO ₂ laserinin prensip şeması.....	I06
3.2	Katı hal laserinin prensip şeması.....	I08
3.4	Ç 1010 malzemeye laser dikiş kaynağı.....	II3
3.5	Laser'le galvanizli sac kaynağı.....	II3
3.6	Odaklanmış laser ışını.....	II4
3.7	Laser kaynağı.....	II4
3.8	A:Normal sistemin odaklanması.....	II5
	B:Laser sisteminin odaklanması.....	II5
3.9	Odak mercekle ayarlanır.....	II6
3.10	Laser kaynağında ısınım derinliği.....	II8
3.11	Eriyen alanın optik noktasına göre değişimi.....	II9
3.12	CO ₂ laseri ile optimum kaynak için minimum güç ihtiyacı.....	I20
3.13	Optikal odak noktasına göre iş parçası yüzeyi.....	I22
3.14	Optikal odak noktasının iş parçası yüzeyine mesafesi.....	I22
3.15	Laser kaynağı.....	I23
3.16	1,5 KW ile çalışan bir CO ₂ laser.....	I24
3.17	1,5KW ve 5 KW'lık laserde hız_derinlik eğrileri.....	I25
3.18	5KW güçlü, iki istasyonlu,CNC,CO ₂ laser tezgahı.....	I25
3.19	Kaynak hızı ile nüfuziyet ilişkisi.....	I27
3.20	Laser ile kaynak işlemi.....	I29
3.21	Optikal odak noktası ve enerji değişimi.....	I30
3.22	Ruby laserin enerji ve pulse süresi.....	I30
3.23	Ruby laser prensibi.....	I31
3.24	Laser kesme tezgahı.....	I31
3.25	Oksijen plazma ve laserle kesme aralıkları ve ısı etki bölgeleri.....	I33
3.26	Çesitli kaynak yöntemlerindeki yol enerjileri.....	I35
3.27	Beş eksenli YAĞ laseri.....	I44

<u>SEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
3.28 Laserle kesilmiş yüzey.....	I44
3.29 Ruby laser prensibi.....	I45
3.30 Laserle kesme işlemi.....	I46
3.31 Laserle yüzey sertleştirme.....	I50
3.32 5 KW 975 miliamper üç eksenli CO ₂ laserle yüzey sertleştirme.....	I51
3.33 Laserle demirli beton kesimi.....	I53
4.1 Bes eksenli huffman laser.....	I60
4.2 He-Ne laser ekipmanları.....	I65
4.3 Spektrofotometre.....	I66
4.4 Laser ışını ayarlama aynası.....	I66
4.5 Hayrex cam laser tüpleri.....	I67
4.6 10^{-6} Torr vakumlu gaz karışımı.....	I67
5.1 ANAEM'de yapılan laser.....	I69
5.2 a: ANAEM uygulamasındaki durum.....	I71
b: Gazların elektriksel boşalması.....	I71
5.3 Boşalma.....	I72
5.4 Resonatör boyu : 2L dir.....	I73
5.5 Laser aynaları ve konumları.....	I74
5.6 Eş merkezli ve düzlem aynalı resonatörde kayıplar kayıpları.....	I77
5.7 Laser uzunluğunun tüp iç çapına oranı.....	I77
5.8 CO ₂ laser (ANAEM).....	I79
5.9 Modüler tasarım.....	I80
5.10 2x60 cm CO ₂ laser.....	I81
5.11 4,8 kv , 2x5 m de laser ışınının etkileri.....	I81
5.12 ANAEM-LAS.1 in sabit basınçta gücün akım ile değişimi.....	I82
5.13 Laser ekseninde dik düzlemde elde edilen yakın alan mod eksenini.....	I83
5.14 Yansıtılmış ışının perdedeki etkileri.....	I83

<u>Şekil</u>	Sayfa
5.15 TEMDO Modun ısı duyarlı kağıtta görüntüsü.....	I84
5.16 ANAEM-LAS.1 laserinin güç kararlılığı.....	I85
5.17 Aynaların diziliş parametreleri.....	I86
5.18 Küresellik durumu.....	I87
5.19 Confocal durumu.....	I87
5.20 Resonatör'de ayna tutucu ve elektrod.....	I87
5.21 İnce dişli vida ile ayna ayarı.....	I88
5.22 He-Ne laser.....	I88
5.23 750 miliamper doğru akım güç kaynağı.....	I89
5.24 Tipik doğru akımlı bosaltım borusu.....	I90
5.25 İki modüllü başka tip bosaltım borusu.....	I90
5.26 Soğutma suyu giriş ve çıkışı.....	I91
6.1 Kaynak uygulaması için tasarlanan laser.....	I94
6.2 Resonatör.....	I95
6.3 Laser başlığı.....	I96
6.4 İş tablası.....	I97

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Laserlerin mukayesesi.....	30
3.1 Katı hal laserinde laser kafaları farklı şekillerin mukayesesi.....	I08
3.2 Laser çeşitlerinin özellikleri.....	I09
3.3 Laser cinslerinin farklı uygulamaları.....	III
3.4 Çesitli metallerin laser kaynağına uygunluğu.....	II7
3.5 Kaynak için kullanılan metodların güç yoğunluğu..	I2I
3.6 Kaynakta CO ₂ laserlerinin uygulama alanlarının diğer usüllerle karşılaştırılması.....	I2I
3.7 Laser kaynağı için uygulama örnekleri.....	I29
3.8 Diğer usullere göre CO ₂ laser kesme.....	I39
3.9 250 W güçlü CO ₂ laser ile farklı malzeme kesimi..	I40
3.10 Laserle saç kesme.....	I43

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

- (Å) Angström : Thomson'a göre bir atomun çapı
1 Å : 10^{-8} cm
- (λ) Dalga boyu: Dalğanın T periyod süresince aldığı yol
- (I) Soğurma Şiddeti
- (IP) İyonizasyon potansiyeli
- (B) Einstein'in indüklenmiş soğurma katsayısı
- (A) Kendiliğinden emisyon için Einstein katsayısı
- (C) Işık hızı
- (No) Taban durumundaki atomların sayısı
- (ν) Frekans
- (h) Planck sabiti
- (He-Ne) Helyum - Neon laseri
- (LASER) Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation
- (MASER) Microwave Amplifier by Stimulated Emission of Radiation
- (S) Atomların enerji düzeyi
- (W) Watt : 1 J/s
- (Y.A.G) Yitriyum Alüminyum Garnet laseri

TEŞEKKÜR

İmalat konstrüksiyon dalında, çağımızın yüksek teknolojisi olan laserler enteresandır. Böylesine güzel bir konuda güvenerek tarafıma bu şansın verilmesi kıvanç kaynağı olmuştur.

Severek, isteyerek araştırdım. Elime her gün yeni bilgiler geçiyor. Tez metni yeterince kabardı. İstemedim bu kadarını toparlamak durumundayım. Laserin teorisinden, tarihesine, Dünya'da ve Türkiye'deki duruma kadar değindim.

Laserlerin, endüstrideki uygulamaları ve kaynak konusu bizi daha çok ilgilendirdiği için üzerinde biraz daha geniş çalışıldı. Ancak; elimizde faal bir laser olmadığı için deneysel değerler sunamıyoruz. Bunun içinde kendi olanaklarımızla yapabileceğimiz bir CO₂ laser tasarımı ve çizimleri hazırlandı. Bunu gerçekleştirdikten sonra deneysel çalışma mümkün olacaktır.

Başta, bu konuda cesaret ve görev veren Sayın Hocam, Prof. Dr. Erdoğan Tıratlı, yakın ilgilerini gördüğüm; Prof. Dr. Fuat Bayrakçeken, Prof. Dr. Selami Kılıçkaya, Erdal Tan ve Doç. Dr. Hamdi Atmaca'ya teşekkür ederim.

Eskişehir 1990

Basri Köşeler

1.0- GİRİŞ

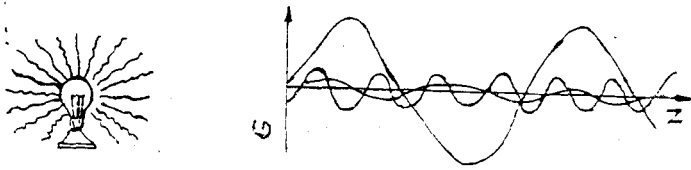
1.1- LASERDEN ÖNCE

Bir kaynaktaki ışığın oluşumu ile ilgili olarak Einstein 1917 de iki tanımlama yapmıştır.⁽¹⁾

1.1.1- Kendiliğinden (Spontane) ışık oluşumu:

Kendiliğinden ışık veren kaynaklar günlük hayatta karşılaştığımız güneş, lamba, soba, mum, çakmak ışığı gibi kaynaklardır. Işığın oluşturulması için özel bir işleme gerek bulunmamaktadır. Sadece; direnç telinin kızarması, petrole kıvılcımın değmesi gibi termik veya gaz deşarj olaylarıdır.

Bu kaynakların ışınları kaynağın türüne göre birbirinden bağımsızdır. Bu ışınlara "in coherent" uyumsuz ışın denir. Her yönde yayılırlar, prizma üzerine düşürüldüğünde dalga boyları birbirinden farklı yedi ayrı renge ayrılırlar. (Şekil- 1.1)

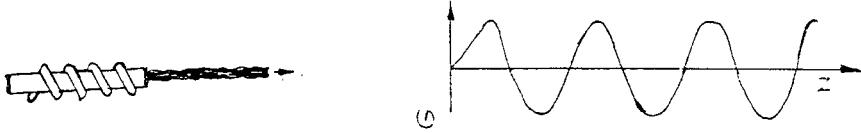


Şekil- 1.1 İncherent ışık türü

1.1.2- Etkime ile (Stimüle) ışık oluşumu:

Etkime ile ışık veren kaynaklar ısı, ışık, elektrik etkisi gibi özel işlemlerle ışık üreten kaynaklardır. Bu tür kaynaklardan elde edilen ışınlar tek renk (Monoromatik) ve tek dalga boyunda (tek frekanslı) dir. Bir prizmadan geçirildiğinde yine aynı renk çıkar.

Yayılan ışık ışınları bir demet halinde ve elektro-magnetik dalga özelliğindedir. Bu şekilde üretildiği kaynağa ve birbirine bağımlı ışınlara "Coherent" uyumlu ışın denir. "Optik ışın" da denilmektedir. (Şekil-1.2)



Şekil- 1.2 Coherent ışık türü

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

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

Fransız fizikçisi Kastler, tahrik edilmiş emisyonun meydana gelmesini sağlayabilecek enerji seviyelerindeki seviye değiştirme imkanlarını ortaya koydu. Bunun neticesi olarak bütün veriler birleşmiş, birinci "Maser" (Amonyak gazlı maser) hiperfrekanslı titreşimlere başlamıştı.⁽²⁾

1.1.3- Etkime ile ışın oluşturulması pompalama veya "Maser"

İlk defa 1955 de Amerika'da gerçekleştirilmiştir. Bu işleminde sadece Hertz çok kısa dalgalarının yükseltilmesi mümkün olabiliyordu. Işık dalgaları bölgesine çıkılmıyordu. O zaman bu sisteme MASER "Microwave Amplifier by Stimulated Emis-

sion of Radiation" adı verildi.

Pompalama ; valans elektronu yerinden koparmak için enerji verilmesidir. Enerji kesildiğinde, tekrar yörüngesine dönen elektron aldığı enerjisine dönüştürerek verir.

1.2- LASER †

Işığın maliyeti ve nasıl yayıldığı konusu yüzyıllardır tartışılmaktadır. Bugün ışığın elektromanyetik dalgalar halinde yayıldığı kabul edilmektedir. Durgun suya atılan taş su yüzünde içiçe halkalar oluşturur. Taşlar ne kadar sık atılırsa halkalar da birbirlerine o kadar yakın olur. Bir dalğanın en yüksek noktasından onu izleyen dalğanın en yüksek noktasına kadarki açıklığa "dalga uzunluğu" denir.(2)

Bu uzunluk, ısı dalgalarında son derece kısadır. Güneş ışığı bir prizmadan geçirilince yedi renge ayrılır, Yani, bu ışık yedi rengin bir araya gelmesinden oluşmuştur.

Yedi renk demek, yedi ayrı dalga boyu demektir. Örneğin, kırmızının dalga uzunluğu 0.000064 santimetre, morunki 0.000040 santimetredir. Turuncu, sarı, yeşil, mavi renklerin uzunlukları da bunlar arasında yer alır. İşte güneş ışığı böyle yedi renkten, yedi ayrı dalga uzunluğundan oluştuğu için bu dalgalar birbirleri ile çatışır ve her yana dağılır. "Laser" ışığında ise bu yedi dalga uzunluğu tek bir dalga uzunluğuna indirilmiştir. Bu ışığın çok güçlü oluşu bundandır. Laser'de bütün renkler kırmızı rengin dalga uzunluğuna getirilmiştir.

Laser ışınının oluşumu; kuvantum teorisiyle açıklanmaktadır. Bu teoriye göre her atom yörüngesinin belirli bir enerji seviyesi vardır. Elektronları bu yörüngeden uzaklaştırabilmek için o yörüngenin enerji seviyesi kadar enerji uygulanması gerekir. Bu etkiye kaldırıldığında elektron aldığı enerjiyi geri vererek yine yörüngesine döner. Bu işlem genel-

likle dış yörünge elektronları üzerinde yapılır.

1958 de Schlow ve Townes "Optik Maser" yani "laser" teorisini buldular.(3) Bu teoride hiperfrekans kavitelerinin yerini Fabry ve Perot'nun optik enterferometreleri alıyordu.

İlk laser, 1960 yılında Kalifornia da, Hugnes Aircraft Company'den T.H. Maiman ve Javan tarafından, optik pompaj (deşarj tüpü) yardımıyla silindirik yakut kristalinden elde edildi.(4)

Maiman'ın buluşu bir raslantı değildi. Maser malzemesi olarak pembe yakut üzerinde uzun çalışmalar yapmıştı. Maiman uyarılan krom iyonlarının birbirine iki enerji düzeyine geçişte bir ışımaya olmadığını bu nedenle bu enerji düzeyinde bir enerji birikmesi olacağını düşündü. Bu enerji düzeyinden taban enerji düzeyine düşen atomların 6940 Angström dalga boyunda bir ışımaya yaptıklarını göstererek ilk katı laseri bulmuş oldu

1960 yılının sonuna doğru Javan- Bennet ve Herrot tarafından Helyum-Neon gaz laser, Sorokin, Stevenson yarı iletkenlerle çalışan laseri bularak laser çağının büyük bir hızla gelişmesini sağladı.

1. Brown, R , 1977

2. Laurent B, 1975

3. Bilim ve Teknik Ağustos 1977

4. Özkan , T 1983 "Mikrodalga"

1.2.1- Laser teorisi (Kuantum mekaniği)

1879 da J.J. Thomson'un elektronun e/m oranının tayini olayı ile başlayan, mikroskopik cisimlerin davranışlarını açıklama çalışmaları; Atom, elektron, proton, nötron gibi tanımların bilim alanında gündeme gelmesine neden oldu. Hem hareketli, hem mikroskopik cisimlerin davranışlarını inceleyen bu araştırmalara kuantum mekaniği denildi. Kuantum elektronu de aynı konuları kapsar. Temelde kuantum fiziğinin detaylarıdır diyebiliriz.

Planck tarafından 1900 de h - planck sabitinin, Einstein tarafından 1904'de foton kavramının ($E = h\nu$) bulunması ile bu mikroskopik cisimlerin hemen her zaman, her koşulda hareket halinde olduğu anlaşıldı.

Daha sonra 1913'de Bohr'un atom modeli buluşu, Rutherford'un protonu keşfi, 1926da Schrodinger'in dalga denklemini çıkarışı gibi gelişmeler olurken bilim literatürüne, foton, fonon nükleon, graviton, spektroskopi gibi pekçok yeni kelime ile birlikte; gözlenebilir, operatör, özdeğer, beklenen değer, ışığın tane görünümü, dalga boyu, maddenin dalga görünümü gibi yeni kavramlar da girmiştir. Her fiziksel olayın kuantumlu bir yapıda olduğu (hem tanecik, hem de dalga özelliği gösterdiği) anlaşılmaya başlanmıştır. Kuantumun kelime anlamı eski yunanca miktarda demektir. Bu alanda en çok kullanılan spektroskopi kelimesi de; Bir kritere göre sıralamada ortaya çıkan dağılım anlamında kullanılmaktadır.

Kuantum mekaniğinde enteresan birkaç buluştan daha söz etmek gerekirse; ilki, birbirlerinden metrelerce uzakta bulunan, birbirleri ile hiç iletişim imkanı bulunmayan iki varlığın bile davranışlarında çarpıcı ilişkinin görülebildiği korelasyon olayında, bunlardan biri üzerinde yapılan bir ölçüm diğeri de aynen görülür. Bu buluş klasik fizikle açıklanamaz,

kuantum fiziğine göre gerçektir. İkincisi, ışığın temel birimi olan fotonun, ya parçacık gibi ya da dalga gibi davranmaktadır. Bir ölçüm yapmadıkça fotonun hangi davranışta olduğu bilinemez; parçacık türü bir özellik görülürse parçacık gibi, dalga türü bir özellik görülürse dalga gibi davranır. Deneysel düzenek belirleninceye dek, fotonun parçacık gibimi, dalga gibimi olduğu belirsizdir.

1.2.2- Kuantum mekaniğinin temelleri

Bu yeni tür deneylerin ve filozofik içermelerinin anlaşılması, kuantum mekaniğinin temel düşüncelerini biraz tanımamızı gerektiriyor. Kuantum mekaniği kuramını tartışırken kullanılan başlıca kavram, kuantum durumu ya da dalga fonksiyonudur. Kuantum durumu, bir fiziksel sistemi olabildiğince geniş kapsamlı olarak belirleyen tüm nicelikleri bir araya toplar. Kuantum mekaniğine göre, bir sistemin tüm nicelikleri aynı anda belirlenemeyeceği için, az önceki uyarımız çok önemlidir. Bir parçacığın konum ve momentumunun aynı anda belirlenemeyeceğini söylenen Heisenberg belirsizlik ilkesi en iyi bilinen örnektir.

Bir sistemin kuantum durumu, yalnızca, bu sistemin üzerinde yapılabilen her deneyin meydana gelecek her bir sonucunun olabirliğini verir. Bu olasılık 1 ise, o sonucun ortaya çıkacağı; 0 ise, ortaya çıkmayacağı kesindir. Oysa, bu olasılık 0 ile 1 arasında bir sayı ise, bir tek deneyin sonucunun ne olacağı söylenemez. Söylenebilecek olan eşdeğer çok sayıda sistemin her biri üzerinde yapılacak belli bir deneyin ortaya çıkabilecek sonuçlarının ortalama sayısıdır.

Örnek olarak, bir foton üzerinde yapılabilecek ölçümleri düşünelim. Fotonun doğrultusu, frekansı ve çizgisel kutuplanması (fotona eşlenmiş elektrik alanının doğrultusu) gibi üç nicelik biliniyorsa, fotonun kuantum durumu saptanmış olur

Kutuplanmayı ölçmek için uygun bir gereç bir kutuplayıcı film yaprağıdır (Kısaca, kutuplayıcı diyeceğiz). Bu ideal filmin, üzerine dik açı ile gelen ve filmdeki geçirme eksenini denenen belli bir doğrultu boyunca kutuplanmış ışığı tümüyle geçirdiği düşünülür. Bu filmin, üzerine yine dik açı ile gelen, ancak geçirme eksenine dik olarak kutuplanmış ışığı hiç geçirmediği düşünülür.

Kutuplayıcıyı çeşitli biçimlerde döndürerek çeşitli deneyler yapılabilir. Foton, geçirme eksenini boyunca çizgisel kutuplanmış ise, geçirilme olasılığı 1'dir. Foton, geçirme eksenine göre dik olarak çizgisel kutuplanmış ise, geçirilme olasılığı 0'dır. Oysa fotonun, geçirme eksenine göre herhangi bir açı yaparak çizgisel kutuplanmış olması durumunda geçirilme olasılığı 0 ile 1 arasında bir sayı (bu özel açının kosinüsünün karesi) olacaktır. Bu olasılık $1/2$ ise, geçiş eksenine göre uygun açı ile çizgisel kutuplanmış 100 fotondan ortalama 50'si geçirilmiş olacaktır.

Kuantum mekaniğinin başka bir temel düşüncesi üstüste- gelme ilkesidir; bu ilkeye göre, bir sistemin iki kuantum durumundan, bunların üstüste getirilmesi ile sistemin başka kuantum durumları kurulabilir. Bu işlem, fiziksel olarak, kurulduğu durumların her biri ile örtüşen yeni bir durum oluşturmak demektir. Bu kavram, bir fotonun, kutuplanma doğrultuları birbirine dik iki kuantum durumunu gözönüne alarak açıklanabilir: Kutuplanma doğrultusunun, bu iki dik doğrultu arasında bir açı ile belirlendiği, herhangi sayıda durum oluşturulabilir.

Yalnız bu iki temel düşünce (belirsizlik ve üstüste- gelme ilkesi) ile, şimdiden, kuantum mekaniğinin sağduyu ile çeliseceği kesindir. Bu sistemin kuantum durumu, sistemin

tam bir anlatımını veriyorsa, bu kuantum durumundaki değeri belirsiz olan bir nicelik nesnel olarak belirsizdir; yani onun değeri, yalnızca sistemin anlatımını yapmaya çalışan bilim adamı için değil, herkes için belirsizdir. Ayrıca, nesnel olarak belirsiz bir niceliğin bir ölçümünün sonucu, kuantum durumu ile belirlenemediğinden ve kuantum durumu simdilik, sistemle ilgili bilgilerimizin tümünü kapsadığından, bu ölçümün sonucu tam anlamıyla bir nesnel şans sorunudur; yani bilim adamınca öngörülebilene bir şanstır. Sonuç olarak, ölçümün olabilir her sonucunun olasılığı bir nesnel olasılıktır. Oysa klasik fizik, bu temel noktalarda sağduyu ile çelişmez.

Kuantum mekaniğinde, sistem ilişkili (correlated) iki parçadan oluşuyorsa, daha da şaşırtıcı içermeler bile ortaya çıkar. Aynı kaynaktan çıkan iki fotonun karşıt doğrultularda birbirlerinden uzaklaştığını varsayalım. Bu foton, çiftinin olabilir bir kuantum durumunu, iki fotonun da bir dikey eksen boyunca çizgisel kutuplanmış olduğu durumdur. Buradaki iki-fotonun her birinin kuantum durumlarında da, yukarıda açıkladığımız tek-foton kuantum durumlarındakilerden başka tuhaflıklar yoktur. Ancak, üstüstegelme ilkesi gözönüne alınırsa, acayip sonuçlar oluşabilir.

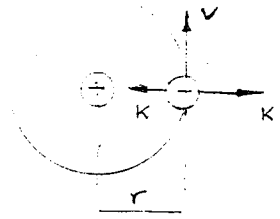
Üstüstegelme ilkesini kullanarak, dikey ve yatay kutuplanmış durumları eşit miktarlarda kapsayan özel bir kuantum durumu kurabiliriz. Aşağıda sık sık karşılaşacağımız bu yeni durumu, Ψ ile gösterelim (Bir kuantum durumunu göstermek için, genellikle Yunan alfabesindeki "psi" harfi kullanılır). Ψ 'in özellikleri gerçekten son derece tuhaftır. Örneğin fotonların yolları üzerine, her birinin ekseni dikey olarak yönelmiş birer kutuplayıcı koyduğumuzu düşünelim. Ψ , dikey ve yatay kutuplanmış durumları eşit miktarlarda kapsadığından, iki fotonun birlikte olarak kendi yolları üzerindeki

kutuplayıcılardan geçirilme olasılıkları $1/2$ 'dir; birlikte olarak tutulma olasılıkları da $1/2$ 'dir. Fotonlardan birinin geçirilip, öbürünün tutulacağı bir sonuç neden oluşmaz? Başka deyişle, bu iki-foton üzerindeki çizgisel kutuplanma deneyinin sonuçları birbirleriyle sıkı sıkıya ilişkili (correlated) midir?

Kutuplayıcı filmler yatayla 45° 'lik bir açı yapacak biçimde yönelmişlerse, sonuçlar yine aynı olacaktır: Ya iki foton da geçirilecek, ya da ikisi de tutulacaktır. Fotonlardan birinin geçirilip, öbürünün tutulduğu bir sonuç oluşmayacaktır. Aslında, kutuplayıcıların yönelişleri ne olursa olsun, çizgisel kutuplama deneylerinin sonuçları yine birbirleriyle sıkı sıkıya ilişkili olur. Her nasılsa, bu iki foton birbirlerinden iyice ayrılmış olsalar ve ikisine de birbirlerinin davranışlarını bildiren bir işleyiş bulunmasa bile, çiftin ikinci fotonu, birincisinin nasıl geçtiğine uymak üzere kendi kutuplayıcısından nasıl geçeceğini "bilir". Kuantum mekaniği, böyle durumlarda, bir görelilik fiziği kavramı olan ve bir olayın etkilerinin ışık hızından daha hızlı yayılamayacağını söyleyen yerellik kavramı ile gelişir.

1.2.3- Atomun ısılması

Elektromanyetik ısılma elektrik yüklerinin ivmeli hareketi sonucudur. J.J. Thomson atomu 10^{-8} cm (10° A) çaplı kürecik olarak tasarlamış ve (+) yükün küre içinde düzgün dağıldığını, (-) yüklerin (elektronların) ise pasta içinde hümlerinin dağıldığı gibi küre içinde yer aldığını ileri sürmüştü. (1897). Sonradan 1911 de Rutherford'un (α) tanecikleri ile altın levhayı bombalaması deneylerinde (+) yükün yaygın değil atomun ortasında bulunduğu sonucuna varılmıştı. Çapı 10^{-12} cm olan atom çekirdeğindeki pozitif yükler, (+) yüklü (α) taneciğini iterler; paralel doğrultuda gelen (α) tanecikleri çekirdeğin çevresinde oluşan elektrik alanında saparlar (Rutherford saçılımı). Saçılımın incelenmesi atomun Güneş sistemi gibi bir görünüşte olduğu, elektronların çekirdek çevresinde türlü yörüngelerde dolandığı sonucuna varırdır. Atom nötr olduğuna göre elektron sayısı, çekirdekdeki proton denem (+) yüklü tanecikler sayısına eşittir.



Şekil-1.3 Bohr'a göre hidrojen atomu

Böyle bir durum modeli hidrojene uygulanırsa şekildedeki durum ortaya çıkar. Çekirdek (+) e yüklü protondur. kütlesi çekirdeğin 1/1850 si kadar fakat yükü çekirdeğin yüküne eşit ve zıt işaretli (-) e olan elektron bulunmaktadır.

Bunlar arasında Coulomb çekimi vardır. Aynı ayrı bulduklarına ve elektronun çekirdek üzerine düşmediğine göre elektron çekirdek çevresinde dolanmaktadır. Bu halde merkezci kuvvet (Coulomb çekimi), merkezkaç eylemsizlik kuvveti ile karşılanır.

$$k \frac{e \cdot e}{r^2} = m \frac{v^2}{r}$$

(v) teğetsel hız, (V = wr), (m) elektronun kütlesidir.

Bu durumda elektronları ivmeli hareket eden atomun elektromanyetik ısıması, çevreye durmadan enerji salması gerekir. Böyle olunca da atomun enerji yitirmesi, yörünge yarıçapının küçülmesi ve sonunda elektronun çekirdek üstüne düşmesi gibi gerçek olmayan bir durum ortaya çıkar.

Bohr, yukarıdaki uymazlığı, 1900 da max Planck'ın ortaya attığı kuantum teorisinden yararlanarak gidermiş aşağıdaki iki postulatı koymuştur.

1- Atom çevresinde öyle yörüngeler vardır ki elektronlar kararlı yörüngeler denen bu yörüngelerde ışımadan dolanırlar. Kararlı yörüngelerde elektronun açısal momentumu mvr , $h/2\pi$, $n = 1, 2, 3, \dots$ olur.

2- Her kararlı yörünge belli bir enerji düzeyine karşılık gelir. Atom ancak elektronu enerji düzeyi büyük olan dış yörüngeden enerji düzeyi küçük olan iç görüneye atlarken ışıtır. Saldığı ışınım enerjisi bu iki enerji düzeyi arasındaki farka eşittir.

$$E_d - E_i = hf$$

Burada (h) planck sabiti $h = 6.62 \cdot 10^{-27}$ erg. sn, (f) ışınım frekansıdır.

1.2.4- Enerji düzeyleri

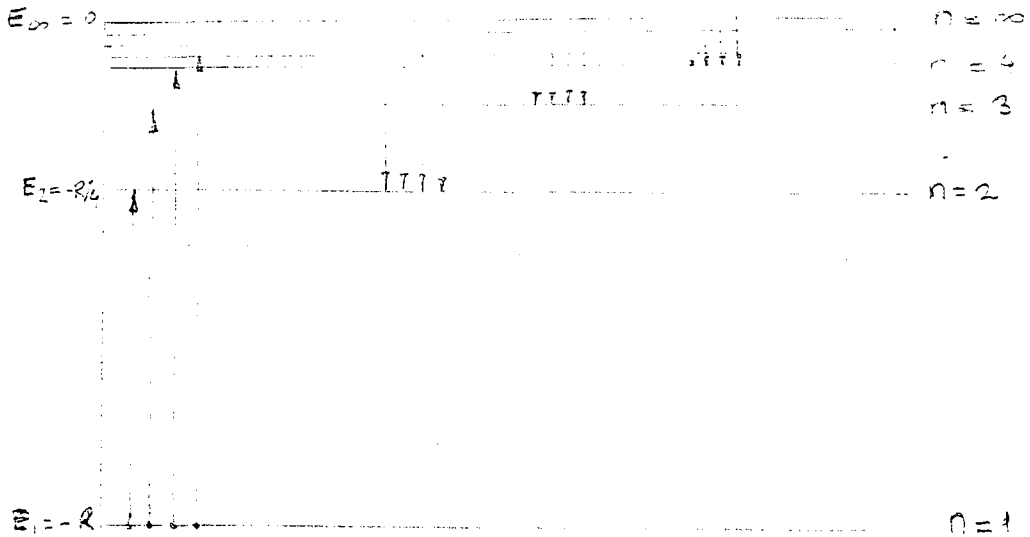
Elektronun enerjisi dolandığı yörüngeye göre değişir. Baş kuantum sayısı (n) olan bir kararlı yörüngede dolanan elektronun enerjisi, o yörüngenin enerji düzeyini belirler.



Şekil-1.4 Hidrojenin enerji düzeyleri

Bu enerji, potansiyel ve kinetik enerjileri toplamına eşittir.

Örnek olarak H atomunun enerji düzeylerini inceleyelim:

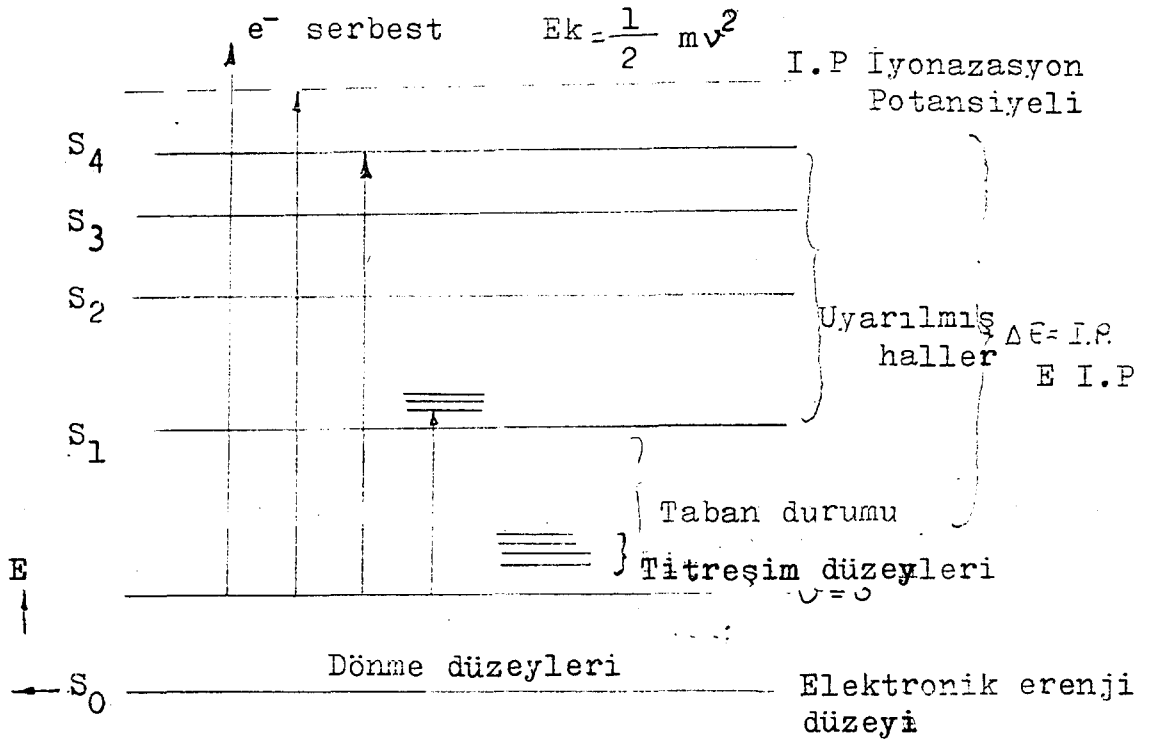


Normal halde (H) atomunda elektron enerji düzeyi en az olan K yörüngesinde bulunur. Atoma ısı, mekanik, elektrik, enerji verilirse, belli değerde olanını alır ve dış yörüngelerden birine atlar. Böyle atoma uyarılmış atom denir. Uyarılmış atomda elektron dış yörüngeden enerji düzeyi düşük olan birine atlar.

$$E_d - E_i = hf$$

tarifine göre belli bir enerji taneciği salar buna foton denir.

Genel olarak başka herhangi bir atomun ışıması ise;



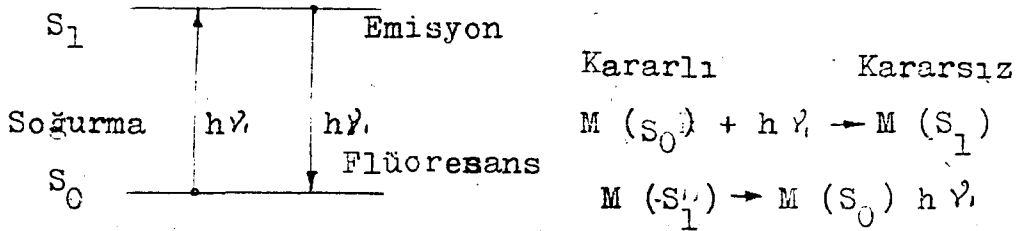
olarak tarif edilir. (M^*) uyarılmış haldir.

1.2.5- Lüminesans, flüoresans, fosforesans

Atomun ışıması için ona kabul edebileceği değerde enerji vermek ve uyartmak gereklidir. Verilen enerji; mekanik, ısı, ışık, elektrik ve kimyasal olabilir. Şeker toz haline getirilirse, mika yaprak haline getirilirse ışıır (mekanik). Bakteriler, böcekler (ateş böceği) yavaş oksitlenme (yanma) sonucu ışırlar (kimyasal). Alçak basınçlı gazlar içinde elektrik boşalma sonucu gaz ışık verir. (elektrik). (H) pembe, (Ne) turuncu renkte ışık salar.

Flüoresans:

Bir maddenin aldığı ışık enerjisinin bir kesimini, dalga boyunu büyülterek geri vermesi olayına denir. Flüorit kristaline beyaz ışık düşürülürse menekşe rengini alır. Olay adını bu kristalden almıştır.



olay şekildeki gibi tarif edilir.

Flüoresansda maddelerin atomları üzerine büyük enerjili fotonlar düşürülürse, bunların bir kesimi soğurulur; bir kısmı cisimden çıkar. soğurulan enerjinin birazı atomların termik hareketlerini artırır ve çoğu uyartıma yarar. Uyarılmış atomda elektron iç yörüngelere atarken ışıır.

Organik maddelerin çoğu flüoresandır. Morötesi ışınlar düşürülen diş yeşil, tırnaklar mavimsi, petrol mavi ışık verir. Tıpta, biyokimyada, adli tıpta flüoresans'ın uygulan-

dışı metodlar vardır. İnsan ve hayvan kanı flüoresandır.

Lüminesans:

Alçak basınçlı gaz atomlarının elektrik enerjisi (elektrik boşalma) ile uyartılması sonucunda ışınması olayıdır. Gaz ve buharların tayflarını incelemeye lüminesansdan yararlanılır.

Fosforesans:

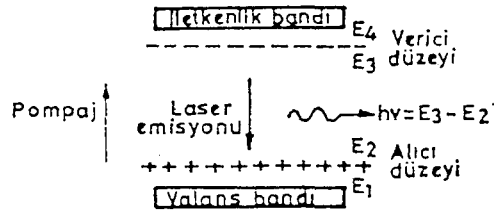
Bazı cisimler uyarıcı ışıktan aldıkları enerjiyi uyarma ortadan kalktıktan sonra bir süre ve başka renkte verirler. Bu olaya fosforesans adı verilir. Işıma süresi bir kaç dakika ile birkaç saat olabilir. Çinko sülfür, kalsiyum sülfür. uyarıcı morötesi ışık etkisinden sonra yeşilimsi ışık verir.

Her üç olayda ışık salma, maddenin sıcaklığı ile açıklanamaz. Bu tür ışığa soğuk ışık denir.

1.2.6- Lazer ışınının oluşumu

Lazer ışınının oluşumunun açıklanması için bir yarı iletken kristalini örnek alalım;

(Şekil- 1.5) de görüldüğü gibi yarı iletken kristalinin valans bandı ile iletkenlik bandı enerji seviyeleri arasında belirgin bir fark vardır. Bu bantların enerji değerlerine E_1 ve E_4 diyelim.



Şekil-1.5 Yarı iletken kristalindeki enerji seviyeleri

İletkenlik bandındaki bir elektronun valans bandına dönerken verdiği enerji $E_4 - E_1$ dir. Bu enerji ışık enerjisi haline dönüşmektedir. Buna ışıma da denir.

Işık enerjisi fotonlar ile taşındığına göre $E_4 - E_1$ fark enerjisine foton enerjisi de diyebiliriz.

Eğer bir elektronun verdiği enerjinin bir foton enerjisi haline dönüşümündeki bağıntıyı yazarsak. Şöyle bir eşitlik yazılır:

$$E_4 - E_1 = hf$$

Burada:

h : Plank sabitidir. Değerli $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Joul/sn dir.

f : Yayılan ışığın frekansıdır. Birimi Hz dir.

Enerji dönüşümü " n " elektronda oluyorsa " hf "in de " n " katı alınır.

Laser ışığını elde etmek için genellikle N tipi veya P tipi kristal kullanılır.

N tipi kristaldeki verici katkı maddelerinin 5. valans elektronları zayıf olduğundan küçük bir enerji etkisinde bu elektronlar serbest hale geçmekte ve kristalin iletkenliği artmaktadır. (Şekil-1.6)de görüldüğü gibi N tipi kristalin valans bandı enerji seviyesi (E_3) iletkenlik bandı enerji seviyesine çok yakındır.

P tipi kristalin valans bandı enerji seviyesini de E_2 ile gösterelim. Bu seviye saf kristalin E_1 valans bandı enerji seviyesine daha yakındır.

Saf kristalde valans elektronları serbest hale geçirmek için daha büyük bir enerji uygulaması gerekmektedir ve ışık enerjisine dönüşümde ise dalga boyları daha büyük olan ışın elde edilmektedir. Katkı maddeli kristallerde ise bunun tersi olmaktadır. Yapılacak şartlanmalara göre laser veya maser ışını elde edilecektir.

Laser veya Maser ışınlarının elde edilişleri sırasında iki aşamadan geçilmektedir.

Birinci aşama, elektronik şartlanmalardır ki, bu safhada toplu bir devinim (inversion) oluşmaktadır.

İkinci aşama, optik şartlanmalardır ki, bu safhada da boşluk rezonansı ile yükseltme sağlanmaktadır. Buna osilasyon da denir.

Şimdi bu iki aşamayı biraz daha açalım.

1.2.7- Toplu devinim

Normal halde valans bandından iletkenlik bandına oranla çok daha fazla elektron vardır. Şayet bir ışık darbesi, bir akım darbesi veya bir elektronik bombardıman ile valans

bandı elektronlarına yeterli derecede enerji verilirse nek çoğu iletkenlik bandına geçecek ve böylece iletkenlik bandındaki elektron sayısı valans bandındakilere göre daha çok olacaktır.

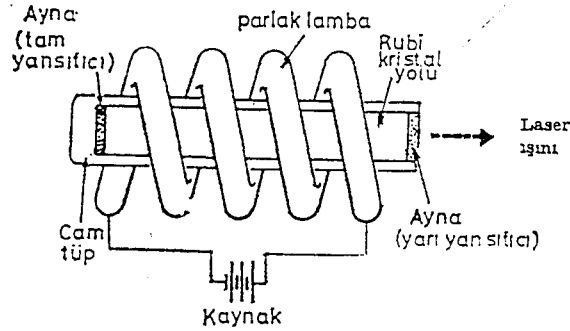
1917 yılında Eistein'in ortaya attığı uyarılmış yayılım teorisine göre, herhangi bir şekilde uyarılmış enerji seviyesinde bulunan bir atom, daha aşağıdaki enerji seviyelerine foton yayarak inebilir. Bu yayılan fotonlar diğer atomlara da çarparak bunları aşağı seviyedeki enerji durumuna indirirler. Bu işlemin önemli özelliği, yayılma esnasında açığa çıkan fotonlar aynı dalga boyunda, aynı uzaysal uyumlulukta ve aynı fazdadır. Rezonans hücresi içinde oluşan bu foton yayılımı ancak belirli bir güce erişince kısmi yansıtmalı ayna tarafından dışarı ışık enerjisi şeklinde çıkar.

Diğer bir deyimle, enerji etkisi altında bırakılan kristalde elektronlar iletkenlik bandı olan E_4 seviyesine çıkmaktadırlar. Bu safha daha öncede belirtildiği gibi pompalama safhasıdır. İletkenlik bandına elektronların toplu devinimi olmuştur.

1.2.8- Boşluk rezonansı (tınısı)

Gigahertz'e kadar olan frekanslar self ve kondansatörden oluşan osilatör devreleri ile elde edilebilmektedir. Daha yüksek frekanslar için yani milimetrik dalgalar için boşluk rezonatörleri kullanılmaktadır. Birkaç yüz mikron boyundaki maser dalgaları ve daha da küçülerek görülebilen spektrumda mavi ötesine ($0,4 \mu\text{m}$) kadar gelen laser ışınları için de, klasik tip boşluk rezonatörlerinden farklı olarak kristalli boşluk rezonatörlerinden yararlanılmaktadır.

Kristal boşluk rezonatöründe, (Şekil-1.6) de görüldüğü gibi, yarım yansıtıcı ve tam yansıtıcı olmak üzere iki yansıtıcı yüzey vardır.



Şekil- 1.6 Ruby kristaline ışık etkisi

1.3- LASER ÇEŞİTLERİ

Laser, bir reaksiyon ortamı içinde laser ışını elde edilen ışık generatörüdür. Laser ışını üretilmek için değişik elemanlar kullanılmaktadır. Hepsinde de prensip aynı olmakla beraber yararlanılan elemana göre adı değişir.

Bir çok şekilde elde edilir.

- Katı cisimli laser'ler,
- Gazlı laserler,
- Yarı iletkenli laser'ler

1.3.1- Katı cisimli laserler

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 uzunluk Maser'ler kafi gelir ve tahrik neticesi emisyon yaratırlar.

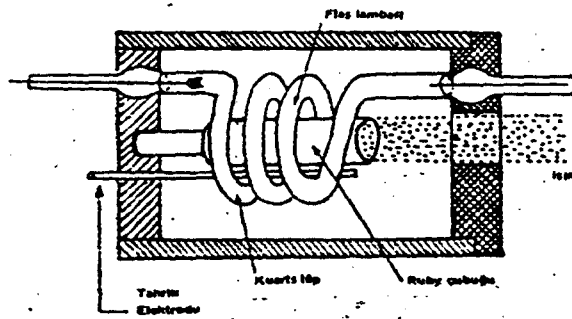
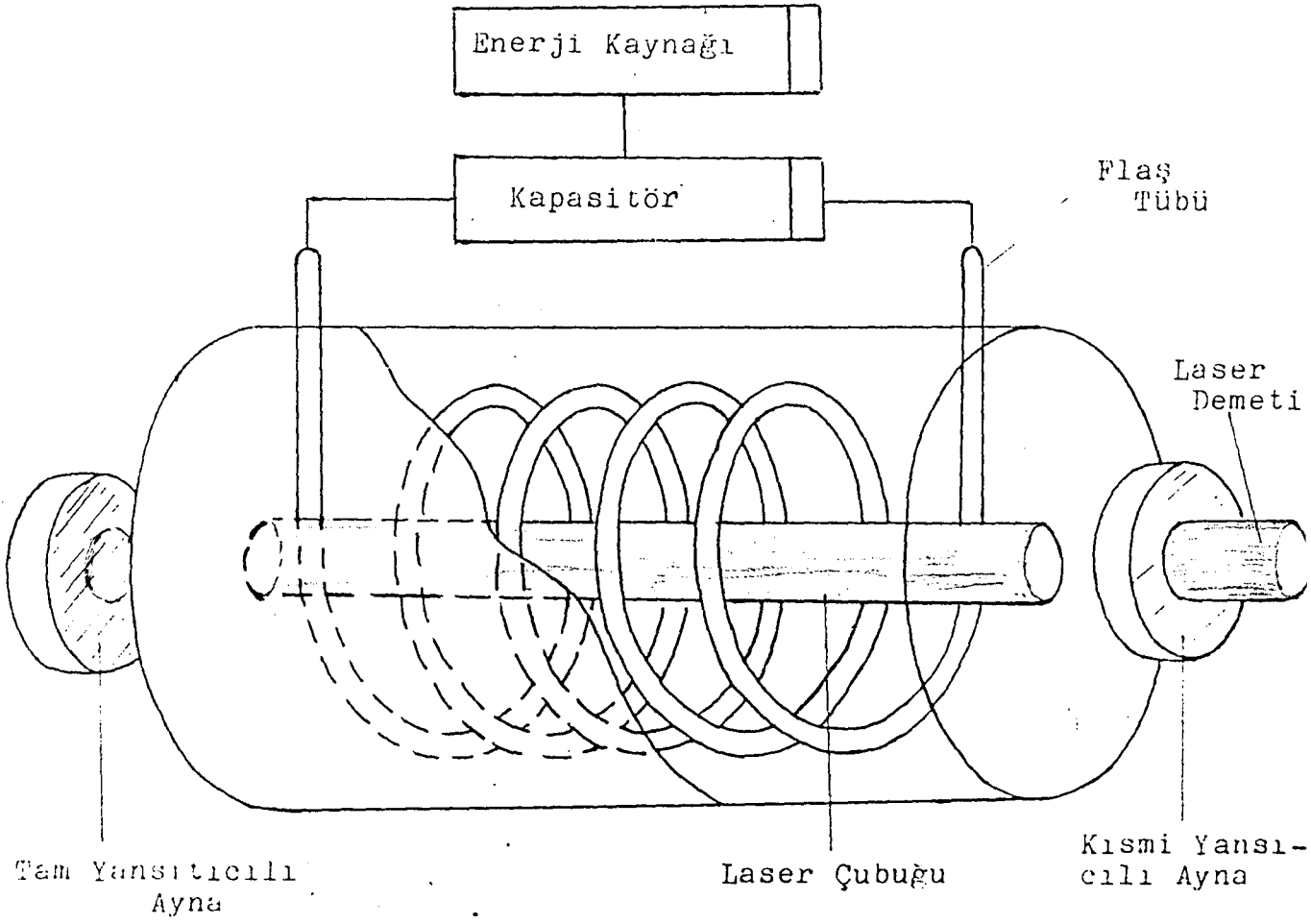
4 cm. uzunlukta, 0,5 cm. çapında bir yakut çubuk, bir laser içinde, etrafı flaş ışığı ile kaplı bir tüp halinde çüzdür ki bu ısıq pompa reaksiyonu vazifesini çürür. Zira bahis konusu ısıq içinde 6943 Angströmlü laser'ler için lüzumlu frekanslar mevcuttur.

Bir yakutun eksenine yerlestirilmis, iki aynadan olusan bir optik ortamın, sağında ve solunda olmak üzere, kristalin herhangi bir noktasında hasıl olacak radyasyon bu isleri yapmaya varar:

- 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 seffaf (% 1) iki ayna arasındaki. yalnız stasyoner dalga sistemine tekabül eden dalga uzunlukları mevcut kalır, ve ısıqların jeneratörden çıkmasını sağlar.

Bu suretle katı laser'in elde edileşi. sistemin empülslerle çalışmasını icabettirir. Empüls ritmi, lambaların sönüp yanış ritminin aynıdır ve Yakutun ısınmasıyle ortadan kalkar.



Şekil - 1.7 Katı hal laseri prensibi

(Şekil-1.7) de rubi kristali kullanarak ışık etkisi ile laser ışınının elde edilişi gösterilmiştir.

Rubi kristali ışık etkisi altında bırakıldığında iletkenlik bandı enerjisi seviyesinde enerji alan valans elektronlar ayrılarak serbest hale geçerler. Sürekli hareket halindeki elektronlardan bir kısmı gerek çarpışma etkisiyle enerjilerini kaybederek, gerekse pozitifiyon halindeki atomların çekme kuvveti nedeniyle tekrar atonlara dönerler. Bu sırada elektronların verdiği enerji ışık enerjisi haline dönüşerek fotonların oluşturur.

(Şekil-1.8) de bir kristaldeki laser ışınının elde edilmiş safhaları gösterilmiştir.

Elektronların rastgele hareketleri ve fotonların oluşumu görülmektedir. Kristalin yan taraflarındaki yansıtıcıdan dönen fotonlar ön ve arka uçlara doğru giderler. Arka uca doğru giden fotonların tamamı tam yansıma ile geri döner. Ön uca doğru giden fotonların ise önce çok az bir bölümü kristalden dışarı çıkar, çoğu yarı yansıtıcıdan geri döner. Böylece yavaş yavaş kuvvetlenen fotonlar birkaç devir yaptıktan sonra gerekli enerjiyi kazanmış olarak kristalin yarı yansıtıcı ucundan topluca çıkarlar.

Fotonların bu şekilde gidiş gelişleriyle enerji kazanmasına osilasyon veya boşluk rezonansı denir.

Gigahertz'e kadar olan frekanslar self ve kondansatörden oluşan osilatör devreleri ile elde edilebilmektedir. Daha yüksek frekanslar için boşluk rezonatörleri kullanılmaktadır. Bir kaç yüz mikron dalga boyundaki maser dalgaları ve daha da küçülerek görülebilen spektrum mavi ($0,4 \mu\text{m}$) kadar gelen laser ışınları içinde, klasik tip boşluk rezonatörlerinden farklı olarak kristalli boşluk rezonatörlerinden

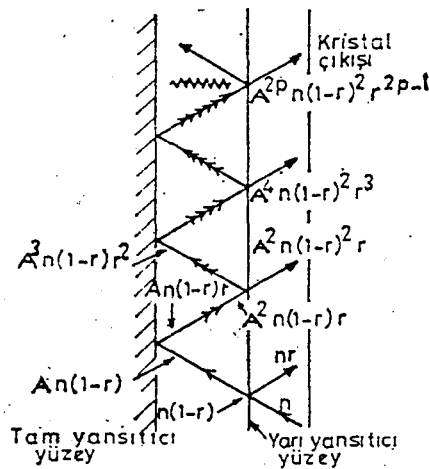
yararlanılmaktadır.

Kristalli bir boşluk rezonatöründe Şekil-1.8 de görüldüğü gibi yarım yansıtıcı ve tam yansıtıcı olmak üzere iki yansıtıcı yüzeyin bulunduğu daha önce de belirtilmişti.

Yüzeylerin yansımaya sabitleri "r" olsun. İki yansıtıcı yüz arasında "r" yansımaya sabitli bir dalga titreşimi başlatılırsa .

Görüldüğü gibi yarı yansıtıcı yüze "n" fotonluk bir ışık dalgası gelmiş olsun. Bunun "nr" kısmı yansıtıcı, "n-nr" yani $n(1-r)$ kısmı tam yansıtıcı yüze doğru devam edecektir.

Boşluk bölgesi yukarıda belirtildiği gibi bir toplu devinim bölgesi olduğundan fotonlar yükselmeye uğrayacaklardır. Yükseltme katsayısı A olsun. Böylece $An(1-r)$ r foton tam yansıtıcıdan yansıtıcıya yansıtacaktır.



Şekil-1.8 Kristalde boşluk rezonansı

Yarı yansıtıcı yüze fotonların ikinci varışında yeni bir devinimde $A^2n(1-r)^2r^2$ kısmı yansıtıcı, $A^2n(1-r)^2r$ kısmı kristal dışına çıkacaktır.

Fotonların P inci deviniminde kristal dairesine çıkan miktarı:

$$A^{2P} n (1-r)^2 r^{2P-1} \text{ olmaktadır.}$$

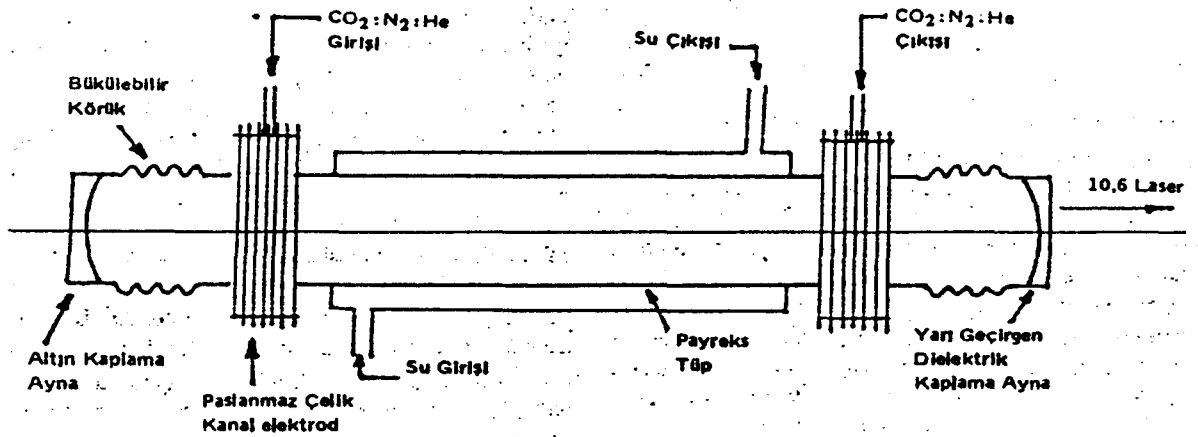
Kristalden çıkan bütün fotonlar aynı fazda ve frekans-tadırlar. Frekans biraz farklı olduğu takdirde amplifikasyona uğramamaktadır. Bu husus laser ışını frekans bandının çok dar ve tek renkli, yönlendirilebilme niteliğinin de çok iyi olduğunu göstermektedir.

1.3.2- CAM LASERLER

Cam laserler ince ve iplikler çubuklar biçiminde yapılır. Cam laserler büyük güçler için uygundur.

1961 yılında ilk defa gerçekleştirilen aktif element olarak Nd^{3+} içeren cam laser, baryum veya yüksek silikatlı camdan yapılmaktadır. Cam laser çubuğunun boyu 130 cm uzunluğa kadar olabilir. Mükemmel optik özelliklere sahip olmasına rağmen, düşük ısı iletkenliği cam laser için bir dezavantaj oluşturmaktadır. Darbeli veya sürekli şekilde çalışmaya elverişlidir.

Cam laser sisteminde 1 m.lik bir laser çubuğunda 4 flaş lambası kullanılarak yaklaşık 3 millisaniyelik darbe süresinde (bu süreler laser çubuğunun uzunluğu ile bağıntılıdır) çubuktan 30 mm. uzaklıktaki odak noktasına 5000 J.lık enerji uygulanabilmektedir. Bu yüksek enerji ve pulse süresinin uzun olması kaynak için aranan bir niteliktir.



Şekil 1.9 CO₂ laser prensibi

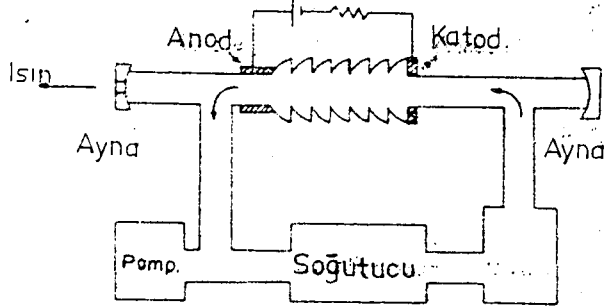
1.3.3- GAZ LASERLER

Gaz laserler en çok kullanılan laser türlerinden biridir. Helium-neon laseri $0,63 \mu\text{m}$ dalga boylu, kırmızı renkli ışın elde edilir. Üretilen ışın demeti çapı 1 mm ile 4 mm arasında değişmektedir. 9,1 mW ile 100 mW arasında güç üretilmektedir.

İlk olarak yüksek ve devamlı güç elde edilen sistem CO_2 ; N_2 ; He laser sistemidir (PANEL 1964). CO_2 laser diğer sistemlere göre verimi en yüksek olanıdır. (% 15 - % 20) Bunun yanı sıra CO_2 laserin dalga boyu 10.6 mikron olması ve bu nedenle kaynak bölgesinde bir yansıma meydana gelmesi CO_2 laser sisteminin bir dezavantajıdır.

Şekilde görülen (Şekil.9) 150 W'lık CO_2 ; N_2 ; He laser sisteminde 0.5 kg/mm^2 basınçta N_2 ve 0.8 kg/mm^2 'e çevirerek basınçta He gazlarının karışımı tüp içine sürekli olarak pompalanır. Bu işlemin amacı, tüp içinde laser olayının meydana geldiği esnada oluşabilecek bozulma ve yığılmaları önlemektir. Tüp su soğutmalı, 2.5 cm. çapında ve 2 m. boyundadır. Bükülebilir iki dirseğe sahip olan tüpün her iki ucuna aynalar yerleştirilmiştir. Aynalardan birisi tam yansıma elde edebilmek için payreks veya çelik üstüne altın kaplama, diğeri kısmi geçiren ve germanyum üzerini yalıtılmıştır. Bu ölçülerde bir CO_2 laser çubuğundan 10.6 mikron dalga boyunda 120 150 W'lık devamlı güç elde edilmiştir.

Genellikle katı durum pulsed laser sistemleri için uygulanan Q-Switched sistemi CO_2 laser sistemi içinde uygulanabilmektedir. Döner ayna Q-Switched sisteminin CO_2 laserde uygulanması sonucunda her saniyede 400 pulse'da 10.6 mikron dalga boyunda 100 KW güç elde edilmiştir.



Şekil - 1.10 Gaz laseri şeması

Gazlı laser'ler teorik olarak katı cisimli laser'lerin aynısıdır. 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 geçiş hasıl 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 hızının istikameti yönlerinden en önemli rolü oynar. Eğer iyonizasyon elektrik deşarjı sayesinde elde edilirse, doğru akımda çalışma imkânı hasıl olur, fakat bu durumda çıkış gücü zayıftır.

1.3.4- Yarı iletkenli laserler

Doğru yönde polarize olmuş bir gallium arseniür diyodunun jonksiyonundan geçen akım vasıtasıyla yaratılan taşı-

Yırcılar çok iyi randımanlı bir bileşik ısıık meydana getirirler. Eğer diyod soğursa ve zerkedilen (İçitilen) akımın yoğunluğu $10^{14}/\text{cm}^2$ gibi bir değere ulaşırca, tek yönlü monokromatik bir emisyon yaratarak laser olayı meydana gelir.

Elde edilen güç, genellikle çok zayıftır, fakat sistemin randımanı elverişlidir. Yalnız, bilhassa bu tip laserler içitilen elektrik akımı vasıtasıyla ve kolayca doğrudan doğruya düzenlenirler.

Asağıda (çizelge-1.1) muhtelif tipten laser'lerin karakteristikleri mukayese edilmiştir. Burada emisyon üç özellikle belirtilmektedir.

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

1- Etraflı irtibat: yayınma yapan alanın faz açısı altında yayınma özelliğidir. Yani, gönderilen dalgaların yayılması bir düzlemdedir. Gönderilen hüzmelerin diverjansı çok azdır ve teorik limiti olan $0-1,22 \frac{\lambda}{d}$ yi bulur. (d: Laser'in çıkış yüzünün çapı) güç gayet büyüktür. Bunun sebeplerini iki kısımda toplayabiliriz:

- Işının gayet direktif olması yüzünden bütün gücü uzayda herhangi bir yere gönderişi,

- Laser darbelerinin birkaç nanosaniye (10^{-9} s) gibi kısa bir zaman içinde bütün enerjiyi toplayabilecek kabiliyette, ani darbeler oluşur.

2- Laser yayını, spektral çizgilerin gayet ince oluşuyla karakterize edilir. Elde edilen ısıık hemen hemen monokromatiktir. Bu hususiyet onu, radyoelektrik dalgalarla aynı sınıfa sokar ve netice olarak, burada da heterodin tipten deteksiyon sistemiyle birlikte çalışacak modüle taşıyıcı-

lı sistemler düşünülebilir.

Laser ışını için kullanılan ilk diyot, (GaAs) galliyum arsenyüre tellür katılarak elde edilen N tipi kristalin $1,25 \times 0,1 \times 0,1$ mm. boyutlarında kesilmesinden sonra üzerine çinko (Zn) püskürtülüp, yayılım yoluyla 10 m. kalınlığında P bölgesi oluşturmak suretiyle elde edilen Pn diyodudur.

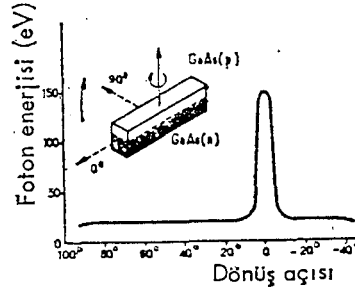
Diyot malzemesinin yüzeyi $1,10^{-4}$ cm² civarında olmaktadır.

Bosluk rezonatörü olarak çalışabilmesi için Pn malzeme yüzeylerinin birbirine göre paralel duruma olmaları gerekmektedir. Ayrıca da optik bir kusuru bulunmamalıdır.

Diyodu aktif hale getirmek için, yani toplu devinim için P-n malzemesine çok şiddetli ve kısa aralıklı akım darbesi verilmekte yani elektron bombardımanı yayılmaktadır. Akım darbeleri ilk zamanlar 10.000 A/cm² iken zamanla bu miktar 100 A/cm² ye indirilmiştir. Darbe müddetleri 10 s civarında ve frekansı da 30 KHz dir.

Bu şekilde darbe akımı etkisi altındaki diyotda büyük eksen boyunca jonksiyona paralel olarak devinen dalgaları diğerlerine göre yükselme bölgesinde daha çok kalmaktadırlar. O halde asıl ışın demetini yaratan bu dalgalardır. (Şekil -1.8). Işın demetinin açıklığı $2,5^\circ$, spektral genişlikleri $0,5 A^\circ$ dur.

Yayılan ışın kırmızı ötesine yakın $8400 A^\circ$ luk bir dalga boyuna sahiptir. Böyle bir diyot ancak $77^\circ K$ 'daki sıvı azot içersinde görev yapabilmektedir.



Şekil- 1.11 Laser diyodunun geometrisi

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

Çizelge- 1.1. Laserlerin güç mukayesesi

Baska yarı iletkenler de kullanılmaktadır.

İndiyum fosfor, 9030 \AA dalga boyunda kızıl ötesi ışın vermektedir. Galliyum arseniyür ve galliyum fosfürden 7000 \AA dalga boyu bir ışın elde edilmektedir.

Şimdi ise galliyum arseniyürden normal sıcakta çalışabilen laser diyotları yapılabilmektedir. Böylece maliyet oldukça düşmektedir. Yeni modellerde aktif yüzey $0,25 \text{ mm}^2$ olup çalıştırma darbe akımı 1000 A şiddetinde, darbe müddeti 10 ns ve frekans birkaç GHz dir. Bu şekilde oluşturulan laser ışınının dalga boyu 8400 \AA dur ve 100 Km 'ye kadar yararlanılabilmektedir.

1.3.5- Yağ laserler

Bu sistemde yine Nd^{3+} iyonu YAG içinde aktif element olarak kullanılmıştır. YAG formülü $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ olan "Yttrium Alüminyum garnet" dir. YAG laserin ilk çalışmalarını J.E. GEUSK (1964), $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ ' nin yanı sıra $\text{Y}_3\text{Ga}_3\text{O}_{12}$ (Y GaG) ve $\text{Gd}_3\text{Ga}_5\text{O}_{12}$ (GdGaG) alasımlarını da kullanarak karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır ve bu çalışma sonunda en iyi sonucun düşük optikal kayıplarla $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$ (YAG)'dan alındığını göstermiştir. Yine Geusic çalışmalarında YAG içindeki Nd oranının % 3'den fazla olduğunda florasan olayının zamanını yaklaşık 200 mik. sn. olarak tesbit etmiş ve Nd oranının %6'nın üzerinde olduğu zaman ise meydana gelen Nd-Nd reaksiyonu nedeni ile florasan süresince bir azalmanın meydana geldiğini görmüştür.

YAG, sert, dayanıklı ayrıca iyi optikal özellikleri ve iyi bir ısı iletkeni olan alasım olduğu için laser üretiminde kullanılmıştır. Fakat bu özelliklerinin yanı sıra $12-13 \text{ cm.}$ den uzun olarak imalatı çok güçtür ve sistem olarak pahalıdır. Laser çubuğu ve flaş lambası altın kaplama bir yansıtıcı küre

içindedir. Küçük boyutlardaki laser çubukları için bu küre yansıtıcılar 10-25 cm. çaplarında olabilir. Çubuklar küre eksenine ve birbirine paralel olarak yerleştirilirler.

YAG laser sistemini tahrik eden üç tip flaş lambası mevcuttur. Bunlar:

a- Tungsten Filament lamba:

3473°C kadar kapasitesi vardır. Genelde düşük güç ve verimde olduğu için laboratuvar çalışmalarında kullanılır.

b- K-Hg Lambası:

Çalışma ısısı 4000°K civarındadır. Bu tip lambalarda aşınma etkisinden ve yüksek sıcaklıktan dolayı safir koruyucu kullanılır. Sistem fazla pahalıdır ve uzun süre yüksek güçte kullanılmaya uygun değildir.

c- Yüksek Basınçta Xe veya Kr ark lambası:

Su soğutmalı olan bu sistemlerde yüksek güçte çalışabilme olanağı vardır. Çift ark lambalı bir sistemde, 1,06 mikron dalga boyunda, 2,54 cm.lik odak uzaklığında $2 \times 10^5 \text{W/cm}^2$ güç elde edilmiştir.

Q-Switched YAG: Nd laser sistemini deneyen SMITH (1965); 2,5 mm. çapında, 34 mm. boyundaki laser çubuğunda 2 KW güç elde etmiştir. Aynı araştırmacı mikro endüstri için pulse süresi en az ısı iletiminde yeterli, saniyede 400 tekrar oranında ve 2 KW güçte olan bir YAG laser sisteminin saniyede 0,254 cm. kesme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir.

1.3.6- Argon İyon Laserler

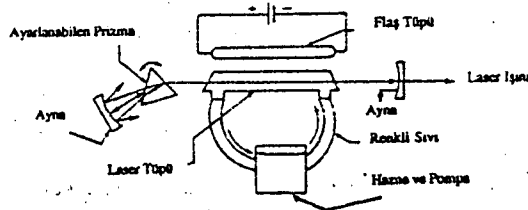
Sistem argon II'nin tahriki için gereken yüksek doğru akıma dayanıklı olacak şekilde özel olarak imal edilmiş bir tüp olmalıdır. Bu tüp segmentlere ayrılmış grafitten veya asınarak delinmeye, yüksek ısı yüklenmelerine karşı dayanıklı olması için BeO'dan imal edilir. Su soğutmalı olan sistemlerde nötr Argonun elektro-foretik etkiler nedeni ile toplanmasını önlemek için gerekli tedbirlerin alınması gerekir. Argon iyon laser ticari olarak düşük güç gerektiren sistemlerde daha kullanışlıdır.

1.3.7- Sıvı Laserler

Sıvı laserinde, ortam olarak bir çözücü içinde organik boya kullanılır. Flaş tüpünün patlaması ile sıvı harekete geçirilir. Bununla boya moleküllerinin enerji düzeyleri yükseltilerek foton üretilir. Bu işlem dahili aynalar geri besleme işlemi yapıncaya kadar sürer.

Atomların tüp içinde gidip-gelme hareketi bir miktar ışığın kısmı yansıtıcı aynadan laser ışını olarak çıkmasına kadar devam eder.

Sıvı laseri ayarlanabilen prizması nedeniyle, özellikle kimyasal analiz işlemleri için uygundur. Ayarlanabilen prizma ile değişik renk ve dalga boyları elde edilir.



Şekil 1.12 Sıvı laser sistemi

1.3.8- Kimyasal laserler

Kimyasal reaksiyon sonucu yeni bileşikler oluşur. Bu bileşikler kendiliğinden uyarılmış olurlar ve laser ışığı verirler. Kimyasal laserler için, Hidrojenflorad güzel bir örnektir. Bu laser, kızılötesi spektral bölgede 20 watt'a kadar sürekli ışık yayabilir. Kimyasal laserlerle yüksek laser çıkışları elde edilebilir.

Yeni çalışmalar; henüz pek geniş uygulama alanları bulunmamış, renk merkezi laserleri, serbest elektron laserleri, organik buhar laserleri üzerinde sürdürülmektedir. Prensipte olarak diğer laserlere benzerler.

1.3.9- Yeni Gelismeler

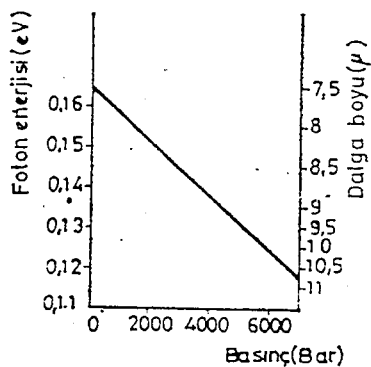
Yapılmakta olan laboratuvar çalışmalarında laser frekansının değiştirilmesi konusu araştırılmaktadır.

Kristal üzerine kuvvetli bir magnetik alan uygulanarak "zaman" etkisi yaratılmaktadır.

Elektrik alanında yayınlanan ışının dalga boyunu bir miktar değiştirmektedir.

Diğer taraftan kurşun hücreleri: PbS, PbSe, PbTe kristallerine uygulanan basınç değiştirilince yayınlanan dalga boyları da değişmektedir. Şekil-1.13 de bu değişim gösterilmiştir.

Bir kaç yarıcı iletken karıştırılarak da dalga boyları değiştirilebilmektedir.



Şekil- 1.13 77° PbSe diyodu dalga boyu

Örneğin: GaP-GaAs karışımı ile olumlu sonuçlar alınmaktadır.

Yeni laboratuvarlarda yapılan deneylerde, elektron bombardımanı ile, ZnS'den mor ışık, CdS'den sarı ışık, CdS₂ den kırmızı ışık elde edilmiştir.

Kristal elektron darbeleriyle bombardımana uğratıldığında, kristale bir akım yayılarak bir n-bölgesi yaratmaktadır. Bu bölgedeki elektron fazlalığı toplu devinim sağlanmaktadır. Böylece kamastırıcı bir ışın yayılmaktadır. Bu husus büyük bir gelişmedir. Zira renkleri farklı olan dolayısıyla da farklı frekansta laser ışını elde edilmektedir.

1.3.3.1- Çok hızlı laserler

Çok hızlı laserler (Ultra hızlı laserler) picosaniye (ps 10^{-12} saniye) veya femtosaniye (10^{-15} saniye) süren ışınlar verebiliyor. Böylece "sonsuz kısa"ya yakın bir zaman dilimindeki olaylar incelenebiliyor. Elektron mikroskobu nasıl hücre içindeki yapı ve olayları açıklığa kavuşturduysa, çok hızlı laserler de atom ve molekül dünyasının kapılarını aralıyor. Ultra-laserler sayesinde çok yavaşlatılmış bir dünyaya yolculuk yapacağız. Bu yeni dünyada, atom ve elektronlar, bilardo toplarının hızıyla çarpışmakta, transistorların yarı-iletken parçalarında elektron dansları fotosentez sırasında ışık enerjisinin kimyasal enerjiye dönüşmesi, maddelerin ışın etkisiyle birbirine kaynaması (füzyon), ısıtılan maddelerin elektron saçması, elektronların zarlardan geçişi, proteinlerin sonsuz titreşimleri ve benzeri olaylar izlenebilmektedir.

Çok hızlı olaylar, femtosaniye aralıklarla yanıp sönen bir cihaz (stroboskop) sayesinde yavaşlatılabilmektedir. Bu yüzyılın insanı saniyenin milyar kere milyonda birinde geçen bir olayı izleyebilecek duruma gelmiştir. Bu konuda bir yarış süregelmektedir. 1969'da Bell Telephone'dan A.J. DeMaria ilk "bloke mod" tipi laseri gerçekleştirerek picosaniye süreli ışın elde etmişti. 1982'de ATT Bell Laboratuvarı'ndan Charles Shank 20 fs (femtosaniye)'ye 1984'te Massachusetts Institute of Technology'den E.Ippen 16 fs'ye, aynı yıl IBM'den D.Grishkowski 12 fs'ye, 1985'de tekrar Shank 10 fs'ye ulaştı. Shank şimdi 5 fs'ye ulaşmak üzeredir.⁽⁶⁾ 1990'da 1 fs'ye ulaşılacaktır. Göze görünen ışığı bundan daha kısa süre vermek olanaksızdır; ancak UV ve x ışın laserleri ile daha kısa süreli ışınlar da oluşturulabilecektir.

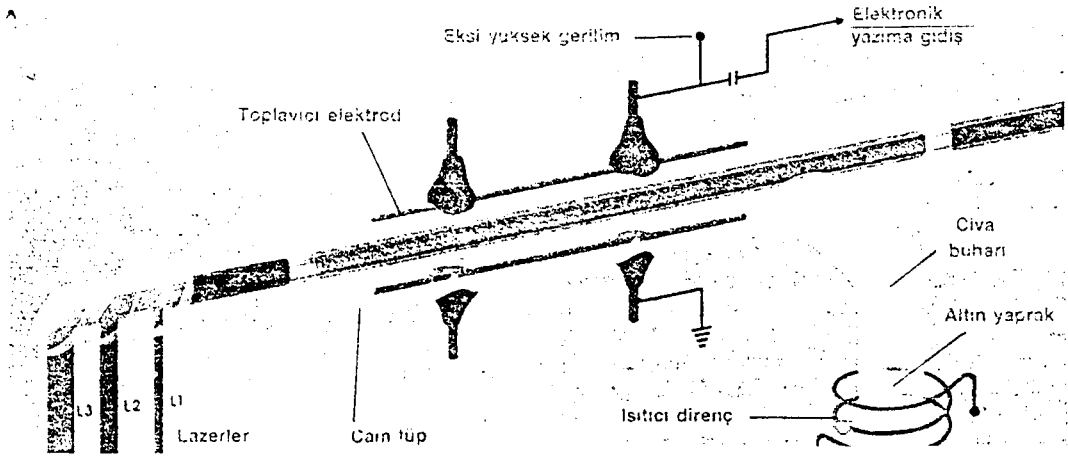
Olayı biraz daha somutlaştıralım. Işık 100 fs'de 30 mikron, yani bir saçın kalınlığı kadar yol alır. Bir atomun en dış elektronları dış zorlamalara fs'den az bir zamanda cevap verir. Molekül titreşimlerinin periyodu 30-40 fs ile birkaç ps arasında değişir. En hızlı transistörlerde elektronlar birkaç yüz fs aralarla şoka maruz kalıp yavaşlar. Elektronların hızı yüksek olmadığından, bugünkü elektronik pek hızlı gelişmemektedir. Gelecekte "tamamen optik" transistörler oluşturulacak, bunlarda elektron akımı yerine fs laserlerin komuta ettiği optik demetler kullanılacaktır. Geleceğin "optik bilgisayarları", optik transistör kullanarak bugünkünün 1000 katı bir hızla çalışacaktır.

1.3.9.2- Gamma Işınlı Laser

Yeni lazer türlerinin düzenlenmesi ile ilgili güncel araştırmaların amaçlarından biri, yayınlanan ışın demetinin dalgaboyunu küçültmek, dalgaboyu sınırını görebildiğimiz mavi ve mor dalgaboylarının ötesine (x- ışınları bölgesine) ve daha da öteye (gamma ışınları bölgesine) çekmektir. Çünkü bir lazerin dalgaboyu küçüldükçe yayınladığı radyasyon, maddenin gitgide küçülen boylarda incelenmesine imkan verecektir. Lazerin uç hali olan gamma ışınlı lazer, yani "graser"⁴ dalgaboyunun atom çapı basamağında olması nedeniyle, atomların görülmesini sağlayabilecektir.

x - ışınlı lazer kurulma aşamasını geçirmiş olduğu halde, graser henüz işin başlarındadır. Gerçekte graser düşüncesi, 1961'den beri, G.C. Baldwin'in ve sovyet araştırmacıların kafasında filizleniyordu. Ortaya çıkan sorunların nereden geldiğini anlamak için, graser'in ilkesinin x- ışınlı

lazerinkinden temelde farklı olduğunu bilmek gerekir. Graser'de, atomları uyarmak ve böylece toplanan enerjiyi hepsi aynı dalgaboyunda fotonlar halinde geri almak söz konusu değildir. Farklı olarak, daha fazla enerji isteyen atom çekirdeklerinin uyarılması gerekir; ama bu durumda da, dönüşte daha kısa dalgaboylu fotonlar ortaya çıkacaktır. Gerçekten çekirdekler de, aynı atomlar gibi, kısa zaman aralıkları için uyarılmış durumlarda kalabilirler; fakat normal ya da temel durumlarına dönerken, gamma fotonları yayarlar.



Şekil-1.14 Gamma ışınlarının elde edilişi deneyi

Las-Alamos laboratuvarında, yazarlarca yapılmış Yukarıda şeması görülen deney, gamma ışınlı lazerin (graser'in) gerçekleştirmesine doğru bir ilk adım oluşturmaktadır. Deneyde, özel bir uyarılmış durumda bulunan ortam çekirdeklerince zenginleştirilmiş bir örnek oluşturulabileceği görülmüştür. Bunun için, temel durumlarında ve radyoaktif durumlarında bulunan civa 197 atomlarını içeren bir altın yaprak ısıtılır. Böylece elde edilen civa buharı, görünür ya da morotest ışınım yayınlanan üç ayrı lazerin ışın demetlerin

den sıra ile geçer. Önce, L1 ve L2 demetleri (dalga boyları sıra ile 254 ve 286 nanometredir; 1 nanometre = $1\text{nm}=10^{-9}\text{ m}$), uyarılmış çekirdekleri çevreleyen elektronlardan birini öyle bir enerji düzeyine çıkarır ki, üçüncü L3 demeti (dalga boyu, 696 nm'dir) bu elektronu kopararak, atomu iyonlaştırır.

Lazer demetinin elde edilişi kuramsal olarak şöyle açıklanır: Çoğu, temel durumda değil, uyarılmış durumda bulunan en az 10^{10} - 10^{14} çekirdekten oluşan bir örnekten yola çıkmak gerekir. Eğer tüm uyarılmış çekirdekler aynı enerji durumunda iseler, bu çekirdeklerin birinin kendiliğinden yayınladığı bir gamma fotonu, uyarılmış ikinci bir çekirdek ile etkileşecek ve ikinci bir gamma fotonunun aynı doğrultuda yayınlanmasını teşvik edecektir (canlandırılmış yayım). Bu iki gamma fotonu da, başka iki fotonun yayınlanmasını teşvik edecek ve bu böyle sürüp gidecektir.

Bu canlandırılmış yayım ilkesi, gerçekten, bilinen lazerlerdekinin tam aynıdır. Bununla birlikte, bilinen lazerlerde, elektronları belli bir enerji düzeyinde bulunan atomların elde edilmesi sırasında özel sorunlar ortaya çıkmasa bile (örneğin, yayımlama ortamında bir elektrik boşalımı uygulamak ya da bir kimyasal tepkime oluşturmak), çekirdeklerle çalışırken oldukça önemli sorunlar meydana gelebilir. Gerçekten, bir çekirdek ilk olarak bir gamma ışını yayınladığı zaman, bu fotonun enerjisinin bir parçası yayınlayıcı çekirdeğin geri tepme kinetik enerjisi biçiminde kaybolur (bir silahın, ateşlendiği zaman geri tepmesi gibi). Ayrıca, gamma fotonunu yutan çekirdek de, ilk çekirdeğinki ile aynı küçük enerjiyi soğurarak geri tepir. Sonuçta, kalan enerji, ikinci bir gamma fotonunun yayınlanmasını teşvik etmeye yetmez. Bu geri tepme etkisi, bilinen lazerlerde de vardır; ancak, kalan enerji de elektronları uyarmaya yeterlidir.

Gamma ışınllı lazerdeki bu güçlüğü çözebilmek için yapılacak çok iş vardır. Örneğin, graser yapımına en uygun gamma ışınları yayınlayıcı maddenin ve onun yerleştirileceği konak - kristalin bulunması gerekir. Gamma ışınlarının yitmesini önlemek için, radyoaktif çekirdekleri kusursuz bir kristale yerleştirerek, enerjiyi etkin biçimde yönlendirmek gerekir. Böylece gamma ışınlarının kristal örgünün düzlemlerinden yansması ile enerji yitiği önemli ölçüde azalır. Bu düşüncüyü sürdürerek, gelen ışınımı yönlendirmek için, birkaç angström (1 angström 10^{-8} cm) kalınlıklı çok sayıda katmanın üst üste yerleştirilmesi ile elde edilmiş yapay yapılar olan üstün-örgülerin kullanılması yoluna da gidilebilir.(7)

6. ASLAN Selçuk Doç.Dr. Bilim ve TEKNİK Eylül 1988

7. GÜR Hanaslı Dr. D YER l. Peggy - BALDWIN C.George

La Recherche'den Bilim ve Teknik Şubat 1988

1.3.9.3- Laserle. "Düşünen bilgisayar"

Dr. Alex Zsabo'nun bu buluşu maddenin ve ışığın temel fiziksel özelliklerine dayanır.(8)

Işık ve maddenin etkileşimi, atomik düzeyde daha karmaşıktır. Bir atomun, kesikli yörüngelerde veya enerji düzeylerinde bulunan elektronlarla kuşatılmış bir çekirdekten oluştuğu düşünülebilir. Bir elektrona tam doğru miktarda enerji verilirse, elektron, süreçteki uyarıcı enerjiyi soğurarak, daha yüksek bir enerji düzeyine atlayacaktır. Fakat bu elektron, daha yüksek enerji düzeyinde kararsızdır. Elektron, kendi taban durumuna veya başlangıç enerji düzeyine geri düştüğünde, soğurduğu enerjiyi ışık biçiminde geri verir. Bu ışığın tam frekansı, bu iki enerji düzeyi arasındaki farka bağlıdır. Bu olayın günlük yasantımızdaki örneğini görebileceğimiz flüoresan lambalarda elektrik enerjisi, elektronları daha yüksek bir enerji düzeyine çıkarır ve elektronlar geri düştüklerinde ışık yayınlarlar.

1960'lı yıllar boyunca, laserler konusunda ilk öncü çalışmaların çoğunun yapıldığı Birleşik Amerika'daki Bell Laboratuvarı'nda (Bell Labs) atılmıştır. Laser, uyumlu veya eşsevrelili, tek frekanslı ve şiddeti yüksek bir ışıktır. Bir laser ışığı, içinde arı bir gaz, örneğin hidrojen bulunan bir kaba gönderilirse, gaz moleküllerinin seçimli bir sınıfının, hemen dar frekanslı bir ışık yayınlamağa başladıkları, Bell Labs'da bulunmuştu. Gazın yayınladığı bu laser ışığı hız vektörleri aynı olan gaz moleküllerinden oluşur.

Gerçekte gaz atomlarının içinde olanlar, laserin tam doğru enerji miktarını sağlaması ile, seçimli bir hız vektörü olan atomlardaki elektronların daha yüksek bir enerji düzeyine geçmeleridir. Bu elektronlar kendi taban durumlarına geri döndükleri zaman, bu enerjiyi ışık olarak salarlar.

1960'lar boyunca Bell Labs'da yapılan çalışma, laserin gazlarla etkileşmesinin anlaşılmasını sağladıysa da hiç kimse 1970'e dek, katılarla benzer deneylere girmedi: Bu tarihte Alex Zsabo, atmalı bir yakut laserinden çıkan ışığı bir yakut kristaline düşürdü ve ortaya çıkan flüoresansı gözlemledi. Böyle deneyler daha önce yapılmamıştı, çünkü kuramsal çalışmalar fizikçileri, gazlarla elde edilen sonuçların katılarda elde edilemeyeceği varlığına götürmüştü. Yaygın olan bilimsel inanışa uygun olarak, bir laserin iyice odaklanmış enerjisi bir kristalin içine gönderildiğinde, frekanslar dağılacaktı ve yalnızca bir geniş-kuşak flüoresansı gözlenecekti.

Dikkatli incelemelerden sonra Zsabo, geleneksel bilimsel kanının yanlış olabileceğine ve deneyin girişilmeğe değer olduğuna karar verdi. Kendisi, "bunun çok güç olduğunu" anımsıyor ve sunuları anlatıyor: "Yakut ışığının çakma süresi olan bir milisaniyede tüm deneyi yapmak gerekiyordu. Fakat işlerin ilk yapışta iyi gitmesi, beni sevindirmeye, şasirtmağa ve korkutmağa yetti (çünkü bilimsel çalışmaların alışılmış gidisi böyle değildir.) Çılgın gibiydim; çünkü deney tam düşündüğüm gibi işlemişti. Yakut laseri, çok yakın iki frekansta çalışıyordu. Laseri yakut parçasının üzerine çıktığım zaman, laserin durmasından birkaç milisaniye sonra flüorensans gözleniyordu ve iki frekansda yeniden ortaya çıkıyordu. Başka türlü söylenirse, her frekans özel bir iyon sınıfını uyarıyordu."

Bu gözlem Zsabo'ya aşırı yüksek çözme güçlü renkli fotoğraf benzerliğini düşünürdü. Tıpkı bir fotoğraf kartı üzerine renklerin kaydedilmesi gibi, yakut da, ışığın çok dar ve yakın frekansının toplayabiliyordu. Bundan başka Zsabo, elektronların uyarılmış durumda bulunduğu deneylerde, aynı frekanslı laser atmaları için, yakutun saydam olduğunu da buldu. Yakut, ışığı soğurmak yerine, onu geçiriyordu. Olay büyütücü bir mercek ile odaklanan güneş ışığı ile bir kağıt parçasını yakarak delik açmak ve sonra ışığı bu delikten geçirmeğe benzer. Zsabo, tam yerinde olarak, bu olaya "optik delik yanması" adını vermiştir. Bi fotoğraf filmi, gerçekten kaba bir bellek türü olduğuna göre, buna benzer: fakat delik yanması ile yapılabilmiş olan aşırı yüksek çözme güçlü belleğin güçlü ve inçelikli bir bilgisayar belleği yapmak için kullanılabileceğini düşünmüştür.

1.3.9.4- Laser'de Optoelektronik

Japonya, 1987 yılında büyük bir teknolojik gelişmeyi gerçekleştirdi. Söz konusu gelişme, ülkenin en büyük elektronik firmalarından Matsushita Electric'in, dünyanın mavi ışık yayan ilk yoğun laserini üretmesiyle kaydedildi. Bu yeni laser ışığının dalga boyu, önceki yoğun laserlerinkinin yarısı kadardı; bu sayede ışık, çok daha ince bir duyarlılıkla daha küçük data çukurcuklarının okunabilmesini sağlayacaktı. Matsushita veya daha iyi bilinen ticari isimleriyle National ve Panasonic, bu aletle çok ilgilendi; Çünkü datanın optik olarak okunduğu kompakt (yoğun) disklerde veya diğer depolama ortamlarında daha yoğun bilgi saklamayı hedef alıyorlardı.

Yakın zamana kadar, optoelektronik sahasındaki araştırmacılar hep başkalarının fikirlerini geliştirmeye çalıştılar. Fakat o günler geride kaldı. Yoğun mavi laser, Matsushita Optoelektronik laboratuvarı'nda bu yıl elde edilen ürünlerden yalnızca biri. Söz konusu firma, 1988 yılında teknoloji araştırma ve geliştirmesi amacıyla 1,3 milyar ingiliz sterlini (bu İngiltere'nin bir yıllık toplam elektronik endüstrisi hacminde biraz azdır) harcamayı planlıyor. Firma, bu araştırmalarında yalnız değil. Japonya optoelektronikten yeni araçlar üretilmesinde dünya çapında liderliği elinde bulunduruyor ve şimdi gayretli bir hükümet ve zengin şirketler desteğindeki bilim adamları, daha temelli araştırmalara yöneliyorlar.

En yakın hedeflerin başında, fiber-optik şebekeleriyle yüksek hızlı iletişim teknolojisi için gerekli olan bilgisayar donanımının geliştirilmesi geliyor. Uzun vadede bu araştırma, insan beynine benzer bir sistemle çalışacak olan yeni bir nesil bilgisayarın, "nöro bilgisayar"ın yolunu açabilir.

Osaka'daki Matsushita Araştırma Laboratuvarı, dünyaca üne sahip Thomas Alva Edison'un şöhretine erişmeyi planlıyor. Firma, haklı bir ün kazanmanın yolunun, yeni teknolojiler geliştirmekten geçtiğini ispatlıyor. Laboratuvar araştırma görevlisi olarak yaklaşık 1500 araştırma görevlisi istihdam ediyor. Bunlardan 400 kadarı yarı iletken araştırma grubundan olup, 16 megabitlik hafıza çipleri bu grubun ilgi sahasına giriyor.

Optik bilgisayarın lider adaylarından biri de, bu tekniği bilgi işlemde önce telekomünikasyon sahasında uygulayan Fujitsu firması. Firma, Japonya'nın haberleşme sahasındaki öncülerinden biri ve dünyanın da en büyük 4. bilgisayar üreticisi. Gelirinin %9'unu gelişme ve araştırmaya ayırıyor; hedefleri arasında ise, ileri optik cihazların ve yeni bir nesil bilgisayarın geliştirilmesi var. Fujitsu'nun gayretlerinin ilk meyvesi, geçtiğimiz Mayıs ayında piyasaya çıkan "optik şalter".

Firma, cihazın, mevcut dijital şalterlerden 50 kat daha hızlı olduğunu ve ileride süper hızlı optik bilgisayarların geliştirilmesinde büyük rol oynayacağını söylüyor. Cihaz üç temel yeniliğe sahip: Şalterin kendi, doğru zaman aralığını beklerken sinyali saklayacak ir hafıza ve bu iki kısmı birbirine bağlayan fiberoptik düzenek. Şalter, iki dalga kılavuzundan oluşuyor. Hafıza ise 130 picosaniyede karşılık verebilen iki sabit halli yarıgeçirgen bir laser diyot. Her biri saniyede 512 megabitlik bilgi taşıyan 8 birimi paralel olarak bağlayan mühendisler, saniyede 4 gigabit taşıyabilen bir "telemünikasyon otoyolu" oluşturdular. Bu yolla, 32 ayrı video kanalının iletimi sağlanabiliyor.

Fujitsu, optik şalterleri yeni nesil iletişim şebekelerinde bilgi aktarımında kullanmayı planlıyor. Bu teknoloji, kablolarla her tarafından sarılmış dünyamızın yükünü azaltacak; bilgi aktarımı, çift yönlü video kanalları ve daha pek çok hizmet, tek bir fiber-optik hattıyla evlere ve işyerlerine ulaştırılabilecek. Uluslararası organizasyonlar, bu tür şebekeler için standartlarını çoktan hazırladılar bile.

Elektronik cihazların elektrik devrelerinde yol açtığı sıkışıklığı optik şalter çözecek. Günümüzün en hızlı fiber-optik şebekeleri saniyede 1,6 gigabitlik data taşıyabiliyor. Normal şalterler bu sinyali alabilmek için, hızı saniyede 16 megabite düşürmek zorundadırlar.

İşin en heyecan verici yanı yüksek hızlı telefon şebekelerinde kullanılan teknolojinin optik transistörlerle de adanabileceği ve sonuçta optik mikroişlemcileri de içine almasının mümkün olabileceğidir. Murakami, optik bilgisayar teknolojisinin optik telefon sistemine dayanılarak geliştirileceğini söylüyor: "Bir optik şalter sisteminde hafıza, optik bir transistör fonksiyonuna çok benzemektedir". En önemli fark ise elimizdeki optik şalterlerin elektronik kontrol sinyalleriyle işlemesidir. Gerçekleşip gerçekleşmeyeceğini kesin bilmiyoruz ama, optik bilgisayarın en cazip tarafı, iletkenlerde elektronlardan daha hızlı hareket edebilen fotonların sağladığı sürattir. Fakat daha da önemlisi, ışığın, insan beynine benzer bir bilgisayarın yolunu açmasıdır.

Nörobilgisayarlar da gelişmeler:

1988 Mart ayında, Tsukuba'daki Uluslararası Ticaret ve Endüstri Başkanlığı, Endüstri Ürünleri Araştırma Enstitüsü'nde bir grup araştırmacı, optik bilgisayarların ilk prototipini

gelistirdiklerini açıkladılar. Söz konusu bilgisayar, tanıdığı kalıplarla kıyaslayarak şekilleri tanıyabiliyordu. Üç ay sonra Mitsubishi Elektrik Merkez Laboratuvar da bir nörobilgisayar prototipi geliştirdiğini söyledi. Makina 32 suni nörondan oluşuyordu ve hafızasında yüklü olan karakter şekilleriyle kıyaslayarak alfabe harflerini tanıyabiliyordu.

Dijital bilgisayarlar en basit karakterleri karşılaştırmakta dahi güçlük çekerler. Bir optik araç, elyazısı gibi düzensiz karakterleri bile bilinen kalıplarla en iyi ve hızlı bir şekilde karşılaştıracılır. Psaltis, nörobilgisayarın elektronik bir hayvana dönüşeceğini söylese de şimdilik optik bilgisayar ve elektroniğin bu gibi teorileri sadece bir vaat-ten ibaret.⁹

Japon hükümeti, uzun süreden beri optoelektronik önemli bir teknoloji olarak görüyor. 1981 yılında Uluslararası Ticaret ve Endüstri Başkanlığı, özel firmalarla ortaklaşa olarak birleşik optik devreler geliştirmek amacıyla Optoelektronik Birleşik Araştırma Laboratuvarı'nı kurdu. 1970'lerde Japon telekomünikasyon otoritesi NTT, Amerika'dan fiber-optik almayı reddetti. Bunun yerine yerli kaynaklar bulmak için firmaları organize yoluna gitti. Hazır olduklarında hükümet pazarı açtı ve japon firmaları başarılı birer fiber-optik ihracatçısı oldular. Hatta patent hakları üzerinde yabancı firmalarla anlaşmalara girdiler.

Amerika'da optik bilgisayarlar:

Amerikan yetkilileri bu olayı, Japonların bir teknolojiyi önce taklit edip, daha sonra nasıl koruduklarına bir delil olarak gösteriyorlar. Bu doğru olsun veya olmasın, Japonlar bugün optoelektronikte dünyaya liderlik yapıyorlar.

9. Psaltis: Optik bilgisayarların öncülerinden, California Üniversitesinde Dimitri Psaltis.

Büyümenin bir kısmı, tüketici elektronik endüstrisinden kaynaklanıyor. Kompakt disklerin basırsı, her Japonun evine bir laser koymuştur. Diğer bir itici güç ise telekomünikasyon. Japon iletişim otoritesi NTT, tüm ülkeyi yakın bir gelecekte fiber-optik şebekeleriyle kaplamaya hazırlanıyor. Enterge şebeke sistem adı verilen sistemin yüzyılımızın sonunda optoelektronik endüstrisine 8 milyar sterline mal olması bekleniyor.

ABD Bell Laboratuvarı'nda Alan Huang veya "Bay Optik Bilgisayar", Japon araştırmacıların optoelektronikte yaptıkları atılımı kabul ediyor: "Transistorlardan her yönüyle faydalandılar; şimdi de gözlerini optiğe diktiler". Fakat Huang, bu sahada kendi de çalışmaya başlamakla önemli bir savaşı da başlattı.

Huang, bilgisayarda elektronik yerine optik kullanmaya karar veriyor. Elektronik sinyallerin aksine, optik sinyaller, taşıdıkları dataya zarar vermeden birbirleri içinden geçebilirlerdi

Optik bilgisayarlar üzerindeki çalışmaların çoğu, şimdi optik şalterlere yöneltilmiş durumda. Fakat bir başka alternatif yaklaşım ise, optik bilgisayar ve salteri bir arada götürmek.

Buna rağmen Huang, bunun iyi bir fikir olduğunu düşünmüyor. Aksine uzun vadede dijital tekniğin daha verimli ve esnek olduğuna inanıyor. Huang'a göre analog optik bilgisayarlar, yapılarına uygun problemleri çok hızlı çözebilse de değişik tip sorular karşısında cevapsız kalabilirler ki, bu özellik en büyük analog işlemci olan insan beyni için de geçerlidir.⁽¹⁰⁾

1.3.9.5- Laser Hız Ölçeri

Akış ölçümünde çok çeşitli aletler kullanılmaktadır. Bunların içinde en yaygın olarak kullanılan akış ölçerler, dayandıkları tekniklere göre şöyle sınıflandırılabilir:

- 1- Basınç farkı ölçümüne,
- 2- Değişken alan prensibine,
- 3- Sıvı seviyesi ölçümüne,
- 4- Elektromagnetik etkilerin ölçümüne,
- 5- Isıl etkilerin ölçümüne,
- 6- Işık saçınımı ölçümüne dayalı akış ölçerler.

Birinci grupta yer alanlar, en yaygın olarak kullanılan akış ölçüm cihazları olup, ölçüm yapılacak ortamın içine yerleştirilir. Basit olmalarına karşın, yarattıkları basınç düşmesinin büyük bölümü sürtünme ile kaybolmaktadır.

Değişken alan prensibine göre ölçümde amaç, akışın gerçekleştiği kesit alanını değiştirerek, basınç farkını sabit tutmaktır. Rotametre, bu teknikle akış ölçümünde en yaygın kullanılan cihazdır.

Sıvı seviyesi ölçümü, açık kanallarda akan sıvılarda kullanılan bir yöntemdir.

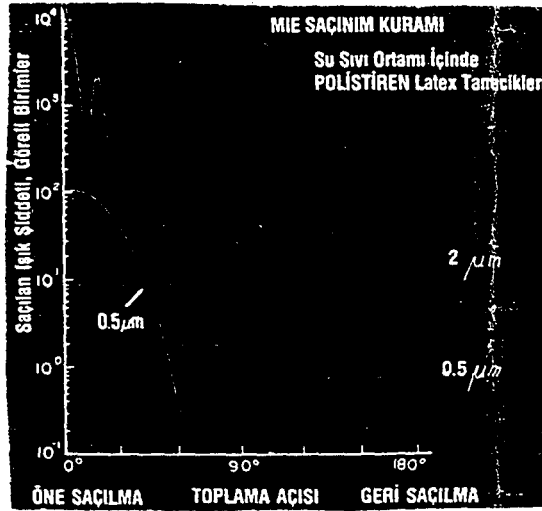
Manyetik akış ölçümü, elektrolitik bir akışkanın manyetik alandan geçerken oluşturduğu potansiyelin saptanmasına dayanır. Bu teknik, diğer ölçüm yöntemlerinde çökme olasılığı olan süspansiyon vb. ortamlar için elverişli olup, akışın içinden geçtiği borunun, ölçümün yapıldığı bölgede akışkandan daha az iletken olması gerekliliğiyle sınırlıdır.

Elektrikle ısıtılan bir tel üzerinden bir gaz akışı olursa, tel soğur ve elektriksel iletkenliği değişir. Değişim miktarı gaz debisi ile orantılı olduğundan, değişimin saptanması ısıl etkilerin ölçümüne dayalı bir tekniğe imkan sağlar. Sıcak-tel-anemometresi olarak adlandırılan cihaz

bu tekniği kullanır ve sıcaklık dolayısıyla hız değişimlerinde hızlı tepki verdiğinden, türbülans karakteristiklerinin ve gazlarda karışma hızının saptanmasında önem kazanır.

Işık saçınımı ölçümüne dayalı akış ölçümü, Doppler etkisi olarak adlandırılan, kaynak ile gözlemcinin göreliliği hareketli olduğu durumlarda ışık ve ses kaynak frekansı ile, saçınan frekans arasında belirli bir kayma olması ve bu kaymanın göreliliği hareket (hız) ile ilişkili olmasından yararlanır.

(Şekil- 1.15)



Şekil-1.15 Doppler etkisi

Doppler etkisi, ismini 1803-1853 yıllarında yaşamış Avusturyalı matematikçi ve fizikçi Christian Johann Doppler'den alır.

Doppler etkisine günlük yaşamda izlediğimiz en tipik örnek, uzaktan gelip, hızla yanımızdan geçerek yine uzaklaşan bir trenin düdüğü sesindeki frekans değişimidir. Tren düdüğü aynı düdüğü. Çıkardığı ses aynı frekanstaki ses olmasına karşın, gözlemcisi olarak bize, uzaktayken kalın, giderek incelen, tekrar uzaklaştıkça kalınlaşan bir ses gibi gelir.

Ancak, Doppler etkisinin en kullanışlı olduğu alan astronomidir. Birbirine çok yakın, hatta en güçlü teleskopla ayırt edilemeyecek ölçüde yakın yıldızların, yörünge hareketlerinin farklılığı ve dolayısıyla, dünyadan uzaklaşma veya dünyaya yakınlaşmaları durumuna göre ayrı yıldızlar olduğu Doppler etkisinin yarattığı frekans kayması dolayısıyla, ışık renginin değişmesinden anlaşılmaktadır.

Doppler Hız Ölçeri

Doppler Hız Ölçeri ölçüm ortamına doğrudan girmeden, hız bileşenlerinin ayrı ayrı ölçülmesini sağlayan, sıcaklık, yoğunluk ve kompozisyon değişimlerinden etkilenmeksizin ve kalibrasyon gerekliliği olmaksızın hız ölçümü yapan bir cihazdır. Ölçümün hassasiyeti kaynaktaki ışımının dalgaboyu spektrumu ile ilgilidir. Bu nedenle laser teknolojisinin optik cihazlarda kullanımının sağladığı gelişme, Doppler velosimetrelere de yansımış, günümüz Doppler hız ölçerlerinde artık monokromatik ışık kaynağı olarak laser kullanılmaya başlanmış ve bu nedenle de "Laser Velosimetresi" adı ile de anılır olmuşlardır.

Tipik bir Laserli Doppler hız Ölçer Sistemi aşağıdaki birimlerden oluşmaktadır.

- Laser ışık kaynağı
- Optik düzenek
- Foto algılayıcı
- Elektronik sinyal işlemleyici

Akışkan ortam içindeki tanecikler, ışık hattından geçerken ışığı her yönde saçarlar. Saçılmış ışık, sabit bir algılayıcı tarafından her yönden algılanır. Algılanan ışığın frekansı, kaynaktan çıkan ışığınkine göre Doppler etkisince kaymıştır. Kayma miktarı (Doppler shift), taneciğin hızı ile orantılıdır.

Çift ışınlı bir sistemin optik düzeneği şekilde gösterilmiştir. Laser ışınları bir ışın bölücüden, Bragg hücrelerinden ve ardından ışın genişleticiden geçer. Tanecik üzerine düştükten ve her yönde saçıldıktan sonra, saçılmış ışığın sadece 180° geri saçılanları toplanarak, foto algılayıcı üzerinde odaklanır.

Saçılan ışığın şiddeti Mie saçılma kuramına göre belirlenir. Mie kuramına göre, sinyal-gürültü oranı, laser gücü, tanecik büyüklüğü, mercekle açıklığı, toplama açısı, foto algılayıcı verimi ve tanecik/ akışkan göreceli kırınım endeksinine göre tahmin edilir.

Laser - Doppler - Hız ölçer, bilinen debi ölçümlerinden çok, bilimsel çalışmalarda, türbülans etkiler, akış hız bileşenlerinin ölçümü ve böylece akış kesitindeki hız profilinin çıkarılması amacıyla kullanıma elverişlidir. En önemli eksikleri ise,

- İçinde ışığı saçacak tanecik bulunmayan ortamda ölçüm yapmaması;

- Işığın, ortamın bozulmasına neden olacağı durumlarda kullanılamaması;

- Hız bileşenleri doğrudan herhangi bir kalibrasyon gerekmeden ölçülebildiği halde, hız bileşenleri ile debi arasında ilişki kurulabilmesi için, akışkanın cinsi, ortalama hız ve akış ortamına bağlı bir kalibrasyonu gerektirmezdir.

2.0- LASERLERİN UYGULAMA ALANLARI.

2.1- ÖLÇME TEKNİĞİ (Metroloji)

2.1.1- Laser (speckle) benekleme tekniği

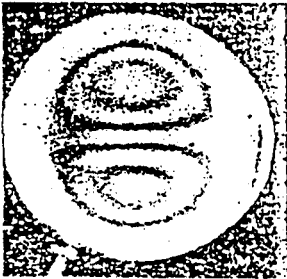
Tahribatsız deneyle de kullanılan bir ç deney parçası, yüzeyine dik doğrultudaki yer a ölçmelerine karşı hassastır. Deney parçasının a deki yer değiştirmelerin, örnek olarak yüzeysel ç karakteristiklerinin bulunmasında laser benekleme al cısı başarı ile kullanılabilir.

Laser ışınları bir yüzeyden yansıdığı zaman düzensiz benek modeli oluşturur. Yüzeydeki küçük değişmeler veya hareketler bu modelin şeklini değiştirmez. Fakat bu yüzey aynı anda uyumlu iki laser ışığı ile aydınlatılırsa, iki modelin toplamından üçüncü bir benek modeli oluşur. Bu son model yüzey değişimlerinin veya hareketlerinin sonucunda ortaya çıkar. Genel olarak bu tekniğin kullanılmasında, cisimde bir şekil değişimi yokken benek modeli bir fotoğraf plağına kaydedilir. Film banyo edilip tekrar aynı yerine konulursa ve cisim tekrar laser ışığı ile aydınlatılırsa, cisimdeki şekil değişmeleri girişim çizgileri olarak gözlenir. Bu girişim çizgilerinin değerlendirilmesi ile şekildeki yer değişimi saptanabilir, (Şekil-2.1)

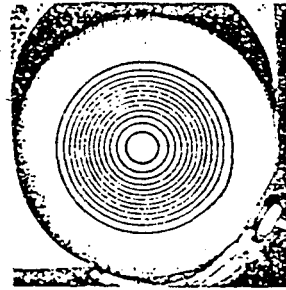
Bu yöntemle endüstride, tahribatsız ve değişik bir kalite kontrol işlemi yapmak mümkündür. Laser ışınlarının yüzeyde yansıma özelliği kendi standardında kalite derecesini öğrenmeye yarar. Deđerlendirme sonuçlarına göre yüzey kalitesi hakkında karar verilebilir.



Titrezen dikdörtgen levha



Dairesel metal diskin basınç
altında benek fotoğrafı



Aynı metal diskin algılama
fotoğrafı

Şekil-3.1 Laser benekleme yönteminin uygulamaları

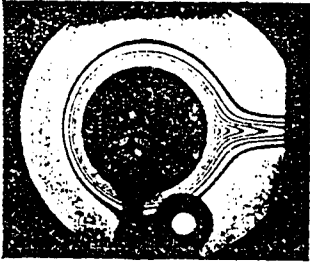
2.1.2- Holografik interferometre (üç boyutlu algılayıcı)

Holografik interferometre, tek bir fotoğraf ile deney parçası üzerindeki bütün noktalara ait bilgileri verdiğinden oldukça kullanışlı bir ölçme cihazıdır. Yöntemin esası, laser ışınının ikiye ayrılarak biri incelenecek cisim, diğeri referans ışını olarak fotoğraf plağının aydınlatılmasına dayanır. Bu şekilde kayıt işlemi yapıldıktan sonra, fotoğraf plağı tekrar referans ışını ile aydınlatılırsa cismin görüntüsü üç boyutlu olarak ortaya çıkar.

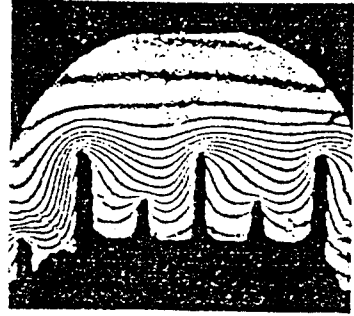
Genellikle holografide aynı plak üzerine ike poz verilir. İlk olarak incelenecek cismin değişikliğe uğramadığı halde birinci poz alınır. Cisim değişikliğe uğradıktan sonra örnek olarak sıcaklık, değişiklik, gerilme gibi etkenler değişime neden olur. İki poz alınır. Film banyo edilip yeniden referans ışını ile aydınlatılırsa, iki kayıt dalgasının girişiminden bir seri girişimler ortaya çıkar. Bu girişimlerin değerlendirilmesi ile olayda etkili olan fiziksel büyüklüğün ölçüsü bulunabilir. Bu şekilde laser ışını birçok mühendislik dalında, örneğin mukavemette gerilme ve titreşim problemlerinde, tahribatsız deneylerde, ısı ve kütle transferinde değişik araştırmalarda kullanılmaktadır. Bu uygulamalardan seçilmiş birkaç örnek Şekil-2.2'de gösterilmektedir.

2.1.3- Laser Tanılayıcıları

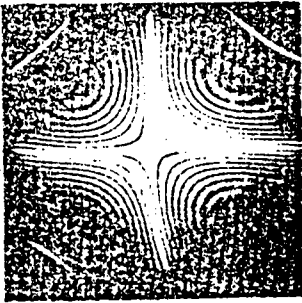
Hava kirliliğinin azaltılması, mühendislik dizaynının ve fabrikasyonun iyileştirilmesi açısından, özellikle yanma teknolojisinde laserler iyi bir uygulama alanı bulmuştur. İçten yanmalı motorların dizaynında, buhar kazanları ocaklarının incelenmesinde ve akışkan yatak araştırmalarında laser başarı ile kullanılmaktadır. Yanma ortamlarında termo eleman ve sıcak tel anemometresi cihazları, ömürlülerinin az



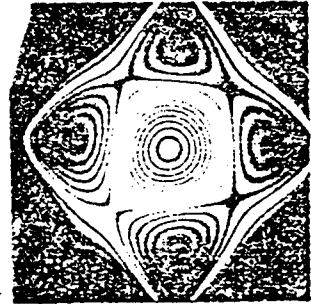
Silindir etrafında ısı transferi
incelenişi



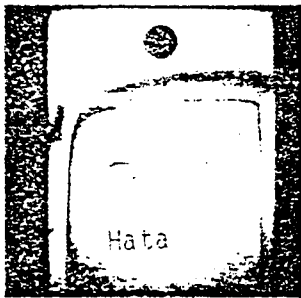
Kanatlı yüzeylerde ısı transferi
incelenişi



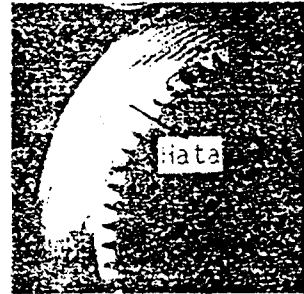
Metal levhanın çeşitli
frekanslarda titreşimi



Malzeme hatalarının
tespiti



Otomobil lastiği iç hatalarının tespiti



Şekil 2.2 Holografinin bazı uygulama alanları

ve kalibrasyonlarının zamanla değişmesi nedeniyle yaygın olarak kullanılamamaktadır. Optik yöntemler ile sistemi tedirgin etmeden yanma olaylarındaki akışı ve termodinamik büyüklükleri kolayca ölçmek mümkündür.

Bir alev veya sıcak ortam içine gönderilen laser ışınındaki saçılma yardımıyla istenilen noktadaki moleküler bileşim yoğunluk, hız ve sıcaklık ölçülebilir. Bu yöntem ile ölçmelerde kararlılık mikrosaniyenin altında ve ölçme noktasının hacmi $0,5 \text{ mm}^3$ ten küçüktür. Bir laser ışını alev veya saydam sıcak bir ortama gönderildiği zaman ışının büyük bir kısmı değişikliğe uğramadan bu ortamdan geçer. Işının küçük bir kısmı ise ortam içindeki moleküler tarafından saptırılır veya saçılır. Saçılan ışığın büyük kısmı geleniyle aynı frekanstadır. Fakat ortam içindeki bazı tip moleküler laser ışınının enerjisini yutar veya bir miktar artırabilir. Bu özellik saçılan ışıkta bir renk de isimine neden olur. İşte ışık şiddetinin ve rengin (veya frekans) ölçülmesi ile ortam içindeki molekülerin cinsi, hızı ve sıcaklığı tayin edilebilir. Çeşitli prensiplerden hareket ederek laser cihazı kullanılması ile hız ölçümünde laser Doppler Anemometresi (LDA), ortam içindeki bileşenlerin cinsinin bulunmasında Raman ve Stokes spektroskopileri geliştirilmiştir.

2.1.4- Topoğrafya

Hizalama amacıyla; ışığın düz bir çizgi halinde ilerlemesi buna olanak sağlar. Bu şekilde tünel inaatlarında ve köprü yol yapımlarında kullanılmakta ve hizalamadaki 1 mikrondan az kaymaları bile saptayabilmektedir. Aynı yöntemle örneğin bir barajın gövdesindeki deformasyonu ölçmek de mümkündür.

Halen, bir yakutlu laser vasiyasiyle darbeleri radarlar gibi çalışan optik telemetreler kullanılmaktadır. Dalgaların yayılma sür'ati bilindiğine göre, gidiş-geliş zamanının ölçülmesiyle obcektife olan mesafe elde edilir. Şurası muhakkak ki en iyi neticelere şu şartlar altında varılabilir.

- Yayma tepe gücünün yüksek olması,
- Büyük bir alıcı alanının mevcudiyeti,
- Alışta detektörün çok hassas olması,

Alıcı, bir fotoemiyon tabakası vasıtasıyla ışık sinyalinini, elektrik sinyaline çeviren bir fotomüliplikatördür. Önünde, laser'inkiler dışındaki dalga uzunlukları üzerinden gelen parazit sinyaller süzebilecek bir enterferansiyel filtre, ardında ise bir amplifikatör bulunur.

En büyük zorluk atmosferle ilgili olmaktadır. Zira, havada bulunan su zerrecikleri yüzünden, neşredilen demet bir geri-difüzyona uğrar. Bunun neticesi olarak alıcıda şiddetli bir gürültü hasıl olur ve 300 m. den daha yakındaki hedefleri tesbitte imkansızlıklarla karşılaşılır. Emiyon tepe gücünün 1 mW, ve alıcı alanın 50 cm² olduğu durumda 15 km ye kadar yayılan, ölçülebilen mesafe gamında, mesafe presizyonu 5 m. dir. Mesafeden başka demetin inceliğide açısal ölçü bakımından elverişlidir. Gönderilen demet açısı 1/10 miliradyandan ve alın açısı ise 1 miliradyandan az olmalıdır.

Kısa mesafeli klasik telemetri ve topografya sistemlerinden 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 kördür. Bu konuda NASA'nın fırlattığı S66 uydusu hakkında bazı bilgiler vermek faydalı olabilir.

Bu uydu tam yansımali 360 prizma ile donatılmış olup, prizmalar ışığı 10^{-4} radyan gibi zayıf bir sapma ile gönderebilecek kabiliyettedirler. Gönderici demetin sapması 10^{-3} radyan civarındadır.

Yansıyan ışının sapmasının muayyen bir değerin üstünde olması gerekir, zira, yeryüzüne ve uyduya nazaran fotonların yer değiştirmeleri, giriş ve çıkış ışınları arasında sapma yaratır ki, bu, yeryüzünde yansıma noktası ile resepsiyon noktası arasında 70 metrelik bir fark meydana getirir. Demek ki, yayma ve toplama noktalarının çakışık olması isteniyorsa, demet diverjansını kabul etmek zorunludur.

Bakış eksenini ile uydu doğrultusu arasındaki açıyı 10^{-3} radyandan daha aşağı düşürmek için bir servomekanizma sistemi mevcuttur. Bu durumda laser faaliyete geçer ve uydu, laser demetine girer.

Klasik telemetrelerde olduğu gibi uydunun mesafesini ölçmek mümkün olacaktır ve muhtelif istasyonlar arasında triangülasyon metodu ile uydunun kesin yeri, birkaç metre toleransla tespit edilebilir. Bu muazzam neticeye varmak için, alıcı teleskopun görüş yüzeyinin 500 cm^2 ve yayma enerjisinin birkaç Jul gibi zayıf bir değere sahip olması kafi 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- Yerçekimi 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 me-

safede deteksiyon yapmaya.

Laser'in buna benzer diğeri 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 stasyoner bir dalga sistemi elde edilen, düz ve kapalı bir optik yol göz önünde tutulacak olursa, bu dalga sistemi, biri doğru diğeri ters yönde yayılan iki dalganın bileşimi olarak belirir. Sistem ve optik yol, bu yolun bulunduğu düzleme dik bir eksen etrafında dönüyorlar ise, dalgalarından 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. Deney genellikle bir üçgen veya kare teşkil eden, üç, dört kollu laserle 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 $0,1^{\circ}$ lik hassasiyeti göz önünde tutularak bu neticeleri mukayese etmek gerekirse, laser'li detektörlerin lehine büyük bir fark görülür.

2.2- LASER IŞINI İLE HABER İLETİMİ

Frekans yükseldikçe haber için ayrılabilen frekans bandı da o kadar artacağından, laser ışınları frekans ışınları frekans bölgesi bu bakımdan çok yararlı olmaktadır.

Laser bulunmadan önce, termik yolla veya gaz devarlı gibi yöntemlerle elde edilen ışınlar geniş spektrumlu olduklarından, daha açık deyimle taşıdıkları renklere ait geniş bir frekans bandına sahip bulduklarından haber iletimi için gereği gibi yararlanılamıyordu. Ayrıca bu tür ışınların dağınık olmaları nedeniyle çok az bir bölümü düzlem dalgı haline getirebilmekte, dolayısıyla da düşük enerji sağlanabilmektedir. Düşük enerjili bir ışın ise uzağa gidemediğinden ancak yakın mesafelerde etkili olabilmektedir. Alıcı olarak kullanılan fotoelektrik hücreler veya fotodiyotlar da ancak sınırlı amaçlar için yarar sağlamaktadır.

Laser ışını ise tek frekanslı ve büyük enerji taşıma özelliğine sahip olduğundan, geniş bir frekans bölgesinde optik haber iletimi olanağı sağlamaktadır.

2.2.1- Laser ışınının düzenlenmesi:

Laser ışınının düzenlediği devreye "optik düzenleyici" denir. Optik modülatörde, iletilecek habere ait işaret gerilimi tarafından laser ışınının genliği veya fazı düzenlenir. Yapılan düzenlemenin prensibi geniş bantlı ve yüksek frekanslı işaret gerilimine göre değişen elektriksels alanın etkisiyle bir elektro-optik elemanın kırılma indisinin değiştirilmesidir.

2.2.2- Optik iletim yolu

Laser ışınının yarattığı düzlemsel dalgaların yayını-
mı, boru tipli antenler ile yayınlanan mikro dalgalara çok
benzer. Aradaki fark ışın demetinin kesiti ile dalga boyu
arasındaki bağıntıdır. Uygun boyutlandırılmış boru tipli
bir anten ile yayınlanan mikrodalga, belirli bir uzaklığa
kadar sabit kesitli bir demet şeklinde yayılır. Bu uzak-
lığa ℓ dersek, mikrodalga demetinin d çapı ile, dalga bo-
yu arasında şöyle bir bağıntı vardır.

$$\ell = \frac{d^2}{4 \cdot \lambda} \quad (1)$$

uzaklığının ötesinde dalga demeti koni biçiminde ge-
nişler. Genişleme açısı,

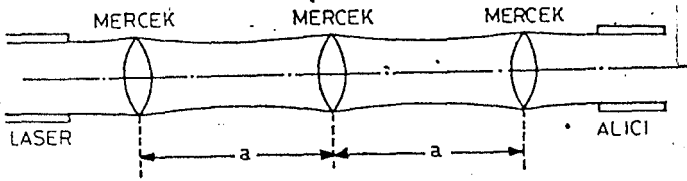
$$a = \frac{\lambda}{d} \text{ radyan} \quad (2)$$

bağıntısıyla bulunur.

Aynı bağıntıyı laser ışını için de yazabiliriz. Her
ne kadar laser ışınları ile mikrodalga ışın demetlerinin
yayınım kuralları benzer ise de, dalga boylarındaki büyük
farklar nedeni ile, her ikisi için pratik uygulama biraz
farklıdır. Kabaca bir örnek verelim: $\lambda = 7,5$ cm dalga bo-
yunda çalışan mikrodalga bağıntısında dalga demetinin, an-
tendeki çapı $d = 3$ m dir. (1) bağıntısının kullanılması
ile sabit kesitli bir demet için $\ell = 30$ m uzaklık saptanır.
Bu 3 metre çaplı boru antenli alıcının, bütün dalga demeti-
ni alabilmesi için, vericiden 30 metre uzaklığa konması ge-

rektiği anlamına gelir. Halbuki pratik uygulamada verici ile alıcı arasındaki uzaklık ortalama 45 m kadardır ve ışınlanan gücün 10^{-5} i alınabilmekte ve bu yeterli kabul edilmektedir.

Laser kullanma halinde, merceklerle büyütülmüş ışın çapı $d = 5$ cm dir. $\lambda = 0,63 \mu\text{m}$ lik bir laser dalga boyunda, ışın demetinde genişleme olmadan erişebilecek uzaklık, aynı formülde $l = 1$ km dir. O halde $d = 5$ cm çaplı bir mercek yardımı ile 1 km uzaklıktan bütün verme gücünü almak olanaklı vardır. Daha büyük uzaklıklar için, Şekil-2.3 de görüldüğü gibi 5 cm çaplı bir sıra merceğin 1 km aralıkla yerleştirilmesi gerekir. Bu sayede laser ışını dağılmadan tutulmuş ve alıcıya gönderilmiş olur.



Şekil-2.3 Laser ışığının merceklerle taşınması

Mercek çapı biraz büyütüldüğü takdirde, merceklerde eğilme kayıpları ortaya çıkar, fakat bu ihmal edilecek küçük tutulabilir.

Laser ışınlarının ilke olarak, hemen hemen kayıpsız iletilme olanağı vardır. Yalnız yutulma kayıpları hava koşullarından bağımsız değildir. Hava akımları yere ve zamana bağlı yoğunluk değişmelerine neden olduğundan kırılma indisi değişir. Bu hal, alınan ışının şiddetini de değiştirir. Güvenli bir optik iletim için hava değişmelerinden ve türbülanslanstan korunmuş atmosfer gereklidir. Bu amaç için bazı hallerde dalga kılavuzlarından yararlanılır.

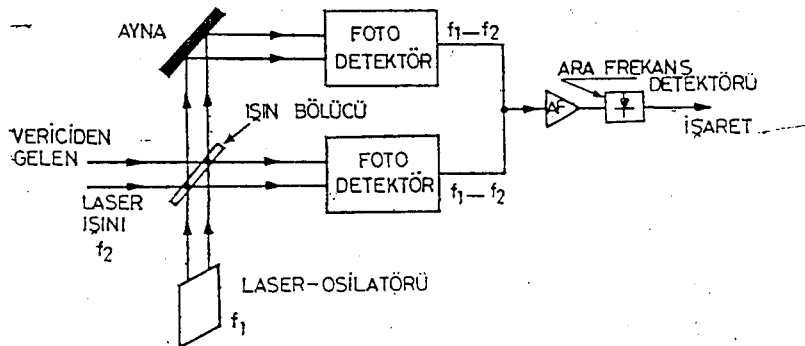
2.2.3- Laser ışınının bölünmesi:

Laser ışınlarının bölünmesi için kullanılan detektörler, aldıkları ışık gücünü elektriksel akıma dönüştüren Foto - elemanlardır. Mümkün mertebe büyük bant genişliğinin kullanılması için, ışınların hızlı genlik değişimlerini GHz ler bölgesine kadar izleyebilecek foto-detektörlere gerek vardır.

Foto - detektörler, dış foto-elektrik ve iç foto-elektrik olayı detektörler olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Dış foto olayı detektörler lambalı detektörlerdir. Bunlar havası alınmış elektron lambası içerisinde ışığa duyarlı bir katoda sahiptirler. Katot ışınların etkisiyle elektron salar. Çok zayıf olan bu foto-elektrik akım, lamba içerisindeki sekonder elektron salınımı vasıtasıyla 10^6 kat kuvvetlendirilir. Foto çoğaltıcı adı verilen bu lambalar, ışık ışınının GHz ler bölgesine kadar giden değişimlerini izleyebilirler.

Bu tip detektörler, görülebilen ölçüm bölgesinde çok duyarlıdır. Kırmızı altı bölgede, foto-katodların verimi düşüktür. Bu nedenle foto-katodlu detektörler kırmızı altı bölgede kullanılmaz.



Şekil-2.4 Uyumlu ışık detektörü

İç foto-elektrik olayı detektörler ise yarı iletken diyotlardan oluşmaktadır. Deteksiyon etkisi, ışık enerjisinin emilmesi ile durdurma yönünde (ters yönde) deliklerin üretilmesi esnasına dayanır. Bu suretle durdurma akımı, ışık enerjisinin yutulması temposunda modüle edilmiş olur. 3 GHz'e kadar modülasyon frekansları için silikon foto-diyotları geliştirilmiştir. Bunlar kırmızı altı bölgenin civarında $\lambda=1,6 \mu\text{m}$ 'ye kadar kullanılabilir durumdadırlar.

Uyumlu optik ışınlamanın bölünmesi için, süper pozisyon (bindirme) metodu ile alış olanağı vardır. (Şekil-2.4) da görüldüğü gibi, alınan laser ışını, bir ışın bölücüye gelmektedir. Burada laser osilatörünün ışını ile birleştirilerek foto-detektör foto-katodu üzerinde süperpoze edilirler.

Foto-detektörde karesel ile elde edilen ara frekans titreşimleri bir ara frekans kuvvetlendiricisine verilir.

Optik bölgede çalışan heterodin alıcısındaki frekans seçme işi, yüksek frekanslar bölgesindeki gibidir. Ayrıca laser ışınları için heterodin alıcı sadece,

$$\alpha = \frac{\lambda}{p} \text{ radyan}$$

lık bir açı ile gelen ışınları alış yapma özelliğine sahiptir.

Burada d = foto-katodun yüzey çapıdır. Bu yüzey süperpoze edilen iki laser ışını tarafından aydınlatılır. Uyumlu optik heterodin alıcısının yöneltici bir anteni vardır. Antenin açıklık açısı birkaç yay dakikalık büyüklüktedir.

Bir laser ışınının teorik bilgi taşıma kapasitesi, düzenleyici ve bölücülerin sınırlı modülasyon band genişlikleri yüzünden tamamıyla kullanılamamaktadır.

Optik düzenleyici ve bölücülerin band genişliğindeki bu sınırlama deneysel olarak gerçekleştirilmiş bir optik darbe kod modülasyonlu (PCK) sistemle giderilmiştir. Bu sistemde çok geniş bantlı (224 MHz) 24 haberleşme kanalı, zamanda çoğullama (zaman multipleks) yöntemi ile bir laser ışını üzerinde nakledilebilmiştir.

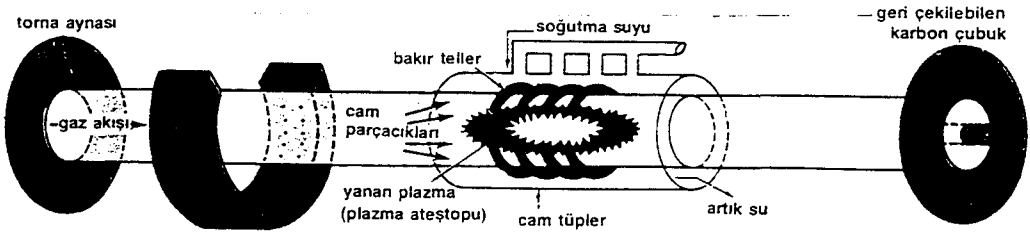
Laser ile haberleşmenin uzak mesafeler arasındaki ticari uygulanması, iletim kapasitesindeki ihtiyaçların artmasına ve alısılmış haber sistemleri ile geniş bantlı optik haberleşme sistemleri arasındaki maliyet karşılaştırmalarına bağlı bulunmaktadır.

2.2.4- Optik fiberle haber iletimi

Bell laboratuvarları'nda cam araştırma ve geliştirme çalışmalarını yönlendiren Suzanne Negal, fiberleri, beyaz-sıcak cam çubuklardan karamela gibi çeken, kule dibindeki düzeltme aletini ve makarayı göstererek, bunlarla cam fiberin ne kadar hızlı çekilebileceğini denediklerini, kulenin böylesine yüksek olmasının nedeninin, çekme hızıyla mesafenin doğru orantılı olarak artması olduğunu açıklıyordu.

Son yıllarda geliştirilmiş optik fiberler AT ve T firması tarafından yapılmaktadır. Coming Glass Work ve diğer firmalar da, çalışmalarını fiber şebekesinin geliştirilmesi için harcamaktadırlar. AT ve T ve diğer haberleşme firmaları, uzun mesafeli hatlarda, çalışmalarını bakır tellerden optik fiberlere çevirmektedirler. Yakında Atlantik'i ve Pasifik'i baştan başa geçen yeraltı kablolarında bakır yerine cam fiberler kullanılmaya başlanacaktır. Optik fiberler şimdilerde, uydu aracılığıyla nakillerinde ve diğer mikro-dalga yayınlarında kullanılmaktadır.

Japonya, Avrupa, Amerika veya başka herhangi bir yerde, bilgilerin evlerimize direkt olarak aktarılmasında çift kablo sistemi kullanılmakta, bu sistem evlerimize, telefon, kablolu-TV servisi, tele-banka video-alışveriş merkezleri olarak ulaşmaktadır.



Şekil 2.5 Optik fiber oluşumu

Süper Saydam Camlar: Üretimdeki gelişmeler sonucunda oldukça saydam fiberler üretilebilmektedir. Sinyaller ço- kez laser ışın patlaması olarak hızla fiberlerden akmakta ve besleyici pahalı amplifikatörlere ihtiyaç duyulmaksızın onlarca mil öteye iletilebilmektedir. İlkel telefon kablo- ları ise elektrik sinyallerini taşıırken, her birkaç milde bir amplifikatöre ihtiyaç duymaktadır.

Geliştirilmiş Laserler: Yüzlerce konuşma yapılabilen önceki ışık kaynakları ile karşılaştıracak olursak, yeni yarı-iletken laserlerle, bir tek optik fiber üzerinden, yüzlerce değil binlerce telefon konuşmasının çok hızlı bir şekilde iletilebilmekte ve kontrol edilebilmekte olduğunu görürüz. Bu fiber ağı hızlı laserlerin kullanılmasıyla çok daha fazla miktarda bilgi iletişimini sağlamaktadır. Ayırı- ca ek kablo sistemlerini kurma maliyetinin çok yüksek oldu- ğu da göz önüne alınmalıdır.

Süper-Kapasiteli Şebekeler: Sinyalleri fiberler içinde aktarmak için denenen teknikler, bilgi iletişim sistemleri- nin kapasitelerini çok yüksek oranlara çıkarmaktadır (Günü- müzden 1000 kat daha fazla). Bu laboratuvar sistemlerinde, uzun liflerden geçerken zayıflamış ışık sinyallerini kuvvet- lenderici laser eklemeli alıcılar ve kusursuz ışık frekans- ları kullanılmaktadır.

Optik fiber yapımında merkez çekirdeği oluşturmak için farklı optik özelliklere sahip iki cam birleştirilir ve bun- ların etrafı ışığı yansıtacak şekilde kaplanır. Fiberlerin yapımına bir tornaya döner durumdaki cam çubukların yerleş- tirilmesiyle başlanır. (Şekil-2.5) Buradan silikon ve ger- manyum içeren süper saf gazlar, bir ısıtıcının desteğinde geçirilerek püskürtülür ve çubuk beyaz, ince bir cam tabaka- sıyla kaplanır. Germanyum buhar akışı kesildiğinde dışta

mat bir cam tabakası oluşmuştur. Cam silindirik bir fırında ileri derecede saydam cam üretmek için pişirilir ve lifler bu camdan çekilir. Bu cam lifler, içinden ışığı şiddeti yarıya düşmeden 14 mil geçirecek kadar saftır. Işığın yoğunluğunun yarıya düşmesi, yüksek kalitedeki optik camlar için yaklaşık 3 metre iken, bu mesafe pencere camında 2,5 cm dir. Haberleşme için ilk uygun fiber 1970 de Corning firması tarafından üretilmiştir.

Haberleşmede iyi bir verim almak yarı iletken laserleri geliştirmeye bağlıdır. Uzun ışık dalgaları çok daha az bir kayıpla fiberlerden geçmekte ve silis içermeyen süper düşük kayıplı fiberler için 4 mikronluk dalga boyları kullanılabilir. Laserlerin dalga boyları ayarlanabilmektedir. Laserlerin dalga boylarını artırmak ve zayıflamayı minimuma düşürmek için araştırmacılar daha çok veriye ihtiyaç duymaktadırlar. Bazı optik fiber telefon sistemlerinde kullanılan yarı-iletken laserler 1,7 gigabit/sn kuvvetinde digital sinyaller vermektedir.(4)

Optik fiberlerin bizlere sunduğu en önemli hizmet, inanılmaz derecede yüksek kapasiteleridir. En önemlisi; Elektrik sinyalleri fiber iletişimi için ışık dalgalarına çevrildiğinden, dinlenilmesi mümkün değildir. Fiberler elektrik ve radyo parazitlerine karşı da duyarsızdır.

2.2.5- Haberleşmede süper kapasite yoğun tarama

Optik fiberin sinyal iletiminde kullanılmasını sağlayan diğer bir metod da yoğun taramadır. Bu yöntemle oldukça yüksek sayıdaki sinyalin iletilmesi mümkündür. Adından da anlaşılacağı gibi, bu teknik onbinlerce TV kanalını tek bir fiber taşıyabilecek kapasiteye sahiptir. Daha önceki yöntemlerle karşılaştırılacak olursa, bu çok yüksek bir

potansiyeldir. Bilinen tarama metodlarında ışık kaynağı genellikle digital sinyal ile tetiklenir ve yönlendirilir.

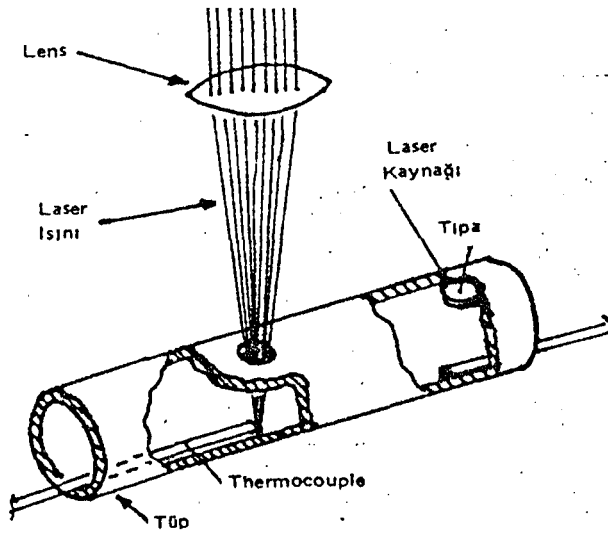
Fiberin diğer ucunda bulunan bir alıcı bu sinyalleri tarar ve eşdeğer açık-kapalı elektrik sinyalleri üretir. Buna karşılık, yoğun tarama metodunda; bir laser fiber aracılığı ile sürekli sinyal gönderir. Bu taşıyıcı sinyalin frekansı, şiddeti yada fazı, TV kanallarında ve telefon konuşmalarında olduğu gibi modüle edilir veya değiştirilir. Alıcıda, ileticinin dalgaboyunda veya ona yakın bir osilatör ışık kaynağı gelen sinyal ile karıştırılır. Pesinden alıcıdaki devreler, taşıyıcıdan gelen sinyali tarar ve elektronik sinyale çevirir.

Bu teknik, radyo için kullanılan "Süperheterodyne" teknikleri ile benzerdir. Fakat bu sistemin kullanılması laserlerden mükemmel ışık dalgaboylarının elde edilmesini sağlayacak yeni tekniklerin kullanılmasına bağlıdır, yoğun tarama alıcı elektronik tonlama üzerine kurulduğundan, büyük kapasite artışı sağlar. Bununla, laser taşıyıcı sinyalindeki oldukça dar frekanslar kolaylıkla ayırdelebilmektedir. Doğrudan taramada ise, geniş optik frekansların taranması gerekmektedir. Ayrıca yoğun tarama alıcıları daha yüksek duyarlılıktadır.

2.3- MİKRO - ELEKTRONİK

2.3.1- Kapalı Eksen Kaynağı

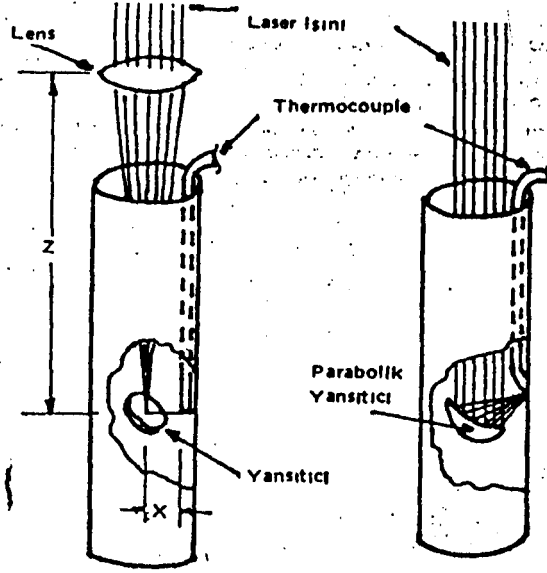
Laser kaynağı mikro-elektronik endüstride hızla yerini almaktadır. Laser kaynağı günümüzde bilgisayar imalatında, elektronik aletlerin iş bağlantılarında, yüksek güç gerektiren küçük çaplı tellerin bağlantılarında farklı fiziksel özellikteki metallerin birleştirilmesinde yüksek dirençli metallerin kaynağında, konumları nedeni ile birleştirilmeleri çok zor olan elemanların kaynağında başarı ile uygulanmaktadır. (Şekil-2.6; 2.7)



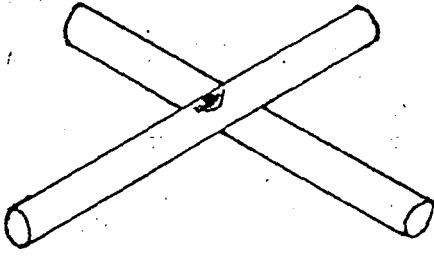
Şekil-2.6 Kapalı Eksen Kaynağı

Laser kaynağında birleştirme tasarımı şüphesiz sistemin özellikleri göz önüne alınarak yapılmalıdır. Bu alanda yapılan çalışmalar genelde elektronik bağlantılarda kullanılan tel birleştirmeler üzerinde yoğunlaştırılmıştır.

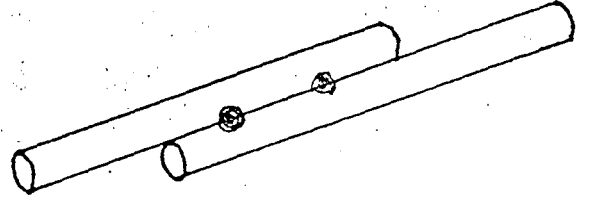
Başlıca çapraz tel bağlantıları, çapraz lama bağlantıları, çapraz lama ve tel bağlantıları, paralel tel bağlantıları paralel lama bağlantılarıdır. (Şekil-2.8)



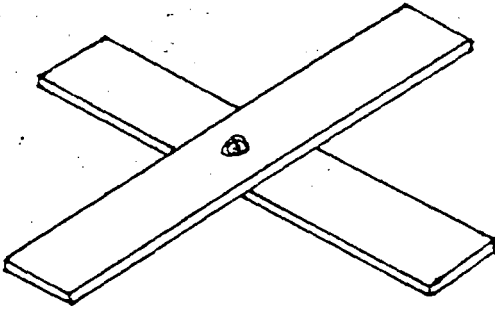
Şekil-2.7 Tüp içinde yansıtıcılı kaynak



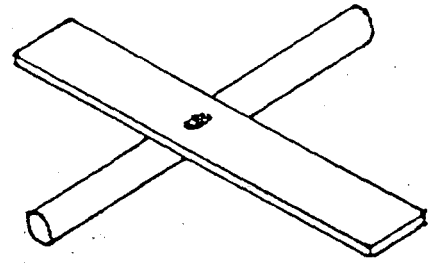
Çapraz tel



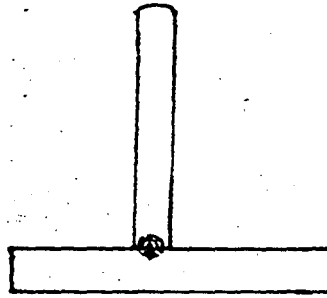
Paralel tel



çapraz lama



çapraz lama ve tel



uçtan T bağlantısı

Şekil- 2.8 Laser kaynağı bağlantı tipleri

2.3.2- Üstünlükleri

Pratikte bu tip birleştirmelerde genel direnç kaynağı veya lehime ve direnç kaynağına göre birçok avantajları vardır. Bunları şu şekilde sıralayabiliriz:

a- Akım yolunda gereksiz metal yağışmaları yoktur.

b- Curuf yoktur.

c- Birleşme yerlerinde ana metale yakın fiziksel özellikler görülür.

d- Kaynak operasyon ısısı ile yüksek dirençli metallerinde birleştirilmesini sağlar.

e- Artan onarılma imkanı vardır.

Elektrikli aletler genellikle nem ve çevre bulasıklarına karşı korunmak için cam, seramik gibi yalıtkanların içine yerleştirilirler. Sistemlerin üretim kolaylığı için başlatılar laser ile, düşük enerji seviyesinde, yalıtkana çok yakın noktalarda ve yalıtkan üzerinde çatlak veya kırılma meydana gelmeden kolayca kaynatılabilirler. Levha kaynaklarında da gerekli enerji miktarı, kaynak olacak malzemenin kalınlığına eşit çaplı tel için gerekli olan enerji miktarından yaklaşık % 50 daha fazladır.

2.3.3- Maliyet

Laser kaynağının ilk çalışmalarına rastlayan 1960-1965 yıllarında; karşılaşılan en büyük problem yüksek maliyet idi. Ancak laser kaynağının diğer kaynak metodlarına göre, yeni ve daha önce bahsedilen birçok avantajlara sahip olması nedeni ile araştırmacılar bu konu üzerine eğilmiş, sistemin maliyeti düşürülmüştür. Bugün laser kaynak sistemi Avrupa ve Amerika'da ticari olarak kullanılabilinen, yeterince ucuz bir kaynak yöntemi olmuştur.

2.4- FİZİK ve KİMYA

Gazların iyonizasyonu: Fizikte ve araştırmalarda gereken ve birkaç milyon volta varan yüksek gerilimlerin elde edilmesinde kullanılır.

Yüksek gerilim ve akımların ölçümü: 500KV'lık yüksek gerilim hatlarında ve akım ölçümlerinde kullanılır.

Raman spektrometresi: Özellikle gaz hali laserlerinden gaz, sıvı ve katı cisimlerin kalite ve miktar analizlerinin büyük hassasiyetle ve çabuklukla yapılmasında faydalanılır.

Fotoğraf: 10 km/s'ye varan çok hızlı cisimlerin, örneğin mermilerin fotoğraflarını çekmede kullanılan bir yöntemdir.

Elektro-Optik: Akustik veya elektro-optik defleksiyonlu sistemlerde laser cihazları görüntü sağlayan cihazların esaslarını oluştururlar.

Nükleer teknolojiye Mid-kilitleme: Bu yöntemle, laserden 1 pikosaniye (10^{-12} s) süreli ve 10^{14} W/cm² şiddetinde ışık darbeleri elde etmek mümkündür. Bu laser 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 arttırılabiliirse iki hidrojen çekirdeği birbirine kaynayarak 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 oluşturur. (Kütle-enerji eşdeğerliği : $E = mc^2$). Ancak, laser vasıtasıyla elde edilen füzyon enerjisi henüz pratikte kullanılmaya elverişli değildir. Bu amaçla yeni laserler geliştirilmektedir.

2.4.1- Holografi

Üzerinde hiç bir resim olmayan filmler ve holografik televizyon... Holografinin bu ilgi çekici uygulaması şöyledir.

Filme poz verildikten ve yıkandıktan sonra bakıldığı zaman insan birden bire hayret içinde kalmaktadır. Beklenen, bir negatif film görmektir: yeni çekilen bir resmin negatifi, yalnız aydınlık yerler karanlık ve karanlık yerler aydınlık olarak. Fakat ne görülür. Filmin üzerinde resimden eser yoktur. İnsanın farkına vardığı biricik şey çizgiler, dalga örnekleridir. Bazan bir yağ lekesinde görünen yuvarlak şekiller...

Film incelenirse, holografi için adi filmlerin kullanıldığı, fakat resim alma tekniğinin bambaşka olduğu anlaşılır. Bu artık fotorafçılık değildir. Burada ışığın bir mercekten geçirilerek kameradaki bir film üzerinde verilmesi diye bir şey yoktur, fotoğraf tekniğinde ışık mini mini brom-gümüş taneciklerini- bilindiği gibi - film üzerinde kimyasal bir değişimle resim haline sokar. Holografi'de ise tamamiyle yeni bir yöntem kullanılır. Holografide tamamiyle değişik bir ışıktan yararlanılır.⁽¹⁾

Örnek:

Adam odanın ortasında duruyor. Yüzü solgundur, adeta bir hayalete benzemektedir. Fakat yüzündeki bütün ayrıntılar, gömleğindeki düğmeler, hepsi tamamiyle net gözükmektedir. Bu hayalete benzeyen fotoğrafa bakınca, onun gözlerinin de size baktığını görürsünüz. Sağa ya da sola bir iki

adım atarsanız, bu seferde adamın profili gözükür: düz bur-
nu, köveli çenesi. Fakat asıl insanı sasırtan şey şimdi
karsınıza çıkar: adama doğru yürür, ona tam yaklaşır ve onu
tutmak üzere elimizi uzatırsanız, eliniz boşlukta kalır:
gördüğünüz adam ortada yoktur. Sanki bir bulutmuş gibi onun
bir tarafından öteki yanına geçebilirsiniz.

Bu laser-ışığıdır. Laser ışınları özel bir niteliğe sa-
hiptirler ve normal ışığa benzerler. Bütün ışık ışınları
"düzenli adımla" ilerlerler. Bütün ışık dalgaları aynı uzun-
luktadır. Bir dalga en yüksek noktasına eriştiği zaman öteki
dalgalarda aynı noktadırlar.

Esas itibariyle laser ışığı sayesinde holografi mümkün
olmuştur, birazdan bunun nedenini göreceğiz. Holografinin
dünya da "ilk temsili" 1964 de yapıldı. O zaman Emmett R.
Leith ve Juris Uoartnieks adında iki fizikçi Washington'daki
Sheraton - Park otelinin 800 bilim adamı önünde bir konferans
vermişlerdi. Konferansın oldukça uzun ve can sıkıcı bir baş-
lığı vardı: "Yaygın aydınlatma ve üç boyutlu cisimlerle ya-
pılan bir dalga cephesi rekonstrüksiyonu (yeniden yapımı)".
Fakat bundan sonra bilim adamları gördükleri karşısında büyük
bir sok geçirdiler: Birden bire salonun ortasında bir demir-
yolu gözüktü, lokomotif ve vagonlarla bir katar seyircilerin
içinde hareket etmeğe başladı. Her şey o kadar doğal ve canlı
idi ki bilim adamları bu lokomotif ve vagonların üzerine gel-
memesi için elleriyle kendilerini korumak zorunda kaldılar.
Fakat ortada birşey yoktu, ve olan yalnız ışıktı.

İki fizikçinin bir hologram üzerine yönelttikleri laser
ışığı 800 seyircinin demiryolunun gerçeğe uygun bir resmini
görmesini sağlayacak şekilde tamamiyle planlanmıştı. Holog-
ram denilen şey üzerinde garip dalga örnekleri bulunan bir

filmdi ve bundan yansıyan laser ışığı planlı bir şekilde bütün salonu dolduruyordu. Yalnız bu 800 seyirciden her biri başka bir görüntü görüyordu. Biri bir lokomotifin doğrudan doğruya kendi üzerine doğru geldiğine tanık oluyor, öteki ise lokomotifi yandan uzaklaşır görüyordu. 800 seyircinin her birinin görüş açısı başkaydı.

Bu üç boyutlu, hareketli ve ışıktan ibaret şekiller hologramın üzerine şu şekilde gelir.

1- Homojen (tek renkli), bütün dalgaları birbirine eşit ve aynı frekansta titreşen ışınlar veren laser aygıtının düğmesine basılır.

2- Işın özel aynaların yardımıyla ikiye bölünür.

3- Işınların bir holograflanacak cismin üzerine yöneltilir

4- İkinci ışın cismin üzerine verilir ve ondan yansır.

5- Her iki ışın birbiriyle karışır ve hassas film üzerine verilir. Film yıkandıktan sonra üzerinde garip örnekler görünür. Bunların oluşumu için holografi uzmanlarının görüşü şöyle; Dalga örneği, laser ışınının aynı frekansta olmasından meydana gelmektedir. Işık dalgalarının cismin etrafından geçerek yansıyan yarısı kendi özelliğini korumuştur. Cisme çarpan ikinci yarısı ise kendi özelliğini kaybetmiştir. İki ışın^{ın} yarısı tekrar birbiriyle karışın^{ca} dalgalar birbirlerini (taciz) tedirgin ederler. Örneğin bir dalganın yüksek kısmı öteki dalganın alçak kısmına raslarsa bunlar birbirlerini söndürürler. Öte yandan yükselme üzere olan bir dalga, en yüksek noktasına erişmiş olan bir dalgaya rastgelirse, bu sefer de karşılıklı olarak bir parça kuvvetlenirler. Kısaca: İki dalganın her türlü karşılaşmalarında ya kuvvetlenmeler ya da zayıflamalar oluşur, bunların bu kuvvetlenme veya zayıflama de-

receleri de birbirinden farklıdır. Bu kuvvetlenme veya zayıflamalar, film üzerinde birbirine sık ya da birbirinden uzak bulunan noktalarla o garip dalga örneğini meydana getirirler. (Fizikte bu olaya "girişim interferans" denir.)

İlke, yarı laser ışığını olduğu gibi bırakan dalga örnekleri üretmek, bir taraftan da öteki yarıyı resmi alınacak cismin üzerine vererek bu ikinci ışığı cisme göre değiştirmektir.

Örneğin bu cisim bir telefon olsun. Resim çekilirken tamamiyle laser ışığı içine gömülecektir. Laser ışık dalgaları onun yüzeyinin her noktasına dokunacaklardır, Sonra da film doğrultusunda tekrar yollarına hızla devam etmek için birbirinden farklı uzun yollar katedeceklerdir. Bu mesafe farkları, filmde kayd olunan şeylerdir. Dalga örnekleri halinde oluşabilmek için ise telefona çarpan ışınlarla, telefona rast gelmeyen - bundan dolayı de dalga uzunlukları hiç bir şekilde değişmeyen (sabit kalan) - ışınların karışmaları gereklidir. En sonunda ışık karışmasının sonucu sudur.

Dalga örnekleri sade göze hangi cismin holograflardığını açıklamazlar. Fakat hologramın üzerine laser ışığı gönderilirse, o zaman resmin alış olayı tamamiyle tersine döner. Laser dalgaları dalga örneklerine çarparlar, edanın içine geri dönerler ve orada, boşlukta telefonun ışıktan bir resmini meydana getirirler. Böylece meydana gelen telefon görüntüsü o kadar mükemmel ve doğaldır ki, insanın ilk hatırına gelen şey kulaklığı telefonda kaldırıp numaraları çevirmek olur.

Işıktan telefon görüntüsü görünür görünmez, mesafe ölçümü gibi bir şeyin rolü olduğu anlaşılır. Işıktan telefonun filmde olan mesafesi asıl sahici telefonun holograflandığı sırada filmde olan uzaklığına eşittir.

Akla söyle bir soru gelir. Bütün bunlar mükemmel bir surette biliniyor ve uygulanabiliyorsa, neden herkesin kullanabileceği holografik kameralar yoktur ve herkes istediği gibi plastik resimler alamıyor? Bunun cevabıda şudur: Çünkü bu aygıtlar halen o kadar pahalıdır ki, onları herkesin satın alınmasına imkan yoktur. Bugün holografi ile uğraşmak isteyen bir kişi yalnız gereçleri sağlayabilmek için çok para harcamak zorundadır. Fakat bu da yeterli değildir. İnsanın ayrıca tamamiyle sakin, sessiz bir odaya her türlü sallantılara karşı dayanabilecek bir çalışma masasına ihtiyacı vardır. Bugün holografinin bu yeni olanaklarına karşı en fazla coşku ve ilgi gösteren sanatçılardır. Onlar böyle bir "resim çekmek" istedikleri zaman bodruma inerler. Orada yarısı yekpare olan bir beton blok vardır, bunun yarısı kumla doludur, yalnız böylece sokaktan geçen bir otomobilin yapacağı sarsıntılara karşı durabilecek bir çalışma masası sağlanabilir ve hologramlar çekilebilir.

Fakat bugün daha pahalı, güç ve uzun süren bir şey, yarın çok daha ucuz, kolayca ve çabukça yapılabilir. Son yıllarda önceden akıl ve hayale gelmeyen bir çok yeni ve ileri adımlar atılmıştır. Örneğin bugün hologramlardan bildiğimiz adi beyaz ışıklarla da görüntüler sağlamak mümkün olmaktadır, yalnız "fotografın çekilmesi" için bir laser gereklidir.

Gerçek olan birşey varsa hologramların insanları büyülediğidir. Bu da teknisyenlerde bu tekniği fabrikalarda kitlesel üretimi için verimli yere daha fazla coşku ve emek göstermeye götürmektedir. Bu başarılabilirse, hem herşey daha ucuz olacak hem de daha kolay kullanılabilir bir şekle girecektir.

Belki bu yüzyılın içinde bile tatilde renkli fotoğraflar yerine hologramlar çekilebilecek ve sonra bunlar tatilde tanışılan dostları oturma odasında "canlı olarak" görmek olanağı bulunmuş olacaktır, oysa onlar o anda belki birçok kilometre uzaklardadır.

Şu anda Rusya'da bir holografi sinemasının gelişmesi üzerinde çalışmaktadır. Eğer bu projede başarı elde edilirse, holografik televizyonunun da pek uzak olamayacağı açıktır.

2.5- ASKERİ AMAÇLI

2.5.1- Hedef belirleme: Düşük güçlü laser ışınları ile hedefin koordinatlarının ve pozisyonunun belirlenip mermilerin bu hedeflere hassas olarak sevki sağlanır.

Topçu atışlarında isabetli atışlar yapabilmek için hedefin uzaklığını, koordinatlarını tam olarak bilmek gereklidir.

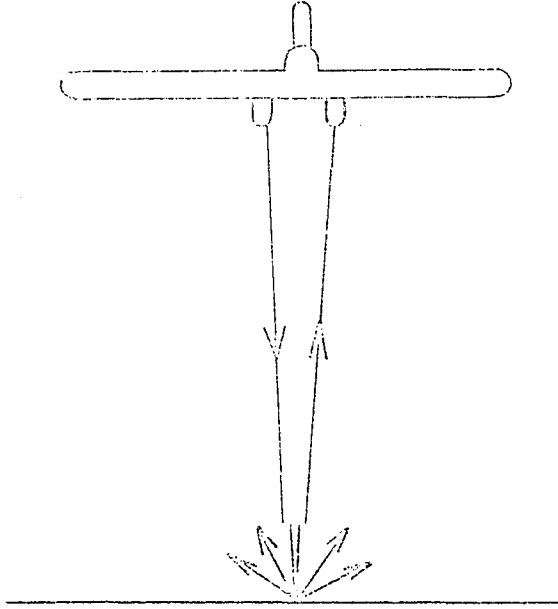
Bu maksatla menzili 15 km'ye kadar varan ve yansıtıcı kullanmayan çeşitli laser mesafe ölçücüler geliştirilmiştir. Bunların hatası birkaç metre civarındadır. Bu cihazı tanklara da yerleştirerek isabet ihtimali çok yükseltilmektedir.

İleriki yıllarda laserde ve elektronik devrelerdeki gelişmelere paralel olarak çok daha güvenilir ve pratik cihazların ortaya çıkacağı muhakkaktır. Böylece çok daha çeşitli alanlarda laserli mesafe ölçücülerin gelişeceğini ve her geçen gün dünyamızda daha aranılır bir vasıta olacağını tahmin etmek yanlış olmaz.

Uçak Yüksekliğinin Tayini:

Barometrik altimetreler uçuş yüksekliğini deniz seviyesine göre verir. Emniyetli inişlerde, alçak uçuşlarda yük-

seklini toprak seviyesine göre bilmek gereklidir. Radyo dalgaları kullanarak ölçme yapılmaktadır. Son zamanlarda ucuz ve pratik olduğundan laserlerde kullanılmaya başlanmıştır. Daha ziyade ışığı modüle edilen Ga-As laserleri kullanılmaktadır. (Şekil-2.9)

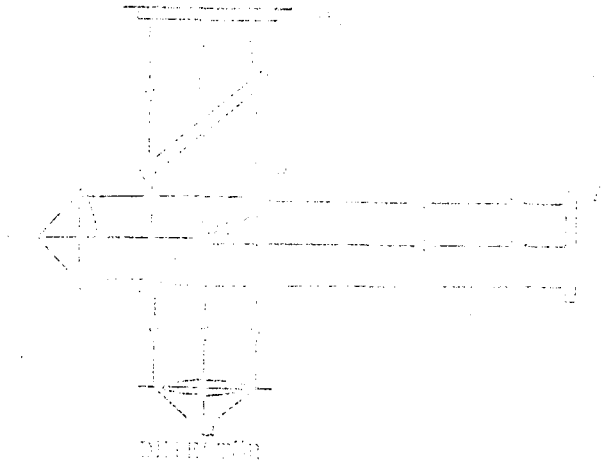


Şekil-2.9 Uçak yüksekliği tayini

Optik radar:

Bu sistemlerde bir ışık darbesi uzaklığı ölçülecek hedefe gönderilir. Cihazdan bu darbe çıktığı anda bir sayaç çalışmaya başlar. Işık darbese hedeften yansıyıp geldikten sonra objektif tarafından bir dedektör odaklanır. Darbenin dönüşü kaydedildiği anda sayaç durur ve böylece gidiş-dönüş zamanından mesafe tayin edilir. Bu sistemlerde çoğunlukla hedefe yansıtıcı yerleştirilmez, bu sebepten ışık hedeften çok dağınık bir şekilde yansır. Yansıyan ışığın çok az bir kısmı alıcıya ulaşacağından, çok güçlü laserler kullanmak icap eder. Örneğin $20 - 100 \times 10^{-9}$ saniye genişliğinde $1 - 20 \times 10^6$ watt gücündeki laserler ile 20 km kadar mesafeler ölçülebilir. Yakut veya YAG kristali

kullanılan laserler ile bu ölçü elde etmek mümkündür. Çok sayıda laser diyotları bir araya getirerek kwatt gücünde ışık veren sistemler daha basit ve ucuzdur fakat bunlarla ancak bir kaç km. ölçülebilir. (Şekil-2.10)



Şekil-2.10 Optik radar prensibi

Ölçülecek mesafenin miktarı laserin gücüne, kullanılan dedektörlere ve elektronik sisteme bağlıdır. Hedefe yansıtıcı yerleştirilerek hata azaltılır ve mesafe uzar. Menzili 10 - 20 km kadar olan sistemlerde genellikle hata birkaç metredir. Laser radarları mikrodalga radarları ile mukayese ettiğimiz takdirde şu avantajları ortaya çıkar; küçüklük ve ucuzluk.

Optik radarlarda gönderici olarak bir teleskop kullanırken alıcıda birkaç santimlik bir objektif yeterlidir. Ayrıca laserin kısa dalga boylu ışığı hedefe küçük yansıtıcılar koymaya imkan verir, böylece sistemin verimi artar. Ayrıca laser ışığı çok dar bir hüzme halinde yayıldığından mikro dalga radarları gibi karıştırılması zordur.

Olumsuz yanları ise şu şekilde sıralanabilir. Dar bir ışın gönderdiğinde merkezlenmesi zordur. Aydınlık ortamlarında çalıştığı zaman etraftaki radyasyonu (örneğin güneş ışığı) süzmek icap eder. Mikrodalga radarları gibi frekans değiştirme olanaklığı yoktur. Yağmurda, siste, karda verimi çok düşer. Personelin veya yakınında bulunan kimselerin ışık hüzmesinden sakınmaları veya koruyucu gözlük takmaları lüzumludur. Aksi takdirde gözü kör edebilir.

2.5.2- Hedef tahribi: Yüksek güçlü ve tahrip yeteneğine sahip uzun menzilli laser ışınları her türlü yer, hava ve uzay hedeflerini yok etmek üzere planlanmıştır, ancak henüz yeterli açıklamalar yapılmamaktadır. Ayrıca hafif laser silahlarının yapım çalışmaları sürmektedir.

2.5.3- Yıldız Savaşları Projesinde Laser

1983 yılında SDI planı ilk defa Amerikan kamu oyuna açıklandığında, projeyi destekleyenler, nükleer silahlara karşı kullanılacak olan savunma sistemlerini üretebilecek potansiyele sahip teknolojinin varlığını belirleme çalışmalarına başladılar. Sonuçta günümüz teknologlarının yetersizliği ortaya çıktı.⁽⁸⁾

Projenin temel elemanlarından biri olan uzaya yerleştirilecek radar sistemleri, sinyal gönderip alabileceği gibi, kızılötesi (infrared) ışınları da algılayabilecek. Bu veriler daha sonra nükleer savaş başlıklarının takibinde ve sahte savaş başlığı ile gerçeklerinin ayırt edilmesinde kullanılacaktır. Ancak herkesin üzerinde birleştiği nokta bu ayırım işleminin oldukça güç olacaktır. Ayrıca savaş başlıklarını uzun mesafede takip edecek, pratik olmayan oldukça büyük teleskoplara da ihtiyaç duyulacaktır. Bu sistemin tamamlayıcı niteliğinde olan ve sahte savaş başlığı ile gerçeğini ayırt edebilecek "Yönlendirilmiş Enerji Silahı"nın (Directed-Energy Weapons) ise 21. yy.'ın ilk yarısında bitirilmesi düşünülmektedir. Bu tür silahlar, görüş alanı içersindeki bütün hedefleri belirleyip gösterebilecektir.

SDI'ya yöneltelen eleştirilerden bir diğeri de, programdaki laser silahının ve florin laser demetlerini yaymasını sağlamak için, büyük bir elektrik enejisi gücüne ihtiyacının olacağı konusundadır. Bununla birlikte bilim adamlarının laser silahında kullanılacak olan jeneratörler hakkındaki bilgi birikimleri de oldukça yetersizdir. Yıldız Savaşları projesini uygulamaya koymak için Washington'da bulunan SDI Kurulu da 1987 yılında benzer bir sonuca varmıştı. Bu durum aynı zamanda projelerin uygulama aşamasına geçmesini geciktirip, öngörülen maliyetin de azalmasına neden oldu.

SDI denemeleri şimdiye kadar teknolojik gösterilerden öteye gidememiştir. Örneğin 1985'te "Geliştirilmiş Kıızıl-Ötesi Kimyasal Laser" (Mid-Infrared Advance Chemical MIRACL) ile yapılan denemede New Mexico'daki roket üssünde bulunan kademeli roket motorunun tahribi başarılmıştır. 1986'daki başka bir denemede de "Delta 180" uzay uçuşunda fırlatılan roket, hedeflerinin izlenmesinde yararlı olan roket egzozunun izlerinden birçok önemli bilgi elde etmişti. Bu yılın başlarında gerçekleştirilen "Delta 181" uçuşunda da savaş başlıkları ve sahteleri üzerinde önemli bazı bilgiler sağlanabildi. Ancak bu iki denemeden hiçbiri, bu silahların havadaki roket mermisini tahrip edebileceğini ifade etmez. Buna rağmen elde edilen bu bilgiler, silahların prototiplerinin yapımında kullanılacaktır.

Birçok teknik programda görülen gecikmeler, maliyetin bir hayli artması SDI'nın diğer safhalarının gerçekleşmesine engel olmaktadır. Düşman savaş başlıklarını izlemeye yarayan bir teleskobun, Boeing 767 uçağına yerleştirilmesi projesi, bu yüzden ertelenmek zorunda kaldı. İleride uzaya yerleştirilmesi planlanan "Alfa Kimyasal Laseri"nin deneme hücrelerinde çıkan bir yangından dolayı denenmesi 6 ay geciktirilmiştir. Yine bazı teknik aksaklıklardan dolayı, yerde sabit olan laserden çıkan ışınların, uzayda hareket halindeki hedefler üzerine bir ayna ile yönlendirilebileceğini gösterecek olan yansıtma deneyi de gecikmiştir.

SDI programının şimdiye kadar denenene kısımları ABM antlaşması maddelerine aykırı düşmemektedir. Fakat ileride denenmesi düşünülen üç sistem ABM⁽⁹⁾ antlaşmasını büyük ölçüde ihlal edecektir. Bu programlar, 1989 yılında denenecek kızılötesi ışın alıcısı taşıyan "Yardımcı Optik Sistem", en geç 1992'de denenmesi düşünülen "Alfa Laseri" projesi ve 1993'te gerçekleştirilecek "Yardımcı Keşif ve izleme Sistemi" olacaktır.

Yıldız Savaşları Projesi 1983 yılında ilk defa tasarlan-
dığı anda iki tip bütçe hazırlanmıştı. İstenildiği anda kullanıl-
ılabilecek olan "çok masraflı bütçe", balistik füzelerle ya-
pılan saldırılara karşı geliştirilecek savunma sistemi ile
ilgili olan teknolojilere-sermaye oluşturaacaktır. Daha az
masraf oluşturma olan "ılımlı bütçe", şu anda var olan limit
verici teknolojilere destek olması için tasarlanmıştır. Her
yıl SDI kurulu "çok masraflı bütçe" türü isteklerini, onaylan-
ması için Kongre'ye gönderdiklerinde, bu istekleri ancak
ikinci bütçe türünden ele alınarak değerlendirilmektedir. Her
ne kadar bütçedeki bu kesinti, marjinal teknolojileri etkilese
de, savunma sisteminin temelini oluşturan teknolojiler, kesin-
likle bir zarar görmemektedir. Çünkü bu bölümlere ayrılan ö-
denekten en ufak bir kesinti, programın ilerlemesinin büyük
bir ölçüde aksamasına neden olacaktır.

Yetkililere göre SDI, araştırma çalışmalarından verimli
sonuçlar elde edebileceğe benziyor.

9. ADM. (Anti-Balistik Füze Antlaşması)

10. Yılmaz A. New Scientist den çev.

2.6- BİYOLOJİ ve TIP

Biyoloji ve tıpta; ilk önce göz ameliyatlarında kullanılan laser tekniği sonraları kanser; tümör araştırma, tedavi ve ameliyatlarında kullanılmıştır. Keserken kanın pıhtılaşmasını da sağladığı için, laserle yapılan ameliyatlar kansız olmaktadır. Bu dalga kullanılan laser ışını 6943 \AA dalga boyunda darbeli çalışan serbest titreşimli yakut laseri cihazında üretilir ve 25-30 mj'luk bir enerjiye sahiptir.

Bir iğne ucundan bile çok daha ince laser demetlerinin elde edilebilmesi ve bunların gücünün duyarlı olarak ayarlanabilmesi, kansız ve dikişsiz ameliyatların yapılabilmesini mümkün kılmaktadır. Yırtılmış damar veya sinirler tekrar kaynaştırılmakta, üstelik diğer dokulara hiç zarar verilmemektedir. Yine zararsız bir biçimde, kötü huylu tümörler tamamen buharlaştırılmakta, kalp krizlerine neden olan damar tıkanıklıkları yok edilmektedir.

Stanford Üniversitesi'nde bacak damarlarından biri tıkanmış olan bir hastaya laser cerrahisi uygulanmış ve ertesi gün hasta, birkaç aspirinle evine dönmüştür.

Birkaç yıl önce kadınlarda pelvis enfeksiyonlarında veya durmayan kanamalarda histerektomi (uterusun alınması) uygulanıyordu. Bugün laser tedavisi ile iç organlar korunarak, çocuk sahibi olma şansı devam etmektedir.

Bazı kanser tiplerinin erken teşhisi için hücreler özel bir boya ile renklendirilip, laser tarayıcısı ile incelenir. Anormal hücreler daha çok boya yutarak daha parlak görülür. Kanserli hücre sayısı diğer yöntemlerle saptanamıyacak kadar az bile olsa, laser tarayıcısı bunu algılayabilir.

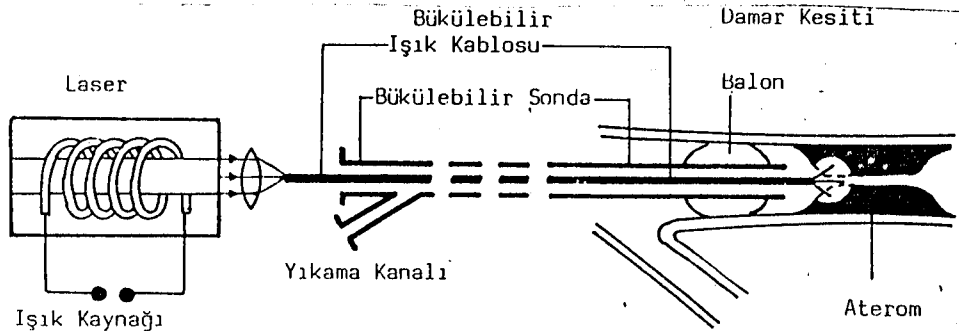
Özellikle akciğer ve deri kanserinin tedavisinde, inek kanından hazırlanan, laser ışığına duyarlı başka bir boya kullanılır. HPD (Hematoporphyrin türevi) adı verilen bu madde vücuda verildiğinde, kanserli ve normal hücreler tarafından yutulur.

7

2.6.1- Laser Anjiyoplastisi

Laser anjiyoplastisi, damarlarda daralmaya neden olan ateromatöz bozuklukların lazer ışınları yardımıyla giderilmesine verilen isimdir. Burada, "anjiyo" damar, "plasti" vücuda veya bir organa normal şeklini vermek için yapılan ameliyat ve "aterom" atardamar iç gömleğinde yağ birikmesi anlamındadır. Bu yöntemin çok yeni ve gelişme döneminde olmasına karşın, laser anjiyoplastisi metot olarak gelecekteki yerini şimdiden ve kesinlikle almıştır. Lazer ışınlarının tıbbın diğer bazı dallarında, mesela göz hastalıklarında, diş ve dişeti hastalıklarında, ameliyatlarda başarı ile kullanılması nedeniyle aynı ışınlarla yapılacak olan bu yeni tedavi yöntemine de şimdiden çok umut bağlanmıştır. (1)

Biyolojik materyallere etki; küçük dozlarda uygulamada ısı veya fotokimyasal sonuç elde edilir. Yüksek dozlarda ise ısı etkisiyle veya ikinci dereceden mekanik etkilerle dokü tahrip edilir. Tahrip olma bir bakıma materyalin çok küçük parçalara bölünmesidir ki, buna materyalin buharlaşması da denir. Bu etkilerden günümüzde tümörlerin yani urların yokedilmesinde veya az kanamalı cerrahide "lazer bıçağı" olarak yararlanılmaktadır. Aynı şekilde damarları tıkayan veya daraltan tıkaçların da lazer ışınları ile buharlaştırılarak yokedilebileceği deneylerle saptanmıştır. (şekil-2.II)



Şekil - 2.11 Laserle By-Pass ameliyatı prensip şeması

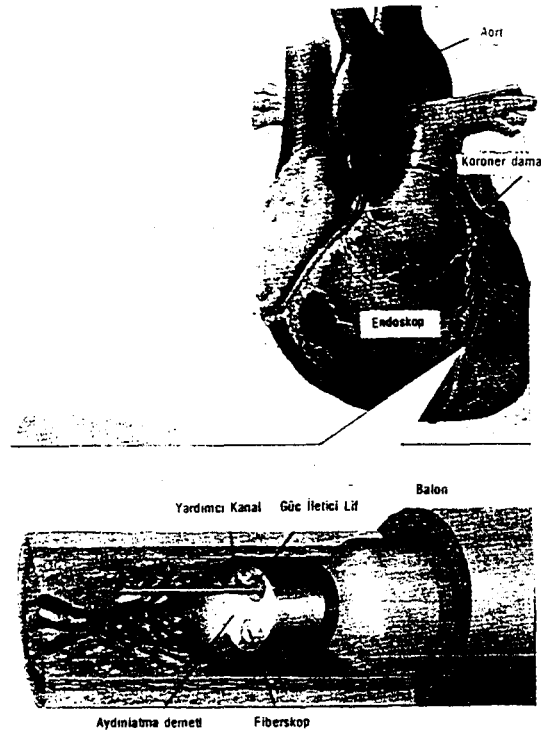
Damar yoluyla lazer anjiyoplastisi için, ışık kaynağı damar içinden aterom nedeniyle darlık olan yere kadar getirilmektedir. Günümüzde ışık, ince, bükülebilen sentetik liflerden yararlanılarak iletilebilmektedir. Hayvanlarda yapılan deneylerde damarlara sokulan sondalarla sistemin işlerliği gösterilmiştir. Kalbimizi besleyen koroner damarlardan tıkanmış olanların yerine vücudun diğer bir yerinden alınan bir veya birkaç damarın konulması olan by-pass ameliyatları sırasında, hastaların serbest kalan ve kısmen veya tamamen tıkanık koroner damarlarında aynı yöntem başarı ile uygulanmış, böylece ilk tecrübeler kazanılmıştır. Ancak bazı temel sorunlar giderilemediği için, bu yöntem simdilik tedavide yer almamaktadır. Halen yöntemin güvenle kullanılabilirliği geliştirilmeye çalışılmaktadır. Ateromların hangi tür lazer ışını ile buharlaştırılacağı konusunda fikir birliği yoktur. Sağlam damar duvarları lazer enerjisinden nasıl korunmalıdır, damarların delinmesi nasıl önlenebilir? Diğer bir sorun da tedavi edilen alanı görmeyi sağlayan optik sistemdir. Bu sistem halen çok kalın olduğu için, deneyler ancak kalın bacak damarlarında sürdürülmektedir.

Yukarıdaki nedenlerle bu yöntemin geliştirilmesi ve hasta için en az zararlı hale getirilmesi gereklidir. Lazer anjiyoplastisinin ana amacı, kalp damarlarını tedavi etmektir. Bu damarlara erişilinceye ve güvenlik sağlanıncaya kadar çalışmalar ve deneyler sürdürülecektir.

2.5.2- Optik fiberle nestersiz ameliyat

Laser ışını kullanarak gastroenterologlar, kanamakta olan bağırsak damarlarını dağlamakta, damar cerrahları, damarları tıkayan kan pıhtılarını ve plakları eritebilmekte ve sinir cerrahları da omurilik ve beyindeki sinirleri birbirine bağlayabilmektedir. Son olarak da, optik fiberler kullanılarak, kanserli bir dokuya teşhis konulup, etrafındaki sağlam dokuya zarar vermeden bu kısım tahrip edilebilmektedir.

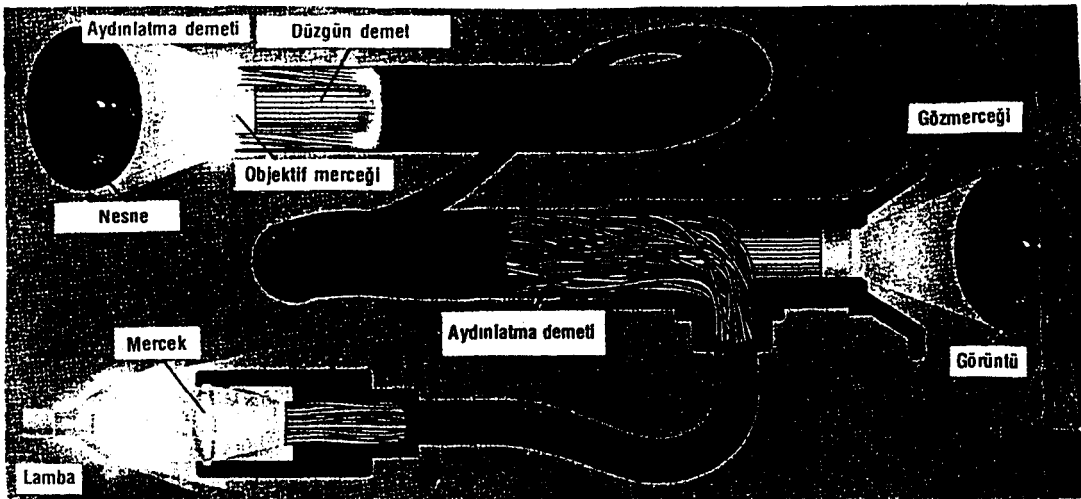
Optik fiberin bu uygulamaları, anestezi gerektirmemekte ve herhangi bir muayenehanede güvenle ve rahatlıkla uygulanabilmektedir. Böyle olunca tıbbi tedavinin parasal maliyetinin oldukça aza indirilmesi de beklenebilir. Öte yandan, büyük ameliyatlara dayanamayacak derecede zayıf, yaşlı veya küçük olan hastalarda bu optik ameliyatlara çok daha önem arz etmektedir.



Şekil-2.12 Fiberskop ile damar açılması

Optik fiberlerin ilk tıbbi kullanımını "fiberskop" adlı bir aletle görüyoruz. Alet, 1957 yılında Michigan Üniversitesi Tıp Fakültesi'nden Basil I.Hirschewitz ve Lawrence Curtis tarafından, mide ve yemek borusunu izlemek amacıyla yapılmıştı. Daha sonra geliştirilen ve değişik organ sistemleri için kullanılan optik fiber aletleri, temel olarak fiberskopu örnek almıştır. Günümüzde kullanılan modern fiberskoplar, iki grup optik fiber demeti taşımaktadır. Birinci demet, genellikle, dışardan verilen ışığı dokulara kadar aktararak aydınlanmayı sağlamakta, diğeri ise aldığı görüntüyü gözlemciye kadar iletmektedir.

Doku üzerine gönderilen ışık, bir mercek vasıtasıyla toplanır ve görüntü demetin alıcı ucuna odaklanır. Demetteki her bir lif, ışığın bir parçasını iletir. Görüntünün bozuk olmaması için, demetin alıcı ucundaki lifler çok sıkı bir şekilde birbirlerine yapıştırılmıştır. Alınan görüntü, demetin dış ucunda, bir göz merceği ya da bir kamera ve televizyon aracılığıyla izlenebilmektedir. 1 mm çapındaki görüntü demeti içine binlerce lif sığdırılabildiğinden, elde edilen görüntü, çok net ve kesindir.



Şekil-2.13 Fiberskop

Aydınlatma ve görüntü demetleri, birkaç milimetre çapında bir katater içine yerleştirilebilmektedir. Vücut içine gönderilen böyle bir fiberskop, uç noktasından 5 ile 100 mm uzaklıktaki yapıları rahatça göstermektedir.

Fiberskoplar, genellikle, çok amaçlı yardımcı kanallarla birlikte endoskopi aletlerinin içine yerleştirilmiştir. Bu kanallar, sıvı çekilmesi, su veya hava enjekte edilerek pisliklerin temizlenmesi ve böylece görüntünün netleştirilmesinde kullanılabilir. Bir başka kanaldan ince bir tel geçirilip aletin uç açısı ayarlanabilmektedir. Bir üçüncü kanala ise doku kesmek için mikrobıçaklar, dışarı almak için çok küçük cımbızlar veya ilaç vermek için iğneler yerleştirilebilmektedir. Bu şekilde bir yapıya sahip olan bir endoskopi aleti, genellikle 0,3-1,2 metre uzunluğunda ve 2,5-15 mm çapında imal edilebilmektedir.

Bu tür araçlarla hekimler, sindirim, üreme, dolaşım ve solunum sistemlerini rahatlıkla izleyebilmekte, laboratuvar için örnek alabilmekte ve hatta ameliyatlara gerçekleştirebilmektedirler.

Son beş yıl içinde, çok ince optik fiberlerin geliştirilmesiyle, fiberskopların çapı oldukça küçülürken, görüntü demeti içindeki lif sayısı artmış ve alınan görüntünün kalitesi de o derece mükemmelleşmiştir. En iyi fiberskop, 10 bin lifi 1 mm'den daha küçük bir çap içinde toplamıştır ve 70 mikronluk bir çözünürlüğe sahiptir. Böyle bir fiberskop, koldaki bir damardan kalbe kadar gönderilebilmekte ve kalp odacıklarının, kapakcıklarının ya da koroner damarların (kalbi besleyen damarlar) görüntüsü alınabilmektedir.

Görüntü sağlamanın yanısıra, optik fiberler, çabuk ve doğrudan fiziksel ve kimyasal analizlerin yapılmasına da imkan vermektedir. Bu uygulamalarda, aletin dışarıdaki ucu,

bir ışık kaynağı ve bir optik analiz makinesine bağlıdır. Gönderilen ışık, yansıyor optik fiberler vasıtasıyla geri alınır. Optik analiz cihazı, döner ışığın dalga boyu ve şiddeti gibi özelliklerini ölçer ve ölçüm yapılan bölge hakkında (kan, bağırsak-mide sıvısı, idrar vb.) fizyolojik bilgiler temin edilir.

Bu gibi pek çok uygulamalarda, optik fiber, çok kullanışlı olduğunu göstermiştir. Örneğin böyle bir sistemle gerçekleştirilen tahliller, çok daha çabuk, hassas ve kolay olmaktadır. Optik fiber aletler, bu alanda geliştirilen diğer mikroelektronik araçlardan çok daha güvenle kullanılabilirlerdir.

Fiberskop kullanılarak kan akış hızı tespiti de mümkündür. Bu işlem için kan hücrelerinin ışığı yansıtma özelliklerinden yararlanılmaktadır. Böylece, kalp gibi hayati organlara giden kan miktarı kontrol edilebilmektedir. Bununla yakından alakalı olarak, benzer bir şekilde kanın taşıdığı O_2 miktarı da belirlenebilmektedir.

Optik fiberlerin ucuna yerleştirilen özel alıcılar sayesinde ise vücudun çeşitli kısımlarındaki basınç değerleri öğrenilebilmektedir. Bu yöntemde, aletin uç kısmında ince, şeffaf bir zarla kapatılmış küçük bir tüp vardır. Dış basınç, tüpün içindeki basınca eşit olduğundan yansıyan ışık bozulmadan geriye gelmektedir. Dış basıncın iç basınçtan fazla ya da az olması durumlarında ise, elde edilen görüntü, çukur ya da tümsek ayna görüntüsü şeklinde olmaktadır.

Geliştirilen pek çok değişik yöntemle, optik fiber aletler, kanın pH'ı ve diğer kimyasal muhtevası (enzimler, hormonlar...) hakkında bilgi verebilmektedir.

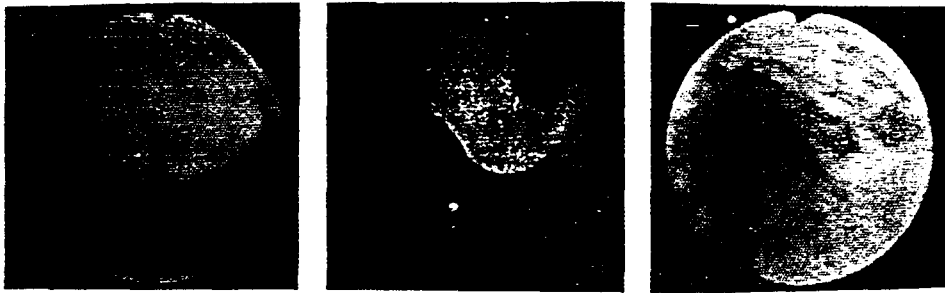
Optik fiberlerin son yıllarda tıptaki en verimli kullanım sahalarından biri de laserle gerçekleştirilen ameliyat ve tedavilerdir. Bu amaçla kullanılan laser ışınlarının dalga boyu ve şiddeti kullanılacağı dokuya göre değişiklik göstermektedir. Böyle değişik dokulara mahsus özel laserlerin etki mekanizmaları da farklılık göstermektedir. Genel olarak, düşük güçte bir laser, yerel bir ışınmaya ve kanın pıhtılaşmasına yol açmaktadır. Bu tür laserler, yaraların kapatılmasında ve damarların birleştirilmesinde kullanılabilir.

Laserlerin cerrahi uygulamaları 10-100 wattlık devamlı, ya da 10.000 watlık kesik bir güç kaynağına gerek duyurmaktadır. Böyle bir gücün optik fiberlerce aktarılması ve azalmaya uğramaması, uzmanları uzun yıllar meşgul etmiştir. Kullanılan camların yeterince dayanıklı olmaması nedeniyle, uç noktalarda erimeler dahi gözlenmiştir. Fakat, son yıllarda geliştirilen yüksek saflıktaki lifler, sorunların pek çoğunu çözmüştür.

2.6.3- Optik Fiberle Kanser Teshis ve Tedavisi

Optik fiberlerin çok çarpıcı bir başka kullanımı ise, bazı küçük zararlı tümörlerin belirlenip yok edilmesidir. Bu amaçla, floresan endoskopi metodu, halen başarıyla uygulanmaktadır. Bu yöntemde, hastaya ultraviyole ışık altında kırmızı renk veren özel bir boya, bir müddet enjekte edilir. Kanserli doku, bu boyayı sağlam dokulardan daha çok emmektedir. Ardından şüpheli bölge kripton laseri gibi uygun bir ultraviyole ışık vasıtasıyla aydınlatılmakta, zararlı tümörler, bu işlem sırasında kırmızı renkte görülmektedirler.

Böyle bir dokuya ultraviyole yerine yoğun kırmızı ışık verildiğinde ise, sonuç çok daha değişik olmaktadır. Verilen boya, kırmızı ışığı çok aşırı bir şekilde emmekte ve bu da bir fotokimyasal reaksiyona neden olmaktadır. Sonuçta ise, bu maddeyi fazlaca ihtiva eden kanserli doku, optik fiberlerle iletilen altın buharı laseri gibi yoğun bir kırmızı ışıkla tek tek yok edilmektedir.



Şekil-214 Kanserli dokuya boya enjektisi, tümörün içine sokulan optik fiber laser ışını ile boyayı uyarması ve boyanın tümörü öldürüşü.

Yakın gelecekte, kanser tedavi ve teshisine ait ilk değişik endoskopi aleti birleştirilebilecektir. Alet, muhtemelen bir fiberskop ile ultraviyole ve kırmızı ışığı ileten iki ayrı liften oluşacaktır. Alet, doğal bir açıklıktan ya da deriden şüpheli tümör bölgesine gönderilecektir. Ultraviyole ışın bir

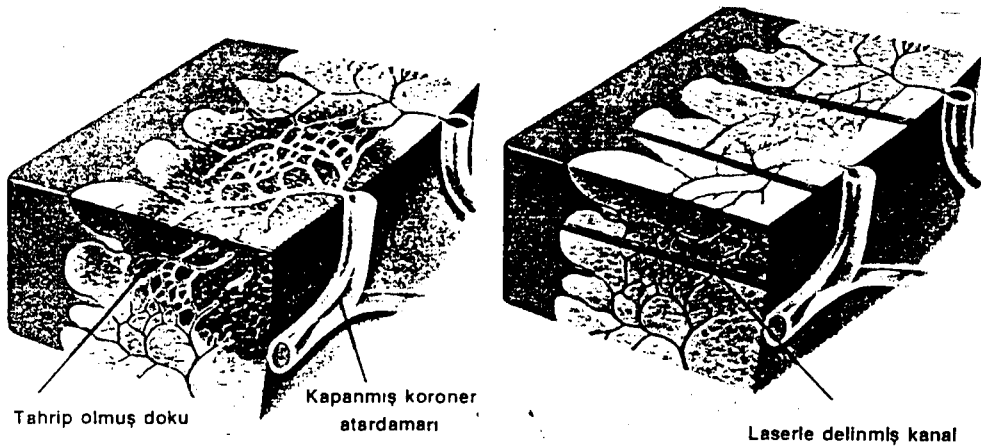
liftten gönderilirken, kırmızı ısıma, fiberskoptan takip edilebilecektir. Birdiğer liftten gönderilen yoğun kırmızı ışık ile de kanserli doku tahrip edilecektir.

Çok gelişmiş bir televizyonun netliği, tıbbi bir laboratuvarın hassasiyeti ve bir cerahın kabiliyeti, küçük damarlara girebilen incecik bir aletin içine sığdırılmış bulunuyor.

2.6.4- Laserle Delinerek Kalp Ameliyatı

Kroner yetmezliği ve enfarktüs'de yapılacak ameliyat, by-pass ameliyatıdır. Bilindiği gibi, bu yöntemde genellikle bacak toplardamarlarından alınan bir damar parçası, yapay bir bağlantı vazifesi görmek üzere ve yarı geçiş damarı olarak, daralmış bulunan koroner damarın yerine geçirilir.

Yeni yöntemde kalp göğüs kafesinden çıkarılıyor. Işın tabancası kalbe yöneltiliyor, tetiğe basılarak kalp içinde çok ince kılcal kanallar açılıyor.



Şekil-2.15 Laserle kalpte kılcal kanal açılışı⁽¹⁰⁾

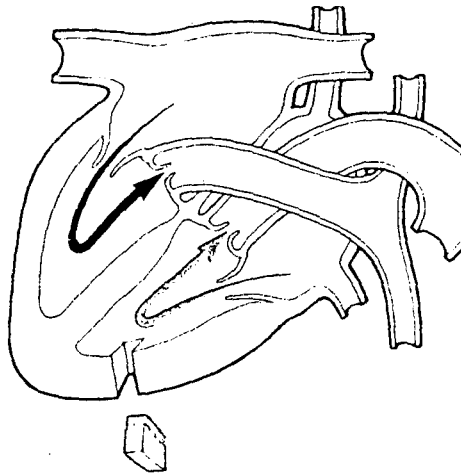
Bu alanda daha önce Amerikalı doktor Joseph Wearn, 1933 yılında by-pass dışında bir yöntem denemesi yapmış, insanın kalp odacıklarını otopside sonra soğutulmuş bir tuz eriyiği ile dondurarak kapatmıştı. Kapakçıkları, aortu ve akciğer damarlarını da pamukla tıkamış ve sağ kalp odacığına kan aktaran büyük toplardamarı sıkı sıkıya bağlanmıştı. Daha sonra koroner damarların içine mavi bir jelatin eriyiği enjekte etmiş, kalbi açarak sonra bu jelatinden kalp odacıklarına doğrudan doğruya geçen pek fazla bir sızıntı olmadığını görmüştü;

sadece birkaç damla soğutulmuş tuz eriyiği ile temas halinde içerde ortaya çıkmıştı. Bu durum Wearn'e göre, koroner damarları ile odacıklar arasında kanallar olduğunun ilk göstergesiydi; aksi halde, jelatin iç cidara kadar nasıl erişebilirdi? Mikroskop altında yapılan incelemelerle bu tez kanıtlandı ve doğrudan doğruya kalp alanına giden çok sayıda bağlantı tespit edildi.

Tabii olarak Wearn'in bu incelemelerini yılan kalpleri üzerine yapılan anatomi literatürünü okumuş bulunan Mirhuseyni, laserle kılcal kanallar açma deneylerini ilk önce köpekler üzerinde yapılması izninin alınması yıllar sonra mümkün oldu.

Bu işlemde 8 ila 14 arası kılcal kanal, elle kullanılan karbondioksitli bir laser aletiyle sol odacık duvarı içine delinmektedir. Böylece dumura uğramış ya da hastalıklı ve yorgun kısımları besleyen kan, kılcal kanallar sayesinde adale içine sızacaktır.

Mahmud Mirhuseyni, bu arada ortaya çıkacağı düşünülen kan kaybının bir sorun oluşturmayacağını, üst yüzey deliklerinin hemen faaliyete geçen doğal pıhtılaşma yoluyla kapanacağını belirtmektedir.



Şekil-2.16 İnsan kalbi iki odacıklıdır.

Bu yeni yöntem alanında ABD ve Avrupa'da tek olan Mirhuseyni, yöntemi şimdiye kadar 12 hasta üzerinde deneme imkanı buldu. Hastane yönetiminin isteğine uyularak daha önce normal by-pass ameliyatı ile güvenceye alınan hastaların hangi yöntem sayesinde iyileştikleri hususu henüz bilinmemektedir. Çifte dikiş ise herkesin tercih edeceği bir durumdur.

Yapılan muayene ve alınan röntgen filmleriyle kalbe açılan kanalların, kalp kasları ve damarlarına çok yararlı olduğu tesbit edilmiş ve içine kanal açılmış kısımların, by-pass ameliyatı yapılan kısımlardan daha iyi kan dolaşımı sağladığı ortaya çıkmıştır.⁽¹¹⁾

3.0. İMAL USULLERİNDE LASERLER

3.1. GİRİŞ

Bir kaç yıl öncesine kadar laser yalnız özel işler için imalatta kullanılırken, şimdi artık laser teknolojisinin hızlı gelişimi, laser ışınından metallerde ve plastik malzemelerde birçok imalat probleminin çözümü için bir vasıta olarak faydalanma imkanını vermektedir. Gelişme eğilimi hem cihaz hem de kullanma tekniğinde hiçbir şekilde kapanmış olarak görülmeyeceğinden, gelecek için artan uygulama alanı beklenebilir.

Laser kaynağının endüstriyel uygulamaya girmesi, teknik nedenlerden dolayı, mutad birleştirme usulleriyle hiçbir alternatif kabul etmeyen birleştirme şekillerinde ortaya çıkmıştır. Kaynak neticelerinin emniyetinden, erişilebilen yüksek çalışma hızından ücret ve malzemeden sağlanan ekonomiden ötürü, laser kaynağının bu seviyideki görünür avantajları, şimdiye kadar bilinen usullerle çözülmüş diğer birçok birleştirme şekli için, laser kaynağının teknik ve ekonomik yönden üstün bir uygulama göstermesine ümit vermektedir.

Montaj parçalarının sürekli olarak küçülmesi birleştirme tekniğinin daha küçük boyut alanlarına yayılmasını gerekli kılmaktadır. Özellikle mekanik veya termik olarak çok yüklenmiş bağlantılar için, diğer birleştirme usulleriyle kaynak tercih edilmektedir. Küçük boyutları kapsayan alanda, klasik kaynak usulleri (elektrik direnç kaynağı müstesna) kesinlikle kullanılmaz. Bu durum termokompresyon, ultrasonik ışını ve laser ışını kaynağı gibi, yeni tip birleştirme usullerinin teşvik etmiştir. Bunların arasından laser kaynağı, bir seri özel avantajları dolayısıyla kendini göstermiştir. Bu avantajlar şunlardır;

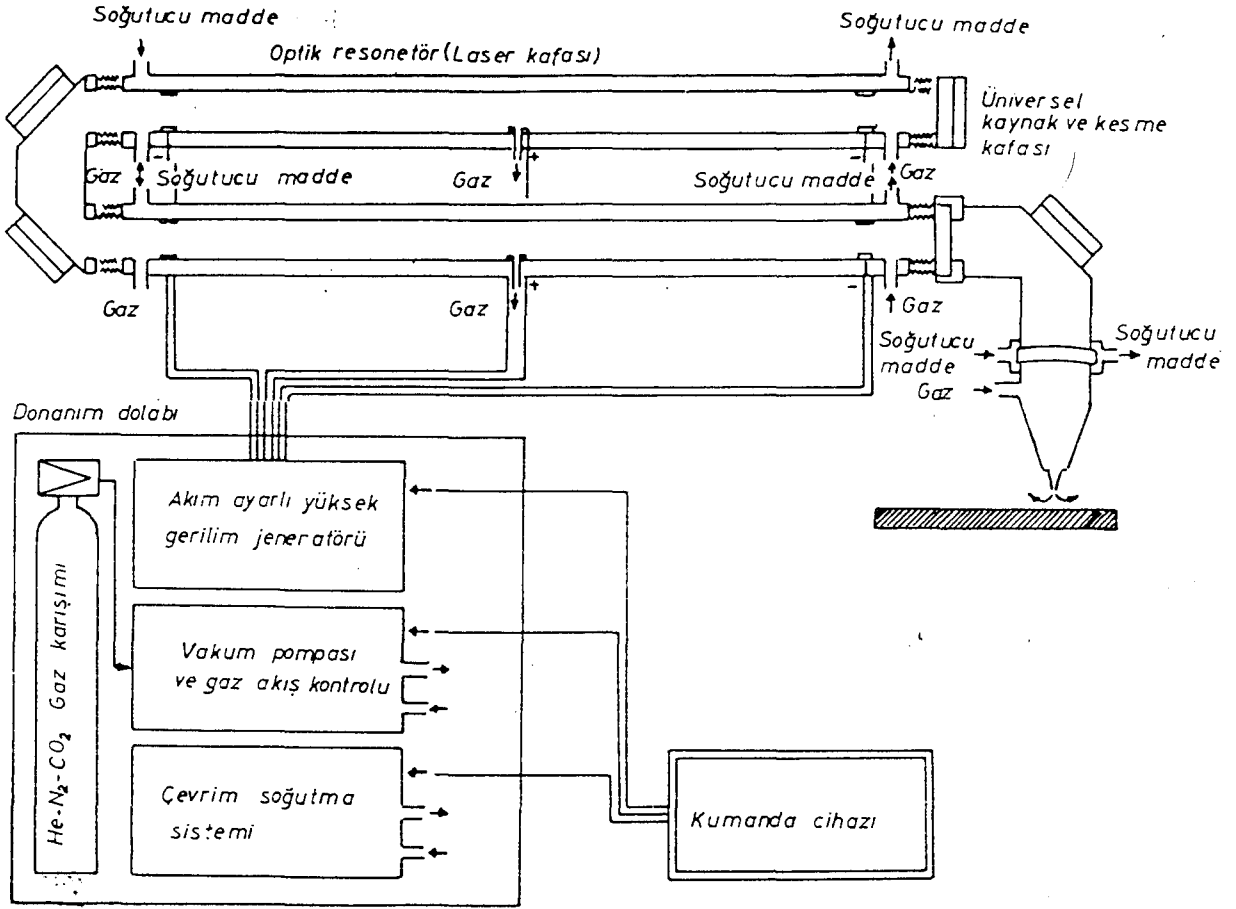
rik edilir. Gaz hali laserinde malzeme işlemek için genellikle karbondioksit, ender olarak da argon laser aktif gaz olarak kullanılır. Enerji girişi, elektriksel olarak bir gaz boşalımı şeklinde vukubulur.

Laserler ya sürekli yada darbeleri olarak çalışabilir. Farklı laserler, ışını farklı dalga boylarında açığa çıkarlar (ihraç ederler). Bu durum, işlenen malzemelerin absorpsiyon derecesi için etkilidir ve erişebilen en küçük odak çapını sınırlar.

Çıkış gücü, demetin ortasında (ışın ekseninde) bir Gauss amplitüd dağılımına sahipse, ışın Gauss ışını olarak adlandırılır ve işletme durumu "Single-Mode" veya " TEM_{00} -Mode" işletme olarak tarif edilir. (TEM: Transversal Elektromagnetik "Optik" dalga). Yüksek mertebeden modlar çıkarsa, ışın kesiti üzerinde birden fazla odak noktası (güç yoğunluğu maksimumu) oluşur. İşletme durumu böylece "Multi-Mode-İşletme" olarak adlandırılır.

3.2.1- Gaz hali laseri

CO_2 - laserinin avantajları % 10-20'lik oldukça yüksek verimde ve teorik olarak 50-1000 W'lık, istisnai hallerde de 10 Kw'ın üstündeki yüksek çıkış gücündedir. Elde edilen ışın 10 mm'lik dalga boyu infraruj bölgesindedir. Odak çapı 0,05-1 mm kadar olabilir. CO_2 laseri esas itibariyle sürekli çalıştırılır; darbeleri çalışma ancak darbeleri tahrik veya özel şalterlerle (Q-Switct) mümkündür. Boylamasına ve enlemesine akımla tahrikli sistemlerde metre boru uzunluğu başına 50-70 W'a erisilir. Yüksek güçler için yapı boyunu azaltmak amacı ile rezonatörler katlanır. Enlemesine akım tahrikli sistemlerde laser gazının varionizasyon imkanı oluşur; böylece gaz boşalımı için ölçülen geriçim azalır. Bir CO_2 - laserinin prensip şeması (Şekil 3.1) de verilmiştir.



Şekil-3.1 Bir CO₂ laseri prensip şeması

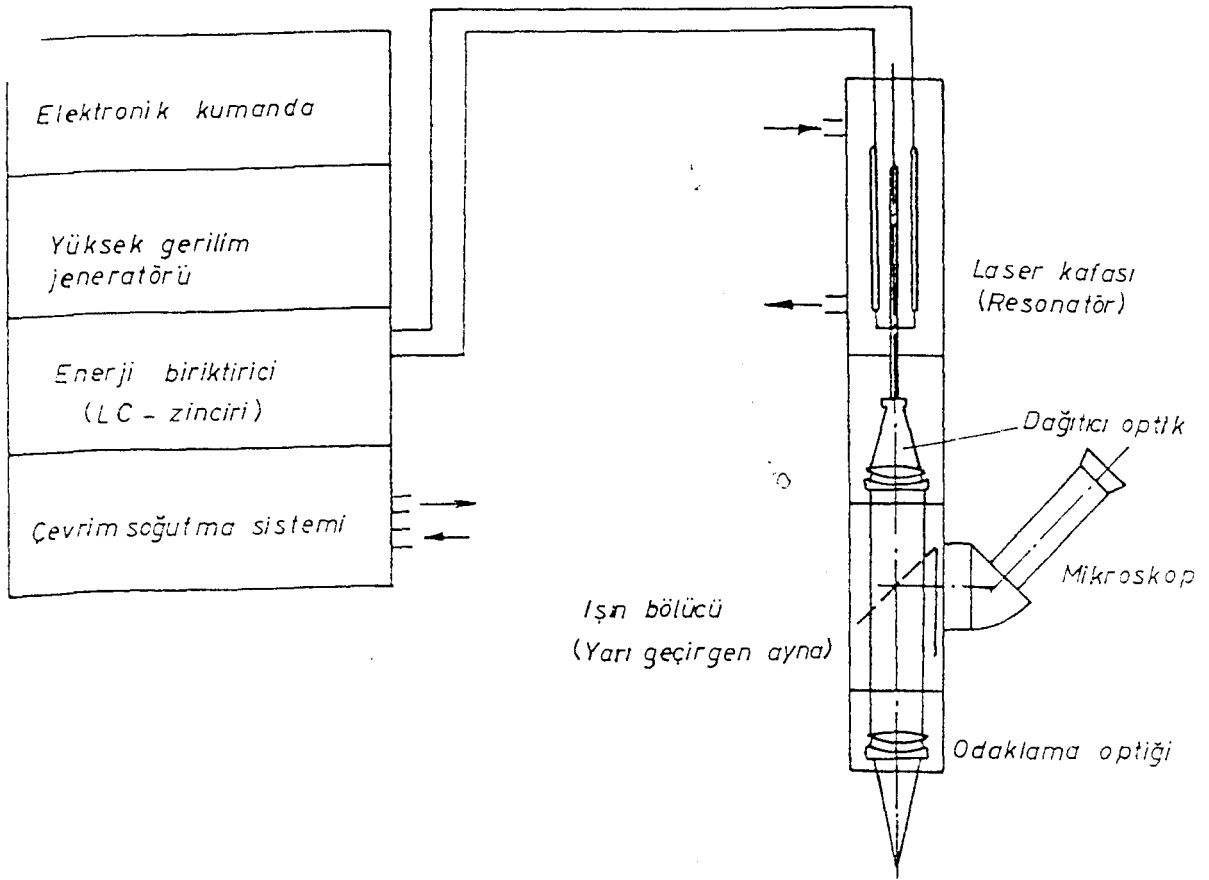
Malzeme işlemek için enteresant diğerk bir laser sistemi de Argon İyon - Laseridir. 0,51 µm'lik bir dalga boyunda çalışır ve dolayısıyla de iyi odaklanabilme ve metal yüzeylerinde absorbe edebilme avantajlarına sahiptir. Piyasadan 20 W'a kadarlık sürekli çıkış güçlü sistemler sunulmuş ve deneysel olarak 200 W civarındaki güçler artık gerçekleştirilmiştir. Düşük verimi iyileştirme (< 0,1 %) başarılı olduğu takdirde, endüstriyel uygulama için iyi bir ümit çıkacaktır.

Süregelen gelişmeler, yüksek güçleri ve küçük dalga boylarını amaçlar. Bir CO₂- dinamik gaz laserinin 400 kW'a kadar olan güç bölgesindeki gelişmeler, 30 mm'nin üzerindeki kaynak nüfuziyetini ümit edici hale getirir. Halen kısa dalgalıdan ultraviyole bölgesine ($\lambda = 0,25 \mu\text{m}$) kadar her dalga boyundan ışığı açığa çıkaran ve böylece daha iyi odaklanabilen metal buharı-iyonu-laserinin güç artışı üzerinde

çalışmaktadır. Ayrıca ışımaya enerjisi metalik malzemeler tarafından iyi absorbe edilmektedir.

3.2.2- Katı hal laseri

Neodiyum - YAG ve Neodiyum - CAM - laserinde birim hacim başına depolanan laser aktif Neodiyum gaz meleküllerinin sayısı CO₂- laserindeki laser meleküllerininkinden çok daha büyüktür. Buna göre laser kafaları aynı çıkış gücünden daha küçük ve hafiftir. Bu laserler tarafından açığa çıkarılan dalga boyu 1.06 μ m'dir. Dalga boyundan ötürü odak çapı 0,02 ila 0,5 mm'ye kadar erişebilir. Bir laser kafası kendine özgü laser çubuğu, resonatör, flaş ve buna ait reflektörden oluşur. Güç değerine göre laser çubuğu ayrıca soğutmalıdır. (Şekil 3.2) de bir katı hal laserinin prensip şeması verilmiştir.



Şekil-3.2 Katı hal laseri prensip şeması

Yapı elemanları	Usul	Avantajları
Çubuk	Nd-Cam Nd-YAG	- Ucuz - Yüksek ortalama güç - İyi mod kalitesi - Stabil emisyon (eşik yok)
Resonatör (Laser kafası)	Parlatılmış Çubuk Dış ayna	- Ucuz - İyi mod kalitesi - Mod sayısının işleme uygunluğu
Soğutma	Artan kavitasyon Kuru kavitasyon (Flaş etrafında soğutma borusu)	- Kavitasyonun direkt soğutulması - Ucuz - Stabilemisyon (temel mad)
Soğutma sıvısız	- Reflektör ömrü - Ucuz - Küçük güçler ve darbeli frekanslar için	
Reflektör (yansıtıcı)	Kopyalayan sistem Difüze sistem	- İyi verim - Düzenli aydınlatma
Flaş	Lineer lamba Helezonlu lamba	- Ampul değişiminin kolay - Kontrollü soğutma - yüksek pompa gücü

Çizelge: 3.1 Katı hal laserinde laser kafaları farklı şekillerin mukayesesi

Laser kafası montaj parçalarının farklı durumlarının Çizelge-3.1 de özetlenmiştir.

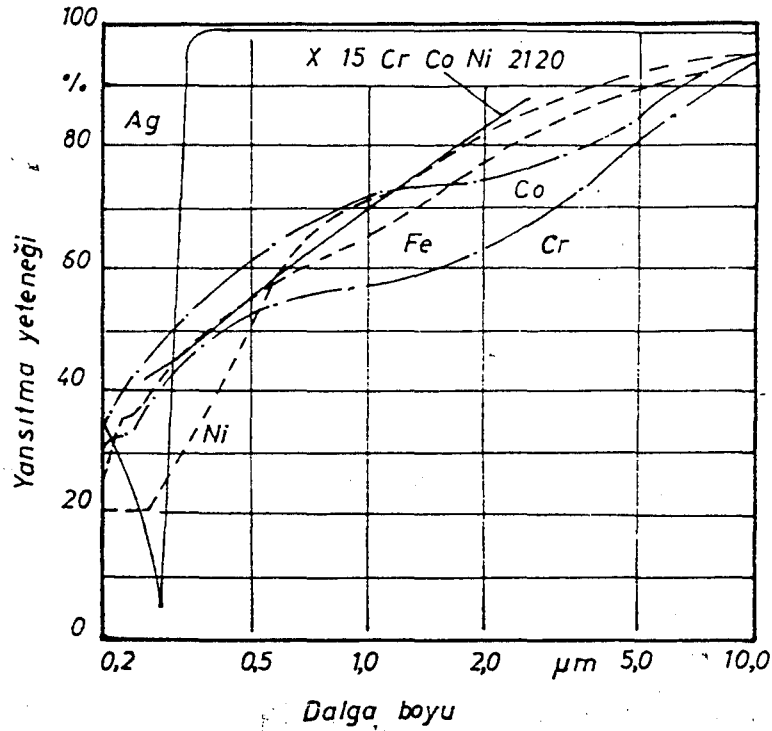
Neodiyum-YAG ve Neodiyum Cam laserleri birbirinden, darbeleri frekans ve güç çekişi bakımından ayrılırlar. YAG laseri, 800 W'lık güçlere kadar olan sürekli işletmeler için uygundur. YAG-kristallinin cama göre avantajı, çok iyi ısı iletme yeteneğinden dolayı daha iyi soğumasıdır. Verim, darbeleri çalışmada % 1 ve sürekli çalışmada ise % 2" dir. İkaz için gerekli ışık, darbeleri çalışmada bir flaş ve sürekli çalışmada da sürekli olarak yanan bir lamba tarafından sağlanır. Kristal laserine kıyasla Neodiyum-Cam laseriyle, cam çubuklar büyük boyutlarda daha iyi optik süreklilikle imal edilebildiklerinden, daha yüksek impuls enerjilerine erişilebilir; ayrıca YAG-Kristallerinden daha ucuzdur. Cam kötü ısı iletme kabiliyetinden dolayı, cam laseri oldukça kısa bir darbe sırasıyla (4 Hz) çalışır.

Ruby laseri, YAG veya Cam laserinden daha kötü bir verime (0,1-1 %) sahipse de 0,69 μ m'lik çok kısa bir dalga boyuyla ünlüdür ve diğer katı hal laserlerinin uzun dalgalı ışımalarının kuvvetle yansıtıldığı yerlerde uygulanır. (çizelge 3.2) değişik laser çeşitlerinin özelliklerini özet halinde vermektedir.

Laser	Genel datalar				Darbeleri işletme					Sürekli işletme	
	Dalga Boyu (μ m)	Odak çapı (mm)	Işın iraksaması (m rod)	Verim (%)	Güç (W)	Güç yoğunluğu (W/cm^2)	Enerji (Ws)	Darbe süresi (ms)	Darbe frekansı	Güç (W)	Güç yoğunluğu (W/cm^2)
Argon	≈ 0.43 (Yeşil)	> 0.01	< 1	≤ 0.1		Kumandalı darbe imkanı				≈ 120	$> 10^6$ f=10 cm
CO ₂	10^6 Kırmızı	0.05-1	5	10-20	10^4	Kumandalı darbe imkanı				10^2-10^4	$> 10^6$ f=10 cm
Nd-YAG	1.06	0.03-0.5	10	1-2	10^3-10^4	10^7	100	0.5-20	1800 5Ws de	$10^1-2.10^2$	10^6
Ruby	0.69 (Kırmızı)	0.02-0.5	10	≈ 1	10^3-10^4	10^7	50	0.5-20	< 120	—	—

Çizelge- 3.2 Laser çeşitlerinin özellikleri

Katı hal laserinde devam eden gelişmeler, yüksek impuls enerjisi ile hızlı darbe sonuçlarını amaçlar. Özellikle YAG-laserinde, sürekli ve kuazi sürekli çalışmada, yüksek ortalama bir güç, sızdırmaz dikişlerin kaynağı için artan bir uygulama sahası vadetmektedir. Metal kaynağında absorpsiyon kabiliyetini yükseltmek için frekansı iki katına çıkaran küçük dalga boylarını görünen bölgede elde etmek imkanı da vardır.



Şekil-3.3 Yansıtma derecesi dalga boyuna bağlı

3.3- USULLER

İşlenebilirlik, esas olarak iş parçası yüzeyinin yansıtma derecesine bağlıdır. Yansıtma derecesi ise, yine malzemeye, yüzey pürüzlülüğüne, malzemenin sıcaklığına ve laser ışınının dalga boyuna bağlıdır. (Şekil 3.3)

Ayrı laser cinslerinin farklı işletme durumlarındaki uygulamaları için (çizelge 3.3) de örnekler verilmiştir.

İşletme çeşitleri Laser	Tek darbeler	Kuazi-Sürekli	Sürekli
Rubin Nd - Cam Nd - YAG	Nokta kaynağı Delme Noktasal sertleştirme	Dikiş kaynağı Kaldırma (tesviye) Dikiş kaynağı	 Kaldırma (tesviye) Dikiş kaynağı
CO ₂		Kaldırma (tesviye) (Dikiş kaynağı)	Dikiş kaynağı Kesme Kaldırma Çizgisel sertleştirme

Çizelge-3.3 Laser cinslerinin farklı uygulaması

3.3.1- Kaynak

Laser ışını ile kaynak bir eritme kaynağı usulüdür. Güç yoğunluğu, malzeme kuvvetle buharlaşmadan eriyecek şekilde ayarlanmalıdır. Teorik olarak ilave metal kullanılmadan çalışıldığı için parçalar birbirine tam olarak birleştirilmelidir. Ağızlar arasındaki aralığın mertebesi, erimiş banyo genişliğinin beşte biridir. Erimiş banyo genişliği 100 m civarındadır.

Laser kaynağının önemli üstünlüklerini şöyle sıralayabiliriz:

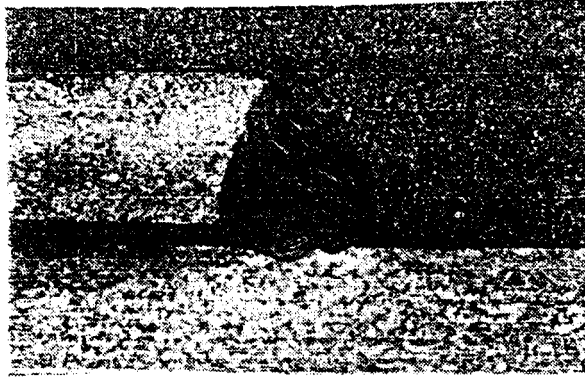
- a- Enerji sevkinin ve zamana bağlı kumandanın basitliği nedeniyle hemen hemen bütün malzemeler birbirleriyle kaynak edilebilir.
- b- İyi bir şekilde otomize edilebilir.
- c- İş parçasının üzerine hiçbir kuvvetin tesiri yoktur.
- d- Atmosferler çalışma imkanı vardır.
- e- Hiçbir takım aşınması yoktur.
- f- Büyük çalışma aralıkları imkanı sağlanabilmektedir.
- g- Isının tesiri altındaki bölgeler küçüktür.
- h- Zor ulaşılan yerlerde kaynak yapma imkanı vardır. Mesela, girintili yerlerde veya cam kaplamalı yerlerin arkasında.
- i- Laserin enerji kaynağı ışıktır ve düşük miktarı ile çok küçük birim alanda çok yüksek güç yoğunlukları elde edebilir. (10^6 W/cm²)
- k- Herhangi bir magnetik alan olamadığı için magnetik alandan etkilenme söz konusu değildir.
- l- Enerji iş parçasına çok kısa bir süre içinde uygulanır ve hemen peşinden soğuma için yeterli süresi kalır.
- m- Sistemin iş parçası ile mekanik kontağı yoktur, Çok kolay kumanda edilir.

n- Isın mercekler yardımı ile istenilen şekilde yönlendirilir. Bükülebilir. Ayrıca ca, su gibi değişik ortamlarda geçerek kaynak yapma imkanı vardır.

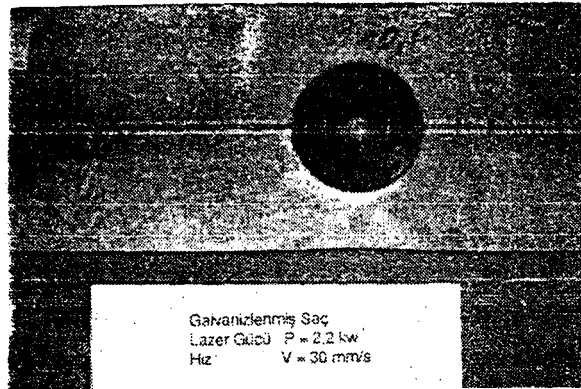
o- Diğer kaynak sistemlerine göre iş parçası üzerinde (HAZ) "ısıdan etkilenen bölge" alanı, ayrıca yüksek ısı nedeni ile meydana gelen tahribat ve deformasyon en azdır.

p- Çok hızlı soğuma istenen metallere kaynağı da laser ile mümkündür.

r- Mekanik özellikleri, fiziksel özellikleri veya kütleleri farklı metallere kolaylıkla kaynatılabilir. Kaynak bölgesinin özellikleri ana metalin özelliklerine çok yakındır.



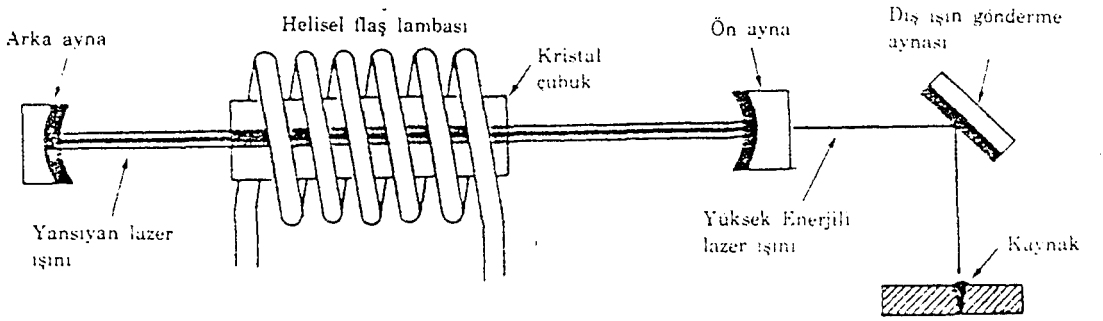
Şekil-3.4 Ç1010 Malzemeye laser dikiş kaynağı



Şekil-3.5 Laserle galvanizli sac kaynağı

Laser ışını ile kaynak işlemi

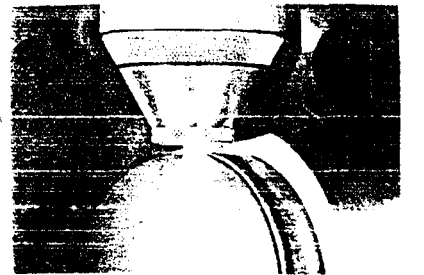
Laser ışını, bir ışın taşıma sistemi tarafından (metalik aynalar) yönlendirilir. Laser kaynağından çıkan ışın çeşitli noktalarda odaklanır (toplanır) ve bir parabolik ayna veya mercek tarafından çalışma parçası üzerine odaklanmış halde (tek bir çizgi halinde) yansıtılır. Odak çapı (Işın çizgisi çapı) 0,1 mm ye kadar küçültülebilir. (Şekil 3.6)



Şekil-3.6 Odaklanmış laser ışını

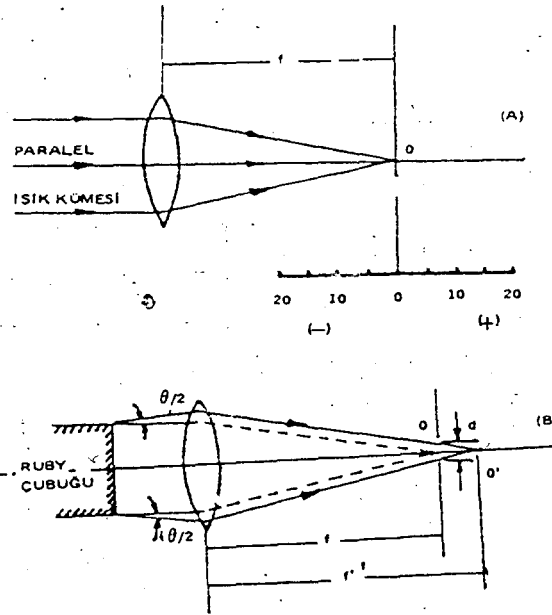
Bu çap, laser ışınının kullanış şekline ve mercek ayarına göre değiştirilebilir. En çok kullanılan tipteki laser ışınının yoğunluğu 10^6W/cm^2 dir. Ancak bu yoğunluktaki bir laser ışını derin kaynak dokusu oluşturur. Daha fazla yoğunlaştırılmış laser ışını kullanmak kaynak parçasını daha çok eritir ve buharlaştırır, oluşan buhar terkibi bir plazma bulutu meydana getirir ve çalışma parçasında radyasyon belirtileri görülür. Yüze oksidasyonunu önlemek ve plazma bulutunu kontrol altına almak için kaynak işlemi sırasında koruyucu bir gaz (helyum veya argon) kullanılır.

Şekil-3.7 Laser kaynağı



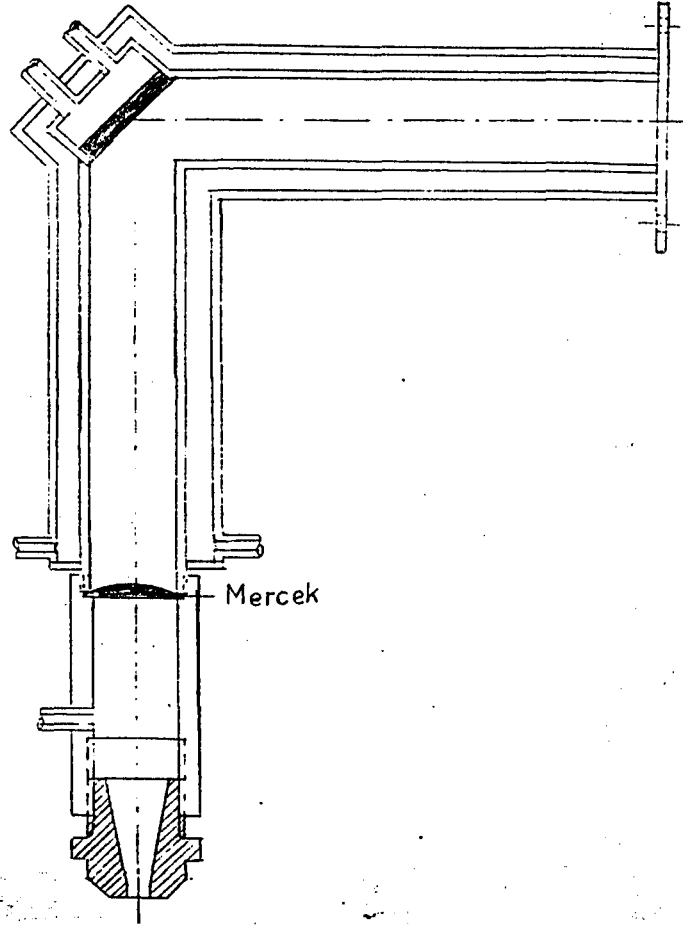
Kaynak esnasında büyük bir enerji yoğunluğu açığa çıktığı için kaynak ve delme işlemleri arasındaki sınırı çok iyi belirlemek gerekir. Kaynak için buharlaşma olayı en azda tutulmalıdır. Aksi takdirde fazla enerji nedeniyle meydana gelen aşırı buharlaşma malzemenin delinmesine neden olur. Laserlerin bu özelliğinden faydalanılarak mikron düzeyinde çok hassas işlemleri de başarı ile yapılmaktadır.

Bir laser sisteminin ayarlanması için pulse'nin karakteristikleri, unite kapasitesi, laser materyal tipi, operasyon modeli, odak mesafesi, kaynak olacak malzemenin kalınlığı ve fiziksel özelliklerine dikkat edilmelidir. Bu özelliklerin kaynak üzerindeki etkilerini kısaca inceleyelim.



Şekil - 3.8 A: Normal sistemin odaklanması
B: Laser sisteminin odaklanması

Şekil-3.8de görüldüğü gibi kaynaktan çıkan paralel ışık kümesinin normal mercekle odaklandığı zaman elde edilen noktada gerçek odak noktasıdır.(0). Bir laser çubuğundan çıkan ışıklarda ise mevcut olan sapmalar nedeni ile aynı mercek ile odaklama yapıldığı zaman farklı, ikinci bir odak noktası elde edilir. Bu laser sisteminin odak noktasıdır (0'). Optikal odak noktası sıfır olarak kabul edilip yapılan incelemede $\theta/2^\circ$ lik yayılma açısında sistemin odak noktası ile optikal odak noktası arasında yaklaşık 1 mm.'lik sapma görülür.



Şekil - 3.9 Odakın mercek ile ayarlanması

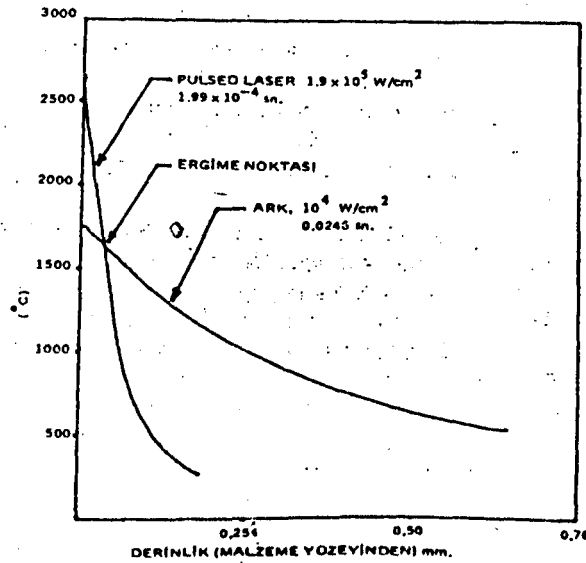
Laser çubuğundan çıkan ışık kümesinin mercekle yardımcı ile odaklaştırılarak, mikron düzeyindeki alanlarda çok yüksek enerjinin açığa çıkarılması kaynak işleminin temelini oluşturur. Genellikle ince malzemeler üzerinde mikron derecesinde küçük ölçülerde çalışabilme özelliğinden dolayı lasere (mikro-kaynak) elemanı diyebiliriz. Mikron ölçüsündeki alanlar üzerinde çok yüksek güçler doğrudan laser sisteminin ince bir malzemeyi kaynatması için gerekli enerji miktarı, aynı ölçülerdeki malzemenin elektrik ark kaynağında kaynatılması için gerekli olan enerji miktarınının 1/10 kadardır. Ayrıca ürettiği yüksek enerji nedeni ile günümüz koşullarında yüksek ergime noktalarından dolayı kaynatılması çok zor olan Tungusten, Molibden, Kobalt, Platin, Vanadyum (Çizelge:3.4) gibi yüksek dirençli metallerin kaynağı başarı ile yapılmaktadır.

	A	B	C	D	
Alüminyum					
Altın					
Berilyum					
Kadmium					
Kobalt					
Krom					
Bakır					
Demir					
Magnezyum					
Manganez					
Molibden					
Kolombiyum					
Nikel					
Kurşun					
Platin					
Renium					
Kalay					
Tantal					
Titanyum					
Vanadyum					
Tungsten					
Zirkonyum					

A:Arzu edilen kaynak
B:İyi
C:Dikkat
D:Arzu edilmez

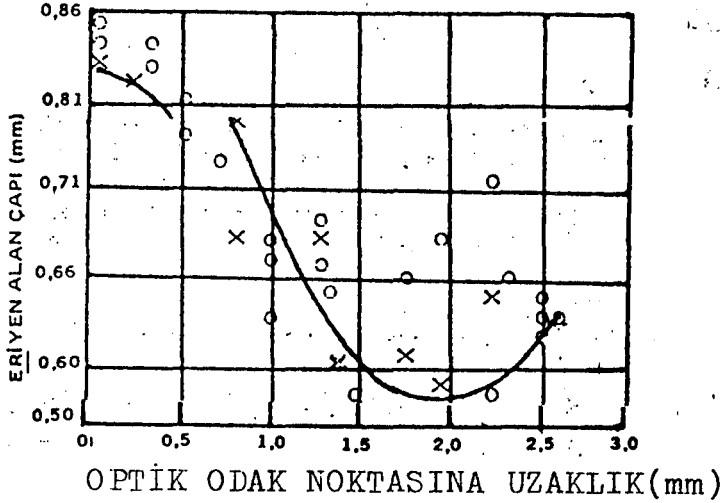
Çizelge 3.4 Çeşitli metallerin laser kaynağına uygunluğu (1)

Laser kaynağı ile elektrik ark kaynağının enerji kaynakları açısından mukayesesinde görülmüştür ki; malzemenin birim derinliğindeki ergime, laser kaynağında daha az ısıtma ve soğutma süresinde meydana gelmiştir. Ayrıca daha dar ısıdan etkilenmiş bölge (HAZ) görülür. Örnek olarak ark kaynağı esnasında malzemenin alt ve üst noktaları arasında 70°C lik ısı farkı varken bu fark laser kaynağında 1200°C 'dir. (Şekil-3.10)



Şekil 3.10 Laser Kaynağında Işınım derinliği

Laser kaynağının avantajlarını gösteren başka bir örnekte; laser ve TIG kaynakları karşılaştırılmıştır. T.J. DROZDA (1983), laser ve TIG kaynakları ile paslanmaz çelik kutular üzerinde mukayeseli şekilde yaptığı bir çalışmada; TIG kaynağı için 30sn, kaynak süresi ve işlem sonunda taşlanmanın gerekli olduğunu, laser kaynağında ise 5 saniye kaynak süresi, daha dar ve temiz kaynak dikişi, ayrıca işlem sonunda taşlanmanın gereksiz olduğunu görülmüştür.

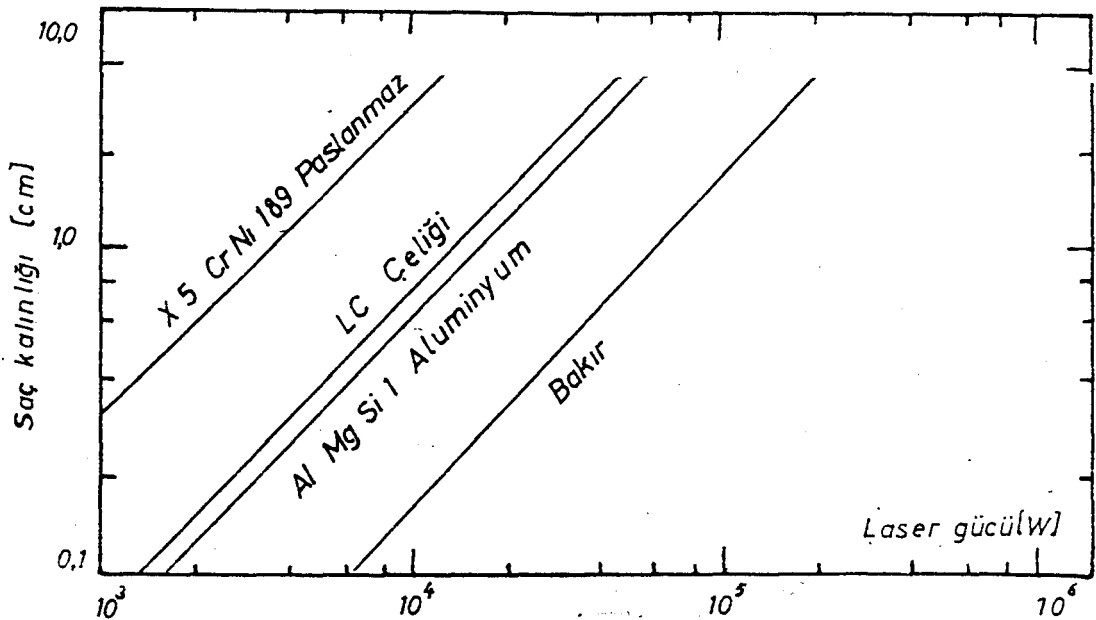


Şekil-3.II Eriyen alanın, optik odak noktasına göre değişimi

Şekil 3.11de optikal odak noktasına göre malzeme üzerindeki kaynak alanının değişimi gösterilmektedir. Şekilde görüldüğü gibi en dar kaynak alanı, laser enerji yoğunluğunun en yüksek olduğu noktada ve optikal odak noktasından 1.77 mm. uzaklıkta meydana gelmiştir. (Şekil 3.11)de gösterilen benzeri bir çalışmada ise, en az ısıdan etkilenmiş bölgede, en çok enerji yoğunluğunda, en küçük çaptaki ergimiş alan görülmektedir. Bu çalışma % 01 karbonlu, 0.05 mm. kalınlıktaki çelik malzeme üzerinde 2.0 Joule enerjide ve 32 mm.'lik mikroskop merceğinde yapılmıştır. Şekilde görülen kesin sınır içinde laser ışını malzemeye nüfuz eder, sınır dışındaki bölgede malzeme üzerinde, her iki yönde, ısı nedeni ile sadece yapısal değişiklikler görülür. Sonuç olarak yüksek enerji yoğunluğunda en dar ergime alanı, düşük enerji seviyesinde ise daha geniş ergime alanı oluşmaktadır. Ayrıca ışığın genel karakterine bağlı olarak sistemin odak noktasına veya ana enerji girişine müdahale edilerek sistemin enerji kontrolü mümkündür.

3.3.1.1- CO₂ - Laseri

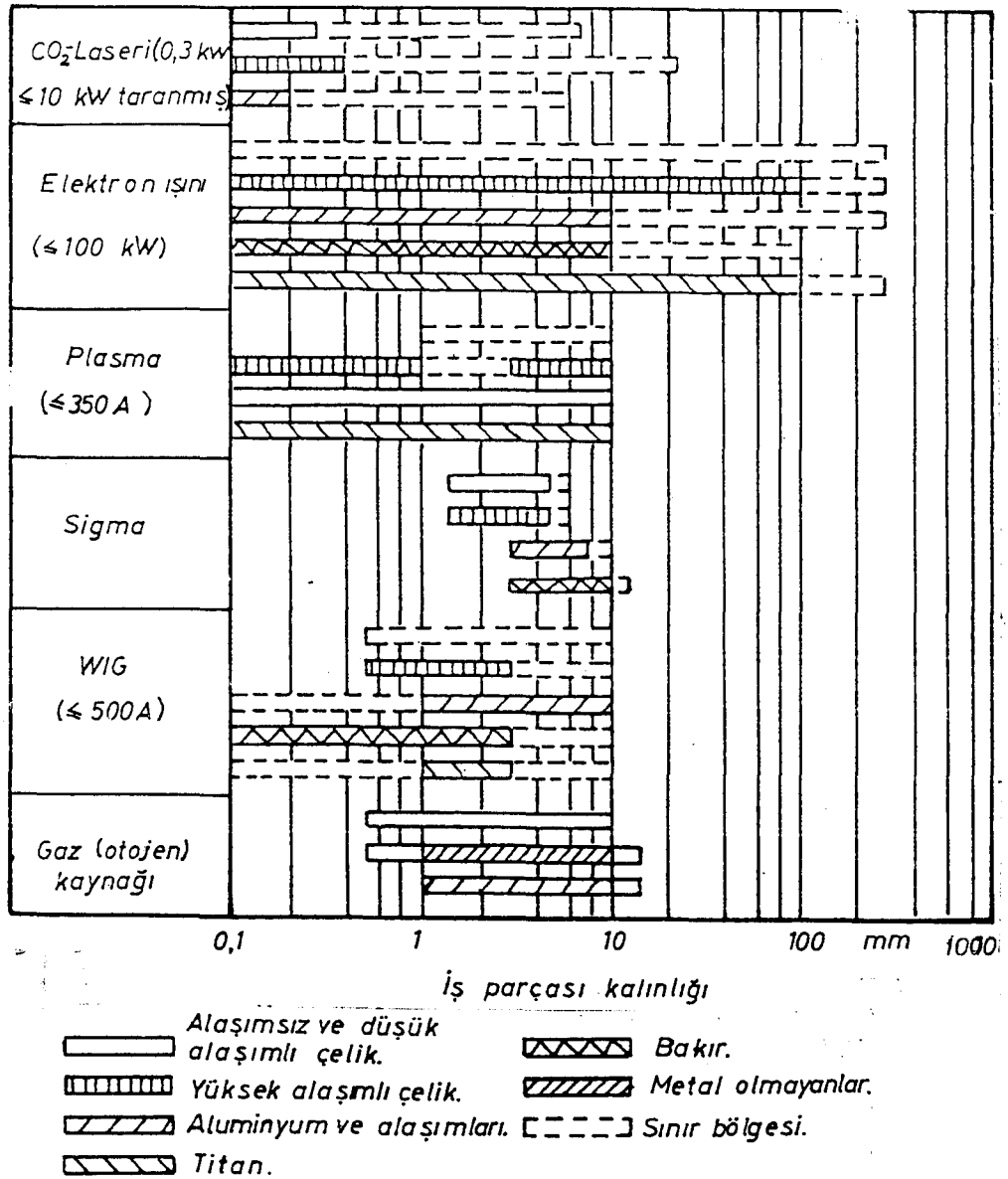
Diğer kaynak usullerine kıyasla, eritme kaynağında, CO₂ laserinin uygulama sınırları Şekil 3.12 ' de gösterilmiştir. CO₂-laserinin şimdiye kadarki uygulama alanında, 3 mm sac kalınlığına kadar alın dikişi üzerinde sınırlı olduğu görülmür. Böyle kaynak işleri daha ziyade ince sac işlerinde (meselâ, ev cihazları ve karoseri inşası gibi) bulunmaktadır. Burada laserin bir avantajı, malzemedeki küçük termik zorlamalardır. Fakat konsantre edilmiş küçük bir ışın girişi, hassas kaynak ağız hazırlığı ve malzeme sevki gerektirir. Laser kaynağının kendine özgü özelliklerinden vazgeçilebildiği yerlerde, TIG ve plazma usulu gibi, klasik usuller daha ekonomiktir. 2-10 kW'lık laser güçlerinde, yalnız elektron ısı ile erişebilen bir derin nüfuziyetli kaynak etkisi amaçlanır. Kaynak tecrübeleri, şimdiye kadar yüksek alaşımlı çeliklerde yürütülmüştür. Dört farklı malzemeye ait bir optimum I - Alın dikişinin kaynağı için CO₂-laserinin gerekli minimum gücü (Şekil 3.12) den çıkarılabilir.



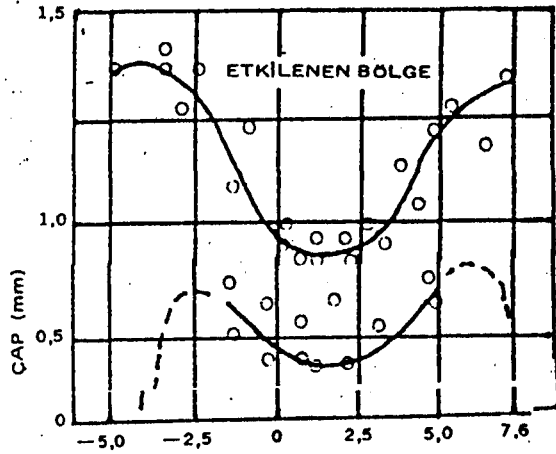
Şekil- 3.12 CO₂ Gaz laseri ile optimum kaynak

Isı Kaynağı	Güç Yoğunluğu, W/cm ²
Laser	10 ⁹ dan fazla
Elektron Beam	10 ⁹ dan fazla
Elektrik Ark (argon - 200 amp)	1,5 x 10 ⁴
Oksisetlen Alev	10 ³
Oksihidrojen Jet Bekli	3 x 10 ³
"Black Body" Radyasyon	
6500 °K	10 ⁴
11500 "	10 ⁵
20500 "	10 ⁶
36500 "	10 ⁷
65000 "	10 ⁸
115000 "	10 ⁹

Çizelge 3.5 Kaynak için kullanılan metodların güç yoğunluğu



Çizelge 3.6 Kaynakta CO₂ laserinin diğer usullerle karşılaştırılması



ODAK NOKTASINA GÖRE YÜZEY DURUMU

Şekil-3.13 Optikal odak noktasına göre iş parçasının yüzeyinin durumu

Malzeme: % 0,1Cçelik

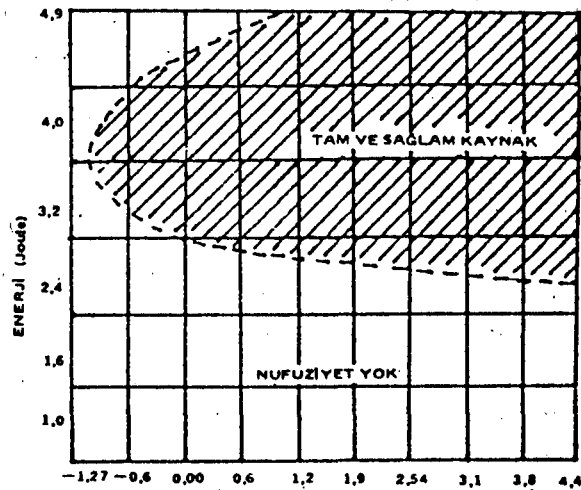
Kalınlık: 0,05 mm

Enerji: 2 Joule

Lens : 32 mm (8)

(SCHMIDT I. HAM VE HOSHI I. An Evaluation of laser Performance in Microwelding (1965))

Enerjinin değişen miktarlarının etkisi Şekil-3.13 ve 3.14 de gösterilmiştir. Şekil-3.13 ve 3.14 de ise pulse süresi ve enerji değişiminin farklı kalınlıklardaki malzemelere göre uygun kaynak şartları görülmektedir. Malzeme kalınlıklaştıkça fazla enerji ve buna bağlı olarak daha uzun pulse süresi gerekmektedir.



Şekil-3.14 Optikal odak noktasının iş malzemesini yüzeyine olan mesafeler (SCHMIDT I. HAM ve HOSHI I. malzeme: 302 paslanmaz çelik, kalınlık 0,12 mm)

Radyo frekansı uyarılı CO₂ laserleri

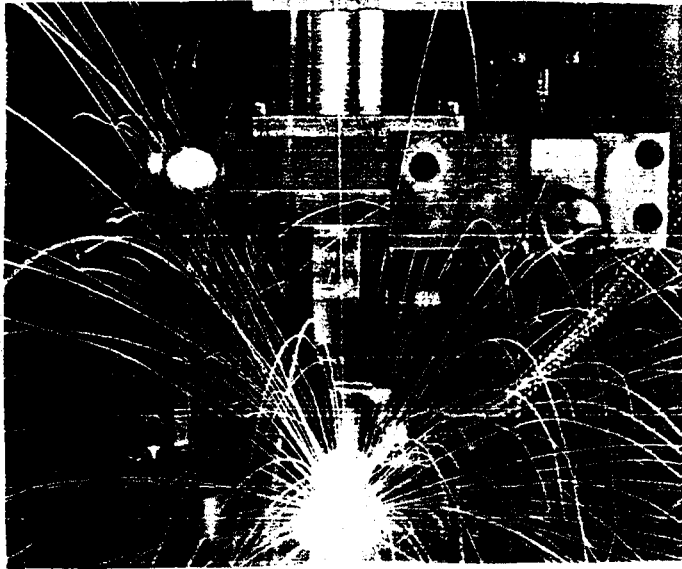
CO₂ laserler elektrik yükünün boşalmasıyla çalışan gaz laserleridir. Radyo frekansı ile uyarılı CO₂ laserleri laser teknolojisindeki hızlı mihver boyu akışlı tipinin en iyi örnekleridir. Doğu akım uyarılı normal kaynak makineleriyle CO₂ laserleri karşılaştırıldığında radyo frekansı uyarılı CO₂ laserlerinin şu avantajları ortaya çıkar;

- Laser gazı terkininin kirlenmesi sözkonusu değildir. Bunun yanında normal kaynaktaki elektrod sarfiyatı ve oluşan kaynak gürültüsü önlenir.

- Elektrodların bakım külfeti vardır.

- Laserin etkili gücü istenilen ölçüye ayarlanabilir.
(25 KHz'e kadar)

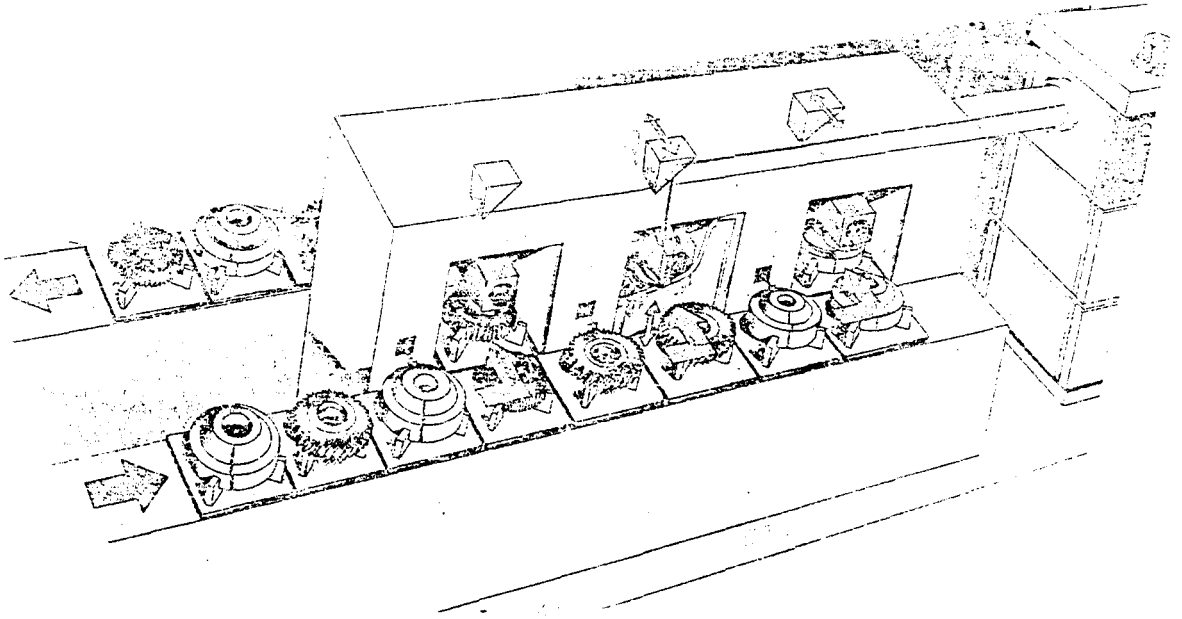
- Laser, alçak ve voltaj ve alçak basınçta kullanılabilir. Laser gazı, uzun süre ve emniyetle sirküle edilebilir.



Şekil- 1.15 Laser kaynağı

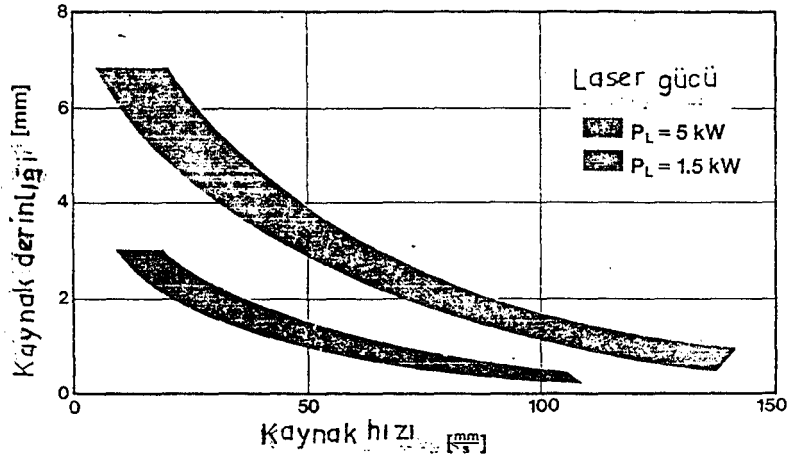
1,5 Kw ile çalışan CO₂ laserler:

Çok parçadan oluşan işler için uygundur. Çesitli geometrik şekillere sahip parçalar, otomatik kaynak işleminde hiç bir yardımcı aparata gerek duymadan istenilen şekilde döndürülebilir. (Şekil-3.16)



Şekil- 3.16 1,5 Kw ile çalışan bir CO₂ laser

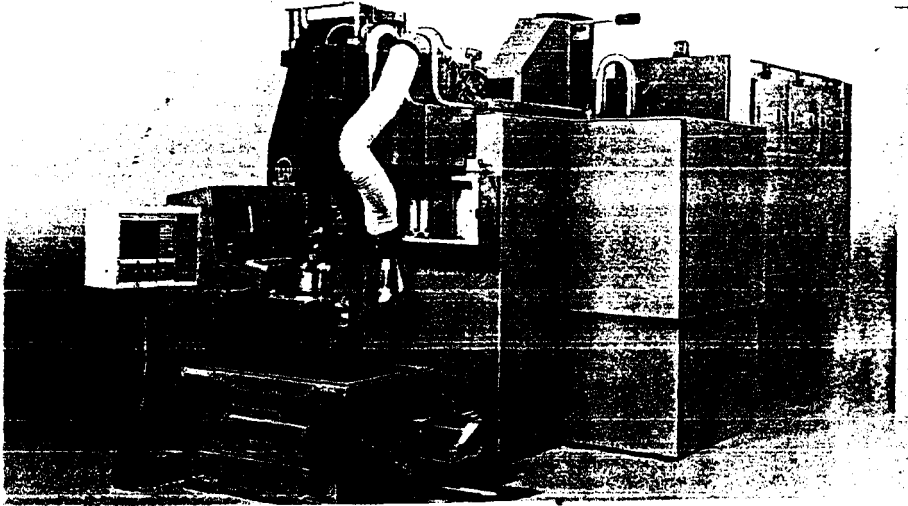
Şekilde iş parçalarının bir taşıma bandı ile üç kaynak istasyonuna gidebildiği görülmüyor. Laser ışını, kaynağa hazır vaziyetteki ışın anahtarları tarafından yöneltilir. Bir istasyonda işlem yapılırken diğer istasyonlar başka bir iş parçasını alıyor veya gönderiyor. Makinanın tüm fonksiyonları bilgisayarla kontrol ediliyor. Bu sistemle işler optimum zamanda yapılabilir. Yardımcı işlemler, ışın anahtarlarını, saniyede harekete geçirmekle yapılır. Sistemin istasyon sayısı artırılabilir. Modüler tasarlanırlar.



Şekil- 3.17 1,5 ve 5 Kw lık laserlerde hız-derinlik eğrileri

5 Kw ile çalışabilen CO₂ laserler:

Bir ana makina çevresine bir, iki, üç veya fazla laser kaynak yerleştirilebilir ve bir laser kaynak hattı oluşturularak çalışma parçası üzerinde çeşitli operasyonlar yapılabilir. Şekil-3.18de iki istasyonlu 5 Kw güçlü, CNC, CO₂ laser tezgahı görülmektedir. (2)



Şekil-3.18 5 Kw güçlü, iki istasyonlu, CNC, CO₂ laser tezgahı

Esas kaynak zamanları aşağıdaki gibi maximize edilebilir;

- Bir istasyonda kaynak yapılırken, diğer istasyonda başka bir parçanın hazırlığı yapılabilir.

- Bir istasyon boş kaldığı anda işin başka bir istasyona yönlendirilebilir. Bu şekilde zamandan kazanılır, fiatlar düşer.

- Kaynak istasyonları, makinanın ana iskeletinden ayrı yerlere yerleştirilmek suretiyle, optik parçalar kaynak sırasındaki istenmeyen etkilerden korunur.

- Bu tip makinalarda 5 Kw lık yüksek kaynak gücü ile 10 mm. ye kadar derinlikte kaynak yapılabilir ve yüksek kaynak hızı elde edilir.

Bu güç fazındaki cihazlar için teknik ve mali giderler, halen endüstriyel uygulamaları vakumda çalışılmıyan özel alanlarla sınırlı bir büyüklük mertebesinde bulunur. Kaynak derinliğinin (nüfuziyetin) lazer gücüne bağlılığının kaynak hızıyla ilgisi (Şekil 3.19) da gösterilmiştir.

3.3.1.2- Katı hal laseri:

Katı hal laseri öncelikle darbeli işletmede aşağıdaki kaynak işleri için kullanılır.

a- 0,1 - 1,0 mm ölçülerindeki hassas ve mikro kaynaklar için

b- Alın, T ve bindirme birleştirmelerinde temassız nokta ve dikiş kaynağı için.

c- Klasik olarak hiç veya yalnız istenmeyen şekilde kaynak kabiliyetine sahip malzeme veya malzeme çiftleri için.

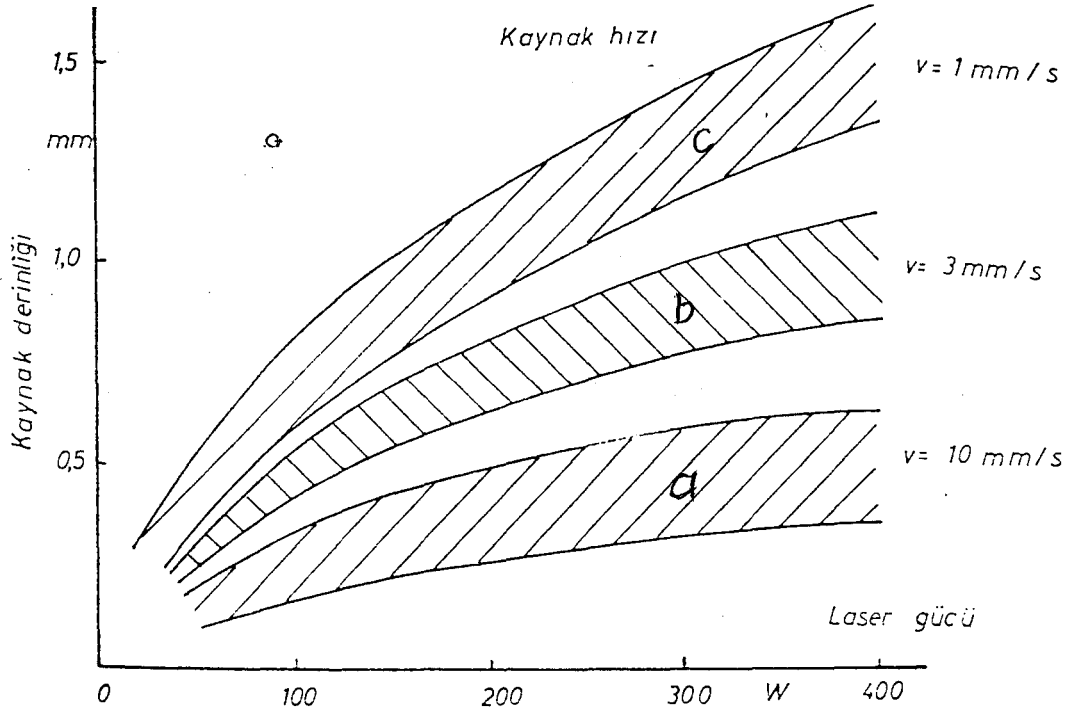
d- Tamamen işlenmiş hassas parçaların kaynağı için.

e- Çok farklı kalıntaki parçaların birleştirilmesi için.

f- Zor ulaşılan yerlerdeki kaynaklar için.

g- Yüksek çalışma hızında hacımsal dağılımla birçok noktanın aynı anda kaynağı için.

Elde edilen yüksek güç yoğunluğu ve ışının kumanda edilebilirliği şartıyla laser kaynağı özelliklerinin çok üstün bir kombinasyonunu sunar. (Şekil- 3.19)



- a- Erimiş ve ışının etkisi altındaki dar bölge.
- b- Sıcak çatlakların bertaraf edilmesi veya oluşum eğiliminin azaltılması.
- c- Tam olarak kontrol edilebilen ve uygulanabilen bir kaynak nüfuziyetinin sağlanması.

Katı hal laserleriyle (YAG- ve cam laseri) laser kaynağı çok defa hassas cihazlarda ve elektroteknikte küçük parçaların ve farklı malzemelerin kaynağında kullanılır. Genellikle nokta kaynağı bağlantıları mukavemet için yeterlidir. Fakat kaynak dikişleri, darbeli laserle nokta kaynağı bağlantılarının yanyana dizilmesiyle yapılabilir. En iyi sonuçlar, kaynak noktalarının % 50-70'lik üst üste bindirme derecesiyle sağlanır. Darbeli laserin iyi kumanda edilebilme yeteneğinden dolayı, otomatik imalat akışına kolayca entegre edilebilir. Burada laser ışını aynalarla saptırılır. Benzer şekilde birçok kaynak, ışın dağılımıyla aynı anda yapılır.

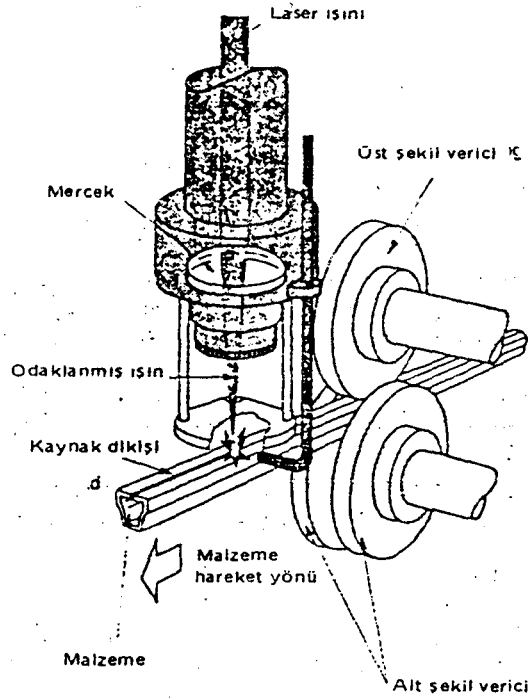
Büyük çalışma mesafesi ve parça üzerine bir kuvvet etkisinin bertaraf edilmesi, imalat projesi için başka avantajlar getirir. Az miktardaki yağ gibi gayri safiyetler veya bakır tellerdeki izolasyon plakları buharlaştıkları için, kaynağın sonucuna az miktarda zarar verirler. İmpuls (darbe) frekansı yarım veya tam otomatiklerde, hemen hemen bütün uygulamalar için yeterlidir. Mekanik hareketli parçaların, periyodu, genellikle laserinkinden büyüktür. Piyasada bulunan Neodiyum-Cam-laserinin darbe frekansı 2Hz ila 10 Hz ve 0,5 Hz ile 50Ws civarındadır. Çevrenin düşük termik yüklü, yüksek hassasiyetle monte edilmiş yapı gruplarında, elektrik, magnetik ve mekanik özellikler rahatsız edilmeksizin laser kaynağını son işlem olarak yapmaya müsaade eder. Laser kaynağı için tipik uygulama örnekleri (Çizelge 3.7)'de bir araya toplanmıştır.

	Uygulama	Malzeme veya malzeme kombinasyonları
Genel elektroteknik	Aşırı sıcaklık şalterinde kantakt Ölçme cihazları için spiral yayların nokta kaynağı. Eksenel bağlantılı bir daldırma termometrenin termabimetal. Bağlantılı telli helezon rezistansın nokta kaynağı. Bağlantılı telli elektrik fişinin kontakt yayı. Küçük çıkıntılı (soğutma kanatçıları, elektronik devre elemanlarının bağlantı noktaları. Teyp kafası parçalarının birleştirilmesi. Taşıyıcı malzeme üzerindeki ikili altın kaplı kontaktların nokta kaynağı. Ampul endüstrisinde ince tellerin alın kaynağı. Televizyon tüpü parçalarının nokta kaynağı. Termo elemanlarda nokta kaynağı.	Bimetal/Yay bronzu Çelik veya Pirinç. Yay bronzu veya termobimetal Termobimetal/çelik veya yeni gümüş. Çelik/ Krom-nikel çeliği. Yay bronzu/pirinç Alüminyum Konstantan Duraterm/altın kaplama çelik Tungsten (Wolfram) Nikel alaşımı Nikel/konstantan

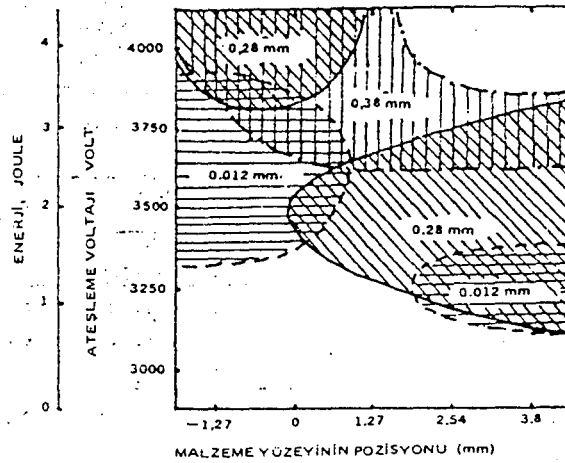
Çizelge: 3.7 Laser kaynağı için uygulama örnekleri

Elektronik	Kılıf içindeki yarı iletkene zarar vermeden diodların nokta kaynağı. Fişlerin bir solar (güneş) hücresi ile kontaktı.	Gümüş/Gümüş
Saatçilik tekniği	Oynak yayın makara üzerine nokta kaynağı.	Bronz/Pirinç Paslanmaz çelik/demir-nikel alaşımı
Cihaz tekniği tip	Nükleer teknolojide kovanların ve zarların sızdırmaz dikiş kaynağı. Kalp pili kılıfının dikiş kaynağı. Cam imalatında kıvrık dikiş kaynağı. Dişçilik takımlarının imalatı.	Krom-nikel çeliği Krom-nikel çeliği Krom-nikel çeliği

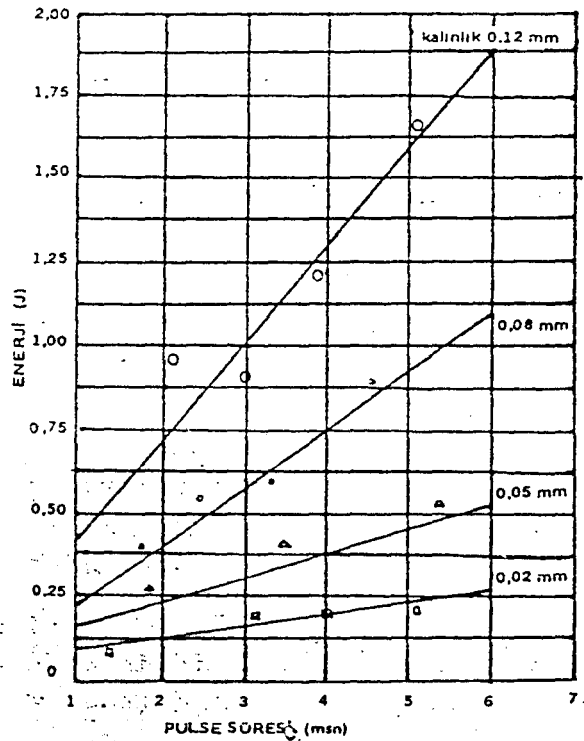
Çizelge 3.7 Laser kaynağı için uygulama örnekleri



Şekil 3.20 Kaynak işlemi



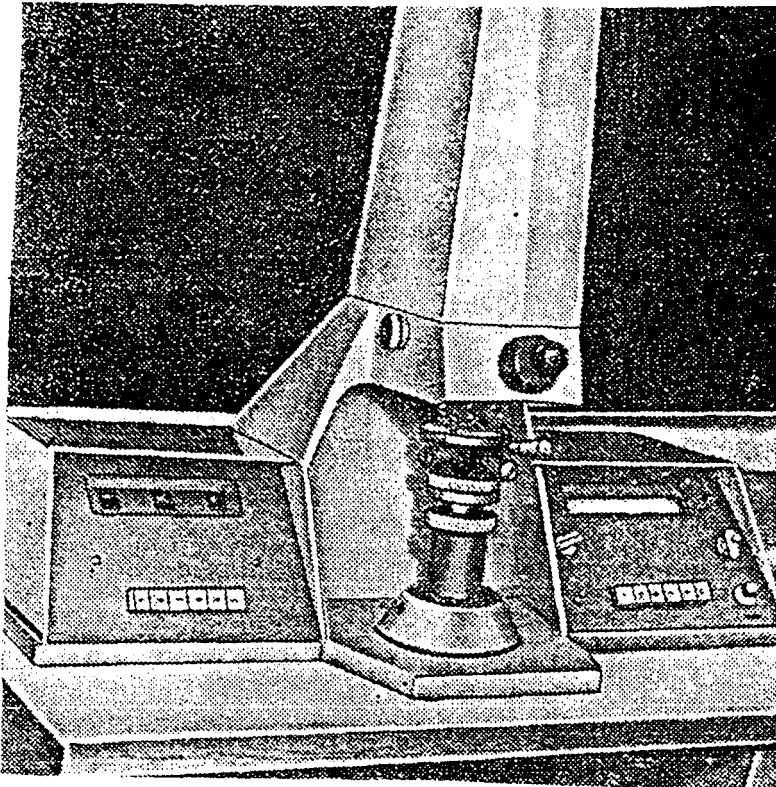
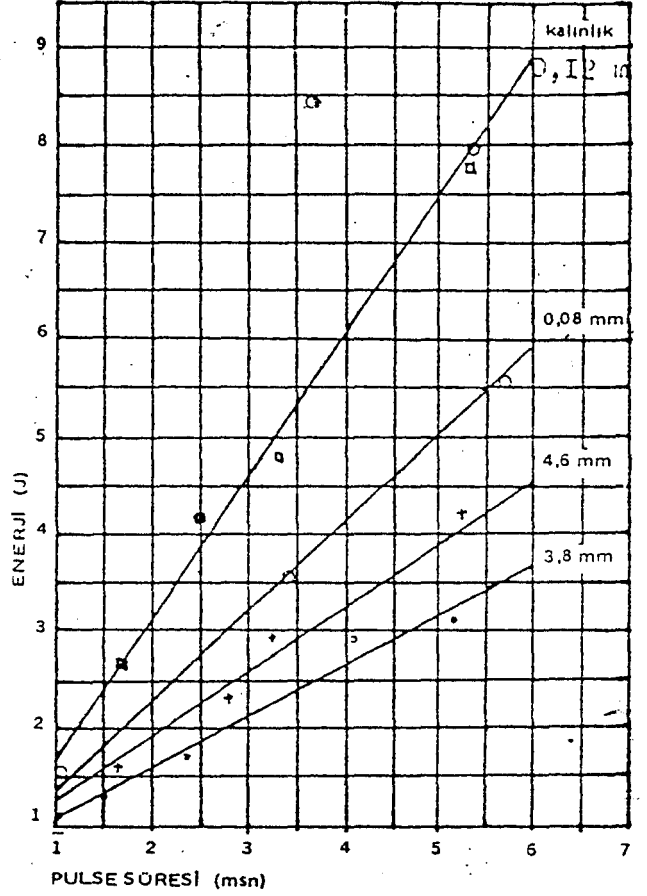
Şekil 3.20 Optikal odak noktası ve enerji değişimine göre farklı kalınlıklardaki %18 Ni Maraging çelikle uygun kaynak şartları (1)



Şekil 3.22 Ruby laserin enerji ve pulse süresinin değişik kalınlıklardaki Nikel için uygun kaynak değerleri.

L. SHMIDT, I., HAM ve HOSNI I., 1965.

Şekil 3.23 RUBY laseğin enerji ve pulse süresinin kalınlıkları bakır için uygun kaynak değerleri (PLATTE W.N. ve SMITH J.F. Laser Beam Fusion Welding



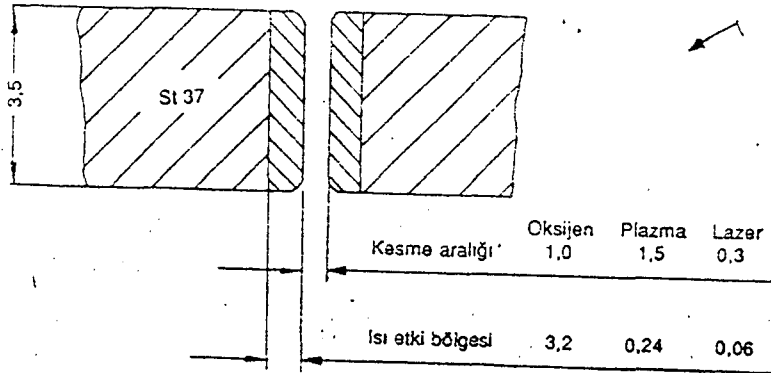
Şekil_ 3.24
laser kesme
tezgâhı

Laser Kaynağının Temel Özellikleri:

- Temas olmaksızın erime olur.
- Derin, sık kaynak dolgusu yapılabilir.
- Düşük ısı ile çalışma, parçada çok az distorsiyon meydana getirir.
- Devamlı üretim halindeki bölümlerde en verimli çalışma için modüler dizayn yapılabilir.
- Çok işlem gerektiren parçalarda emniyetle kullanılabilir.
- Bir laserle, hem kaynak, hem kesme, hem delme, hem yüzey sertleştirme gibi birçok işlem yapılabilir.
- Kaynak sırasında vakum gerekmez, dolayısıyla işlem zamanı kısalmır.
- Manyetik parçalar bile işlenebilir.

3.3.1.3- Laser kaynağının malzeme özelliklerine etkisi

Daha öncede bahsedildiği gibi, laser tekniğinin uygulama alanları çok yönlüdür: Endüstriyel imal usulleri, tıp kimya, analiz, ölçme tekniği, mikro elektronik ve haberleşme tekniği. Endüstriyel imal usullerinde bilhassa delme, kesme, kaynak, kaplama, alaşımlama ve sırlama büyük önem taşır. (Şekil-3.25)



Şekil 3.25 Oksijen, plazma ve laser ile kesme aralıkları ve ısı etki bölgeleri (10)

Laserin kullanıldığı bu imal usullerinde hep büyük enerji konsantrasyonu veren bir enerji kaynağına ihtiyaç duyulur. Ve her malzemenin kaynak edilemez olduğu eski prensip laser kaynağında da geçerlidir. Çeliklerde fosfor ve kükürt oranlarının yüksek olması, çatlak oluşumu tehlikesini de beraberinde getirir. Kükürt 900°C civarında, fosfor ise 300°C civarında oluşan çatlaklara götürür. Oksijen ise oluşturduğu oksitler üzerinde çatlak teşvik

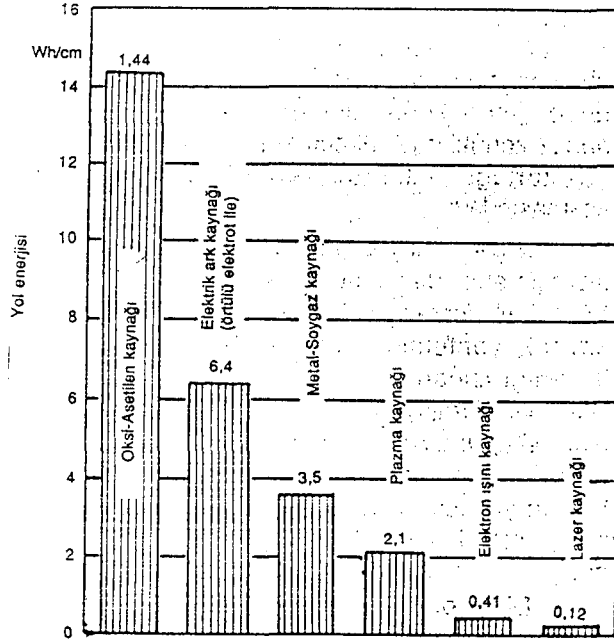
edici rol üstlenirken, azot oranının yüksek oluşu yaşlanma neden olaya, yani malzemenin aylar sonra gevrekleşmesine ve dinamik yüklemelerde kırılmasına sebep olabilir.

Diğer kaynak yöntemlerinde ve bilhassa laser kaynağında önemli bir husus da, malzemenin soğuma esnasındaki ısıl genişmesi ve büzülmesi olayıdır. Konstruktif olarak bu olayı karşılama imkanları sınırlıdır, zira konstrüksiyonun iç gerilmelerinin artmasına neden olurlar

Bazı durumlarda bu iç gerilmeler, dış yüklerle aynı yöne düşerek birbirlerine ilave olur ve malzemenin gereksiz yere aşırı yüklenmesine ve nihayet kırılmasına yol açarlar.

Laserle malzemeye yüksek enerji verilmesi sonucu ayrışimlardan ve tane irileşmesinden dolayı yine bir gevrekleşmeyle karşılaşılabilir. Diğer bir sertleşme ve dolayısıyla gevrekleşme olayı da karbür oluşumuyla olabilir. Krom, volfram, titan gibi alaşım elementlerinin yüksek olduğu çeliklerde, bu elementlerin karbonla birleşerek sert parçacıklar oluşturması olasılığı vardır.

Laser kaynağının önemli bir özelliği, ısı etkili bölgenin küçük oluşundadır. Plastik malzemeler de dahil olmak üzere pek çok malzemenin laserle işlenmesi mümkündür. Malzemelerin ve bilhassa çeliklerin laser kaynağı, bilinen kurallara göre olur. Bunlar oksiasetilen, elektrot el kaynağı ve gaz altı kaynaklarından bilinen standart kurallardır. Yalnızbu sayılan yöntemlerde, laser kaynağına kıyasla, verilen enerji yoğunluğu önemli ölçüde daha azdır ve dolayısıyla kaynak dikişi civarında kalan ana malzeme çok etkilenir, (Şekil.3.25) ısı etkili bölgenin, kaynak nedeniyle en çok tehlikeye sokulan yer olması sebebiyle, laser kaynağından - haklı olarak- büyük beklentiler vardı, örneğin şimdiye kadar kaynak edilemez olarak kabul edilen farklı malzemelerin bununla kaynak edilebilir olması gibi.



Şekil 3.26 Çeşitli Kaynak Yöntemlerinde yol enerjileri (11)

Diğer kaynak yöntemlerinde, malzemeler arası mekanik veya elektrik bağlantılarının kurulması esası vardır. Lazer kaynağının bu yardıma gereksinmesi yoktur. Buda dolayısıyla daha yüksek bir yüzey kalitesine götürür, kenarlar da derinleşmeler ve gereksiz ısınmalar olmaz. Elektrik ark kaynağından bilinen, elektrik arkına çeliğin manyetik etkisi gibi olumsuzluk burada yoktur. Enerji yoğunluğu az olan kaynak yöntemlerinde dikiş civarının etkilenmesi yoğun olur ve bu çeşitli sorunlar yaratır. Lazer kaynağında bu dezavantaj görülmez. Bu nedenle, diğer bilinen kaynak yöntemlerine karşın, farklı kalınlıktaki malzemelerin kaynağı laserle daha iyi yapılabilir. Aynı nedenden dolayı distorsiyonlar daha az olur ve iç gerilme sayısı da küçük kalır.

Oksiasetilen kaynağında yanmanın kötü oluşu durumunda malzeme karbon, hidrojen veya oksijenin etkisi altında kalabilir. Lazer kaynağında bu dezavantaj da yoktur. Karbon

çeliği karbürler ve kabuk sertleşmesine götürür. Hidrojen gevrekleştirir ve gecikmeli çatlamalara yol açar. Oksijen ise oksit oluşumunu ve dolayısıyla çelikte curuf kalıntılarını, böylece de zayıf noktaları doğurur.

Koruyucu gaz kullanmadan yapılan laser kaynağında da atmosferin kaynak banyosuna etki ettiği görülür. Böylece çeliğin oksijen ve azot alması durumu ortaya çıkar. Yalnız, laser kaynağının hızının yüksek oluşu, gaz difuzyonunu genelde engeller ve bu kötü etki de nisbeten ortadan kalmış olur. Kaynağı etkileyen diğer bir önemli unsur da ışığın absorpsiyonu imkanıdır. Bu, çelik ve titan malzemelerde yeteri kadar olduğu halde, alüminyumda henüz zorluklar görülmektedir. Yalnız, araştırmalar bu zorluğu kaldırma yönünde çare arama aşamasındadır.

Ergitme kaynağında kaynak enerjisini uygulayabilmede, malzemenin ısı iletkenliği önemlidir. Yüksek ısı iletkenliği olan malzemelerde, uygulanan kaynak yönteminin kaynak bölgesinden uzaklaştırdığı ısıdan fazla enerji verilmesi zorunludur. Bakır ve alüminyum gibi elektrik iletkenliği yüksek olan bütün malzemelerin ısı iletkenliği de yüksektir. Laser ışınının enerji yoğunluğunun ve kaynak hızının yüksek oluşu, bu yönde önemli rol oynar; zira ısı iletimi aynı zamanda zamanın bir fonksiyonudur.

Diğer önemli bir nokta da malzemelerin ergime ve kaynama noktalarıdır. Tabii ki malzemenin buharlaşıp plazma oluşturmamasından önce ergime sıcaklığının aşılması gerekir. Sadece bu olgu ile laser ışınının malzemeyle bağlantılanması mümkün olur. Bu açıdan bakıldığında, bakır ve alüminyumun kaynak işlemlerinde sorunlar olduğu görülür. Böyle sorunların çözümünün, kaynak dikişi yüzeyinin küçültülmesinde olduğu sanılmaktadır.

Katı cisim laseri olan Nd-YAG laserinin kullanılması darbeli ışıını gündeme gelmiştir. Burada, doğal olarak, sürekli bir kaynak dikişi gerçekleştirebilmek için darbe frekansının kaynak hızıyla uyum içinde olması gerekir. Küçük darbe frekansı ve yüksek kaynak hızında uyum sağlanamayacağı için dikiş düzgün olmaz.

Kaynak derinliğinin kontrolü de mümkündür. Bu darbe aralığı uzunluğuyla ters orantılı olarak değişir. Kaynak derinliği ile ilgili kural olarak, kaynak için yeterli enerjinin sağlanmış olması önkoşuluyla, derinlik laser enerjisiyle doğal orantılıdır. Dar ve derin kaynak dikişi yerine, lüle şeklinde dikiş gerektiğinde laser enerjisi azaltılır. Enerji çok yüksek seçilirse dar yüzeyli fakat tüm malzeme kalınlığını kapsayan dikiş elde edilir.

- Laser kaynağı sırasında çeliğin sertleşmesi

Çelik malzemelerde karbon oranına bağlı olarak ısınma nedeniyle martenzit oluşabilir. Bunu numuneler üzerinde mikroskopla metalografik olarak incelemek mümkündür. İç yapının hangi yönde değişeceğini, yani ferrit, perlit, bey-nit ve martenzit oranlarını önceden kestirebilmek için, kaynak işlemleri için özel hazırlanmış sıcaklık-süre dönüşüm (TTT) diyagramlarının çıkarılması yararlı olur. İlgili malzemenin TTT diyagramı mevcut ise soğuma süresine göre yaklaşık bir iç yapı analizi yapılabilir. Şayet iç yapıdaki dokü oranları yerine kimyasal bileşimin değişimi ön plana çıkarsa mikrosonde kullanılır. Bu cihazla dokuda bir hat boyunca alaşım ve elementlerinin analizi yapılabilir.

Kaynak tekniğinde az alaşımlı çeliklerin elektrik ark ve gaz altı kaynaklarında kriter olarak karbon eşdeğeri alınır. Burada ampirik bir formülle malzemelerin kaynak kabiliyeti hesaplanabilir. Yüksek alaşımlı çeliklerde ise

Schaeffler diyagramı kullanılır. Karbon oranının sınırlandırılması, karbon eşdeğeri ve Schaeffler diyagramı ancak bir fikir vermede işe yarayabilir. Kaynak konstruksiyonlarında, malzemenin kaynak kabiliyeti yanında teknik bir ürünün kaynağa uygunluğu hakkında başka faktörler de önemlidir.

Kaynakta önemli bir sorun da kabarcık oluşumudur. Kaynak dikişindeki büyükçe kabarcıkların nedeni kaynağı kullanılmaz yapar. Kabarcıkların nedeni olarak hidrojen azot, oksijen ve katı haldeki kalıntıların bileşeni kükürt ve muhtemelen fosfor sayılabilir. Bu istenmeyen katışımlar genelde çeliğe üretim esnasında girer. Kaynak esnasında çevrenin rolü de önemlidir, örneğin malzemelerin neminden kaynaklanan hidrojen ve havadan gelen azot ve oksijen gibi. Yardımcı kaynak malzemesi (elektrot) kullanıldığında bunların da gaz yapıcı maddelerle yüklü olması ihtimali vardır. Gaz altı kaynağında koruyucu ve CO₂ gibi aktif gazlarında karışımında kabarcık oluşumuna neden olan maddeler bulunabilir. Bizzat malzemenin bazı elemanları amiden buharlaşarak kabarcık oluşturabilirler

Yüzeyde bulunan bazı bileşikler de kabarcık nedeni olabilir. Muhtemelen korozyona karşı korunma olarak sürülmüş olan sıvı ve katı yağlar kaynak esnasında buharlaşıp kabarcık teşkil edebilirler. Boyalarda kaynak ısıısıyla kimyasal parçalanmaya uğrayıp gazlaşır ve kabarcık oluşumunu götürebilir. Yüzeyde bulunan çeşitli oksitlerden de kaynak esnasında termik parçalanmaya uğrayıp buharlaşan ve sonunda kabarcık oluşturanlar da olabilir. Diğer kimyasal bileşiklerden de kabarcık nedeni olanlar vardır.

3.3.2- Kesme

Laserle kesmede avantaj, klasik kesme usullerine nazaran, küçük kesme genişliğinin ve dar bir ısının tesiri altında bölgenin elde edilmesidir. Hemen hemen yalnız CO₂-Gaz laseri kullanılır (Çizelge-3.9). Çelik (kurşun, kalay, çinko ve krom çelik), titanyum, zirkonyum, niobiyum, tantal, nikel ve bu malzemelerin alaşımları gibi, teknikte kullanılan metaller, kesilmeye elverişlidir. Buna karşılık alüminyum, piring, bakır, gümüş ve altın gibi yüksek yansıtımlı malzemeler, hiç bir şekilde CO₂-laseriyle kesilemezler.

Termik kesme usulleri	Oksijenle kesme	Plazma kesmesi	CO ₂ -Laseri ile kesme
Kesme aralığı	1.0 mm	1.5 mm	0.4 mm
Isının etkisi altındaki bölge	3.2 mm	0.24 mm	0.06 mm

Çizelge- 3.8 Diğer usullere göre CO₂ laser kesme

Organik esaslı yapay malzemeler; deri, tahta, lastik, yün ve pamuklu malzemeler, cam, seramik, kuars, porselen, asbest, tas, alüminyum, grafit, bu yöntemle daha temiz kesilebilir. Yöntemin başlıca diğer üstün yönleri olarak otomatik duruma getirilebilmesi, fotosel veya koordinat kumanda sistemi, düşük güçlerle yüksek kesme hızlarına ulaşılabilmesi, kompozit malzemelere uygulanabilmesi, yüzeysel koruma için soygaz kesme gücünün artırılması için O₂-gazı altında işlem yapılabilmesi mümkün olmuştur.

Bu günkü laser teknikleri ve ünite güçlerindeki sınırlamalar nedeni ile, ancak 4-5 mm nin altında ve genelde çok sert olan malzemelerin kesiminde kullanılır. Havacılık ve uzay

teknolojisinde vazgeçilmez, aranan yöntem olmuştur. İnce mekanik olarak ta adlandırılan bu usul ile başka hiç bir aletle kesilemeyen elmas türleri kesilir, şekillendirilir. Kuvvetli bir laser darbesi (impuls) odaklandığında, bir anda trilyonlarca santigrat sıcaklık oluşturarak iş yapar.

Laserle yapılan kesmeler, eriterek ve yakarak kesme olarak iki türüdür. Yakma suretiyle kesilebilen malzemelerde; malzeme oksitlenebilmeli, reaksiyon ekzotermik olmalıdır.

Malzeme	Kalınlık (mm)	Kesme gazı	Kesme hızı (mm/dak)	Kesme ağız genişliği (mm)
Çelik sac (St 37)	1.00	Oksijen	3000	0.1
Çelik sac (St 37)	3.00	Oksijen	600	0.2
Çelik sac (iki tarafı galvanizli)	0.75	Oksijen	3500	0.1
Ostenitik çelik (18 Cr, 8 Ni)	1.00	Oksijen	1500	0.1
Titanyum alaşımı	2.00	Oksijen	18000	0.2
Titanyum alaşımı	10.00	Oksijen	2800	1.5
Titanyum alaşımı	40.00	Oksijen	500	3.5
Baskılı pleksiglas	3.00	Azot	4500	0.4
Şeffaf pleksiglas	10.00	Azot	800	0.7
Polipropilen	5.50	Azot	700	0.5
Polistirol	3.20	Azot	4200	0.3
Sert PVC	7.00	Azot	1200	0.5
Cam elyaf (suni madde)	3.30	Azot	600	0.3
Poliyester halı	10.00	Azot	2600	0.5
Keçe halı	5.50	Azot	8000	0.3
Tekstiller: Naylon	0.1	Azot	2×10^5	0.1
Pamuklu dokuma (çok katlı)	15.00	Azot	900	0.5
Ahşap	18.00	Azot	200	0.7
Alüminyumoksit	1.0	Oksijen	3000	0.1
Kuvarz camı	1.90	Oksijen	600	0.2

Çizelge - 3.9 250 w güçlü CO₂ laserle farklı malzeme kesimi

Laserle yapılan termik kesmeler, eritilerek ve yakarak kesme şeklinde ikiye ayrılmaktadır. Laserle elde edilen kesme hızının eriterek kesmeye göre, on katına kadar yükseltilebildiği, yakarak kesmede oksijen demetinden dolayı ek bir ısı oluşur (ekzotermik reaksiyon dolayısıyla). Ayrıca cüruf oksijen demeti vasıtasıyla kesme ağızından uzaklaştırılır. Yakma suretiyle kesilebilen malzemelerin, aşağıdaki şartları gerçekleştirmesi gerekir.

- a- Malzeme oksitlenebilmelidir.
- b- Reaksiyon ekzotermik olmalıdır.
- c- Malzemenin tutuşma (yanma) sıcaklığı, erime sıcaklığının altında olmalıdır.
- d- Malzeme yüksek sıcaklıkta eriyen oksitler oluşturmamalıdır.

Yukarıdaki şartları % 2'den az karbon ihtiva eden hafif çelikler, titanyum ve molibden gibi malzemeler sağlar.

Kesilebilen, metal olmıyan malzemeleri organik ve anorganik maddeler kaplar.

a- Organik malzeme

Akril cam PTFE-PMA P-Etilen, P-PROPİLEN, P-Karbonat, PVC-GFK, deri, ahşap, lastik, yün ve pamuk.

b- Anorganik malzeme

Cam, seramik, kuvarz, porselen, asbest, mika, taşlar, alümina ve grafit.

Çizelge-3.9 da, 230 W güçlü CO₂ - laseri ile yapılan farklı malzemelerin kesilmesine ait pratik detalar verilmiştir.

Kolay yanan malzemelerde (sun'i malzeme) bir koruyucu gazın (azot) kullanılmasıyla, oksidasyon ve kesme ağızlarının renk değiştirmesi geniş ölçüde önlenir. Ayrıca tehlikeli gazların oluşumu da engellenir.

Laserle kesmenin bir diğerk uygulaması da su altında yapılan kesmedir. Gaz olarak oksijen veya basınçlı hava kullanılır. Bu kesme işleminde çapak ve oyuk oluşumu azalır.

Laserle işleme makinalarında laser kafası ve iş parçası hareket ettirilir. Esas olarak, usulün türü, çalışma alanına bağlıdır. Küçük çalışma alanlarında laser ışını saptırma imkanı vardır. Fakat büyük boyutlar için odak noktasının pozisyonu, iş parçasının yüzeyi ile ilgili olarak çok değişir. Böylece düzgün bir işleme, büyük sapmalarda artık garanti edilemez. Bunun için büyük çalışma alanlarında laser kafası hareket ettirilir. Genellikle bütün kumanda sistemleri kullanılabilir. Endüstriyel olarak uygulamada kılavuz makinaları için, fotoelektrik kopya kumandaları ile bunun yanında NC - kumandaları da yerleştirilir. İlişleme hızında bir sınırlama, laser kafasının 1 Kw'den küçük güçleri 100 kg kütlesinden dolayı ortaya çıkar. Bu arada sevk toleransı genel olarak 0,1 - 0,3 mm dir. Bütün kesitleri katedebilmek ve pürüzleri giderebilmek için kapasitif ve pnömatik ayarlayıcı düzenler kullanılır. Kapasitif yükseklik ayarlayıcı elektriği ileten bütün malzemeler de kullanılabilir ve maksimum % 6'lık artmaları (yükseletileri) 3 m/dk.'lık kesme hızıyla işleyebilir. Reaktör memeli pnömatik kumanda, hiçbir delik veya diğer girinti çıkıntıyı ihtiva etmiyen sürekli düzgün yüzeye sahip bütün malzemeler için uygundur.

10 mm'ye kadar sac kalınlıklarında, sac makası ile kesme, laserlerle yapılan kesme ile yarışmaktadır. Giyotinle kesmede ve zımbalamada takım imali daha ucuzdur. Giyotinle kesme usulünde ekonomiklik ortalama 1000 parçalık minimum sayıdan itibaren başlar. Bu parça sayısının altında laserle kesme daha ekonomik olup, bu nedenle küçük ve orta seri-

ler için uygundur. Ayrıca laserle kesme, zımbalamaya kıyasla daha az gürültülü olduğundan, çevre sağlığını korur.

Sac işlemede, laserle yapılan kesme için tipik uygulama örnekleri (Çizelge- 3.10) de verilmiştir.

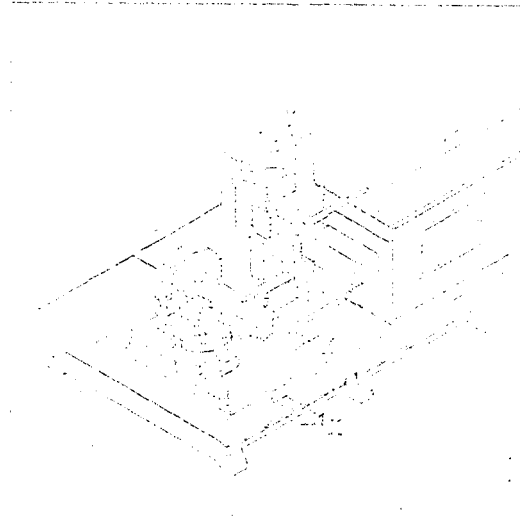
Uygulama	Malzeme veya malzeme kombinasyonları
Oto parçalarının ön fabrikasyonu için preslenmiş karasori parçalarının kesilmesi	St 37 - 2
İklimlendirme ve havalandırma tekiğinde konstrüksiyon parçalarının kesilmesi	Galvanizli veya plastikle (sun malzeme ile) kaplanmış St 37 - 2 çelik sacı
Şıklı reklâmlar için harf ve sembollerin imali	Pleksiglas St 37 - 2
Uzay ve havacılık endüstrisi için üst üste konan plâkaların kesilmesi	Titanyum ve Titanyum kaplı malzeme

Çizelge- 3.10 Laserle sac işleme

Çok Eksenli Katı Hal Laserleri:

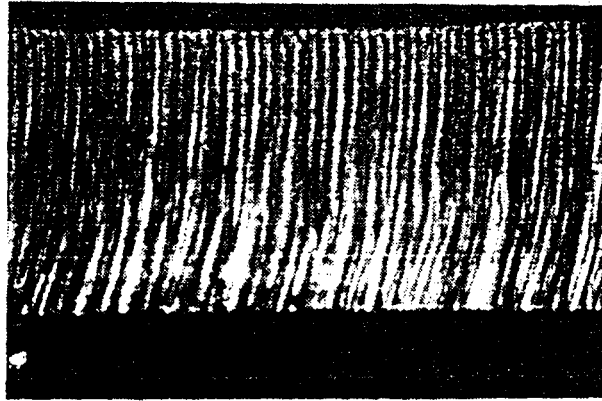
Delme, Kesme, ve kaynak işlemlerini, sadece gerektiğinde başlık değiştirerek yapabilecek şekilde dizayn edilmişlerdir. CNC (Compüterized Nümerical Control) sistemiyle, üçü düz ikisi döner eksenli olarak her konuda parça işleyebilecek durumdadırlar.

Laser ışığını odaklamak için kullanılan merceğin düz eksen boyunca dik hareketi sırasında iş parçasının hareketi sırasında iş parçasının hareketi monitörden kapalı devre televizyon ekranına aktarılabilmekte böylece laser ışınının etkisinden korunarak emniyetli bir çalışma imkanı bulunmaktadır. (Şekil- 3.27)



Şekil- 3.27 Beş eksenli YAG laseri

İş bağlama tablasının laser ısınından zarar görmemesi için odak ayarına göre, işlenen parça tabladan uygun bir uzaklığa bağlanır.

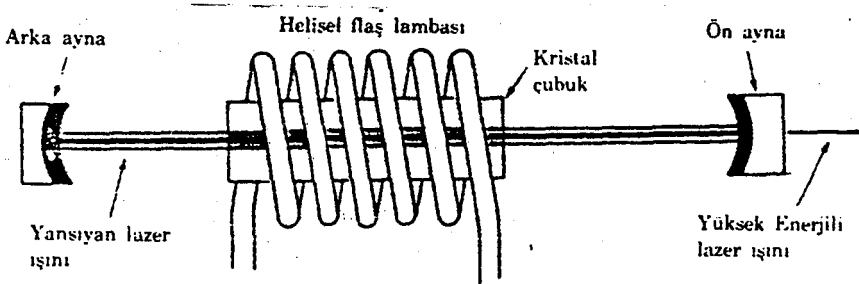


Şekil- 3.28 Laserle kesilmiş yüzey

İlk geliştirilen ve uygulamaya yöneltilen laser sistemlerinden birisi olan Ruby laser sisteminin çubuğu Al_2O_3 kristallerinden meydana gelmiştir. Al_2O_3 yaklaşık olarak 1/1000 oranında aktif element olarak Cr (Cr_2O_3) içermektedir. Oldukça iyi optikal kaliteye, yüksek ısı iletimine, yeterince sertli ve dayanıklılığa sahip olması nedeni ile bir çok avantajları olan Ruby laser çubuğunun ölçüleri: çapta: 0,1 cm - 2 cm. boyda: 2 cm - 25 cm arasında olabilir. Ayrıca laser karakteristikleri laser çubuğunun sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Bu nedenle soğuma olayının yüksek verimde gerçekleşmesi gerekir. Ruby laser çubuğu bu konuda da tatminkar sonuçlar vermektedir.

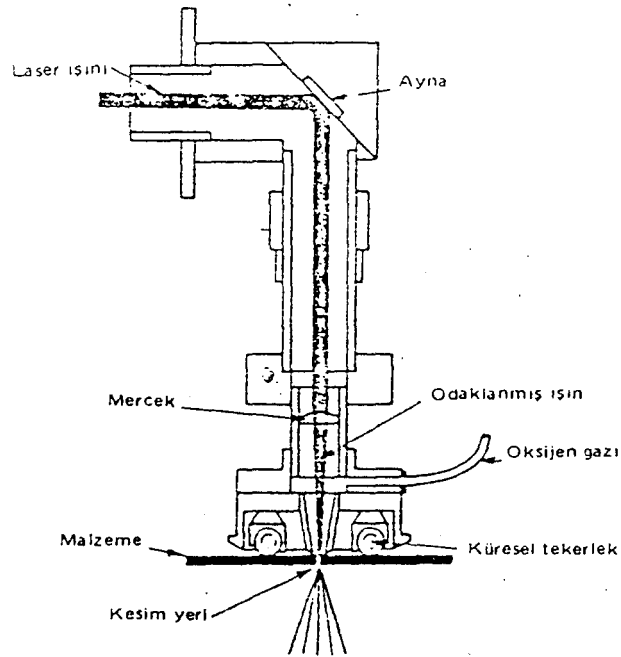
Bir ucu tam yansıtıcı ayna ile diğer ucu kısmi geçiren ayna ile kapatılmış olan sinidirik şeklindeki Ruby laser çubuğu, dışardan bir kaynaktan bombardıman edilir. Meydana gelen zincirleme tahrik sonunda tüp içindeki enerji yoğunluğu belirli bir seviyeye ulaşır ve bunun sonucu olarak yarı geçiren uçtan laser kaçış imkanı bulur. Genelde, şekilde görüldükleri gibi (Şekil 3.29) dizayn edilirler. Laser çubuğu ve flaş lambası; silindirik, elips veya çift elips şeklinde olan yüksek yansıtıcı yüzeylerle sınırlandırılırlar.

Flaş lambası olarak çoğunlukla xenon lamba kullanılır. $6773^{\circ}C$ 'e kadar ulaşan bu lamba yaklaşık 150 ton basınçta xenon gazı ile dondurulmuştur.



Şekil 3.29 Ruby laser prensibi

Laser ile kesme işlemi delik delme işlemine benzer. Burada da kesilen malzeme laser ışını yardımı ile erime sıcaklığına kadar ısıtılır (Şekil3.30). Eriyen ve buharlaşan malzeme ışık yolu boyunca gönderilen bir gaz jeti tarafından kesilen malzemenin aşağısından atılır. Laser ile kesme işleminde kesilen bölgede minimum ısı etkileri olduğundan taşlama, perdahlama gibi ilave bir yüzey bitirme işlemine gerek duyulmaz.



Şekil3.30 Laser ile kesme işlemi

3.3.3- Delme

Laserle delmede 0,1 - 1 mm arasındaki delik çaplarına ericilir. Boy/çap oranı 40/1 değeri ile sınırlıdır. İşleme işlemi, parçacıkların kısmen sıvı kısmen de buhar fazında delikten dışarı atıldığı bir olaydır. Bundan ötürü, açılan deliklerin tamamen yuvarlak, düzgün ve silindirik olmaları nedeniyle, daha sonra klasik usullerle işlenmeleri gerekir. Buna rağmen laserin uygulanmasıyla önemli miktarda zaman ve maliyet ekonomisine ulaşılır. Laserle delme, başlıca mekanik delme ve zımbalama usullerinin başarılı olmadığı yerlerde uygulanır. Mesela, 0,1 mm çaplı çok küçük deliklerin delinmesi gibi.

Malzemenin işlenme kabiliyeti üzerine hiçbir etkisi olmadığı için, molibden, tungsten, sertleştirilmiş çelik, seramik, safir v.b. gibi malzemelerde, başlıca uygulama alanı bulunur. Kullanılan laser cihazları teorik olarak temel mod işletmesinde darbelendirilmiş katı laserlerdir. Büyük çaplı deliklerin delinmesinde darbelendirilmiş CO₂ laserleri kullanılır.

Delme işleminde laser ışını parçaya kısa darbelerle verilerek yüzey ısıtılır ve malzemenin buharlaşması sağlanır. Buharlaşan ve eriyen malzeme üflenen bir gazla uzaklaştırılır ve geriye temiz bir delik kalır. Laser ışını ile delme özellikle küçük çaplardaki ve çok sayıdaki delme işlemleri için uygundur. Laser ile delmenin diğer üstünlükleri; parça söküp takma işleminin olmaması, malzeme kırılması ve deformasyonu olmaması ile klasik delme yöntemlerinden çok daha kolaylıkla istenilen yere ulaşılabilmesidir. Buna karşılık, ticari laser cihazlarında her bir darbeye elde edilen enerjinin sınırlı olması nedeniyle büyük çaplı deliklerin delinmesinde

buharlaşma olayının meydana getirdiği genişlemeler deliğin kalitesine ve toleransına etki etmektedir. Laser ile çok kalın parçaların delinmesi, diğer yöntemlere göre daha pahalıdır.

3.3.4- Yivlendirme veya çizme

Çizme işlemi için, çizik izinde kör delikler halinde sürekli bir delik delen laser kullanılır. Bu, elmasla çizilen çizige göre avantajlıdır. Bir defa, malzeme iz boyunca daha iyi bir şekilde kırılır ve ayrıca dakikada birkaç metrelik çizme hızına erişir.

Laser uygulamalarının en önemlilerinden biri, yarı iletken yapımında silisyum tabakaların çizilmesidir. Laser, çalışma hızı ve güvenilirlik bakımından, klasik mekanik usullerden üstündür. Çizme 10 - 20 cm/s mertebesinde dir. Bu uygulama için Q - Switch'li YAG - sürekli çizgi laseri öncelikle kullanılır.

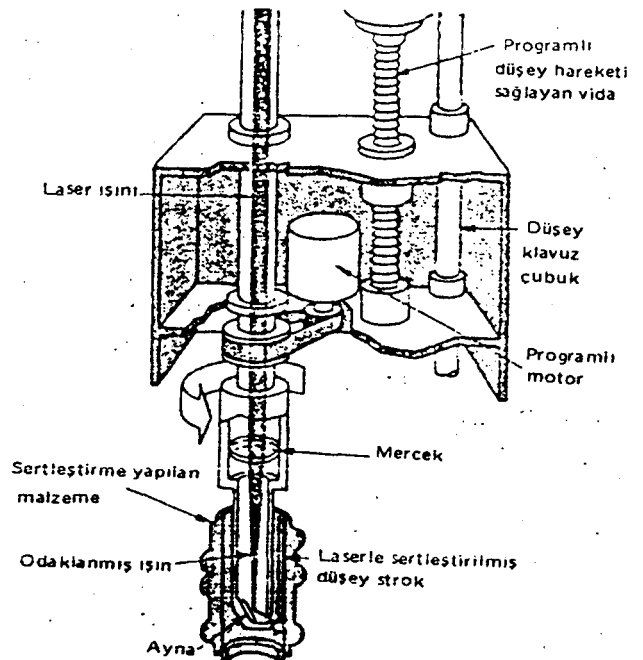
Elektronik endüstrisinde alüminyumoksit (Al_2O_3) çizilmesi artan bir önlem kazanmaktadır. Alüminyumoksit, elmastan biraz yumusaktır ve bundan ötürü mekanik usullerde, kuvvetli bir takım aşınması meydana gelir. Alüminyumoksit, amorf fazda seramik olarak, katı laserin kısa dalgalı ısınını hemen hemen tamamen yansıttığı için, uygulamada 10,6 m dalga boylu CO_2 -laseri söz konusudur. Seramik hem sürekli çizgiyle hem de daha iyi sonuçlar veren darbelerle çizilir veya yivlendirilir. 50 W güçlü CO_2 -laseriyle Al_2O_3 seramiği, 0,16 mm derinliğinde 10 cm/s'lik bir hızla çizilir. Burada 1-2 Hz'lik darbe frekansında 0,1 mm'lik darbe süresi seçilir.

3.3.6. — Yüzey sertleştirme

Genellikle sürtünen metal parçaların dirençlerini artırmak için yüzey sertleştirme işlemi yapılır. Laser ile de yapılabilen yüzey sertleştirme işleminde ilave bir malzemeye gerek yoktur. İşlemin oluşabilmesi için malzeme erime sıcaklığının altına kadar hızlı bir şekilde ısıtılır (Şekil 3.31). Çelik yüzeylerin sertleştirilmesi halinde, yüzey ostenit fazdan martensit faza kadar hızlı bir şekilde soğumalıdır. Fakat bu işlem esnasında istenen sertliğin elde edilebilmesi için parça yüzeyinde yeterli karbon bulunmalıdır.

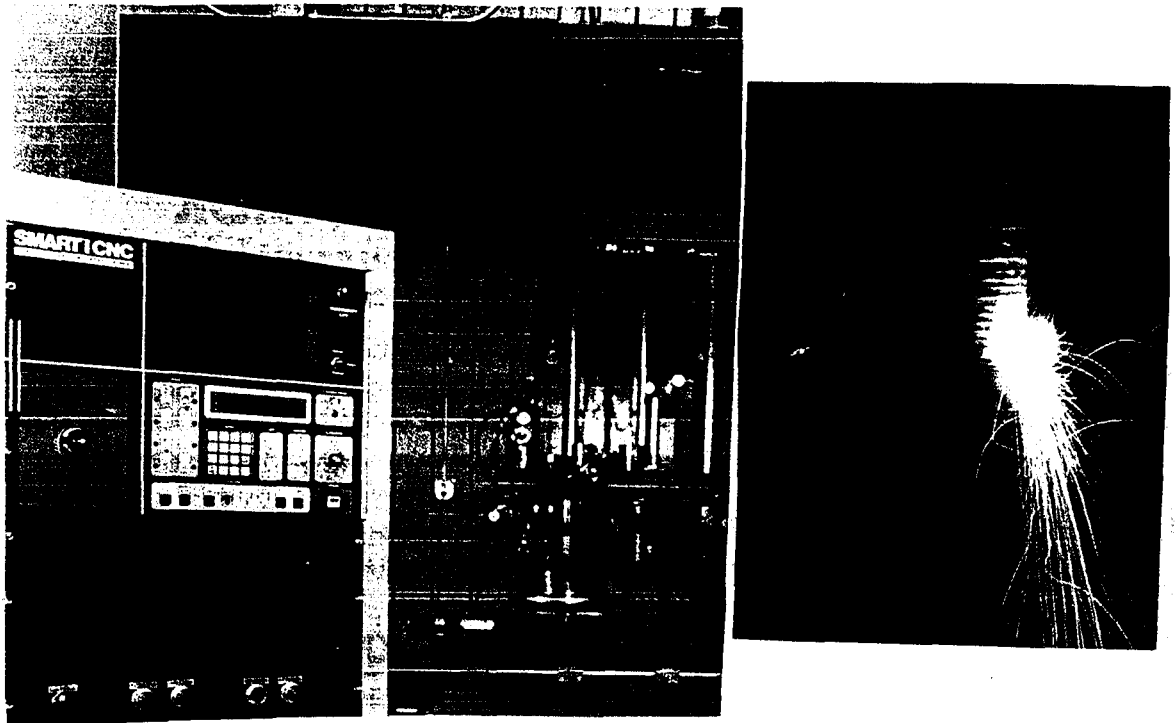
Birçok malzeme işlemlerinin yapılmasında güç yoğunluğu 10^6 ile 10^7 W/cm² arasında değişir. Fakat yüzey sertleştirmesi için 10^3 W/cm² güç yoğunluğu yeterlidir. Bu güç ise çeşitli firmalarca imalatı seri olarak yapılan karbondioksit laserleri ile sağlanabilir. Karbondioksit-laser ışınının malzeme yüzeyindeki yutulmasını artırmak için yüzey üzerine manganez, fosfat, grafit veya siyah renkli boya sürülebilir.

Şekil 3.31 Laserle yüzey sertleştirme



Laser ile yüzey sertleştirme diğer ısı işlemlerden farklıdır. Fırınlarda yapılan ısı işlem çeliğin mikroyapısını değiştirir. Bu değişiklik iş parçasının her yanına dağılır. Fakat, laser ışınları malzemeye uygulandığında metalin sadece yüzeyi etkilenir. Parça hızla soğutulduğunda yüzey yapısı değişecek, sertleşecektir. İş parçasının yüzeyi altında kalan kısımda hiç bir yapı değişikliği olmaz.

Isıl işlem fırını ile mukayesede, laserin avantajı; laser ışınının yalnızca yüzey alanını ısıtmasıdır. Malzemenin kalan kısmı soğuktur. Malzeme özde katı fazında kalır, genel olarak bilinen (sementasyon, nitrürasyon, indüksiyon, alevle yüzey sertleştirme gibi) sertleştirme yöntemleri gibidir. (Şekil-3.32)



Şekil-3.32 5 KW 975 miliamper üç eksenli CO₂ laserle yüzey sertleştirme⁽⁴⁾

3.3.7. -- Alaşımrama ve kaplama

Metallerin korozyona karşı dirençlerini artırmak için yapılan kaplama işlemlerinde laser kullanılabilmektedir. Bu husus özellikle türbin kanatları ve motor egzos valflerinin kaplanması uygulama alanı bulmaktadır. Laser ışığının oluşturduğu ısı, kaplama malzemesini çok çabuk erittiğinden alt tabaka fazla ısınmadan işlem tamamlanır.

Yüzey alaşımrama esas malzeme yüzeyine yeni alaşım biriktirilmesi işlemidir. Burada laser ısı malzemenin özelliklerini değiştirmesine duyarlı olacağı için seçilir.

Kaplama metal yüzeyine biriktirme ile oluşur. Laser ışıklarının nüfuzu ile yumuşatılan yüzeye, kaplama malzemesi, metallurjik bağlarla sağlamlaştırılmış şekilde işlenir.

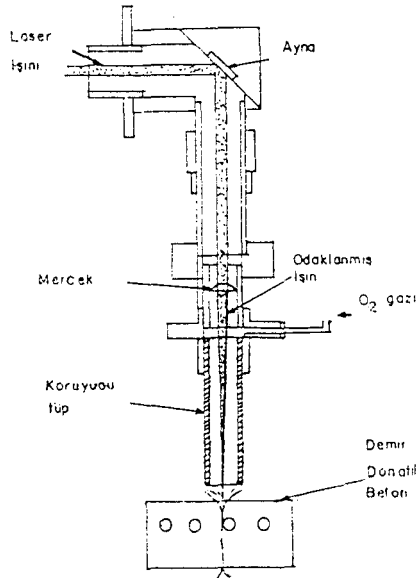
Diğer yöntemlerde, (oksi-asetilen veya plazma ile ısıtmada) yüzey yumuşar, fakat yüksek hızlı gazlarla ergiyen metal tozları pülverize halde, ısı üfleme yöntemi ile malzeme üzerinde düşük bir bağ mukavemeti oluşturur. Bu bağ sadece mekaniktir, homojenlik sağlanamaz. Laserde ise bu bağ metallurjiktir.

Halen mikroelektrik fabrikasyon ince filmlerin çeşitli malzemeler üzerine tatbiki için laser teknolojisinden yararlanılması çalışmaları sürmektedir. Bu araştırmaların sonucunda, metal dielektrikler üzerine mikrondan küçük kaplamalar yapılabilmesi mümkün olacaktır.

3.3.3- Laserle kesmede yenilik (Demirli beton kesimi)

Yeni geliştirilen yüksek verimli CO₂ laseri kullanılarak demirli betonun kesilmesi başarılmıştır. İçinde 10 mm. çapında demir bulunan 180 mm. kalınlığındaki betonun dakikada 2,5 cm.lik ilerleme hızı ile kesilmesi, laserin inşaat mühendisliğindeki uygulamalarından sonuncusudur.

(Şekil-3.33)



Şekil- 3.33 Laserle demirli beton
kesimi

Betonun kesilmesinde, CO₂ lazer ışını bir mercek yardımıyla betonun üzerine kısa darbelerle yoğunlaştırılır. Isının, yanıp toz haline gelen beton, yanmayıda hızlandırması için gönderilen 2 kg/cm² basınçtaki O₂ gazı jeti ile dışarı atılır. Lazer ışınları, kesim esnasında oluşarak enerji kaybına sebep olan toz ve dumandan, bir boru içersine alınarak korunur.

3.4 LASER VE KAYNAĞI HAKKINDA TAMAMLAYICI BİLGİLER

3.4.1 İNŞAATTA İSTİFHALARI

3.4.II. Kaynakta üstünlükleri

1- Isın sevihinin basit ve zamansal kumanda ile hemen hemen bütün malzemeler birbirleriyle kaynak edilebilir.

2- Isın demeti enerjisinin yoğunluğunun yüksek, küçük boyutunun birkaç mikrometre mertebesinde olması nedeniyle geniş bölge boyutlarına yetki mümkündür. Bunun sonucu olarak parçadaki ısıtıl yerilmeler ve distorsiyonlar minimum seviyededir. Ayrıca çok hassas kaynaklar da (nokta veya dikiş kaynağı) yapılabilir.

3- Laser ısını üretimi ve kaynağında ne plazma kaynağı gibi kaynak anında koruyucu gaz kullanma ne de elektron ısını üretiminde olduğu gibi vakuum gerekmektedir. Laser ısını ile atmosfer veya vakuunda çalışılabilir. Bu avantajlar laser ısını ile kaynak metodunu seri üretimde yüksek çalışma hızı ve otomatizasyon için elverişli kılmaktadır.

4- Laser ısını ile kaynak sırasında parça ile hiçbir direkt temas ve kuvvet etkisi olmadığından herhangi bir takım aşınması ve istenmeyen aşınmalar söz konusu değildir.

5- Zor ulaşılan yerlerde kaynak yapma olasılığı vardır; örneğin girintili çıkıntılı yerlerde seffaf metal veya ortamların (cam gibi) arasındaki noktalarda kaynak yapma olanağı vardır.

6- Laser ışınının kaynak, kesme ve delme işlerinde kullanılması ekonomiklik faktörünün güvenlik, hassasiyet ve teknoloji faktörlerinin yanında ikinci plana itildiği, bilimsel araştırma, özel teknik veya klasik metodların teknolojik açıdan yetersiz olduğu uygulama alanlarında söz konusu olmuştur.

7- Laser ışını ile kaynak metodu, diğer klasik usullere göre ilk yatırım (tesis) ve işletme masrafları bakımından birkaç kere daha pahalı olduğu halde yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı bu sahada kendini kabul ettirmiş ve ancak belli koşullar altında elektron ışını ile kaynak ve plazma kaynağı metodları ile rekabet etmektedir.

Son yıllarda birim alana (1 cm^2 'ye) yerleştirilen elemanların 3 katından fazla arttığı hassas cihaz ve uzay-havacılık tekniğinde,,böyle cihazların kaynak yerlerinde yüksek hassasiyet ve emniyet gerektirmesi, çok küçük kesitlerin veya değişik cinsten malzemelerin (farklı metaller veya plastikler) kaynak edilmesi gibi klasik metodların çözemediği problemler nedeniyle bu metod ön plana geçmiştir.

İlerleyen teknoloji ile birlikte bu metod geliştirilmiş kaynak yerine sevk edilen enerji miktarı darbe süreleri ve nüfusiyet miktarı arttırılmış (bilindiği gibi, laser ışını ile kaynak ince kesitler; elektron ışını ile kaynak ise kalın kesitler için uygundur), seri halde kaynak yapabilecek makineler geliştirilerek maliyet düşümü sağlanmaya çalışılmıştır.

8- Laser ışığı tek renkli ve mükemmel ayarlanabilir olduğundan, büyük hassaslıkla eğme, direkt yollama ve odaklaştırma için çok basit optik sistemler kullanılabilir.

9- İzole edilen teller, izolasyon kaldırılmadan kaynak yapılabilir.

10- Laser ışın optikleri uğraşılan iş üzerinde kontrol sağlayan kapalı TV yayınına kolayca uygulanabilir.

3.4.1,2. Kesmede üstünlükleri

1- İş parçasının üstüne büyük mekanik kuvvetler uygulanmaz.

2- Laser hava, inert gaz, boşluk veya bazı sıvılar gibi her saydam ortamda çalışabilir.

3- Üretilen büyük yoğunluktan dolayı, laser ısı şokuna karşı seramik gibi hassas malzemelerle beraber kullanılabilir.

4- Laser kafası çalışılan yüzeye yakın olmaz (kesme ve delme işlerinde önemli olsada).

5- Yüksek kesim hızı elde edilir.

6- Isıdan etkilenen alanın dar olması sebebiyle düşük ısı etkisi vardır.

7- Yüksek kesme kalitesi,

8- Dar ve paralel kesim yarığı,

9- Malzeme kazancı,

10- Yüksek derecede hassaslık,

11- Malzeme bükülmesi yoktur,

12- Kesmeden sonra düzeltme işlemleri gerekmez,

13- Alet aşınması yoktur,

14- Diğer aletlere kolayca monte edilebilir,

15- Otomatik hareket eden kesme kafasına sahiptir,

16- Kullanımı kolaydır,

17- Düşük işletme fiyatına sahiptir,

18- Emniyetlidir.

3.5- GÜVENLİK ÖNLEMLERİ

Laser, kullanıldığı her alanda, kullanan ve diğer insanlar için güvenliği de gerekli kılmaktadır. Henüz yeni bir teknoloji olduğu için, "İş Güvenliği ve işçi sağlığı" tüzüğüne alınmamıştır. İleride yaygın olarak kullanılmaya başlandığında bu gibi tüzük ve yönetmeliklerde yerini alacaktır. Şimdilik özel güvenlik talimatları ile kullanılmaktadır.

Laser ışığının kuvvetli yoğunluğundan dolayı göze bir zarar olanağı mevcuttur ve personelin buna göre tedbiri alınması şarttır. Şüphesiz beyaz ışığı geçiren fakat ruby laserin ışığını geçirilmeyen gözlükler vardır. Laserle uğraşan personelin koruyucu gözlük takmaları şarttır. Aletin etrafında koruyucu sipir kullanmakta tavsiye edilir.

Laser ışığına direkt veya indirekt olarak bakılmamalıdır. Ayrıca, parmaklar olmak üzere, vücudun bütün parçaları için ısı tehlikesi de vardır.

Diğer önemli güvenlik tedbiri de laser flaş tüpleri için kullanılan pulse üreten şebekelerde alınmalıdır. Kapasitördeki yüksek voltaja dikkat etmek gerekir. Kabin kapısını açarken ve kristal üzerinde çalışırken elektrik şokundan kaçınmak için tedbir almak gerekir. Kristalin kapsülünü açmadan önce veya alet üzerinde çalışırken kapasitörün boş olması kontrol edilmelidir, topraklama sağlanmalıdır.

Puls laserle gözlere zarar vermeden normal olarak yapılmayacak gerçek kaynağı ve laser ışığının kaynak yapılacak yer üzerindeki durumunu seyretmek için kapalı devre TV sistemleri kurulmuştur. Bu, elle devamlı yapılan kaynaklar için özellikle yararlıdır.

3.5.1- U.S.A. Ordusu Laser Emniyet Talimatı

1- Laser ışınının sevk edildiği yerin çevresinden uygun bir mesafeye personelin girmemesi sağlanmalıdır.

2- Laser ışınının sevk edildiği yerin yanar ve yasıtıcı olmaması gereklidir.

3- Başlağıçtaki laser ışınına bakılmamalıdır; aynı dikkat merceğ yüzeylerindeki ışık yansımaları için de söz konusudur.

4- Işına el ile hedef belirlenmesinden kaçınılmalıdır. Işın demetinin ekseni boyunca bakmak, yansımadan gelecek zararları artırır.

5- İstenmeyerek ışının göze girmesine engel olmak ve personeli zarardan korumak üzere laser ışını ile kaynak genel olarak çok aydınlatılmış bir ortamda yapılmalıdır.

6- Laser kaynağını yapan ekip, belirli aralıklarla bir program dahilinde göz muayenelerine tabi tutulmalıdır.

7- Laser ışınını filtre eden gözlükler kullanılmalıdır; ancak bu gözlükler belli frekanslardaki ışını filtre ettiğinden bazen kısmi bir koruma sağlamaktadır, bu nedenle yukarıda sıralanan emniyet tedbirlerine tam anlamı ile uymak şarttır. Bu arada bir aynada yansıyabilecek ışın ancak tümünün %4'ü olmasına rağmen gözün ağ tabakasına zarar verir.

4.0- TÜRKİYE'DE LASERLER

Laser'in tarihi yenidir. Einstein 1917 de teorisini ortaya attıktan sonra, 1960 larda Amerika Birleşik Devletlerinde ilk uygulamalar başladı. Birinci bölümde tarihçesi verilmiştir.

Ülkemizde yirmi yıl aradan sonra üniversite laboratuvarlarında ve bazı hastanelerde görülmeye başladı. Konunun gereği olarak, Türkiye'de durumun ne olduğunu araştırmakta fayda var.

4.1- ESKİŞEHİR HAVA İKMAL BAKIM MERKEZİNDE

1989 yılında satın alınan A.B.D. yapımı bu laser "HUF-FMAN" marka HP - 85 tipi CNC sistemli tam kompitür beş eksenli sahiptir. Bunların üçü doğrusal, ikisi dönel hareketlidir.

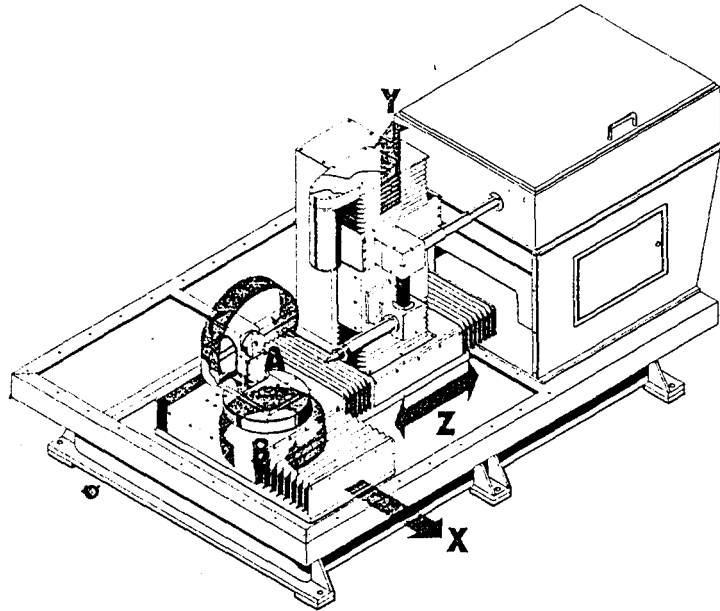
İlerleme hızı, 0 dan 200 I Pm'e (Inch perminute) kadar olan doğrusal eksenlerdeki hareket, 0,0001 inch gösterebilecek şekilde bölümlere ayrılmıştır. Aynı şekilde açısal ilerleme hızı, 0'dan 3600 derece/dakika'ya kadar değişir ve 0,01 dereceyi gösterebilecek şekilde bölümlenmiştir.

Bu sistemde, Coherent M34 - HPY tipi elektronik denetimli Nd YAG laser'i kullanılmıştır. Laser makinasının kontrolü, General Electric 2000 tipi CNC ile yapılmaktadır.

Eksen hareketleri:

Optik laser yolu, (Z) ekseninin üst tarafına sabit bir şekilde bağlanmıştır. (Y) ekseni, merceğin odaklanması için merceğin aşağı - yukarı hareket ettirildiği eksendir. (X) doğrusal ekseni ise, (Y) ekseni ve iki dönme ekseninin altın-

da ana kayma tabanını oluşturmaktadır. (x) ekseni, laser ışınına göre iş parçasının dikliğini ayarlar. (Şekil-4.1)



(I)
Şekil-4.1 Beş eksenli Huffman laser

(C) dönme ekseni, (A) ekseninin üzerine bağlı olan ana dönme tablasıdır. (B) ekseninde radyal ve basma kuvvetlerini karşılayan hassas yatak çifti bulunmaktadır. Biri diğerinin yükünü alabilecek şekilde aralarında bir tork kolu bulunan iki dişli kutusu, tek, bağımsız ayarlanabilen ve dişler arasındaki boşluğu önleyici bir düzenektir. Helisel dişlilerden oluşan bu sistem oldukça düzgün hareket sağlamakta, 0 - 700 derece/dakika açısal ilerleme hızına sahip olan döner tabla (A ekseni) 270 dereceye kadar dönebilmektedir.

Diğer özellikler:

Laser ışığının hareketi;

"Z" ekseni (düşey odak) 24 inch

İş parçasının hareketi;

"X" ekseni (yatay) 24 inch

"Y" ekseni (Ana platform kayması) 24 inch

"A" ekseni (döner tabla) 270°

"C" ekseni (Ana platform dönmesi) 360°

İlerleme hızları

Doğrusal - "X", "Y", "Z" 0 - 200 İpm (inch/dak.)

Açısal - "A" 0 - 700 derece/dak.

"C" 0 - 1200 derece/dak.

Eksen Merkez çizgileri :

Bütün doğrusal eksenler "B" ekseninin merkez çizgisinde "0" durumundadır ve bu pozisyonda kendi yönlerinde 24 inch hareket etme kabiliyetine sahiptir.

Elektrik donanımı:

Makinaya sağlayan elektrik gücü tek hattan 480 V iken ülkemiz şartlarında 380 V a ayarlanmıştır. 3 fazlı, 60 Hz AC (Alternatif akım) ve min. 100 Amp. kapasitesindedir.

- Bütün motorlar kapalı alanda korunmuş, yataklarında yuvarlak bilyalı rulman kullanılmıştır.

- NC eksen motorları DC (Doğru akımla) çalışmakta, bütün elemanlar AC yi DC ye çevirerek kullanmaktadır.⁽²⁾

Koruma elemanları:

- Her eksende aşırı hareketi (24" den fazla) önleyici limit anahtarlar
- Aşırı yükleme göstergesi.
- Yağ basıncı göstergesi
- Sigorta devresi
- Düşük su basıncında, aşırı ısınmada, kapı açık olduğunda makinayı çalıştırmayan otomatik kumanda.
- Makinada çalışanın zarar görmemesi için işlemi izleme kapalı devre TV kamera ve ekran.

Laser paketi:

Laser sisteminin yardımcı elemanları şunlardır.

- Kesme ve delmede kullanılacak gazın ayar manifoldu
- Enerji sağlayan güç kaynağı
- Laser başlığı ve ısınan suyu soğutmak için eşanjör.
- Flaş lambaları için seçilebilir voltaj girişi
- Odak ayarı için He - Ne laseri
- Hizalama aletleri
- Elle veya programlı şalter
- Mercek ve jet kompleksi

Çalışma özellikleri:

Maximum ortalama güç: Kaynak ve kesme	400 W
Hassas delme	250 W
Seçilebilir pulse uzunluğu:	0,6 ms. 1,0 ms. 2,0 ms.
Maximum enerji/pulse	: 30 j 50 j 50 j
Maximum pulse oranı	: 40 PPS 40 PPS 20 PPS

Işın kalitesi (250 watt için):

Işığın dağılma sayısı	50 max
Uymazlık x çap	68 mm - MRAD
Maximum ışın çapı	10 mm çıkışta

4.2- ANKARA NÜKLEER ARAŞTIRMA EĞİTİM MERKEZİ (ANAEM)

Türkiye de yapılmış ilk laserdir.⁽³⁾ Prototip olarak, doktora öğrencileri tarafından yapılmıştır. İç ve dış Hayrex cam tüpleri, ayna tutucuları, elektrodlar, resonatör gövdesi tüp destekleri su giriş ve çıkış, gaz giriş ve çıkış, gaz tüpleri, vanalar, soğutma suyu pompası gibi elemanlar yerli piyasadan temin edilmiş, mekanik kısımların imali ile montaj "ANAEM" araştırmacıları tarafından yapılmıştır.

İthal edilen ekipmanlar ise; Güç kaynağı, Güç metre, vakum pompası, vakum kontrol cihazı, iğneli vana, vakum ölçer, dedektör ve aynalardır.

CO₂ laser henüz sanayide veya başka bir alanda etkin olarak kullanılabilecek bir laser değildir. Güç kaynağı, vakum pompası ve soğutma suyu faaliyete geçtiğinde, deşarj olayı gerçekleşmekte, yaklaşık 10 mm çapında (infrared) görünmez ışın elde edilmektedir.

Bu ışın (continue) devamlı bir ışındır. "Pulse" özelliği yoktur. Harcanan güç, voltaj ve vakum tesbit edilebilirken dalga boyunu tesbit edecek imkan olmadığından bu değer bilinmemektedir.⁽⁴⁾

Gaz olarak, karbondioksit, helyum ve azot karışımı kullanılmaktadır.

Gücü	: 5 Kilowatt, 750 miliamper
Rezonatör	: 600 + 600 = 1200 mm Üç elektrodlu 2 si (-) 1 i (+), elektrodlar alüminyumdur.

Odoklama laseri	: Helyum-Neon laseri 0,95 miliwatt, 6300 A° çıkışlı kırmızı görünür ışın
Tüpleri	: Ø 60 mm dış, Ø 20 mm iç, boyu 600mm
Aynalar	: ZnSe (Selenayt) Birisi düz birisi 20 m eğrilik çapında iç bükey ayna % 100 yansıtıcı düz ayna % 15 geçirgendir.
Kullanılan Akım:	80 k Ohmm olup 250 W'lık 2 adet direncin seri bağlanması ile sınırlandırılmıştır.
Gaz oranları	: İlk deneyde; CO ₂ :6, N ₂ :7, He:20 3 torr toplama basınçta, 4.5 kV delme gerilim elde edilmiştir.
Optik çıkış çapı	: Ø 10 mm dir. ⁽⁵⁾

3. Tan E.' 1989

4. ANAEM 1989

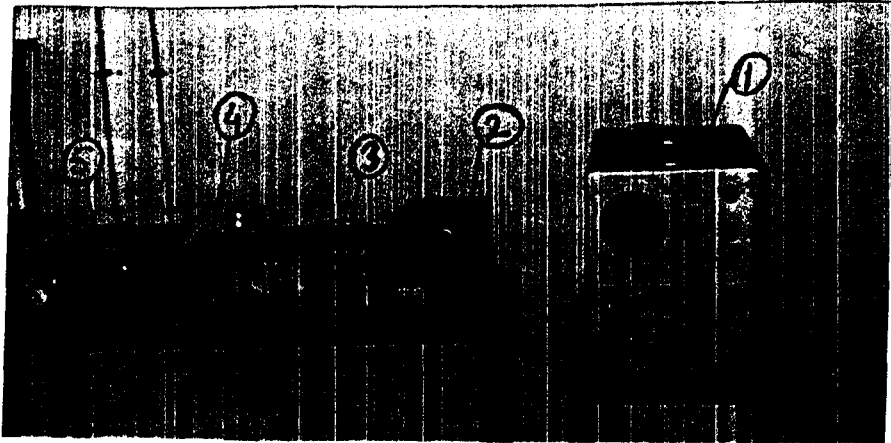
5. ANAEM 1989

4.3- ANKARA ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ

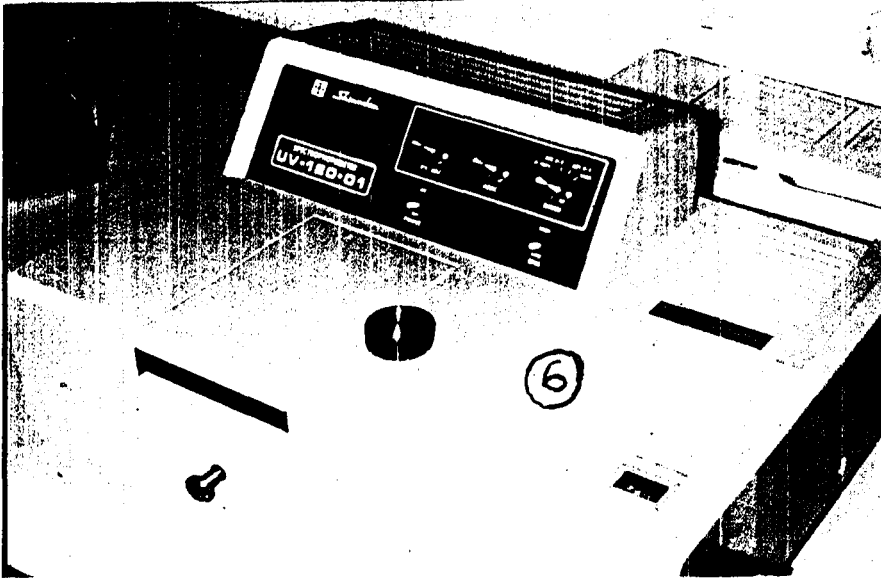
A.Ü. Fen Fakültesinin Fizik laboratuvarındaki 1 mili-wattlık Helyum-Neon laseri eski ve parçalanmış bir laserdir. Prof Dr. Fuat Bayrakçeken tarafından yenileştirme çalışmaları yapılmaktadır.

Laseri oluşturacak ekipmanlar;

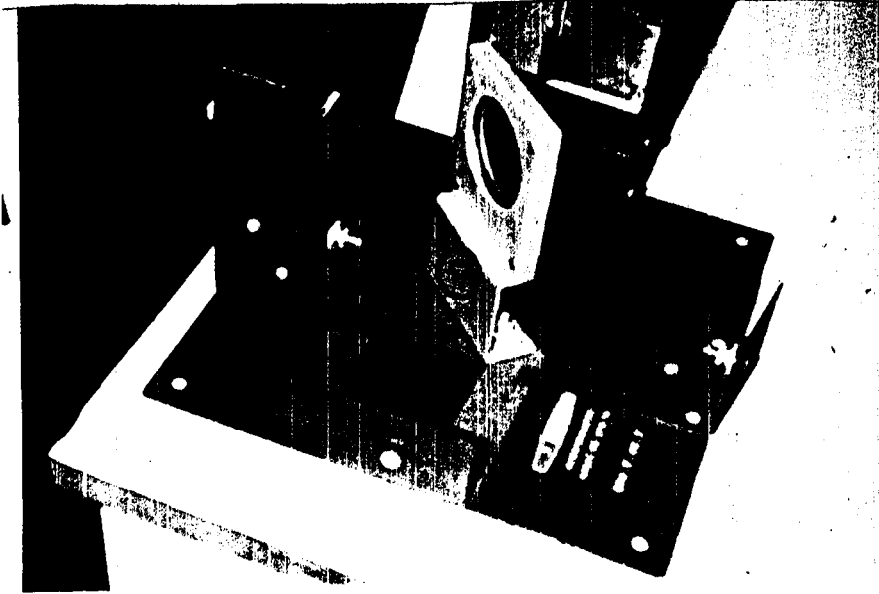
- 1- Osiloskop Tektronix 243-A tipi, hızlı kayıt için kullanılacak
- 2- UV-Vis monokromatör ızgaralı tip
- 3- Fast Fotometrik Amplifikatör, sinyal yükseltme gücü 6000 defa
- 4- Katı hal transistörlü dedektör, (Ms response) 10^{-6} saniye
- 5- Uv - Vis - Hg kaynağı
- 6- Uv - 120 -01 Shimadzu, Uv - görünür bölgede spektrum çekebilen Spektrofotometre
- 7- Laser ışını ayarlama aynası



Şekil- 4.2 Laser ekipmanları; 1- Osiloskop, 2- Monokromatör, 3- Amplifikatör, 4- Deñektör, 5- UV-Vis-Hg kaynağı⁽⁶⁾



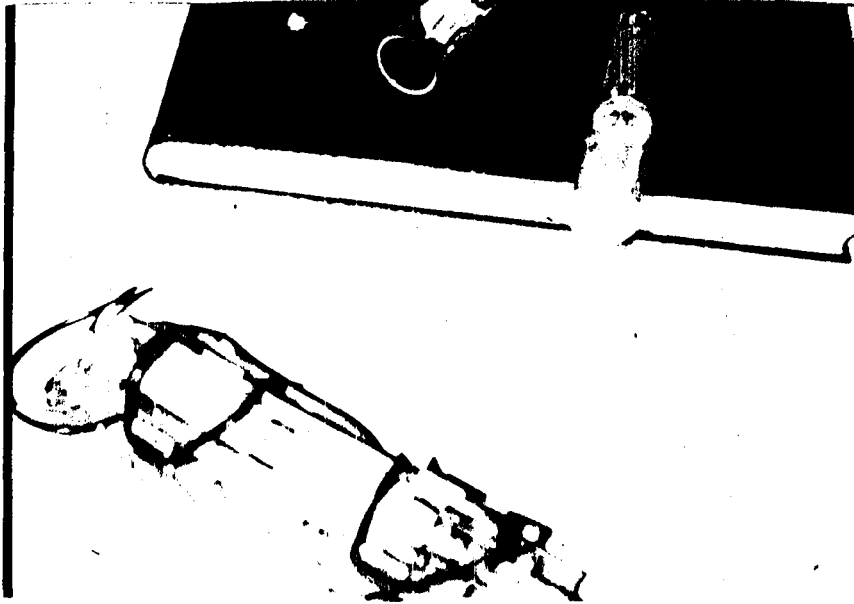
Şekil-4.3 Spektrofotometre⁽⁶⁾



Şekil-4.4 Laser ışını ayarlama aynası⁽⁶⁾

Laser tüpleri:

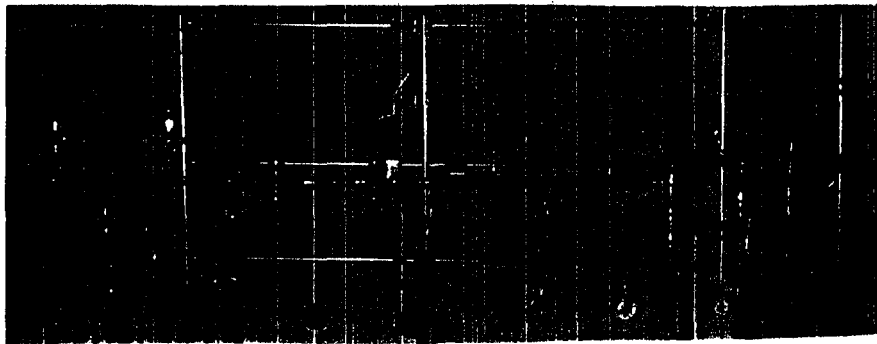
Parçalanmış eski laserden kalan asıl ve yedek tüpler, aynaları ve elektrodları takılı, elektrik tesisatlarının bir kısmında dahil hazır ve sağlamdır. Bir kısmı ders aracı olarak kesilmiş dağıtılmış durumdadır. (Şekil-4.5)



Şekil-4.5 Hayrex cam laser tüpleri

Gaz Vakum sistemi:

Laserin tamamlanmasından sonra, tüplere Helyum-Neon gaz karışımı (Şekil-4.6) deki tesisle 10^{-6} Torr vakumda doldurulup, tüpler ısıtılarak kapatılacaktır.



Şekil-4.6 10^{-6} Torr Vakumlu gaz karışım sistemi (7)

4.4- ODTÜ VE DİĞERLERİ

Orta Doğu Teknik Üniversitesi laboratuvarlarında katı hal YAG laseri, sıvı hal boya laseri bulunduğu bunların laser fiziği araştırmalarında kullanıldığı tespit edilmiştir.

Kayseri Erciyes Üniversitesi Elektronik Bölümünde, Bölüm Başkanı Doç. Dr. Sayın Bekir Sami Yılbaş liderliğinde, güç kaynağı gibi ithal getirilen ekipmanları da yerli yapılmakta olan; 500 mA, 13 kV, 3kW, değerlerinde üç adet Co₂ Laser imalatı 1989 da başlatılmıştır. Kayseri Hava İkmal Bakım Merkezinde, Eskişehir HİEM deki gibi bir laser bulunduğu ve faal olmadığı öğrenilmiştir. Türkiye'de Endüstriyel amaçlı ilk yerli laser Erciyes Üniversitesinde üretilen laserler olacaktır. Aynı zamanda gazlı laser teknolojisinde en son yenilikleri ihtiva edecekler ve geniş bir kullanım alanları olacaktır.

İstanbul Teknik Üniversitesinde laserle Halografi araştırmaları yapıldığı öğrenilmiş, detaylı bilgi edinilememiştir.

Eskişehir Anadolu Üniversitesi "Mavi Hastane"de göz ameliyatlarında kullanılan bir laser bulunmaktadır. Şu an faal değildir.

Anadolu Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi Fizik Bölümü laboratuvarında 1 miliwatt gücünde görünür kırmızı ışın salan, 220 Voltla çalıştırılan bir adet He-Ne laseri mevcuttur. Bu laser ders aracı olarak kullanılmaktadır, mercekle saptırılarak öğrencilere laser ışını özellikleri tanıtılmaktadır.

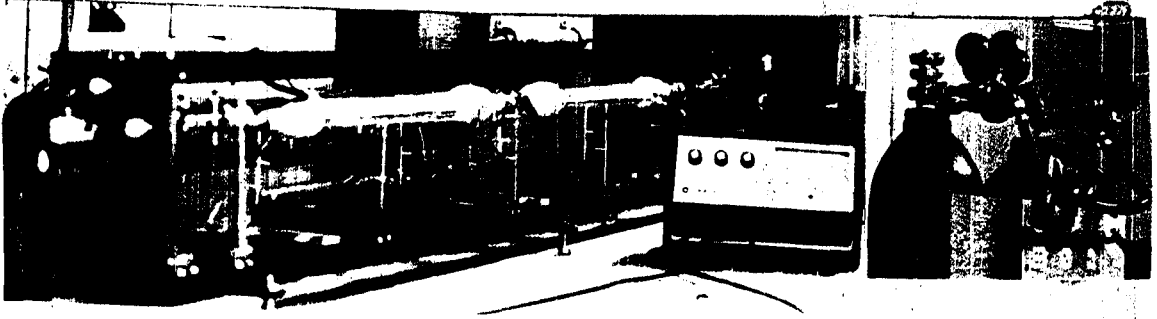
Bu He-Ne laserinden orta dereceli, yüksek okul ve üniversitelerimizin Fizik laboratuvarlarında çok sayıda bulunduğu öğrenilmiştir.

5.0- LASER TASARIMI

5.1- ÜLKEMİZDE İLK LASER TASARIMI

Ankara Nükleer Araştırma ve Eğitim Merkezi (ANAEM)'de Doç.Dr.Atilla AYDINLI, Araştırmacı Ali ALAÇAKIR, Özgül KUŞDEMİR, Oğuz PERVAN, Erdal TAN tarafından 1989 da, ilk CO₂ laseri tasarlanıp dizayn edilmiştir.

Bu çalışmada, sürekli optik çıkışı olan gaz akışlı bir karbondioksit laser gerçekleştirilmiştir. Görünmeyen "infra-red" 10.6 mm optik çıkışlı ışın elde edilebilmekte, ışının etkileri direkt veya aynalarla yansıtılarak çeşitli cisimler üzerinde görülebilmektedir. (Şekil 5.1)



Şekil _ 5.1 ANAEM de yapılan laser

Aynı laserin, gücü artırılır, buna bağlı olarak boyu artırılır, vakumu artırılır ve aynalarla yönlendirilirse; Endüstriyel uygulamada (Delme, kaynak, yüzey sertleştirme gibi) kullanmak mümkündür.

5.2- GİRİŞ

Optik çıkışlı sürekli olan ilk karbondioksit laserinin gücü birkaç miliwatt kadardı. Bu gün sürekli ve darbeli çeşitli CO₂ laserlerinin ortalama ve ani gücü, darbe süresi gibi özelliklerinde büyük gelişmeler olmuştur. Ha-

len karbondioksit laserlerde 20 k watt sürekli çıkış güçleri, 100 kj'e varan darbe enerjileri ve pikosaniyeden kısa darbe süreleri elde edilebilmektedir.

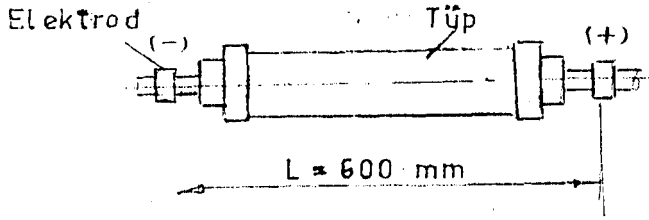
Diğer laser sistemleri ile karşılaştırıldığında, elektrik enerjisini optik ışınımaya çevirmedeki verim, karbondioksit laserlerde çok yüksektir. Bu güne kadar yapılan çok sayıda teorik ve deneysel çalışma ile karbondioksit laserlerde verim kararlılık, mod yapısı gibi birçok konularının anlaşılmasında büyük mesafeler katedilmiştir. CO₂ laserler bu özelliklerinden dolayı endüstriyel, bilimsel, tıp ve askeri alanlarda geniş uygulama alanları bulmuştur. Karbondioksit laserlerin temeli olan CO₂ molekülünün spektroskopisi ve laser olayı ile ilgili enerji seviyeleri literatürde detaylı olarak anlatılmıştır.⁽¹⁾ Özetle, karbondioksit laserlerde ışınım CO₂ molekülünün elektronik taban durumunun titreşimsel-rotasyonel geçişmelerinden elde edilir. Farklı enerji durumlarındaki moleküller, içinde CO₂ bulunan bir gaz karışımının elektriksel boşalması (discharge) ile elde edilir.

5.3- GAZ BOŞALMASI (DISCHARGE)

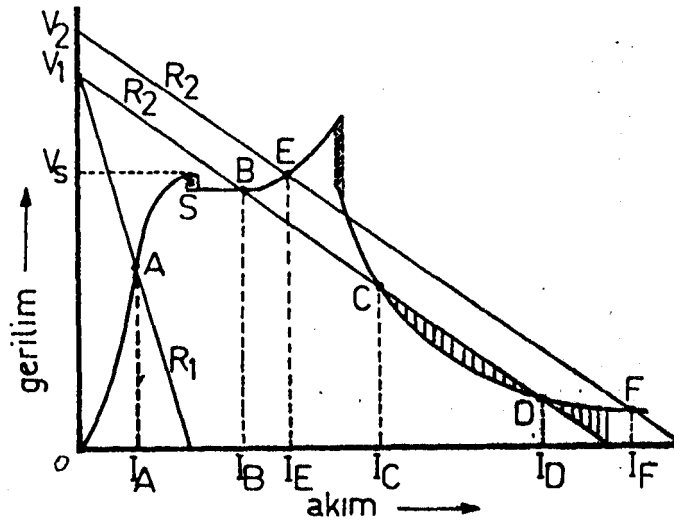
Gazların elektriksel boşalması fizikçiler tarafından geçtiğimiz yüzyılda incelemeye başlandı. Bu gün de CO₂ laserlerde boşalmayı homojenleştirmek ve geçişler arasındaki enerji transferini kolaylaştırmak, üst enerji seviyelerindeki molekül sayısını artırmak amacıyla N₂, He ve bunlara ilave olarak gaz akışlı olmayan kapalı tüplü sistemlerde H₂ ve xe gazları da kullanılır.

Karbondioksit laserlerinde, laser olayının gözlenebileceği birçok titreşimsel-rotasyonel geçişler olmakla beraber bunların geçiş olasılıkları birbirinden farklıdır. Optik re-

zonatörün uygun seçimi ile istenilen dalga boyunun elde edilmesi mümkündür. Çıkış gücü sürekli olan CO_2 laserler, tasarımı, yapımı ve işletmesi nisbeten kolay olan laserlerdendir. Elektriksel verimi % 10 dolayındadır. Bunlarda, CO_2 içeren bir gaz karışımında silindirik bir tüpte elde edilen elektrik deşarjı esastır. Elde edilen ışınım şiddeti; ortamın soğutma şartlarına, ortamdaki gazların kısmı basınçlarına, elektrodlar arası mesafeye, elektrodların geometrisine, uygulanan gerilime, sisteme bağlı devrenin davranışına ve diğer elektrik boşalma parametrelerine bağlıdır. (Şekil 5.2.a.b)



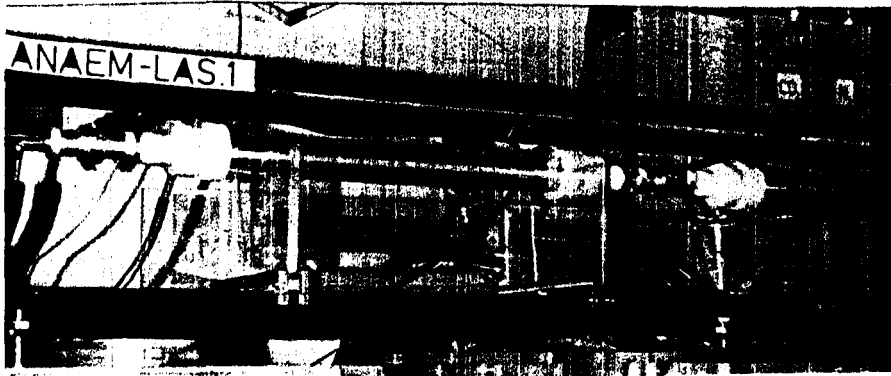
Şekil 5.2.a ANAEM uygulamasındaki durum



Şekil 5.2.b Gazların elektriksel boşalmasının akım gerilim karakteristikleri

Bu grafik seri olarak bağlanmış bir gerilim kaynağı (V) ve bir direnç (R) ile gaz boşalma tüpünden meydana gelen devrede sabit gerilimde, direnci R1 den R2 ye azaltarak veya sabit dirençte, gerilimi V1 den V2 ye artırarak elde edilmiştir. O dan A ya kadar uzanan ve μA geçmeyen bölge Towsed boşalmasıdır.

Burada, akım ancak gerilim artırıldıkça artar. Gerilim artırılarak S noktasına gelindiğinde, kıvılcım gerilimi V_s 'de ani akım artışıyla birlikte kıvılcım ortaya çıkar. S ile B arası normal parlaklık (glow) boşalma olup, bu bölgede gerilim düşmesi boşalma akımından yaklaşık olarak bağımsızdır. Burada akım mA mertebesinde. Akımın belirli bir değeri geçmesi ile gerilim, artan akımla artar. Akımın daha fazla artırılması ani gerilim düşmesine ve ark rejiminin başlamasına sebep olur. Gaz boşalması ile laser elde etme olayında çalışma bölgesi B den E ye uzanan bölgedir. Laserlerin tasarımı iki önemli boşalma parametresi kıvılcım potansiyeli ile yük eğrisidir. Basit bir güç kaynağında yük eğrisinin seçimi ve akımın sınırlandırılması, istenen boşalma rejiminde kalınabilmesi için çok önemlidir. Öte yandan kullanılacak güç kaynağı V_z potansiyelini sağlayabilmeli ve boşalmayı başlatabilmelidir. (Şekil_5.3)

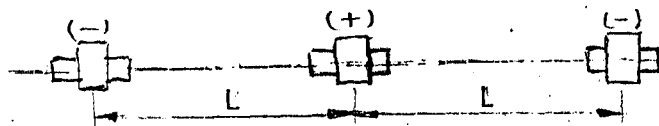


Şekil - 5.3 Boşalma

Boşalmanın başlamasından sonra düşen gerilimle sistemin ark rejimine geçmeden çekebileceği en büyük akımın çarpımı kullanılacak gücün alt sınırını belirler. Kıvılcım potansiyeli Paschen yasası ile belirlenir ve gaz basıncı (p) ile elektrotlar arası mesafe (L) çarpımının bir fonksiyonudur. Düz paralel plakalı elektrotlar için kıvılcım potansiyeli;

$$V_s = B_p L / \left[\ln \left(A_p L / \ln \left(\frac{1}{\delta} \right) \right) \right]$$

ile verilmiştir. Burada, katot metaline çarpan her pozitif iyonun çıkmasına sebep olduğu elektron sayısının bir ifadesi olup katodun bir fonksiyonudur. A ve B ise gaz karışımının fonksiyonu olan sabitlerdir. Herhangi bir gaz karışımı için V_s , bir pL değerinde en küçük değerden geçtikten sonra azalan ve artan pL değerleri için artar. Laser tasarımına başlarken seçilen güç kaynağının çıkış gerilimi pL' yi, akım kapasitesi ise laser olayının eşliğini belirler. Çalışma basıncı ise sistem ark boşalmasına geçmeyecek kadar küçük, ancak optik çıkış gücünü en büyük yapacak kadar büyük olmalıdır. Çalışma basıncının seçilmesi ile elektrotlar arası mesafe belirlenmiş olur. Bir fikir vermek bakımından CO_2 , N_2 ve He karışımı bir gazda 5 Torr basınçta elde edilen parıltılı boşalmada gerilim düşmesinin yaklaşık 100 V/cm olduğunu söylenebilir. (Şekil -5.4)



Şekil _ 5.4 Resonatör boyu : 2L dir

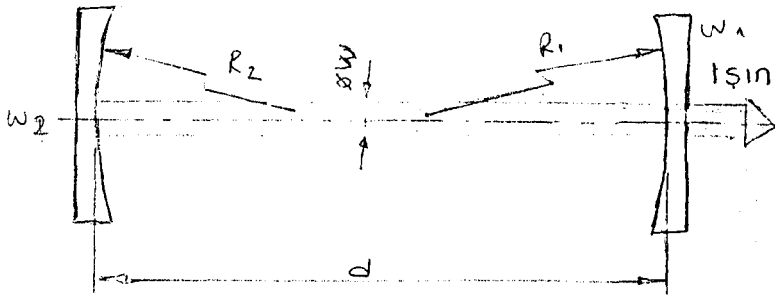
Elektrotlar arası mesafe deşarj uzunluğunu belirler. Aynaları kavite içinde olan bir optik rezonatörde bu uzunluk, yaklaşık olarak rezonatörün boyuna eşittir.

5.4- TASARIM PARAMETRELERİ

Bir laser sisteminde kullanılacak olan ve genellikle optik eksene dik olarak yerleştirilen iki aynadan meydana gelen optik rezonatör, aktif ortamdaki radyasyon alanının dağılımını ve çıkan laser ışınının optik kalitesini etkileyen en önemli unsurdur. Rezonatörden en büyük optik enerjiyi elde etmek için demet, gaz ortamını mümkün olduğunca doldurmalı ve laser olayı için gerekli en küçük şiddeti sağlamalıdır. Kararlı rezonatörlerde aynaların konumu, kararlı periodik bir odaklama sistemine karşılık gelir ve laser demeti aynaların birinden veya her ikisinden dışarı çıkarılabilir. (Şekil 5.5) Böyle rezonatörlerde kararlılık şartı:

$$0 \leq g_1 g_2 \leq 1$$

$$g_1 = \left(1 - \frac{d}{R_1}\right), \quad g_2 = \left(1 - \frac{d}{R_2}\right)$$



Şekil 5.5 Laser aynaları ve konumları

ile verilmiştir. Burada R_1 ve R_2 aynaların eğrilik yarıçapı (içbükey aynalar için pozitif), d ise aynalar arası mesafedir. Bu şartı sağlayacak bir çok ayna kombinasyonları arasında, biri içbükey diğeri düz (çıkış aynası) olan iki aynalı uzun yarı simetrik kararlı rezonatör en küçük demet çapının çıkış aynası üzerinde meydana gelmesi ve dolayısıyla küçük çaplı ayna kullanılmasına izin vermesi bakımından avantajlıdır. İçbükey aynanın eğrilik yarıçapı, kararlılık şartı sağlanacak kadar küçük ancak kullanılan plazma kazanç ortamının hacmini (dolayısıyla gücünü) artıracak kadar büyük seçilmelidir.

Böyle bir rezonatörde demetin en küçük yarıçapı w_0 , birinci aynadaki yarıçapı w_1 ve ikinci aynadaki yarıçapı w_2 sırasıyla

$$w_0^4 = \left[\frac{\lambda}{\pi} \right]^2 d (R_1 - d) (R_2 - d) \frac{(R_1 + R_2 - d)}{(R_1 + R_2 - 2d)^2}$$

$$w_1 = \left(\lambda \frac{R_1}{\pi} \right)^2 \frac{(R_2 - d)}{(R_1 - d)} \frac{d}{(R_1 - R_2 - d)}$$

$$w_2 = \left[\lambda \frac{R_2}{\pi} \right]^2 \frac{(R_1 - d)}{(R_2 - d)} \frac{d}{(R_1 + R_2 - d)}$$

ve aynaların en dar demet çapına uzaklıkları ise:

$$Z_1 = d \frac{(R_2 - d)}{(R_1 + R_2 - 2d)}$$

$$Z_2 = d \frac{(R_1 - d)}{(R_1 + R_2 - 2d)}$$

olarak verilir (2). Burada λ dalgaboyudur. İki ayna arasına yerleştirilen bir laser ortamında ışınım, aynalar arasında birçok defalar yansiyarak ortamda yükseltilir. Bu durumda, her gidiş gelişte toplam kazanç:

$$G \propto \exp(-2\alpha l)$$

ile verilir. Burada a ışınının soğurulma katsayısıdır. Aynaların yansımaya katsayısı R gözönüne alındığında her yansımada ışığın $(1-R)$ kadarı kaybolur. Ayrıca, Brewster pencereler, aynalar gibi ortamda ışığın soğurulması, diyagramda kırınım, demet yolunda bulunan tozlardan veya pürüzlü yüzeylerden saçılma ilave kayıplara sebep olur.

Bütün bu kayıplar:

$$K \exp\left[-2\beta \frac{d}{c}\right]$$

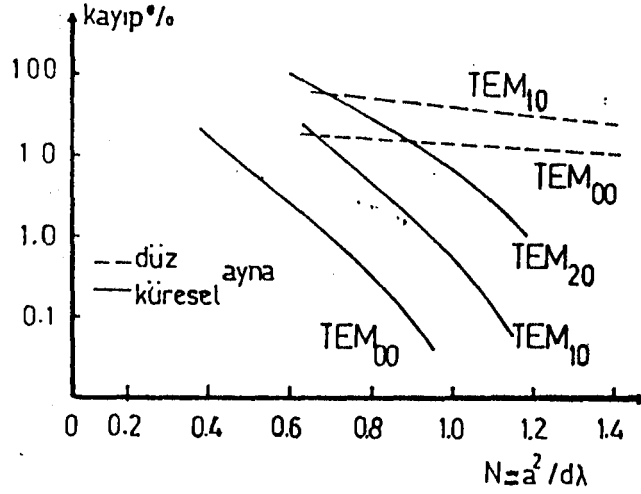
ile verilir. Burada, B ışınının birim zamanda kaybettiği enerji kesri ve c ışık hızıdır. Laser olayının olabilmesi için:

$$-2a_1 > -2\beta \frac{d}{c}$$

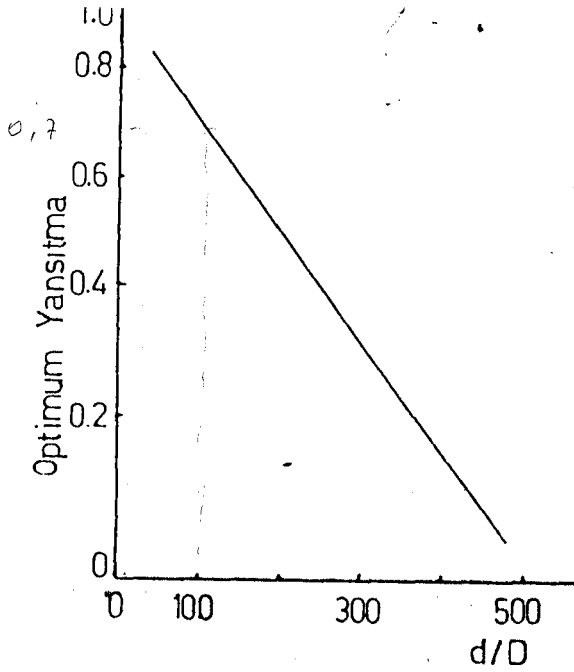
(3) olması gerekir. Bir rezonatörün difraksiyon kayıpları rezonatörün $N = a^2/\lambda d$ ile verilen Fresnel sayısına bağlıdır. Burada a aynaların etkin yarıçapıdır. Eksen boyunca güçlü olan temel mod, diğer modlardan daha az kayıba uğrar. a 'nın yeteri kadar küçük veya d 'nin büyük seçilmesi halinde sadece temel mod elde edilebilir. (Şekil-5.6)de bazı modların kırınım kayıpları konfokal ve düz ayna rezonatörleri için verilmiştir.

2. Kogelnik H., Li T., (1966)

3. Demtröder W (1982)



Şekil_ 5.6 Eşmerkezli ve düzlem aynalı rezonatörde kırım kayıpları (4)



2000/20

Şekil _ 5.7 Laser uzunluğunun tüp iç çapına oranının çıkış aynası yansıtıcılığına bağlılığı (5)

4. ANAEM (1989)

5. " "

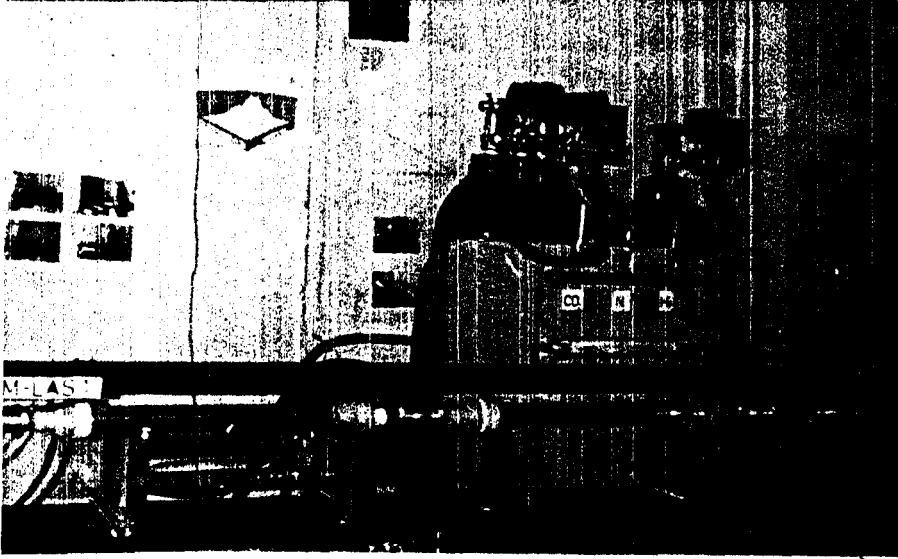
Yarı simetrik kararlı rezonatör iki durumun arasındadır. Bu grafikten de anlaşılacağı gibi laser tüpü çap ve uzunluğunun uygun seçimi ile istenmeyen modlar büyük ölçüde ortadan kaldırılabılır. Fresnel sayısının çok küçük olması durumunda ise hiçbir mod elde edilmeyecektir.

Optik rezonatörün görevi aktif ortamdaki uyarılmış moleküllerden yayılan radyasyonun istenen dalgaboylarında geri beslenmesidir. Belirli bir enerji eşiğinin üzerinde, rezonatör elektromanyetik enerji depolar ve sistem laser yükseltici yerine laser osilatörü haline gelir. Böyle bir sistemden elde edilecek en büyük optik güç aynaların geçirgenliği, ayna düzeni, kazanç katsayısı, soğurma kayıpları ve aktif ortam uzunluğu gibi parametrelere bağlıdır. Bir laser sisteminden elde edilecek en büyük güç ile ilgili parametrelerin arasındaki ilişkilerin çözümü oldukça karmaşıktır. Bazı şartlar altında bu problem nümerik olarak çözülebilir⁽⁵⁾, Pratikte ise belirli bir rezonatör için kullanılacak çıkış aynasının geçirgenliği çok önemlidir. Geçirgenliğin olamaması durumunda yeterli kazanç olmadığından laser olayı gerçekleşmez. Geçirgenliğin az olması durumunda rezonatörde saklı enerjinin çok az bir kısmı dışarı çıkarılabilir. Optimum güç elde etmek için ayna geçirgenliğinin seçimi (Şekil-5.7)de verilen rezonatör uzunluğunun tüp çapına oranı (d/D)'nin optimum ayna geçirgenliğine karşı çizildiği eğri kullanılarak yapılabilir.

5. Kenneth S., Thomson R. M. (1978)

5.5- TASARIM SONUÇLARI

Yukarıdaki kriterler dikkate alınarak tasarlanan CO₂ laserlerinde öncelikle güç kaynağından talep edilecek kıvılcım potansiyelini küçültmek için 3 elektrotlu bir konfigürasyon seçilmiştir. (Şekil-5.8)

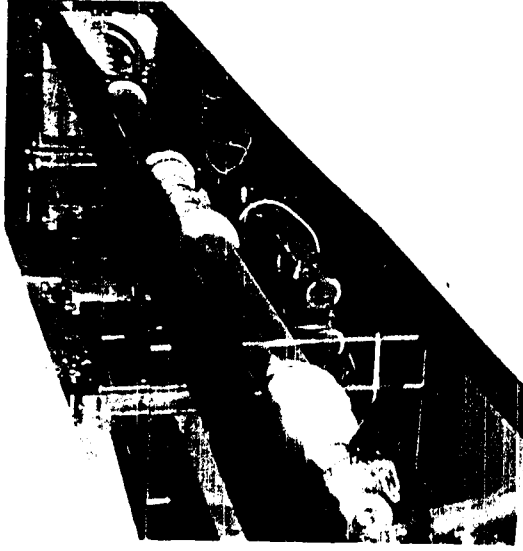


Şekil- 5.8 CO₂ laser (ANAEM)

Kullanılan güç kaynağı 5 kV, 750 mA olup akım, 80 kOhm 250 W'lık 2 adet direncin seri bağlanması ile sınırlandırılmıştır. Bu devrede laser çalışırken dirençler üzerinde büyük güç kaybı olmakla beraber akım sınırlamanın en kolay yöntemi olduğundan ilk aşamada bu devre tercih edilmiştir.

Elektrot olarak içi boş, aksenal silindirik alüminyum elektrotlar kullanılmıştır. Bu seçimle, elektrik alan dağılımının homojen olması ve dolayısıyla gazın ark boşalma rejimine daha geç geçmesi sağlanmıştır. Bu da, sistemin daha yüksek basınçta çalıştırılmasını ve daha yüksek optik güç elde edilmesini sağlamıştır.

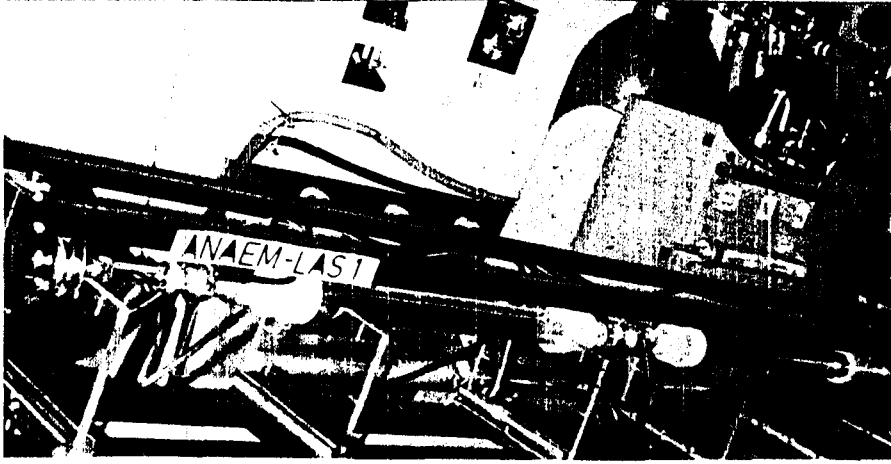
Eksenel elektrotlar 60 cm uzunluğunda 11 mm iç çapta cam borular ile birbirlerinden ayrılmış ve dış elektrotlar gaz akışı sağlanacak şekilde iki kısa cam boru ile ayna tutucularına bağlanmıştır. (Şekil-5.9)



Şekil- 5.9 Modüler tasarım

60 cm'lik cam borular eşeksenli olan cam ceketler kullanılarak su ile soğutulmuştur. Bu modüller tasarım, yapım kolaylığının yanı sıra laserin büyütülmesine de imkan tanımaktadır. Rezonatörde biri düz diğeri 20 metre eğrilik yarıçapına sahip ZnSe (selenayt) aynalar kullanılmıştır. İç bükük ayna 100 % yansıtıcı, düz ayna ise 15 % geçirgendir. Zn Se aynalar kızılötesi ışığı çok az soğurduklarından yüksek güç yoğunluklarına dayanıklıdırlar. ZnSe görünür bölgede geçirgen olduğundan HeNe laseri (632 μ m) kullanılarak yapılan konumlarının ayarlanması işlemini kolaylaştırmaktadır. ZnSe aynalarda, Ge gibi aynaların aksine ısıtma sonucu artan serbest taşıyıcılarla optik soğurması artmaz. Ayrıca ZnSe su ve neme karşı duyarlı olmayıp, kırılgen da değildir. Bütün bu iyi özelliklerine karşılık pahalıdır.

Bu laserde ilk olarak (CO_2 : 6, N_2 : 7, He: 20) oranlarında ve 3 torr toplam basınçta 2×60 cm uzunluğunda parıltılı boşalma elde edilmiş ve 4.8 kv, 2×5 m ' de laser ışını gözlenmiştir. Delme gerilimi (breakdown voltağı) 4.5 kv olup basınçla orantılıdır. (Şekil-5.10)

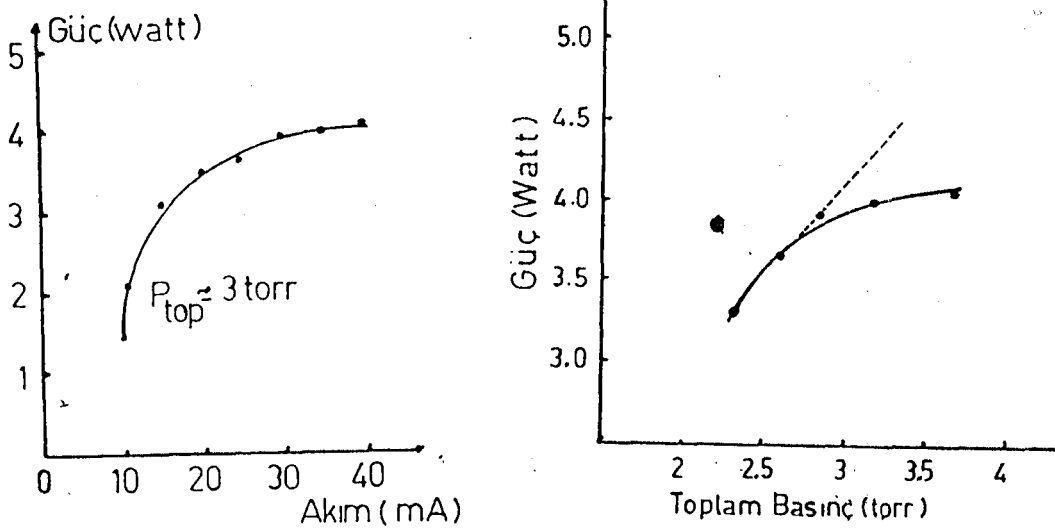


Şekil_ 5.10 2×60 cm CO_2 laser



Şekil _ 5.11 4,8 kv 2×5 m de laser ışınının etkileri (6)

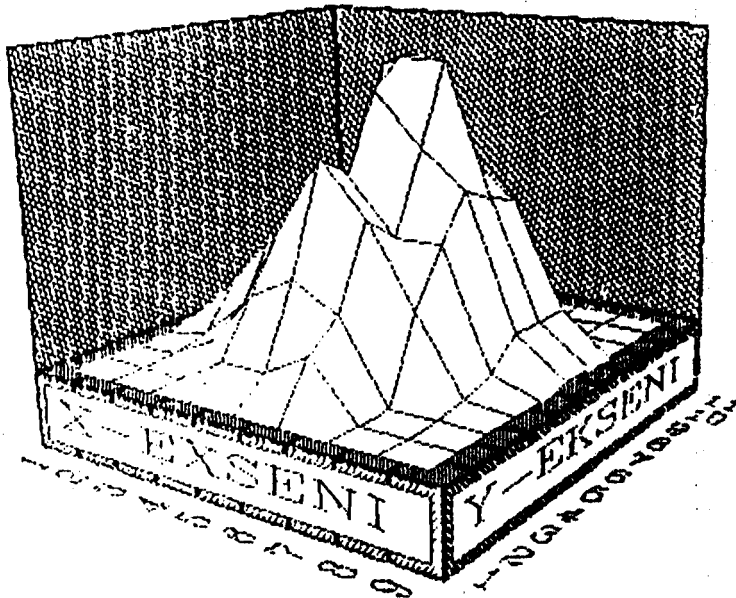
Akım artırıldığında çıkış gücünde de artma tespit edilmiş, ancak 2×20 m değerinden sonra laser gücü doyuma ulaşmıştır (Şekil-5.12)



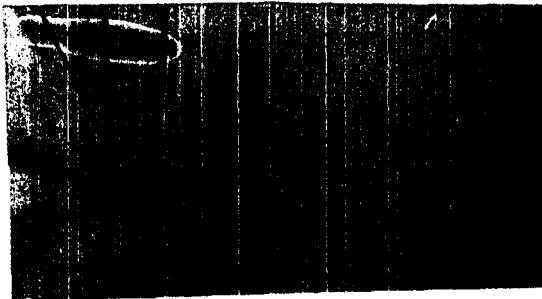
Şekil-5.12 ANAEM-LAS.1'in sabit basınçta gücün akım ile değişmesi ve gücün toplam basınçta değişimi (7)

Bu durum parıltılı gaz laserlerinin tipik bir davranışdır. Sabit oranlarda fakat değişen toplam basınca göre güç ise (Şekil-5.13)de gösterildiği gibi bir yol izlemektedir. Artan basınçla beraber optik çıkış gücünü artırmak için sabit akımda gerekli gerilim artmaktadır. Mevcut güç kaynağının çıkış gerilimi sınırlı olduğundan optik güç daha küçük akımlarda elde edilmektedir. Bu durum 3 torr basıncın üzerinde optik gücün doyuma girdiği izlemine vermektedir. Deneyin bütün basınç değerlerinden sabit akımda yapılabilmesi durumunda çıkış gücünün (Şekil-5.12)de görülen kesikli çizgiyi takip etmesi gerekir.

Laser ışınının dalgaboyunun tam olarak ölçülmesi mevcut imkanlarla mümkün olmamıştır. Ancak kullanılan aynaların yansıtma özelliklerinin $10.6 \mu\text{m}$ dalgaboyunda en büyük değerinde olduğu ve ayrıca bu dalgaboyunun yayılma olasığının diğerlerinden çok daha büyük olması nedeniyle $10.6 \mu\text{m}$ dalgaboyunda bir ışın çıkardığı beklenir. Demet deseni elde etmek için değişik zamanlarda yapılan iki ayrı ölçme sonucu (Şekil 5.13) ve (5.14) de görülmektedir.

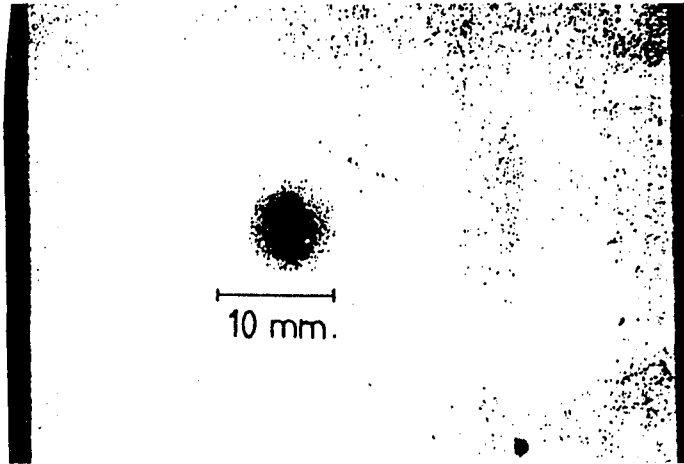


Şekil 5.13 Laser eksenine dik düzlemde elde edilen yakın alan mod deseni.



Şekil 5.14 Yansıtılmış ışının perdedeki etkileri (8)

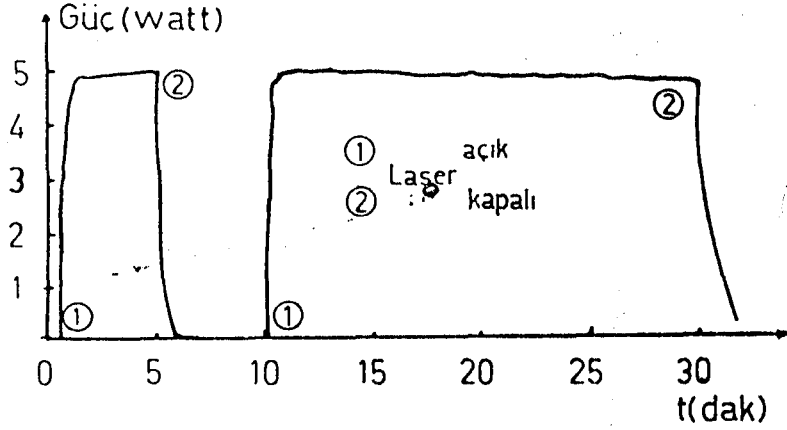
Birincisi demet eksenine dik düzleme oturtulmuş ve birbirine dik yönde hareket edilen 1 mm çapında bir optik deliğin iki boyutdaki her bir milimetrelilik hareketlerinden sonra arkasına yerleştirilen güçmetre ile ölçülmüş ve bu veriler bilgisayar ile değerlendirilmiştir. İkincisi ise ısıya duyarlı bir kağıdın çok kısa bir süre için laserle ışınlanması ile elde edilen mod desenlidir. Şekil-5.15de görülen desen TEM₀₀ ve TEM₀₁ modlarının aynı anda salındığını göstermektedir. Bu durum Şekil-5.16den de anlaşılacağı gibi kırınım kaybını küçük tutmak için Fresnel sayısını, bir başka deyişle ayna etkin yarıçapını (monte edildikten sonra 10 mm) büyük tutmaktan kaynaklaşmıştır. Bu nedenle iki ayrı modun yarışması (mode competition) ortaya çıkmıştır.



Şekil 5.15 TEM₀₀ modunu ışı duyarlı kağıtdaki görüntüsü

Bu durum genel olarak aynaların önüne konacak bir optik delik ile (TEM₀₀ modu için aynadaki spot büyüklüğüne yakın) önlenabilir. Şekil 5.15de görüldüğü gibi optik delik kullanılmamasına rağmen bazen saf bir TEM₀₀ deseni tek başına salınabilmektedir.

Demet, çıkışı bir x-t kaydedicisine bağlanmış olan termopilin üzerine düşürülerek laserin çıkış gücü dolayısıyla da aktif ortamın kararlılığı incelenmiştir. (Şekil 5.16) Optik çıkış gücündeki kararlılık yaklaşık olarak %2 mertebesindedir.



Şekil-5.16 ANAEM-LAS.1 laserinin güç kararlılığı.

Şekilden de görüleceği gibi tekrarlanabilirlik deneyi de oldukça iyidir. 5. dakikada kapatılan laser 5 dakika sonra tekrar açılmış ve bir önceki güç değeri aynen elde edilmiştir.

$$b_1 \cdot \theta = (b_1 \cdot b_2 - d) \theta$$

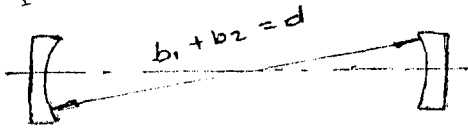
aynalar arasında oluşan yer değişimi

$$x = \frac{b_1 - (b_2 - d) \theta}{b_1} \quad \text{ve}$$

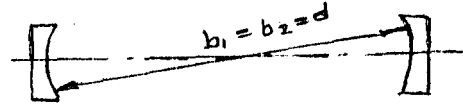
$$y = \frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \theta}{b_1 \cdot b_2 - d} \quad \text{olur.}$$

eğer (b_1) ve (b_2) d ise aynalar düz aynalardır.

Eğer $b_1 + b_2 = d$ ise aynalar küresel aynadır.

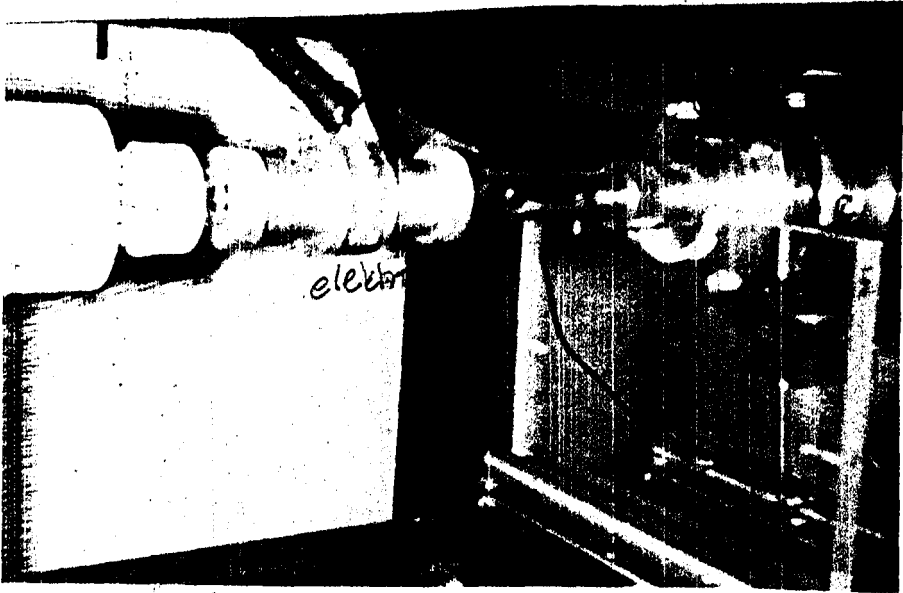


Şekil-5.18 Küresellik durumu



Şekil-5.19 Confocal durum

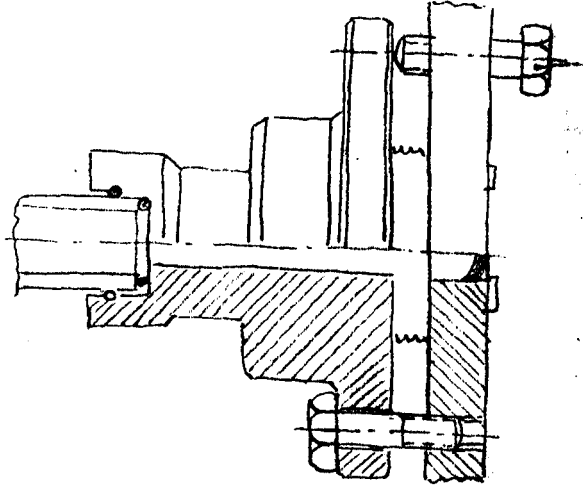
Bu durumda; küçük θ için mod değişmesi x ve y 'de çok büyük olduğundan rezonatör çok yanlış hizalanmış demektir.



Şekil-5.20 Rezonatörde ayna tutucu ve elektrod

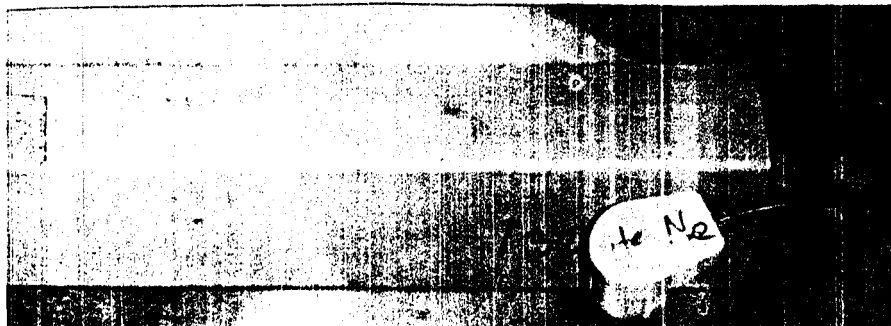
eğer ($b_1 = b_2 = d$) ise "Confocal" durum meydana gelir. (Şekil-5.19) Bu durumda $x + y = d \theta$ dir ve açının yanlış ayarlanması söz konusu değildir.

En çok kullanılan pratik ayna yapıları "uzun yarıçaplı" ve "küresel" dir. Küresel durumda, aynalar küre eğrisinin merkezi içinde yer alır. Hizalanma yoğunluğu böylece yaklaşık $x = d \theta$ olur. Uzun yarıçaplı aynalarda, $b_1, b_2 = d$ dir. Resonatör açısı ayarlanmasında, ayna tutucuları çok ince dişli vidalarla hassas davranmak gerekir. İstenen açı değerleri 300×10^{-6} ile 20×10^{-6} radyan arasındadır (Şekil-5.21).



Şekil-5.21 İnce dişli vida ile ayna ayarı

Sabit laser gücü için istenen açı değeri çıkış ışını yönündeki değerden daha az olabilir. Açı ayarı Helyum-Neon laseri denen ikinci bir laserle yapılır. (Şekil-5.22)

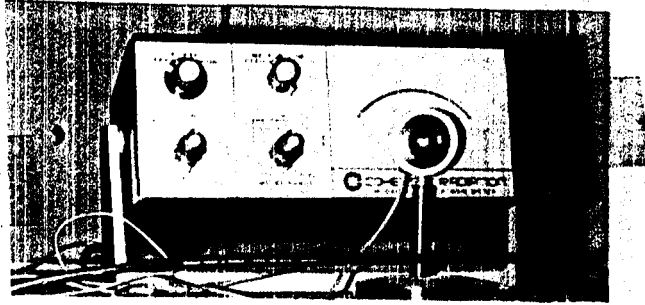


CO₂ Laserleri görünmez (infrared) ışınılıdır. Odak ayarları kırmızı görünür ışınli He - Ne laserleri ile yapılır, (şekil-5.22) deki He - Ne laseri 0,9 milivolt güçlüdür, 220 Volt enerji ile çalışır. Çok ince vidalar veya hız azaltma düzeni kullanılmadıkça iyi bir sonuç alınamaz. Ayna ayarlamalarında kolaylık olması için iki ayar ekseninin birbirine dik olması gerekir.

Aynaların bağlandığı ve plazma tübünün bulunduğu düzlemdeki en büyük problem ısı değişikliğinden meydana gelen açısal bozulmadır. Elektrodlar ve ayna tutucuları hem paslanmaz, hemde ısıl genleşmesi az olmalıdır. Oysa bu malzemeler iletkenlik de gerektiğinden Alüminyum ve pirinçten yapılmaktadır. Bu tür malzemelerin kullanımıyla açı hassaslığı da yükselecektir. Hassasiyetin uzun süre bozulmaması için guars veya invar gibi düşük genleşmeli malzemelerin kullanılmasına çalışılmalıdır. Az ısı geçiren malzemeler kullanırken, ısı değişikliğini belli bir derecede tutabilmek için ortamın ortamında 18° de tutulması gerekir.

5.5.1- Doğru Akım Plazması İçin Boru Dizaynı

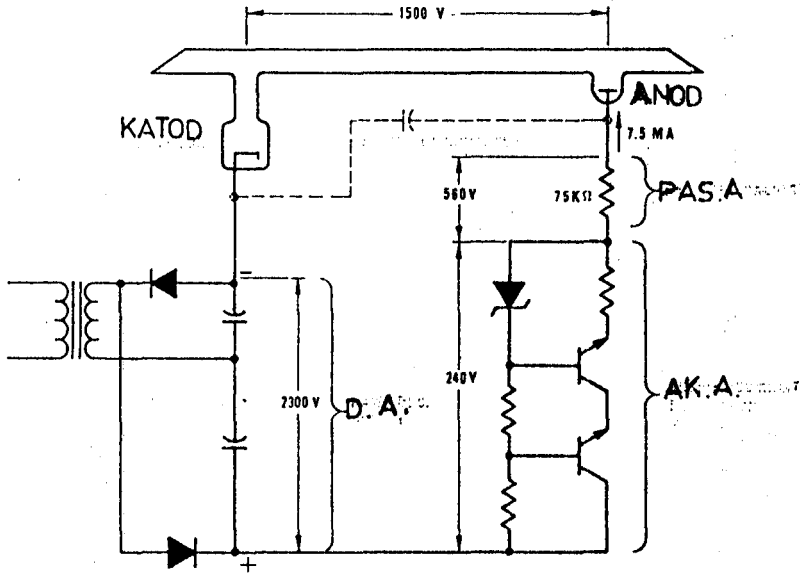
Boşalma akımları, küçük mili amperlerden şiddetli amperlere kadar, doğru akım güç kaynaklarından elde edilir. (şekil-5.23)



Şekil-5.23 750 miliamper doğruakım güç kaynağı

Morotesi ve görünür bölge için
güç kaynağı ve dedektörü

Bu boşaltımlar genellikle parlama boşaltımları olarak geçer. Çoğu gaz laserleri bu sınıfa girer. En önemli gaz laserleri; (CO₂ - He - Ne), (He - Ne), (He - Cd) laserleridir. Kıymetli gaz iyonlu laserlerde, en çok kullanılan argon iyonlu olandır ve bunda yüksek akım boşaltımları uygulanır, buna "ark" boşaltımları da denir. Genellikle 10 volt/cm den daha düşük voltaj söz konusudur. "Parlama" veya "ark" tipi gaz boşaltım borularının çeşitli tipleri vardır. (Şekil-5.24)



Şekil-5.24 Tipik doğru akımlı boşaltım borusu

Şekilde tipik bir doğru akım boşaltım borusu ve güç sağlayan esas parçalar gösterilmiştir.

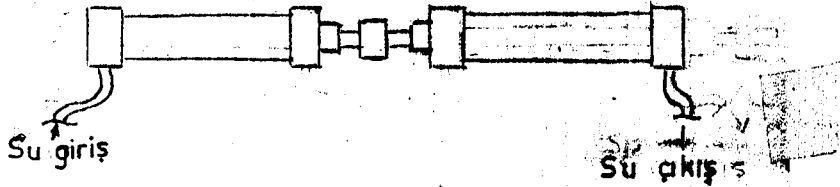


Şekil-5.25 İki modüllü başka tip boşaltım borusu

Laser plazma borularında deşarj için katod ve anod olarak (+) ve (-) değerli elektrodlar kullanılır. Şekil de görüldüğü gibi, tek modüllü rezonatörde (+) ve (-) değerli iki elektrod, çift modüllü alanında (-), (+) değerli üç elektrod kullanılır. Elektrod malzemesi için en çok alüminyum kullanılır, fakat tantal, nikel, platinyum ve diğer malzemeler de kullanılır.

Laser katod dizaynı, diğer gaz boşaltım parçalarının tasarımından daha zordur. Diğer parçalarda, katoda göre basınç seçilir. Laserde basınç, laser karakteristiklerine göre ayarlanır.

Anodlar, katodlardan daha az problemlidir. Yüzlerce miliamperlik akımlarda, basit bir iletme - aktarma soğutma ünitesi mevcuttur. Bu üniteler osilatör rahatlamasına yardımcı olurlar, ark boşaltımlı laserlerde, anod yayılması önem taşır. Soğutma, büyük bir yüzeyden su geçirme yoluyla sağlanır. (şekil-526)



Şekil-5.26 Soğutma suyu giriş ve çıkışı

Düşük güçlü, iç parlama boşaltımlı laserler için (He-Ne) ve (CO₂) plazma borusu yapımında cam (Hayrex) ve boro-silikat kullanılır. Çok özel durumlarda seramik kullanılır. Akım boşaltım borularınının soğutulması şekil- deki gibi doğal iletimle olur. Dış boru çapı büyüdükçe soğutma daha etkindir. (10)

6.0- KAYNAK UYGULAMASI İÇİN LASER TASARIMI

Önceki bölümlerde, endüstriyel uygulamalar için CO₂ laserinin her bakımdan daha yapılabilir olduğu anlatılmıştı. kaynak başta olmak üzere, kesme ve delme de yapabilecek olan CO₂ laseri ANAEM de yapılan laser gibi sürekli ışın salan tipte yapılırsa, endüstriyel işlemler için kullanılsa bile beklenen sonuçları veremez.

İmalatı yapılacak bu tür laserin tasarımında, sürekli ışın yerine "pulse" darbeleri ışın elde edilmesi daha uygun olacaktır. Bunun için de laser plazma borusu içinde başka indüksiyonla boşalan tek kapasitör bağlanacaktır. Kapasitörün parazitli yapılmasına çalışacaktır.

6.1- MEKANİK EKİPMANLAR

Mekanik ekipmanlar; resonatör, laser başlığı, iş tablası gibi kısımlardır. Bunlar üniversitenin ve iç piyasanın olanakları ile yapılabilecek veya hazır satın alınabilecek elemanlardır.

6.1.1- Resonatör

Ek teknik resimlerde ölçüleri ve malzemeleri verilen elemanlar, talaşlı ve diğer imal usulleri ile yapıldıktan sonra komple resimlerdeki sıralarına göre monte edilecektir.

Yurt dışından ithal edilecek kısımları selenayt aynalardır. Aynalar ayna tutucularına kurşunla kalıplanarak tutturulacaktır.

Resonatörün x, y ve z eksenlerinde ayar imkanları ince dişli vidalarla ekli teknik resimlerdeki gibi yapılacak plazma borusu uğultusu gürültü ve ark ısınması gibi iç etkileri önleyecek önlemler alınırken, dıştan gelecek sarsıntı, gürültü ve diğer olumsuz etkilere karşı izolasyon gibi tedbirler alınacaktır.

diğer olumsuz etkilere karşı izolasyon gibi tedbirler alınacaktır.

6.1.2- Laser başlığı

Laser geçirgen olan aynasından çıkan \emptyset 10 mm çapındaki ışın etkili hale gelmesi ve endüstriyel amaçlı kullanılabilmesi için, resonatör çıkışına başlık takılarak başlıktaki ayna ile yönlendirilecek iş parçasına etki içinde aynı başlıkta teknik resimdeki konumda bir mercek ile odaklanacaktır. Mercek ile odaklanan laser ışınının çapı küçültülecek etki mesafesi kontrol altına alınacaktır. Etki mesafenin ayarlanması ile iş parçasında faydalı olan ışın tablasına zararlı olmayacaktır.

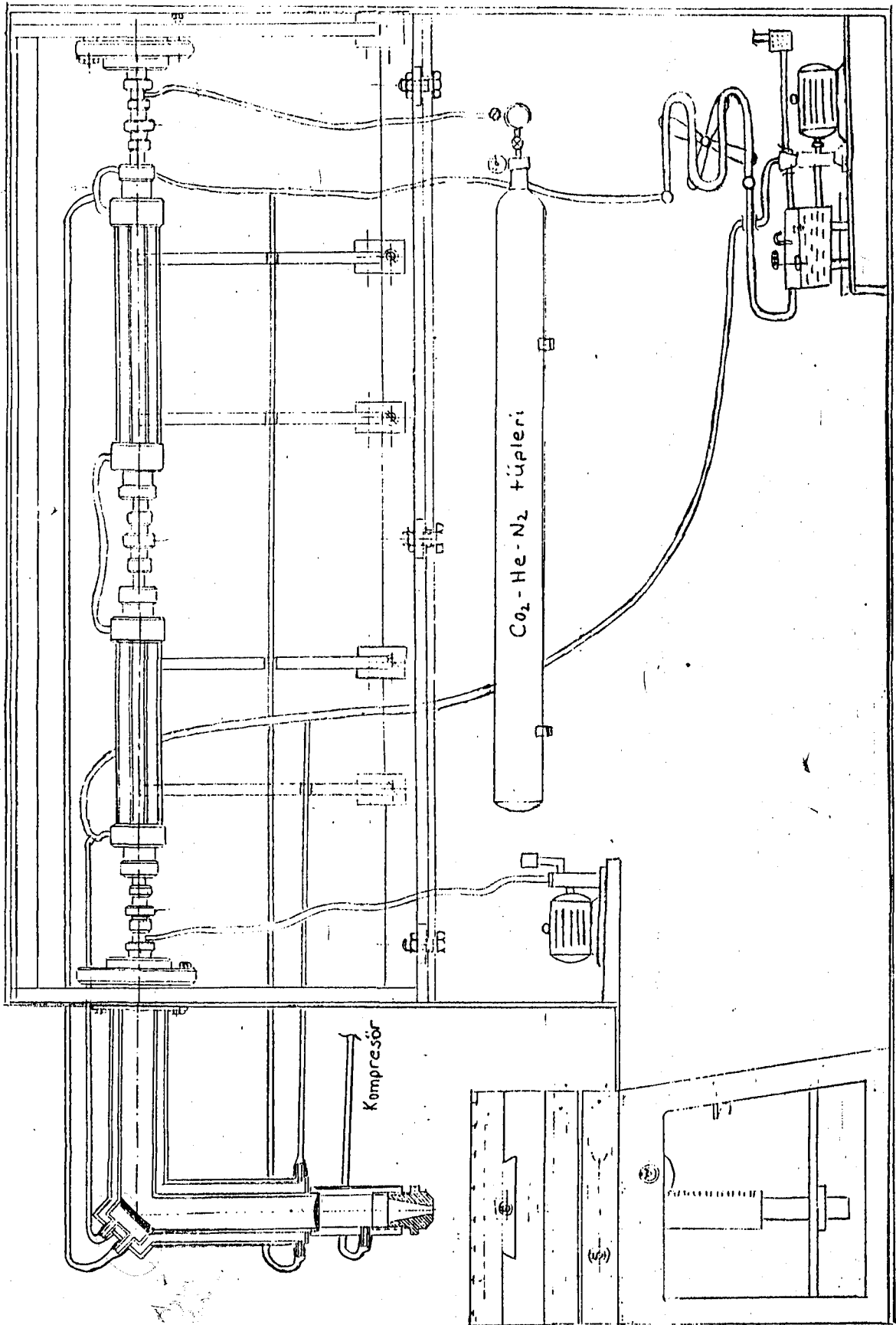
Laser başlığında yönlendirici ayna gelen çıkış ışınını yansıtırken kendisi ısınacaktır, ısınmasını önlemek için ayna resimlerde görüldüğü gibi kendisi ayrı bir dolaşım suyu ile soğutulacaktır. Başlığın diğer koruyucu kollarının ısınmasını önlemek için bir dış soğutucu cep dizaynı yapılarak ayrı bir soğutma suyu sirküle edilerek başlığın soğutulması sağlanacaktır.

Başlığın ucundaki nozulun ısınmaması, kaynak, kesme ve delme işleminde meydana gelen cürufun parçadan uzaklaştırılması için nozul bölgesine basınçlı hava veren düzenek yapılacaktır.

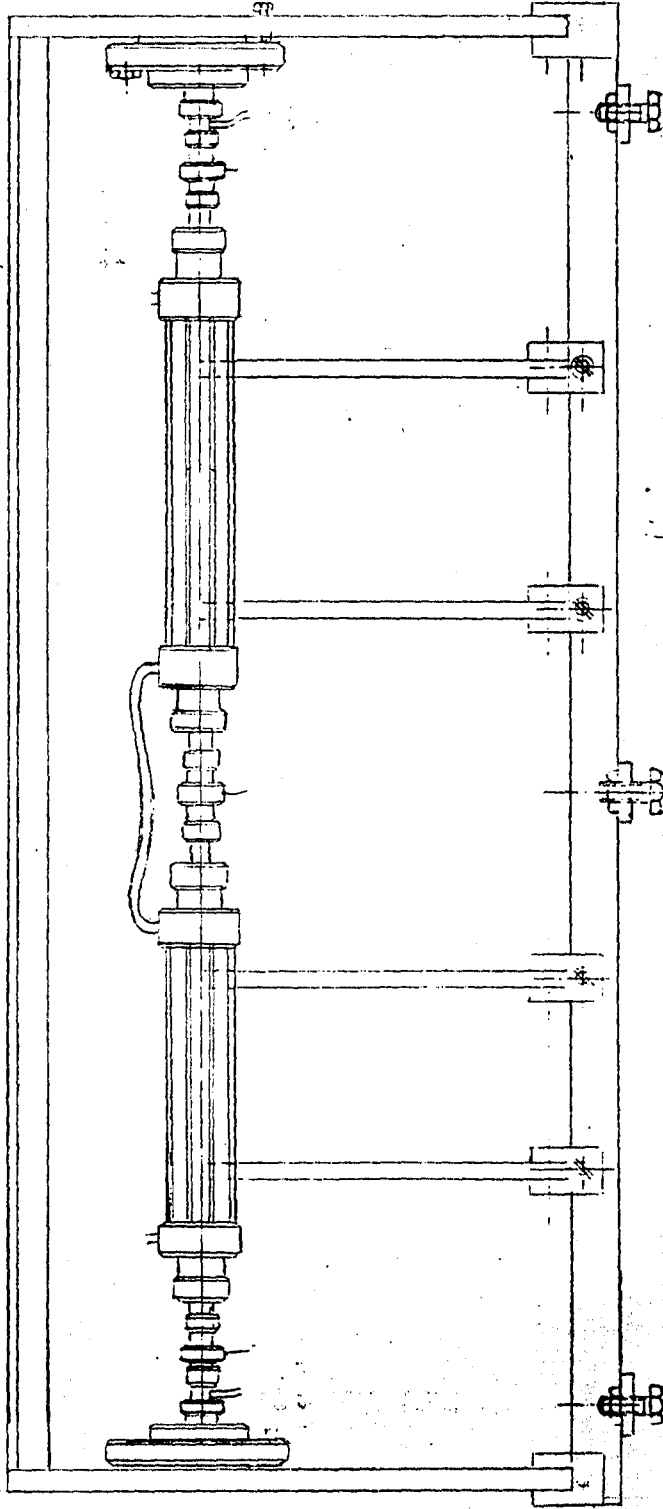
6.1.3- İş tablası

İş tablası, ekli teknik resimlerde görüldüğü gibi; x, y, ve z eksenlerinde doğrusal hareket, kendi ekseninde daireysel hareket yapabilecektir.

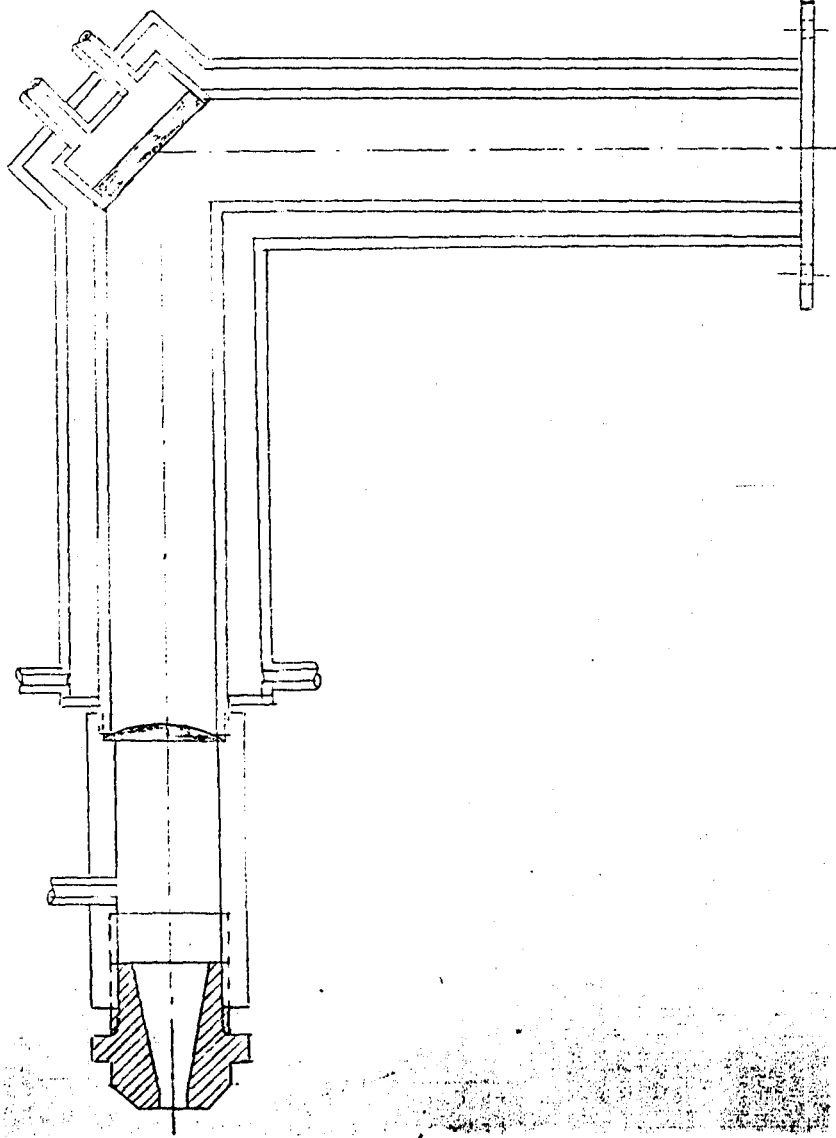
İş tablasının merkezi laser başlığının ekseninde olacaktır. Laser başlığı resonatör çıkışına sabit bağlantı ile tutturulacak, iş tablası hareketli olacaktır. Bu şekilde, resonatör, başlık ve iş tablası bir bütün olarak komple resimdeki gibi monte edilecektir.



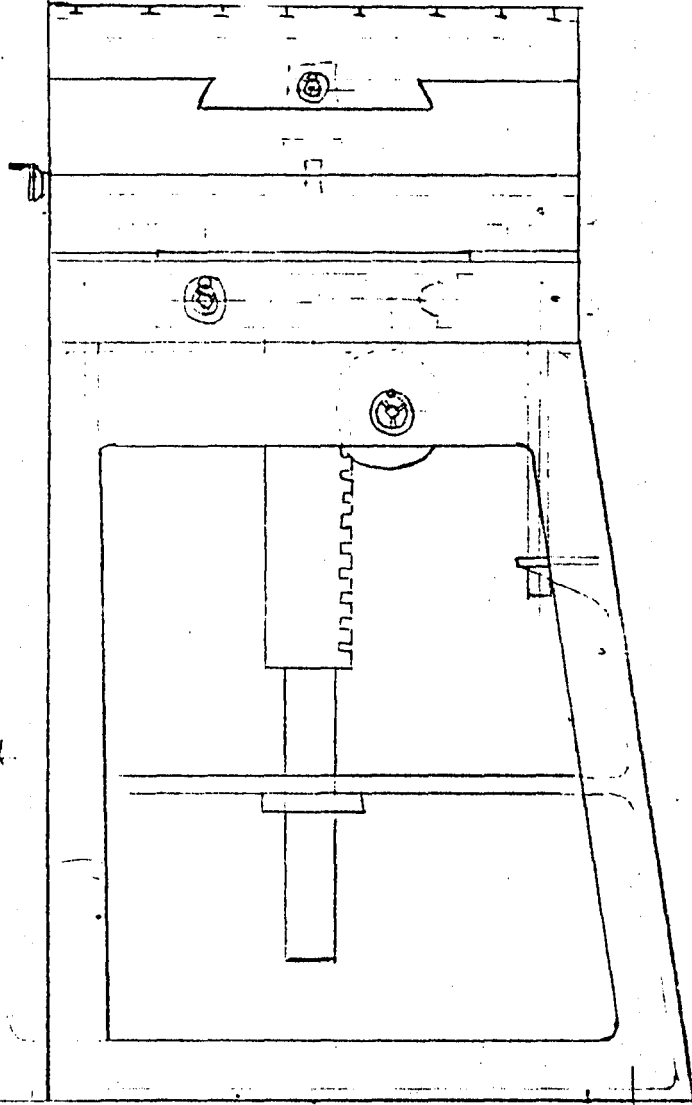
Şekil _ 6.1 Kaynak uygulaması için tasarlanan laser



Şekil 6.2 Resonatör



Şekil _ 6..3 Laser Başlığı



Şekil _ 6.4 İş tablası

6.2- GAZ EKİPMANLARI

Gaz olarak, karbondioksit (CO₂), Azot (N₂), Helyum (He) gazlarının karışımı kullanılacaktır. Ayrı ayrı tüplerle temin edilecek gazlar, basınç düşürücü özel vanalarından geçirilerek üçlü iğne "needle" vana ile karıştırılıp, gaz karışım kollektöründen plazma borusuna bağlanacaktır. Plazma borusunun diğer ucundan vakum pompasına yapılan bağlantı ile gaz karışımı plazma borusunda vakum edilecektir. Vakum pompası mümkün olduğu kadar laser tüpüne yakın olacaktır.

Vakum edilen gaz vakum pompasından tekrar kazanılabilsede ekonomik değildir. Bu nedenle pompanın vakumladığı gaz karışımı eksozdan ortama verilecektir. Vakum basıncı ve miktarı vakum gauge, vakumetre gibi eklentilerle ölçülebilecektir.

Giriş ve çıkış gaz hortumları istenen kalitelerde yerli piyasada hazır bulunabilmektedir. Vakum pompası, vakumgauge ve vakumetrenin ithali sözkonusu olabilir. Vakum miktarı yaklaşık 4×10^{-2} milibar civarında olacaktır.

6.3- ELEKTRİK EKİPMANLAR

Elektrik ekipmanlarının başında güç kaynağı gelir. Doğru akımla çalışan, yaklaşık 5-10 KW gücünde, 380 Volt trifaze akımlı 700-800 miliamperlik olacaktır.

Güç kaynağından elektrodalara bağlantı, ekli tesisat çizimlerinde de görüleceği gibi akım sınırlayıcı dirençler ve kapasitör aracılığı ile yapılacaktır.

Laserin çıkış gücü 220 Voltla çalışan bir güç metre ile ölçülecek tesisatı ayrı olacaktır.

Ayna ayarının yapıldığı görünür ışıklı, 220 Voltla çalışan tek fazlı helyum neon laseri müstakil bağlantılı olacaktır.

Bütün elektrik tesisatı topraklı olacaktır.

6.4- SOĞUTMA SUYU EKİPMANLARI

Soğutma suyu şebekeden alındığı gibi kullanılmayıp, önce arıtma cihazından geçirilerek kireci alınacaktır. Aksi halde dıştaki soğutma tüpünün camı kireç tutup camın yüzeyi matlaşabilir.

Laser tüpünden ısınarak çıkan su radyatörde soğutulmuş sirkülasyon pompasına gelir. Sirkülasyon pompasından tekrar laser tüpüne verilir.

Sirkülasyon pompası yerli piyasadan temin edilecek, santirifüj veya paletli tipte 220 voltla çalışabilecek 0,5-1 kw arasında 1/2" giriş ve çıkış çaplarında bir pompa olabilir.

Soğutma radyatörü en küçük oto radyatörlerinden herhangi bir tip olacak 0,5 kw lık bir aksenel vantilatörden soğutma havası temin edilecektir. Soğutma suyu pompası ile vantilatör 220 voltla çalışacak ayrı bir elektrik bağlantısı olacaktır.

Su arıtma cihazı, yerli piyasadan temin edilen, musluğa takılabilen tipte, küçük kapasiter portatif cihaz olabilir.

6.5- HELYUM-NEON LASERİ

CO₂ laserin imalatı ve montajı bittikten sonra ayna konumlarını ayarlamak için görünür kırmızı ışınlı, 220 volt müstakil, topraklı bağlantılı, He-Ne laseri gereklidir. Bu laser 0,95 veya 1 milivatt gücünde 6300 Å civarında dalga boyu olan bir ışın salar. Işınları gözleri ve elleri korumak kaydı ile çok tehlikeli değildir.

He-Ne laseri ucuzdur. Yurt dışından herhangi bir imalatçı firmadan rahatlıkla ithal edilebilir.

6.6- MALİYET UNSURLARI

İmalatı gerçekleştirilecek laserin 1990 yılı fiyatları ile maliyeti, yaklaşık olarak döviz ve TL olarak şöyle tahmin edilmektedir.(5)

<u>Ekipman</u>	Maliyet	
	<u>(DM)</u>	<u>TL</u>
Resonatör	1100	1.600.000
Laser başlığı	800	1.200.000
İş tablası	2000	2.800.000
Gaz ekipmanları	2500	3.500.000
Elektrik ekipmanları	1000	1.400.000
Soğutma suyu ekipmanları	450	600.000
He-Neon laseri	800	1.200.000
Aynalar	2100	3.000.000
Vakum pompası (2 kw. yarı 2 Di)	7000	10.000.000
Güç kaynağı	4200	6.000.000
Güç metre	2800	4.000.000
	<u>25.000</u>	<u>35.300.000</u>

5. Lisans, patent hakkı, proje ücreti gibi unsurlar katılmamıştır. Tamamen yerli imkanlar sözkonusudur.

6.7. EKONOMİKLİK VE SONUÇ

Bir CO₂ laseri için, çıkış gücüne bağlı olarak, ilk yatırım maliyeti 80 000 + 505.000 DM kadardır. 200 W'lık çıkış güçlü bir CO₂ laserinde elektrik, soğutma suyu, kesme ve laser gazı dahil olmak üzere 5 DM/saat'lık bir işletme maliyeti söz konusu olur. Katı hal laserlerinde ise yatırım maliyeti yaklaşık 60 000 + 250.000, bir saatlik çalışma kıstas alınır (makina- saat) 15 + 40 DM kadardır. Ayrıca 0,5 + 5 s'lik periyotlarda kaynak noktası başına parça maliyeti 0,002 + 0,06 DM'dir. İşin akışına göre bu cihazlar maksimum % 75 oranında yüklenebilir. (2)

Laser kaynağı endüstriyel uygulamaya, teknik nedenlerden dolayı alıçılmış birleştirme usullerinden hiç biriyle olumlu sonucun elde edilemediği hallerde girmiştir. Kesmede ise 3 mm kalınlığa kadar laser ışınları ile kesme klasik metodlardan daha ekonomiktir, daha büyük kalınlıklar için klasik metodlar (giyotin makasla kesme, oksii asetilen ile kesme, oksii ark ile kesme gibi) daha ekonomik olmaktadır. Kaynak sonuçlarının emniyeti, yüksek çalışma hızı geliştirilen yüksek otomatizasyon olanakları, maliyet ve malzeme tasarrufu nedeniyle, laser ışını ile imal usulü önümüzdeki yıllar, özellikle 21.yy. için gayet parlak bir gelecek vaat etmektedir.

2. Bu maliyetler Dünya ortalamalarına göredir. Yerli fiyatlar (bölüm 6.6) çıkarılmıştır.

6.8- TARTIŞMA

Ulaşılan sonuçlara göre; Bölüm 6.6, bölüm 6.7 ve konu ile ilgili diğer kaynaklar, laserlerin endüstriyel uygulamalarda ekonomik olduğunu vurgulamaktadır.

Diğer konularda da ekonomikliğin yanında, uygulamada daha etkin oldukları enteresan bulgulara gebe oldukları gözlenmektedir.

Özellikle; Çağımızın teknolojisine cevap vermeyen konvansiyonel imal usullerine göre bir çok üstünlükleri tesbit edilmiştir. Uygulandığı her konuda uygulayıcılara yeni ufuklar açmıştır.

"Çağımızın sihirli ışığı", "laser ışınlarının Dehşet verici kuvveti" gibi abartılı çağrışımlara neden olmuş, gerçekten enteresan bir buluştur. Laser konusundaki yeniliklere hergün birisi eklenmektedir.

Bölüm 6.6. da çıkarılan maliyet unsuru, fazla teferruata girmeden (Ör: iş tablasının otomatik veya CNC kumandası, iş tablasındaki hareketlerin kamera ile kapalı devre TV ekranından izlenmesi, bilgi sayarla program verilmesi gibi) Patent, lisans, proje maliyetleri ihmal edilerek çıkarılmıştır. (Bölüm 6,7)de ise bunlar dahil olduğu halde diğer imal usullerine göre ekonomik görünmektedir.

Laserleri ülkemizde çeşitli alanlarda kullanıp, avantaj ve dezavantajlarını, deney sonuçları ile savunan yoktur. Yabancı kaynaklardan aldığımız değerleri aktarıyoruz. Bilimsel sonuçları, aksini kanıtlayamadığımız sürece kabul etmek durumdayız. Laserlerin her konuda olduğu gibi, imal usullerinden, kaynak uygulamasında üstünlüğü tartışılmaz.

6.9- ÖNERİLER

Ülkemizde her konuda olduğu gibi laser konusunda da olayı gecikmeli izlediğimiz meydanda. İnsan unsuru olarak sayıları onlara ifade edilebilecek, dünya lileratürüne laserler konusunda buluşları ile katkıları olan bilim adamlarımız vardır. (Ör: Ankara Üniversitesi Fizik Müh. Böl. Prof. Dr. Fuat Bayrakçeken "Bayrakçeken tipi gecikmeli Flüoresans" formülünü dünya lileratürüne maletmiştir.⁽⁶⁾)

(Bölüm 5)te geçen ANAEM araştırmacıları; Doç. Dr. Attila Aydınlı, Doktora öğrencileri, Ali Alacakır, Özgül Kuşçu, Oğuz Pervan, Erdal Tan Ülkemizde ilk CO₂ laserini yapmışlardır.

Benzer örneklerin devamı ve daha çok sayıda bilim adamı ve mühendisimizin, her kesimden yöneticimizin bu konuya ilgisi ile bilimin bu nimetlerinden mutlaka yararlanmalıdır. Dünyadaki gelişmeler, arayışları fazla açmadan yakından izlenmelidir.

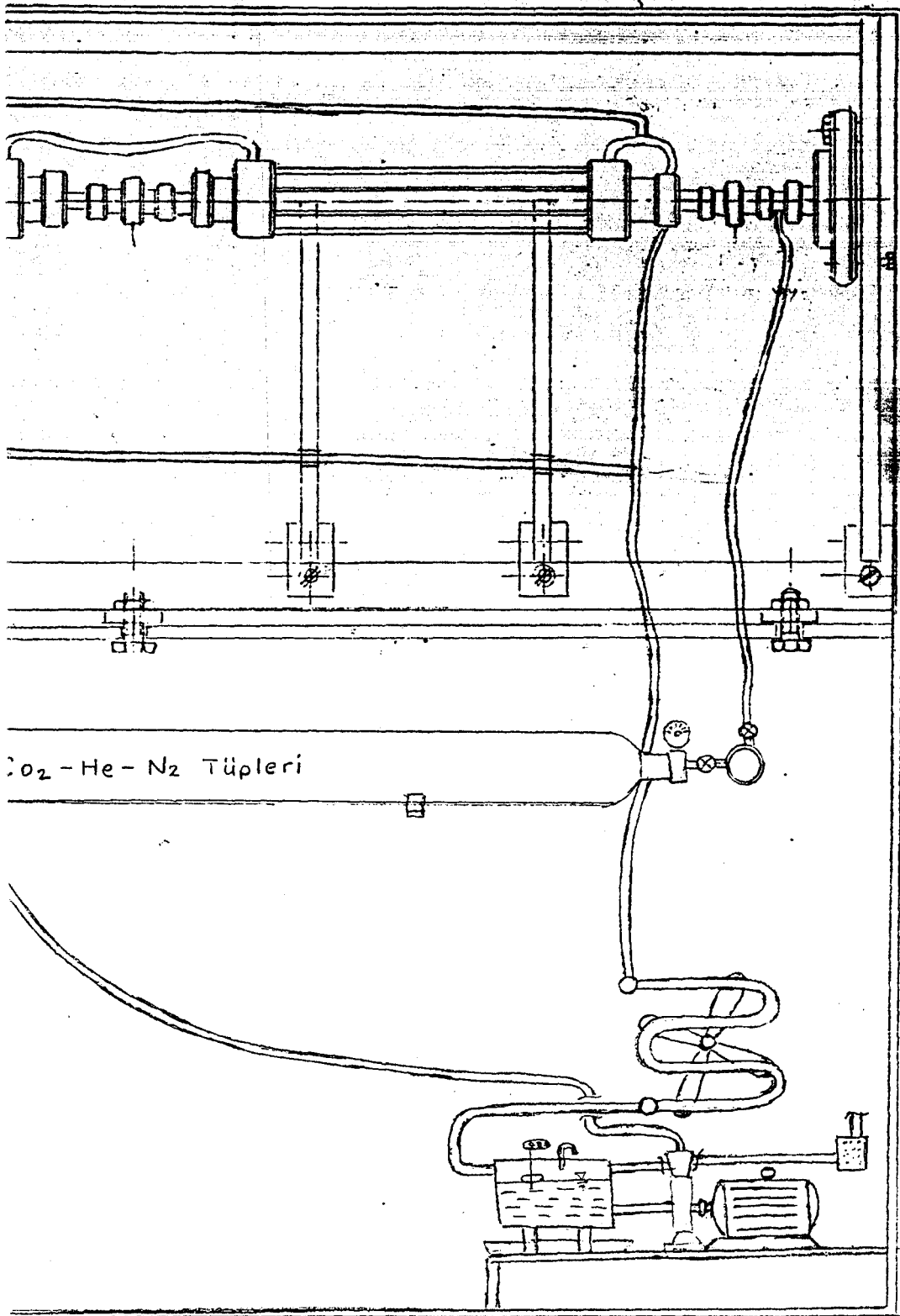
Mühendislikte, tıp, askerlik, haberleşme gibi diğer alanlarda laser teknolojisi yoğun olarak işlenmeli, teknoloji ve Fen bilimleri dallarında her derecede öğrenim gören gençler yönlendirilmelidir.

Laser denince ne olduğunu bilmeyen, kurgu bilim filmlerindeki aletlerin laser olduğunu sanan kişilerin bu konuda aydınlanması için, Üniversitelerimizden başlayarak orta dereceli okullara kadar tanıtılmasında, Endüstrinin çeşitli dallarında kullanılmasının teşvikinde büyük yararlar vardır.

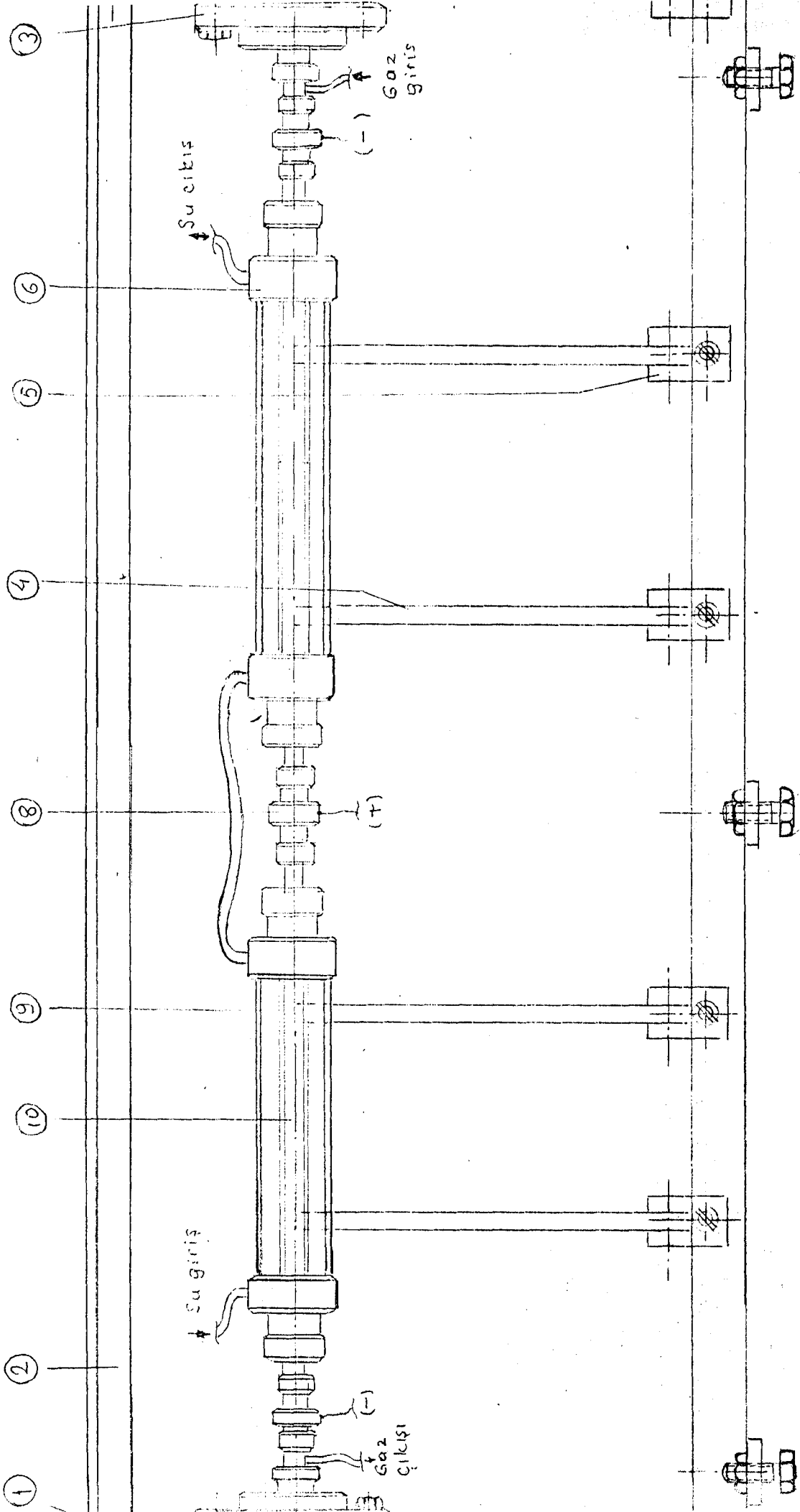
KAYNAKLAR DİZİNİ

- Anık, S., Prof.,1983,Kaynak Teknolojisi, Ergör matbaası,İs_ tanbul,
- Anık, S., Dorn, L., Gülbahar, B.,1980,Sakarya D?M.M.A der_ isisi sayı M M A -10
- Arata, y., 1986, Plasma, Electron and laser Beam Technology prof. Dr. O saka University, American Society for Metals Park, Ohip 44073
- A tamer.B., Kimya Yük. Müh. Laser Velosimetresi Bilim ve Tek_ nik Mart 1989
- Bayrakçeken,F., Prof.Dr. 1989, Kuantum Elektronığı Ders not_ ları A.Ü. Fen Fakültesi Fizik Böl., Ankara
- Bloom.,A., 1968,Gas lasers,Vohn willey and sons,New York USA
- Brown,R., 1968, lasers, Aldus Books Limited , London.
- Mc DUFF,O., P., 1972,Techniques of Gas lasers,Department of Electrical Engineering,University of Alabama USA
- Öztürk,G. Opto elektronik,New Scientistten çev.Bilim ve Tek_ nik, Aralık 1988
- Erdem,M.S. Mak ve End.Yük Müh. Compresed Air Magazine October 1989 S.8. (çev)
- Özkan.T.,1983 Mikrodalga,Devlet kitapları,M.E.B İst.S.437-452
- Rönig,R. Prof.Dr. Ing.,F.H. Rogersburg/Germany,çev.Yüksel M.; prof.dr.ing.,Aralık 1989 DEÜ-Denizli Mühendislik Fak , Mühendis ve makina dergisi,Cilt 30 sayı 359
- Koroğlu,H.,1975,Denel fizik,Fen yalınevi,Bahçeli evl.Sondr.ANK.
- Rykalın,N., Uglov A.and,Kokora A., Translated from the Russian By Glebov O., Mir Publishers,moscow.

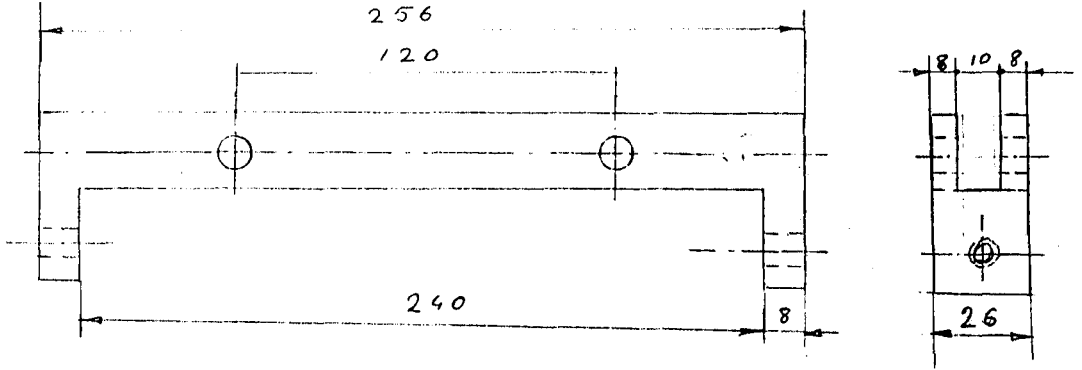
- Hanaslı, G., Dr., Science Dimension - TISDALL, P., den çev.
Bilim ve Teknik Mart 1985
- Krar, S. F., Oswald, T. W., Amond, J. E., 1984, Technology
of machine Tools, P. 637-640, çev. Gürbüz- R.
- Aydınlı, A., Doç Dr., Alaçakır, A., Kuşcu, Ö., Pervan, O.,
Tan, E., 1989 CO₂ laser tasarım çalışmaları,
ANAEM, Ankara.
- Genceli, O., F., 1985 Mühendis ve Makina Dergisi, Cilt 26,
sayı 308.
- Laurent, B., 1975 Bilim ve Teknik Şubat sayısı
- Goldsborough, J., P., 1972, Desing of Gas lasers Spectra-
Physics, inc. Mountain View, California, U.S.A.
- Zsabo, A., Dr. 1970, Bell labs, U.S.A.
- Zuckerman, A., J., 1988, Optik Fiber, Popular Science'den Çev.
Ümit Kayrak, Bilim ve Teknik ocak 1988.



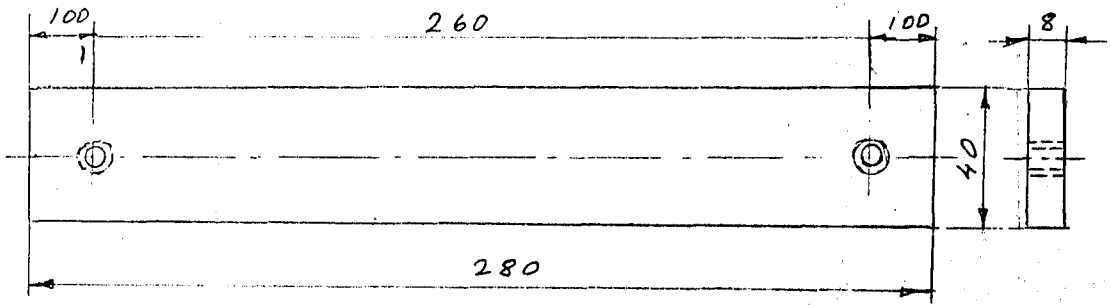
Ölçek	Adı	Adet	Resim no.
1:10	CO ₂ LASER KOMPLE	1	01.00.00



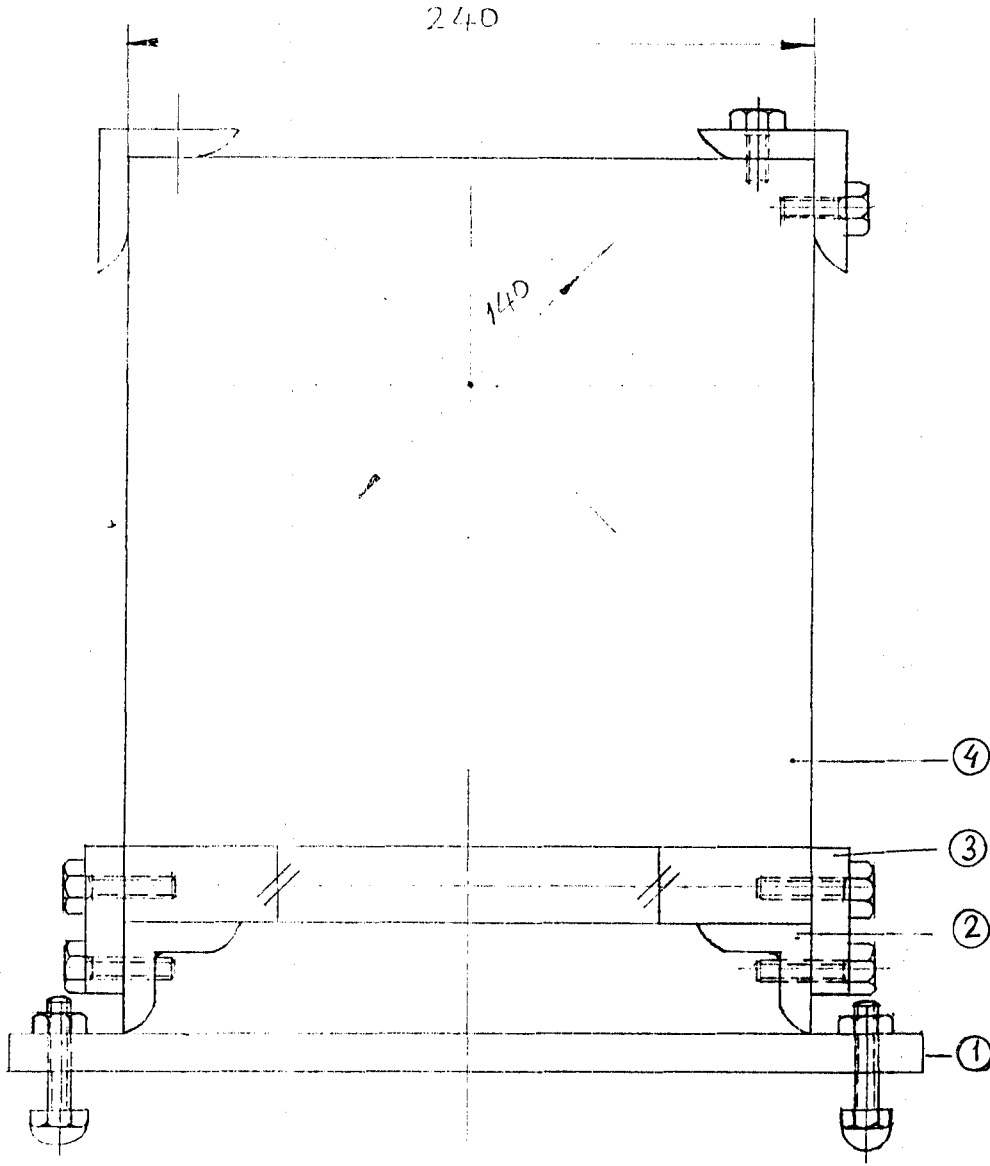
izen	lek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Keseler	1:10		RSONATR	1	01 01 00



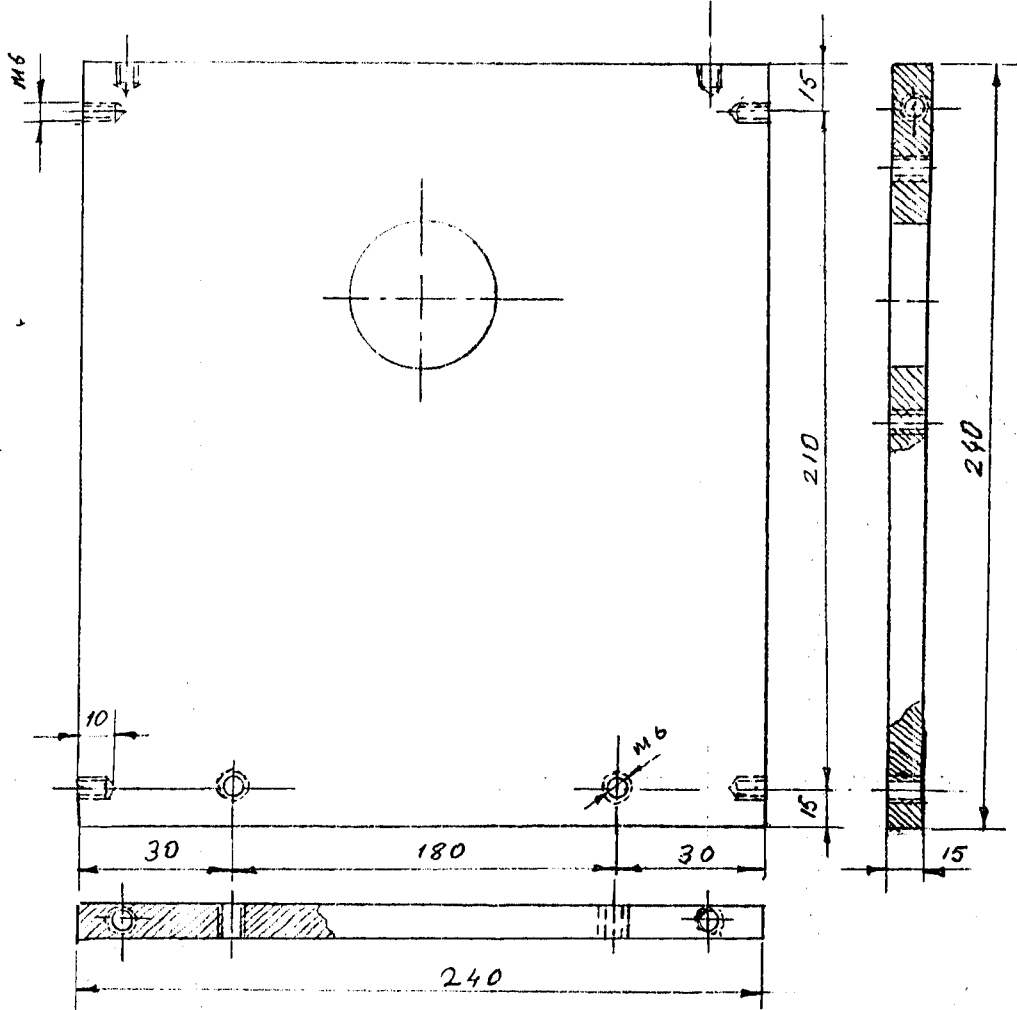
Cizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köşeler	1:2.5	Ç 1010	Tutucu		010103



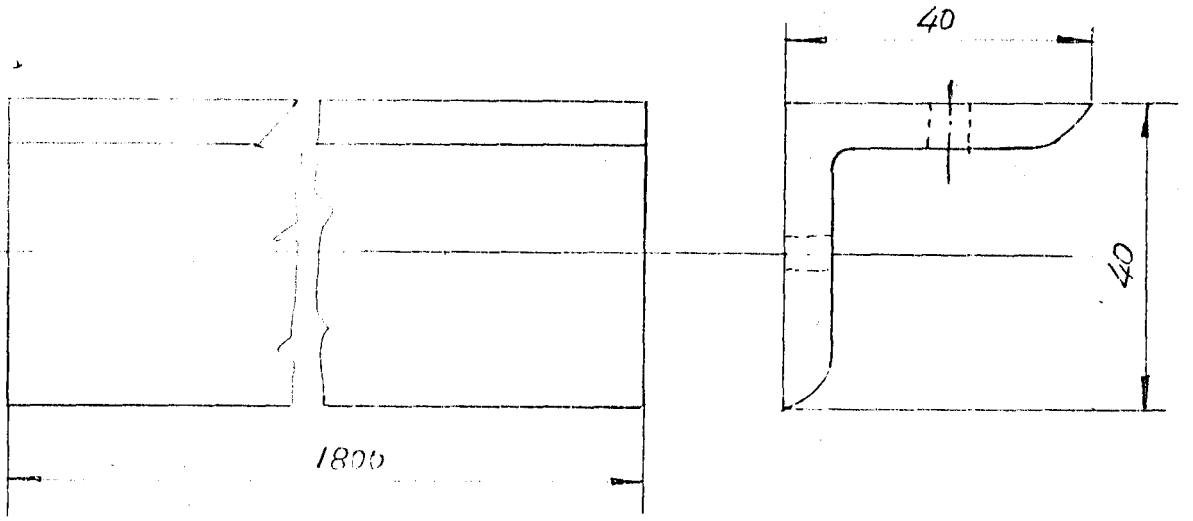
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köşeler	1:2.5		Ayak İrması		01010101



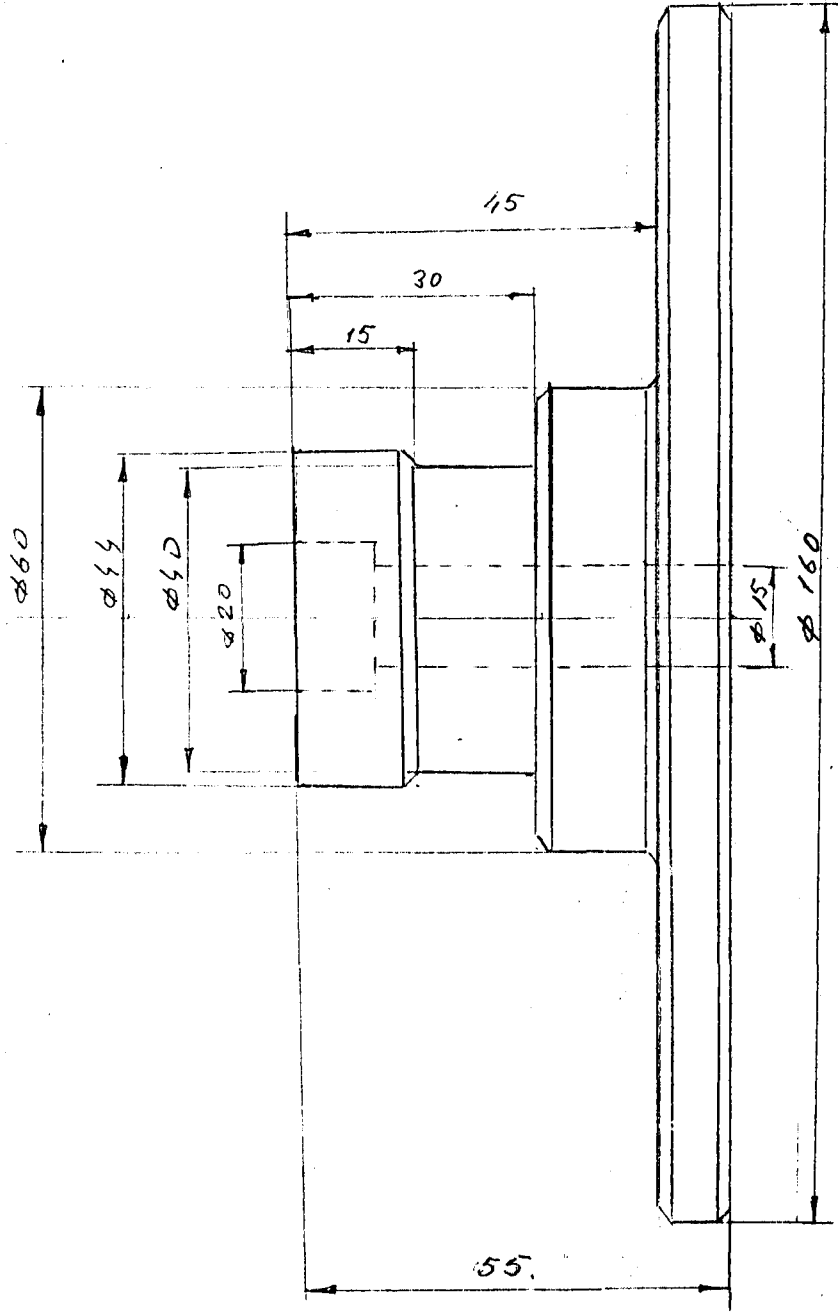
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B Köşeler	1:2,5		Ayarıcı tutucu başlıkları	2	010101



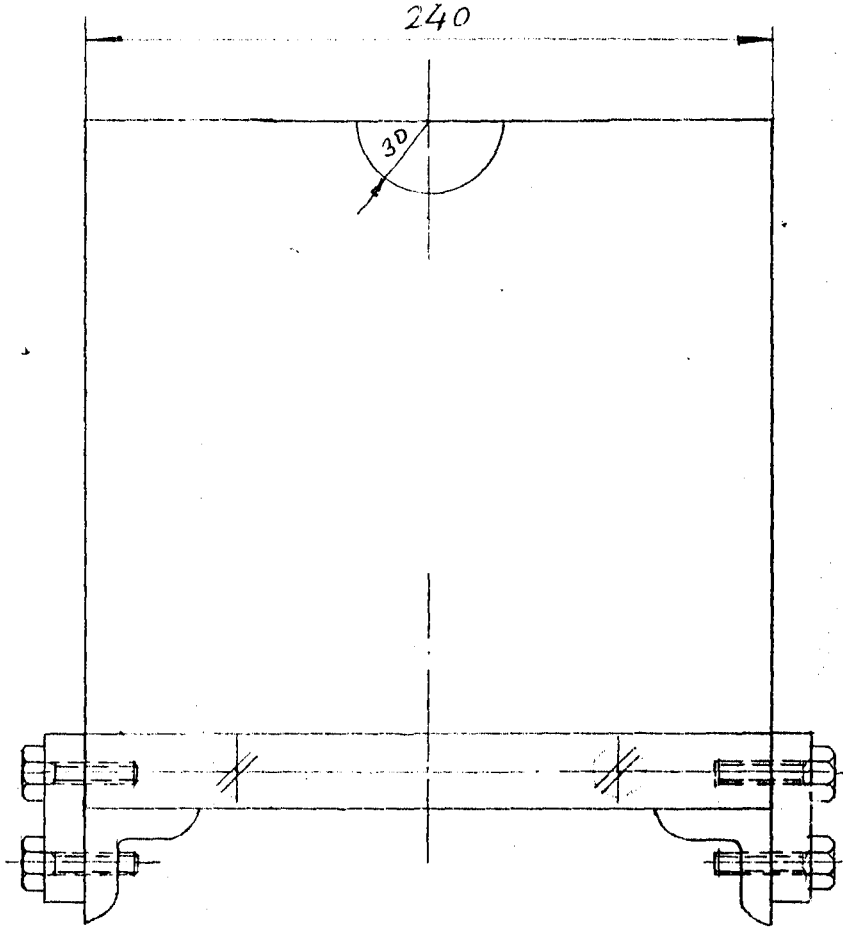
Cizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Resim no.
B. Köseler	1:2.5	Ms 60	Taşıyıcı Plaka	01 01 01 04



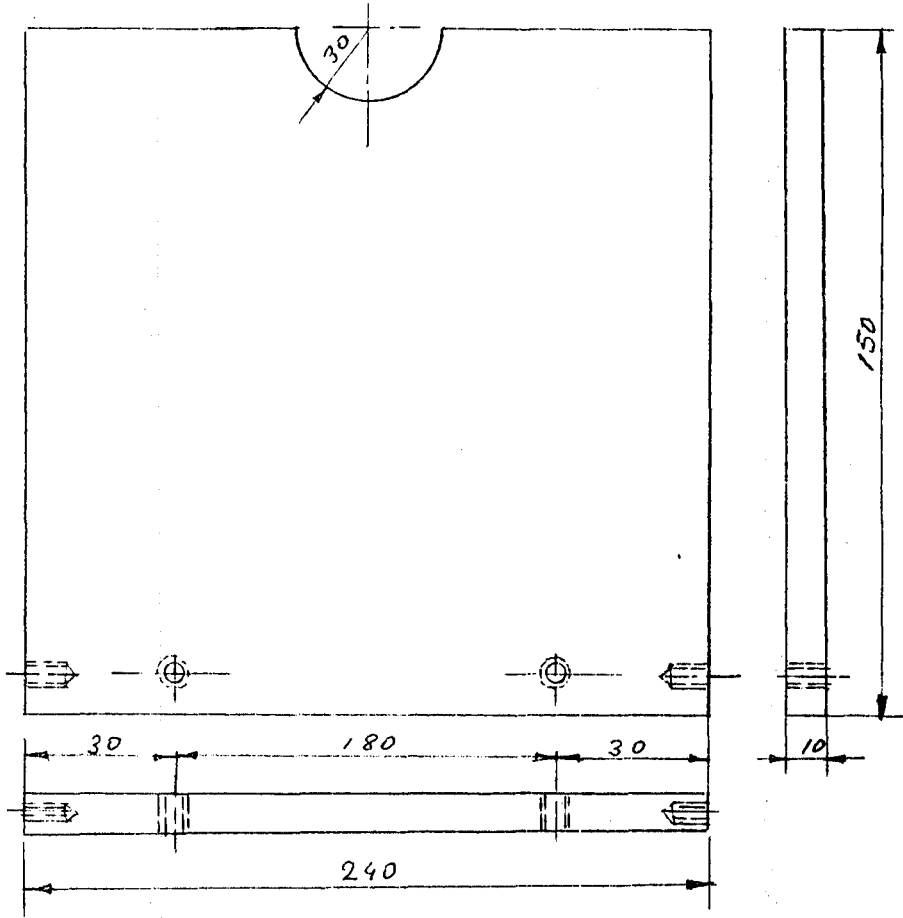
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
A. K. B. K.	1:1	Ç. 1010	İşlenmiş kısımları	1	010100



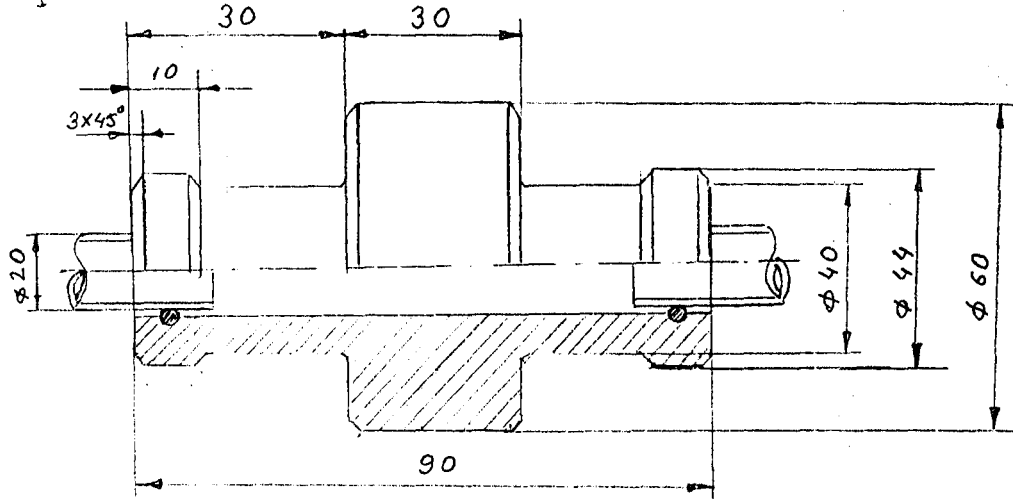
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no
R. Kışal	1:1	M.S 60	Tutucu gövde	2	01010201



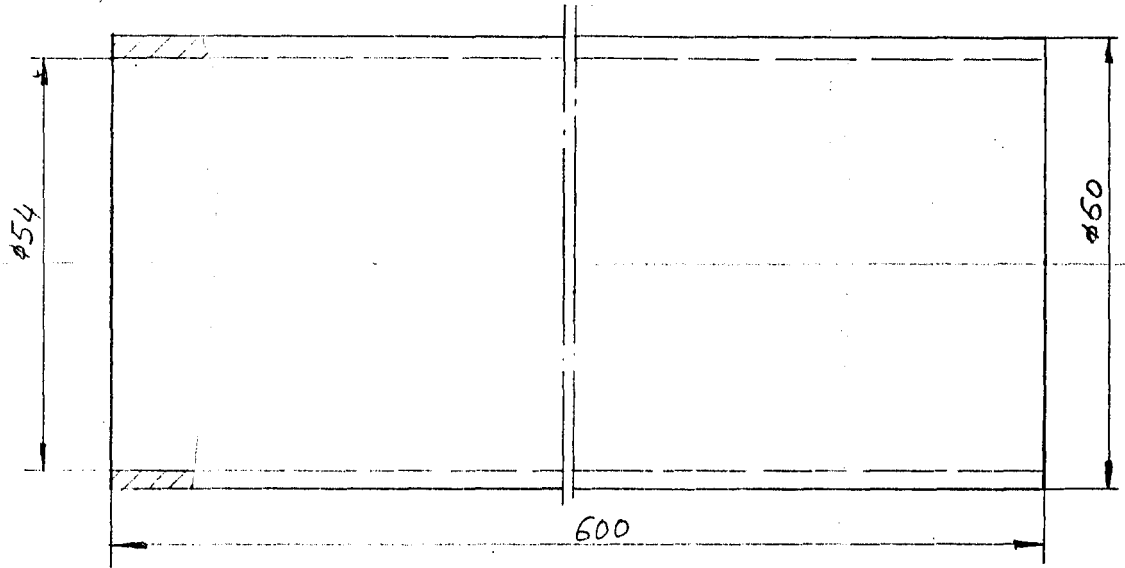
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köseler	1:2.5		Tüp desteği	4	01 01 04



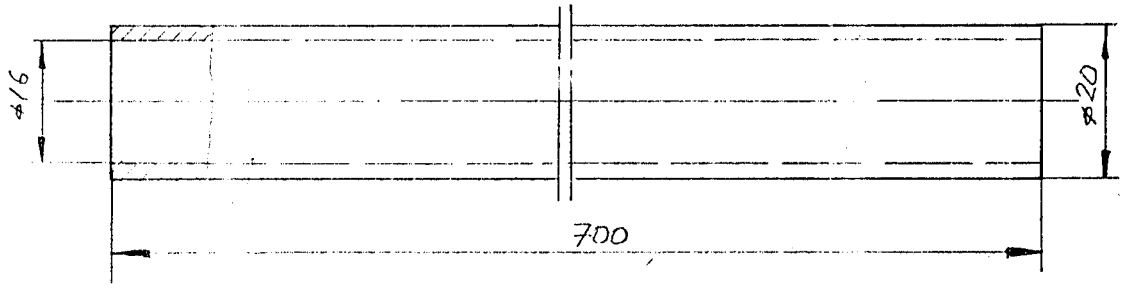
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Resim no
B. Köşeler	1:2.5	Mika	Dikme	01010401



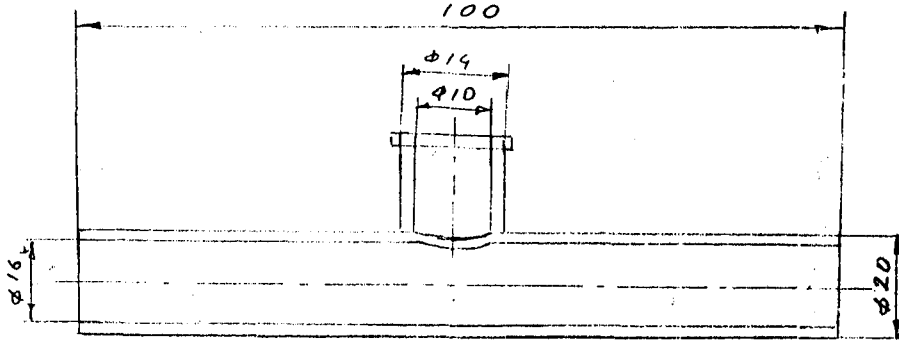
Çizen	ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köşeler	1:2.5	GALSi5Cu1	Elektrod	3	010100



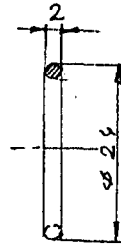
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. K. K.	1/1	Alüminyum	Dış ölçüm kasesi	2	01.01.00



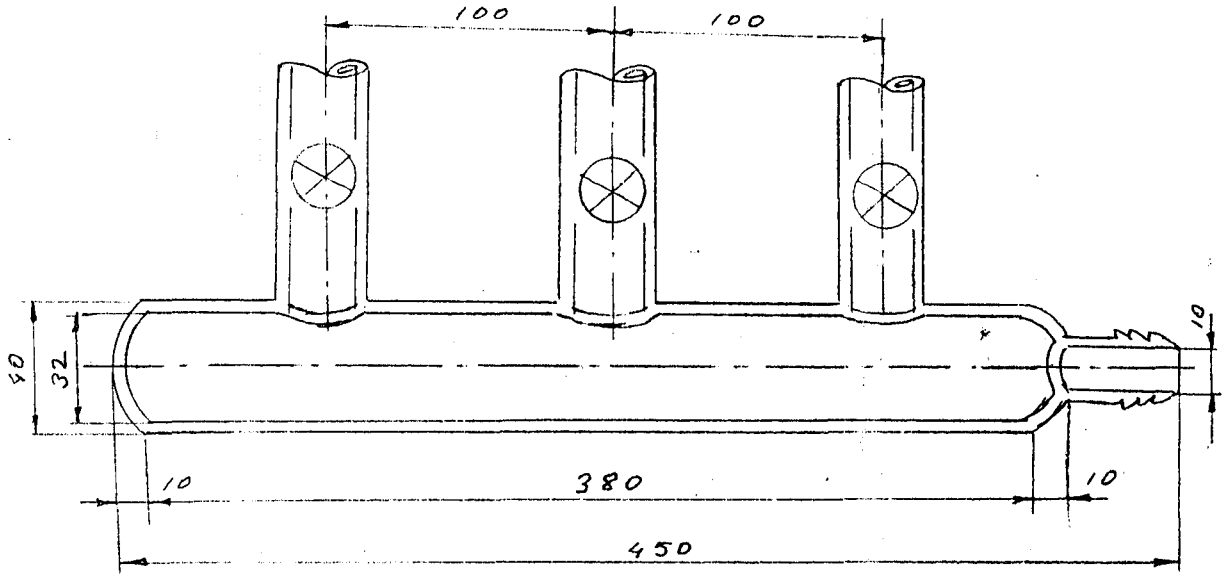
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Kocak	1:1	Havale Cam	Planlama başlığı	2	01.01.10



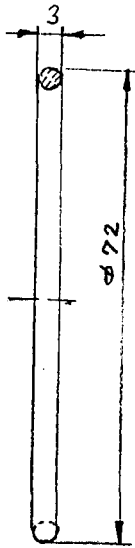
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köşeler	1:1	Hayrex Cam	Gas giriş ve çıkış tüpü	2	010111



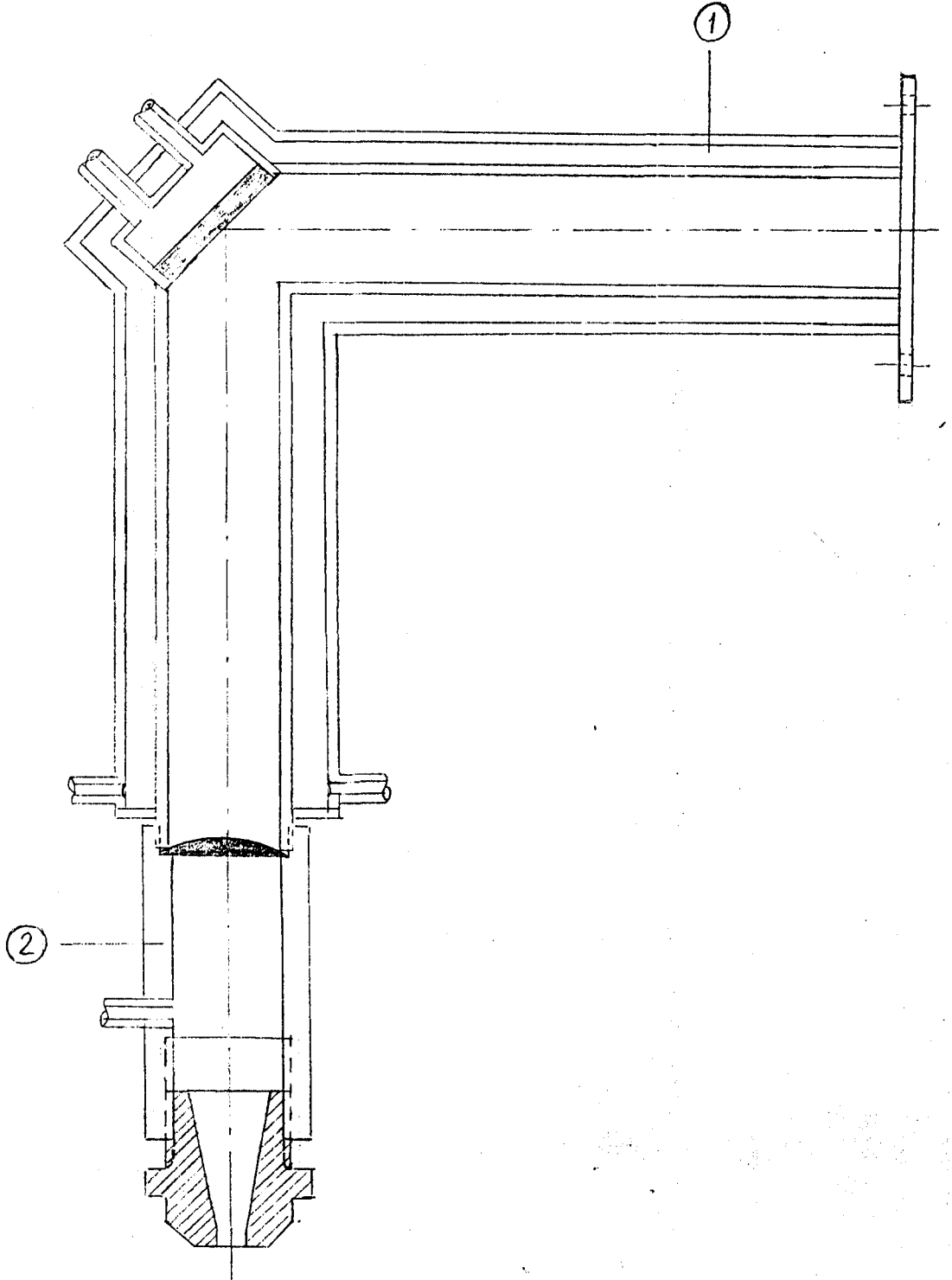
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köşeler	1:1	Hayrex Cam	Sızdırmaz ring	2	010112



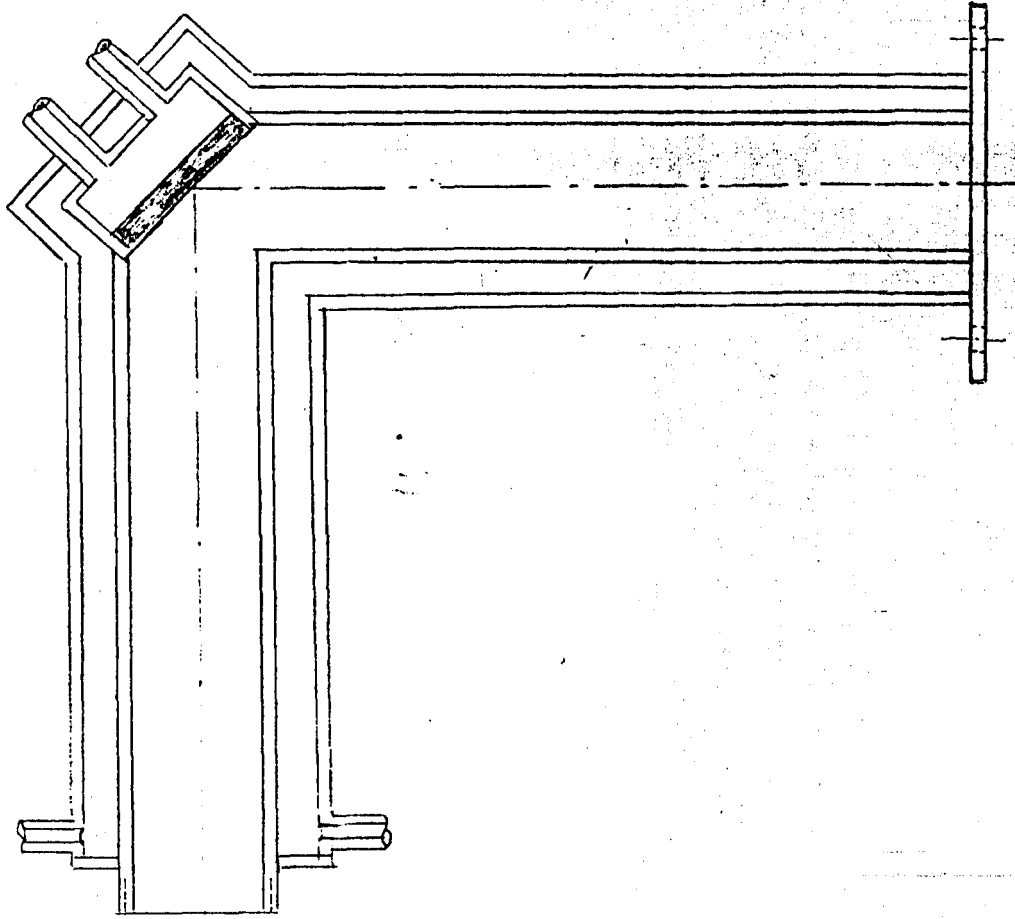
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köşeler	1:2,5	A. Cu	Gaz karışım kollektörü	1	01 0114



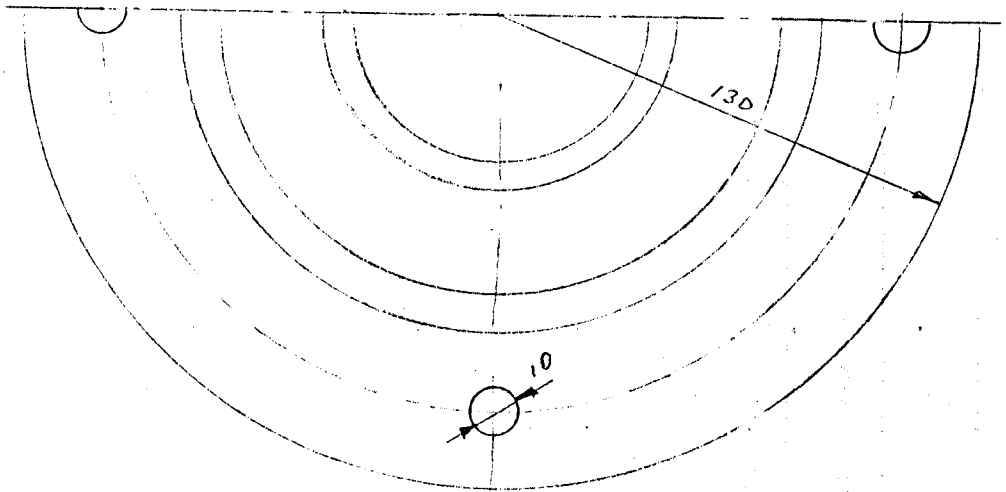
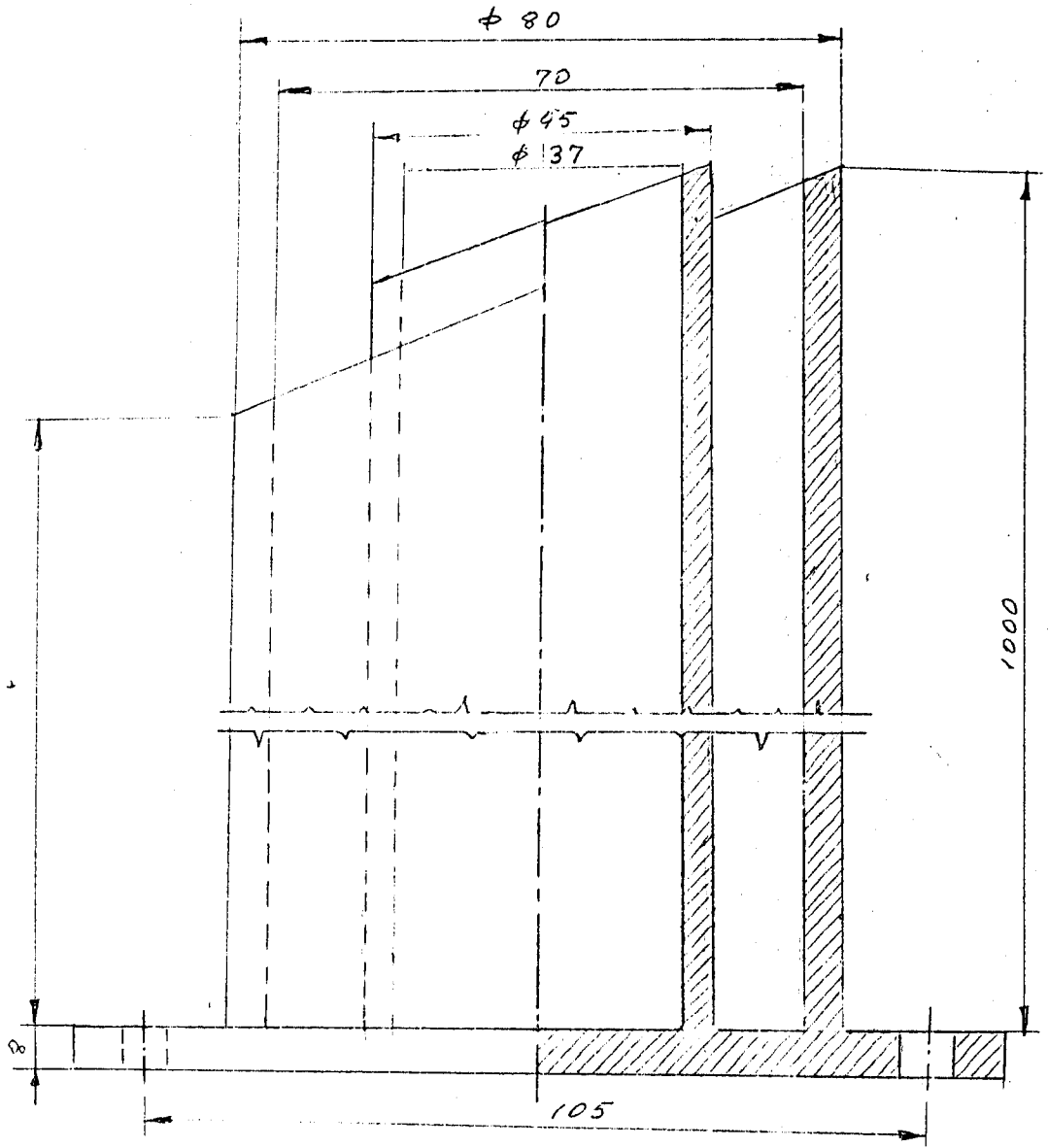
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köşeler	1:1	Neopren	Sızdırmaz ring	4	01 0113



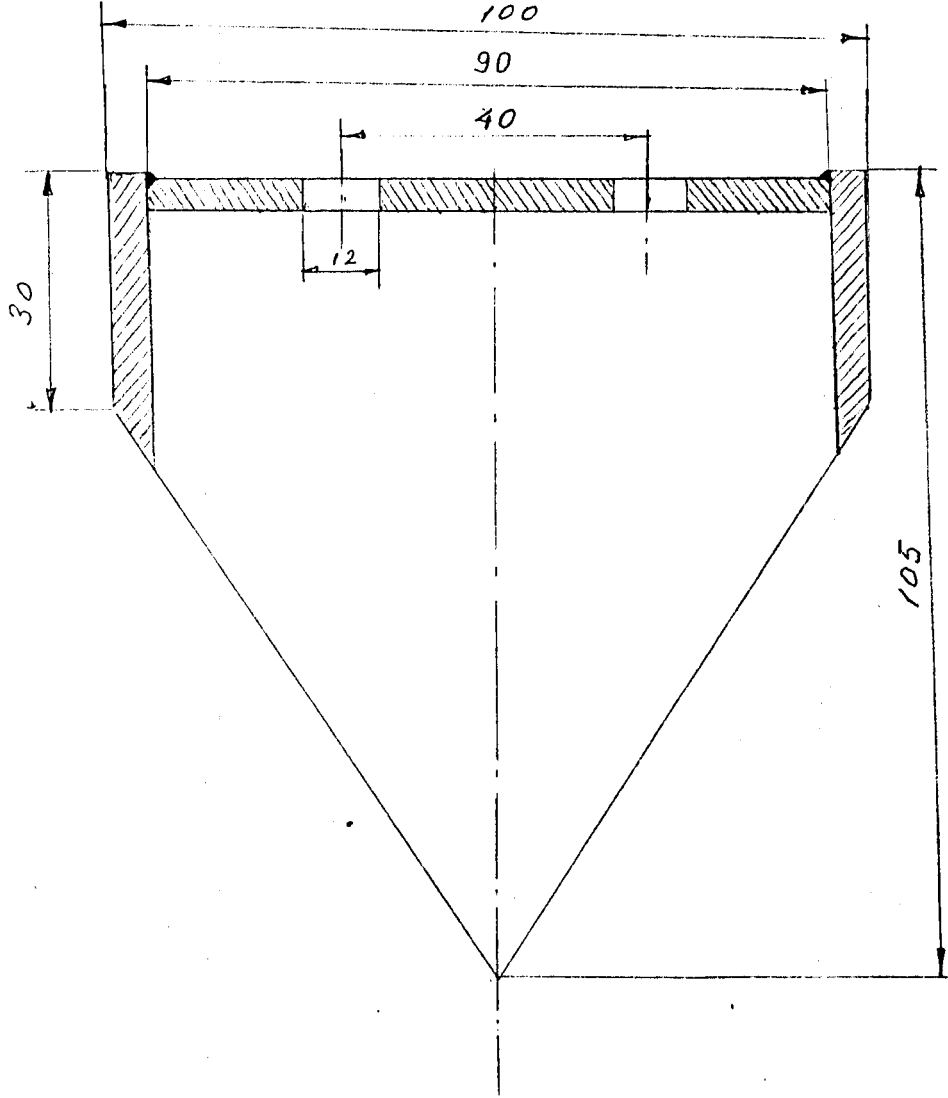
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B Köseler	1:10		LASER BAŞLIĞI	1	01.02.00



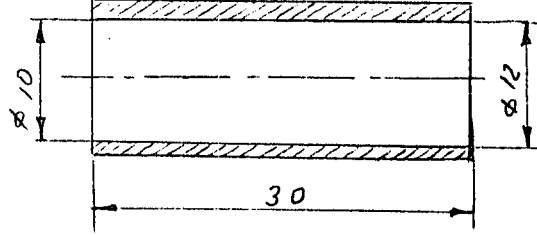
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köseles	1:10		Yapıtma modülü	1	01.02.01



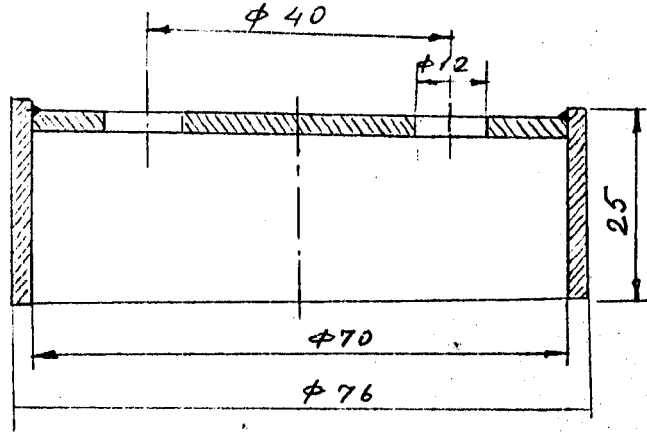
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köseker	1:1		Bağlantı modülü	1	01020101



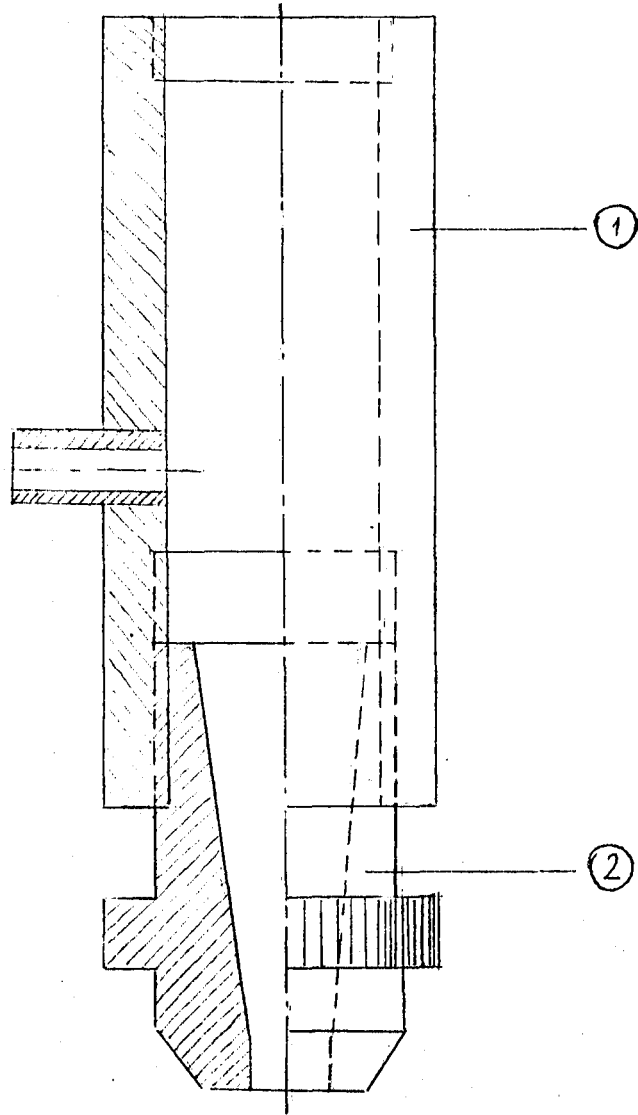
Cizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Resim no
B. Köseker	1:1		Ara model	01020103



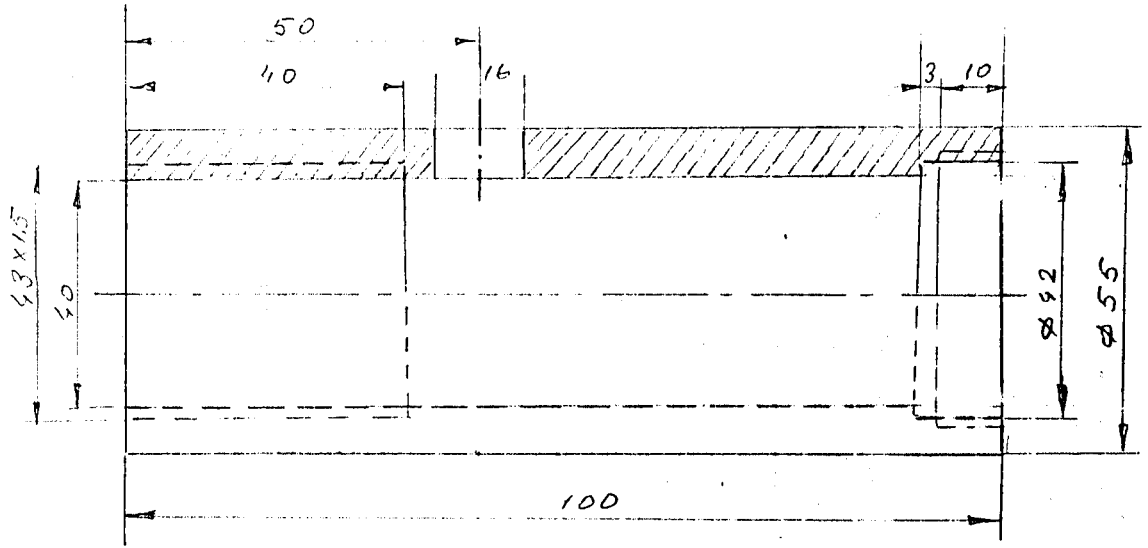
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no
B. Köseler	2:1		Bağlantı elemanı	2	01 02 01 03



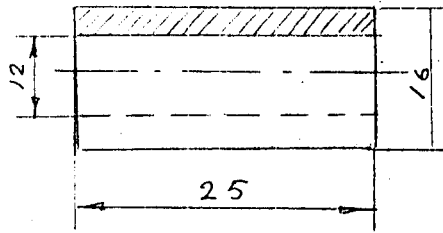
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no
B. Köseler	1:1		Ayır Tutucu	1	01 02 01 03



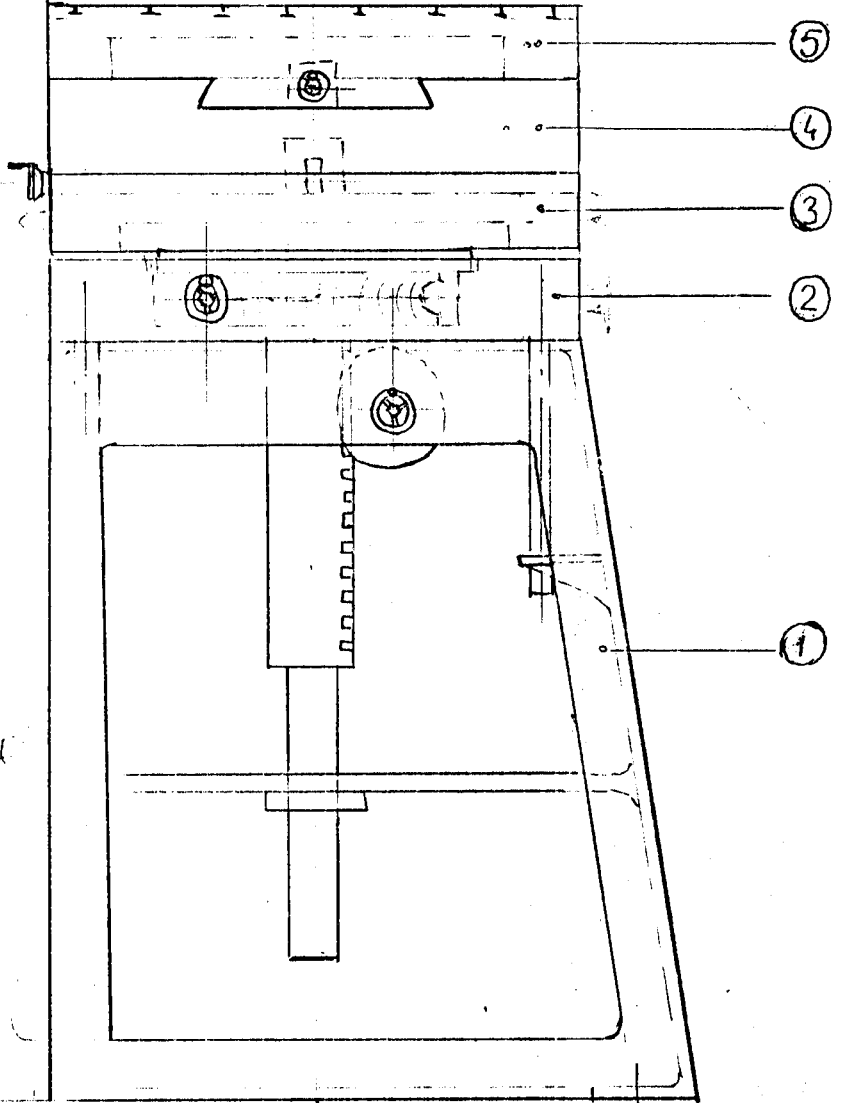
Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
-------	-------	---------	-----	------	-----------



Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köseler	1:1		Adaptör	1	01020201



Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
B. Köseler	2:1		Hava girişi	1	01020201



Çizen

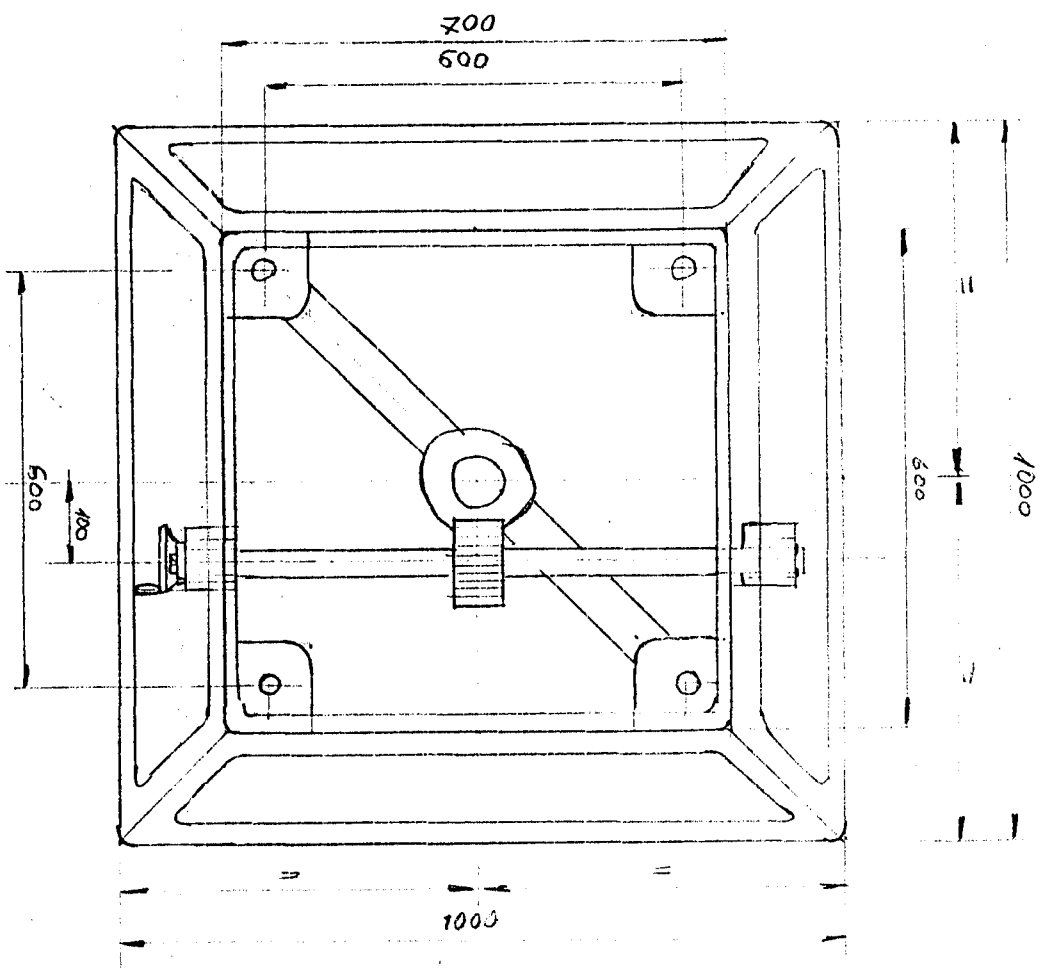
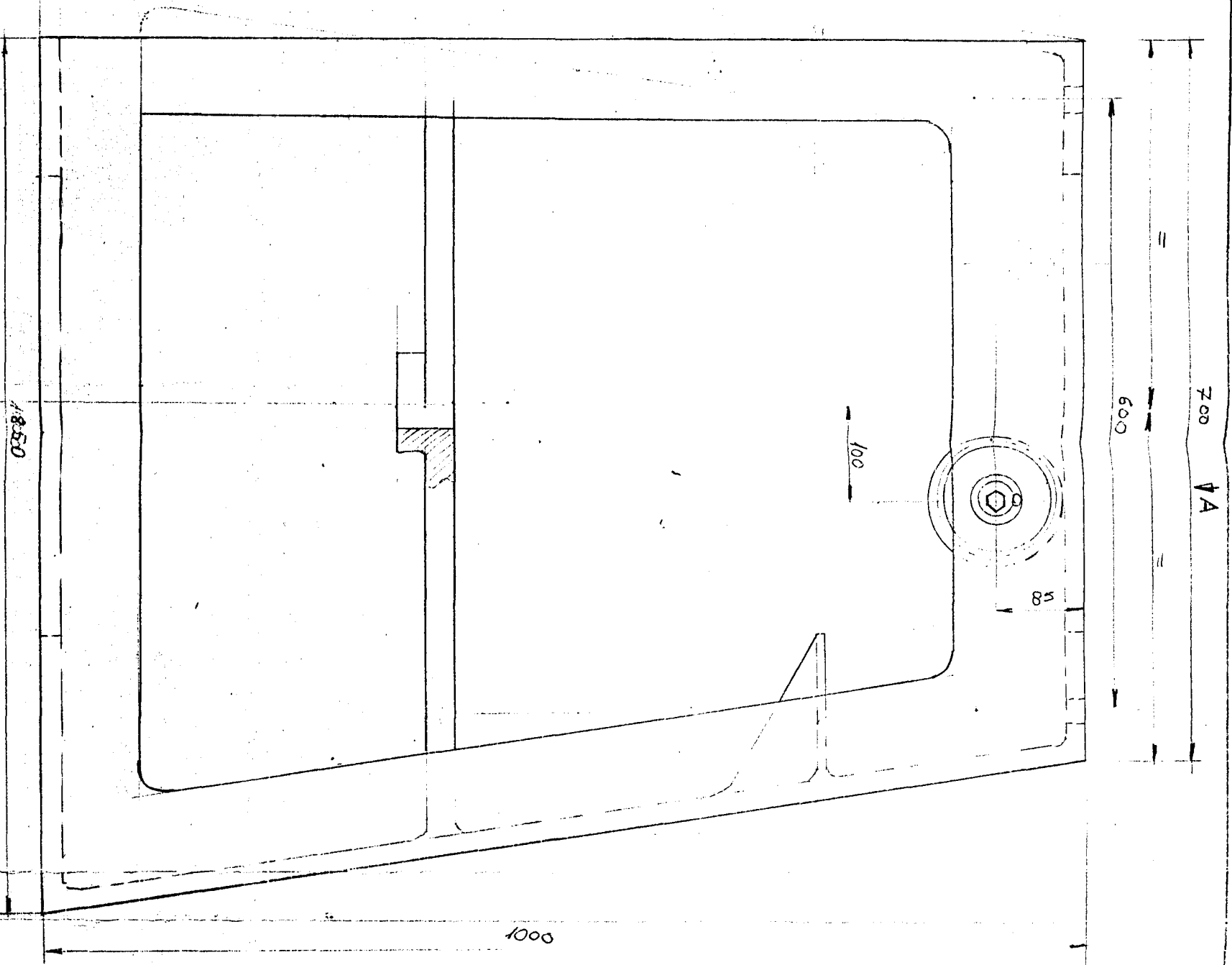
Ölçek

Malzeme

Adı

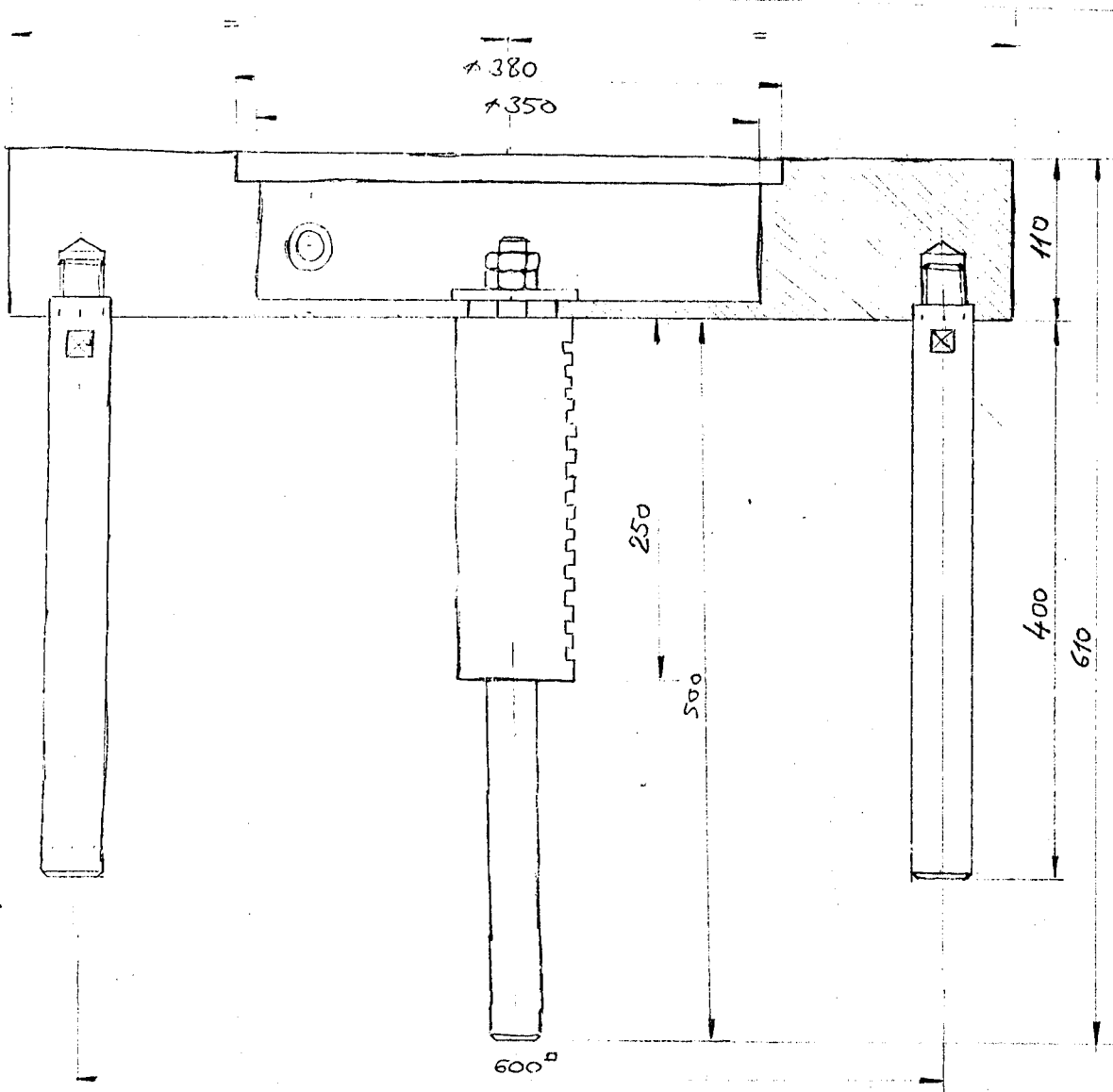
Adet

Resim no.

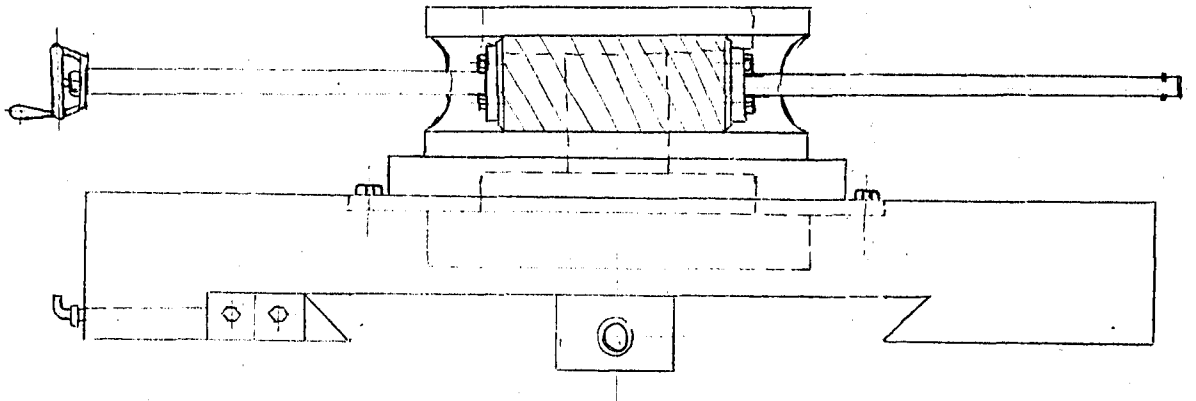
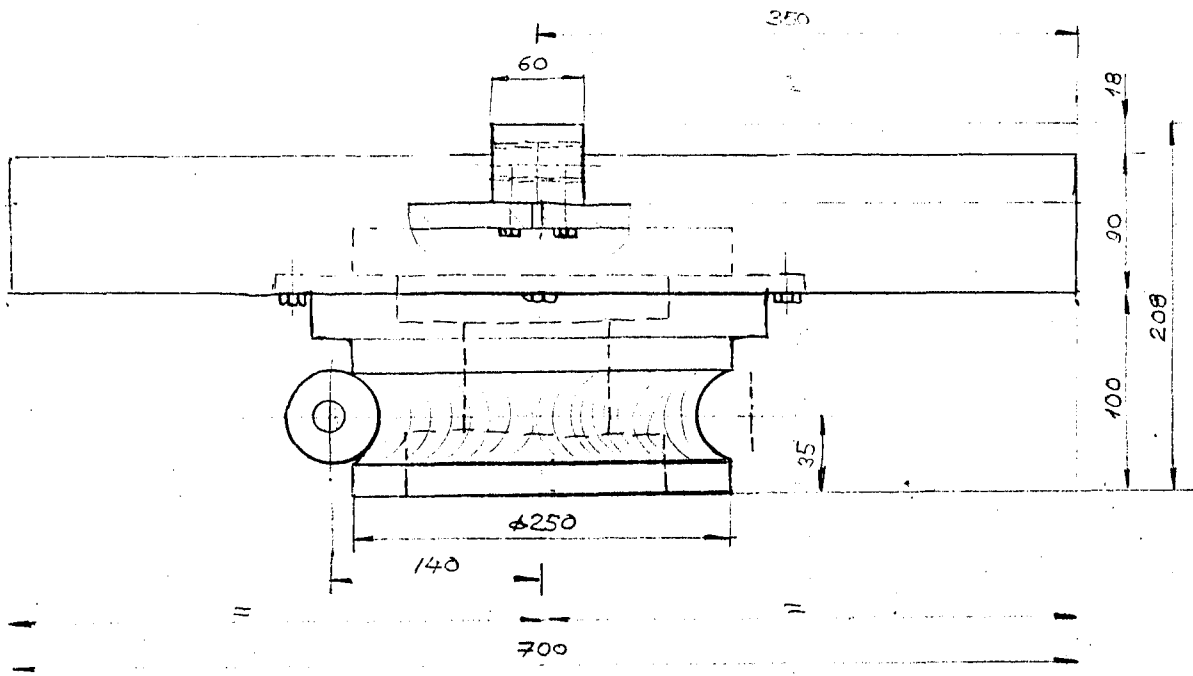


A_dan Bakis

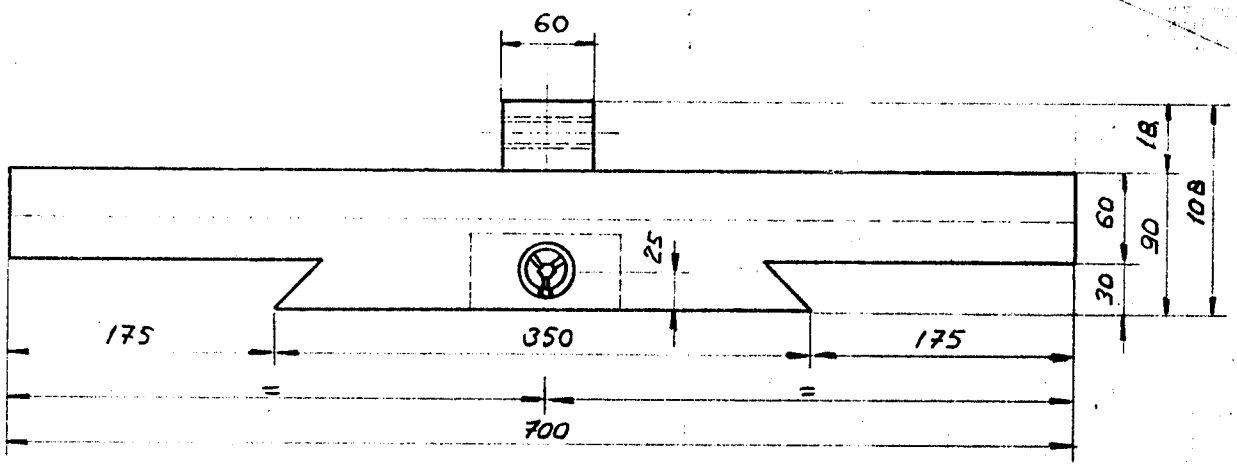
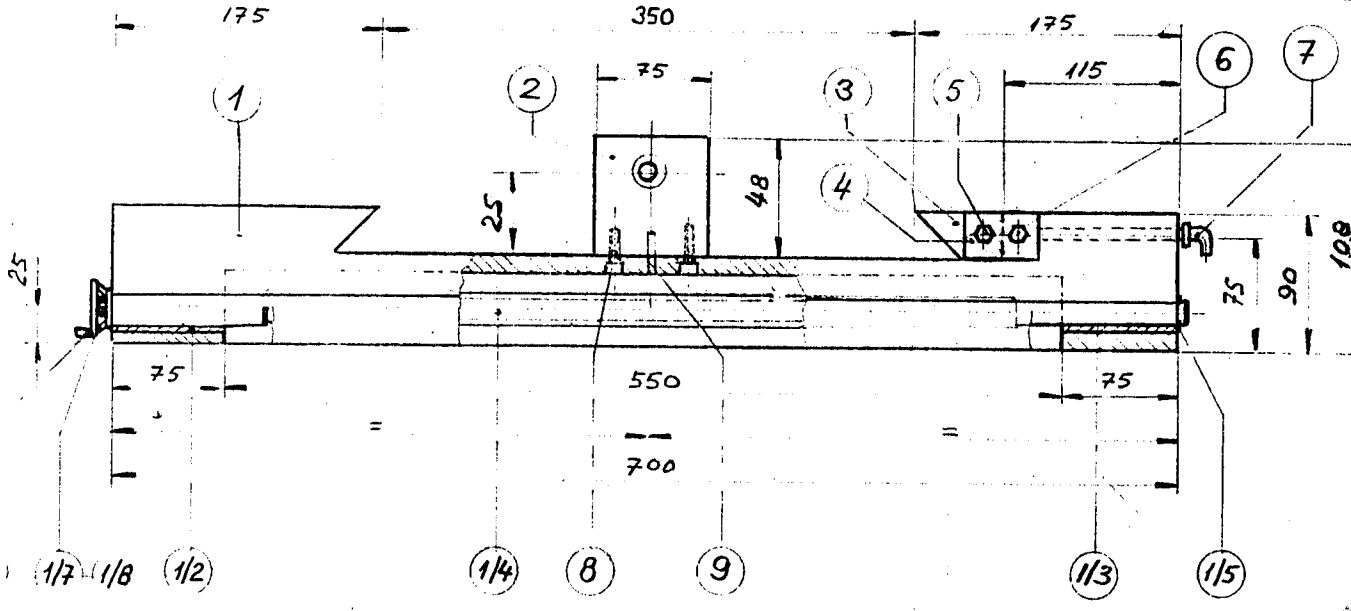
Çizim Ölçek	Malzeme	Adı	Adel Resim no.
1:5		Gövde	010301



Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no
	1:1		BH Tabla	1	010302

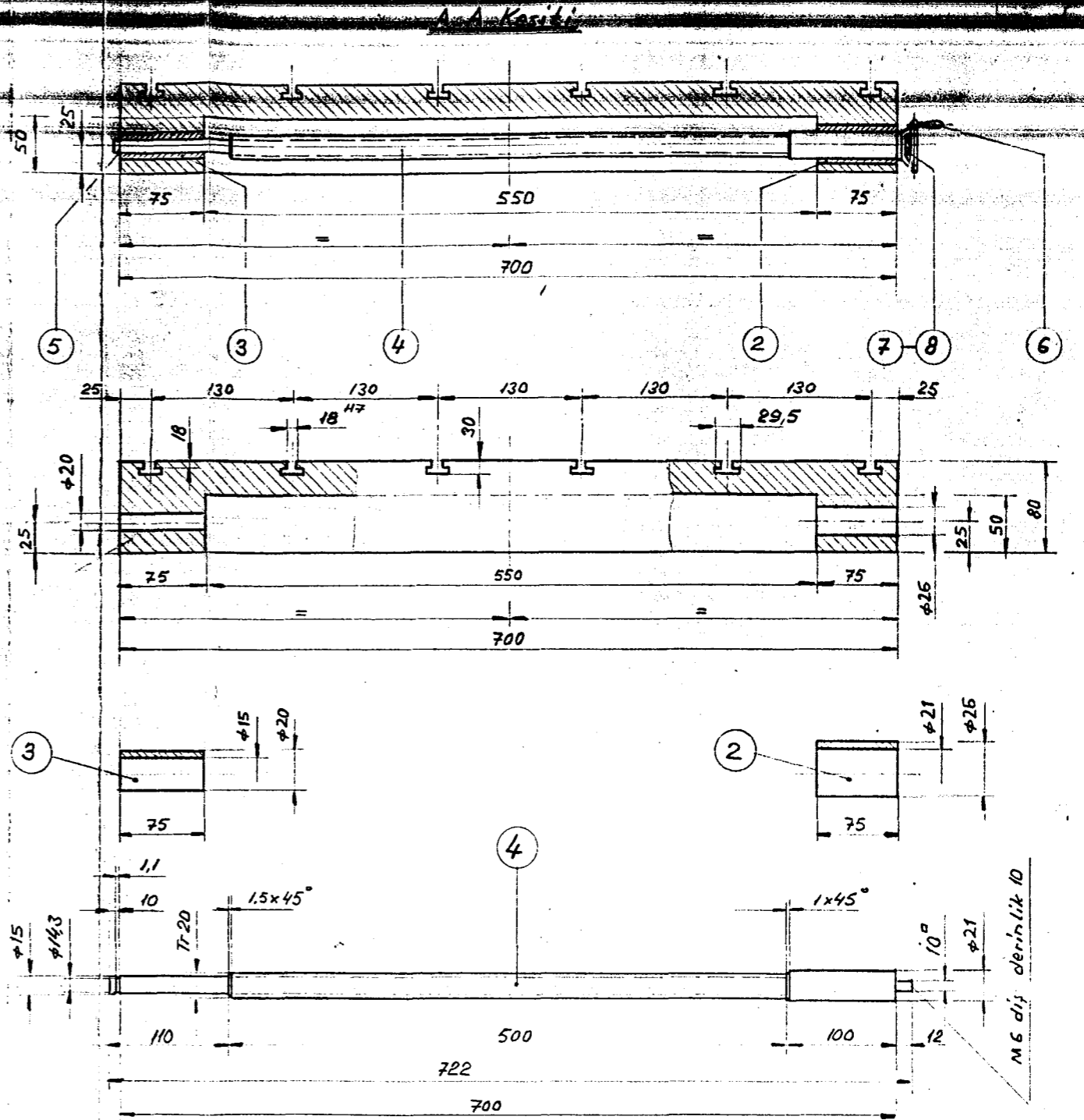
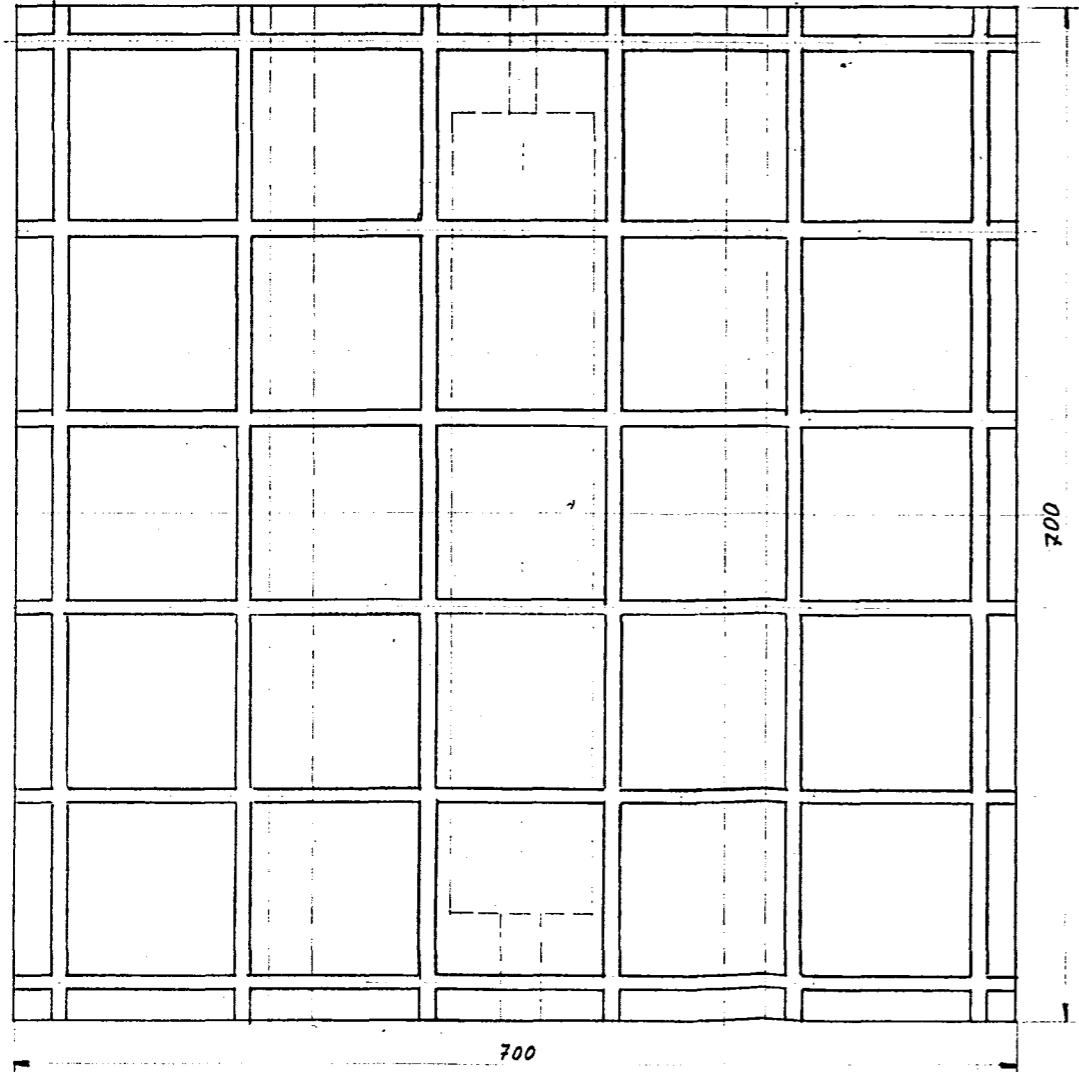
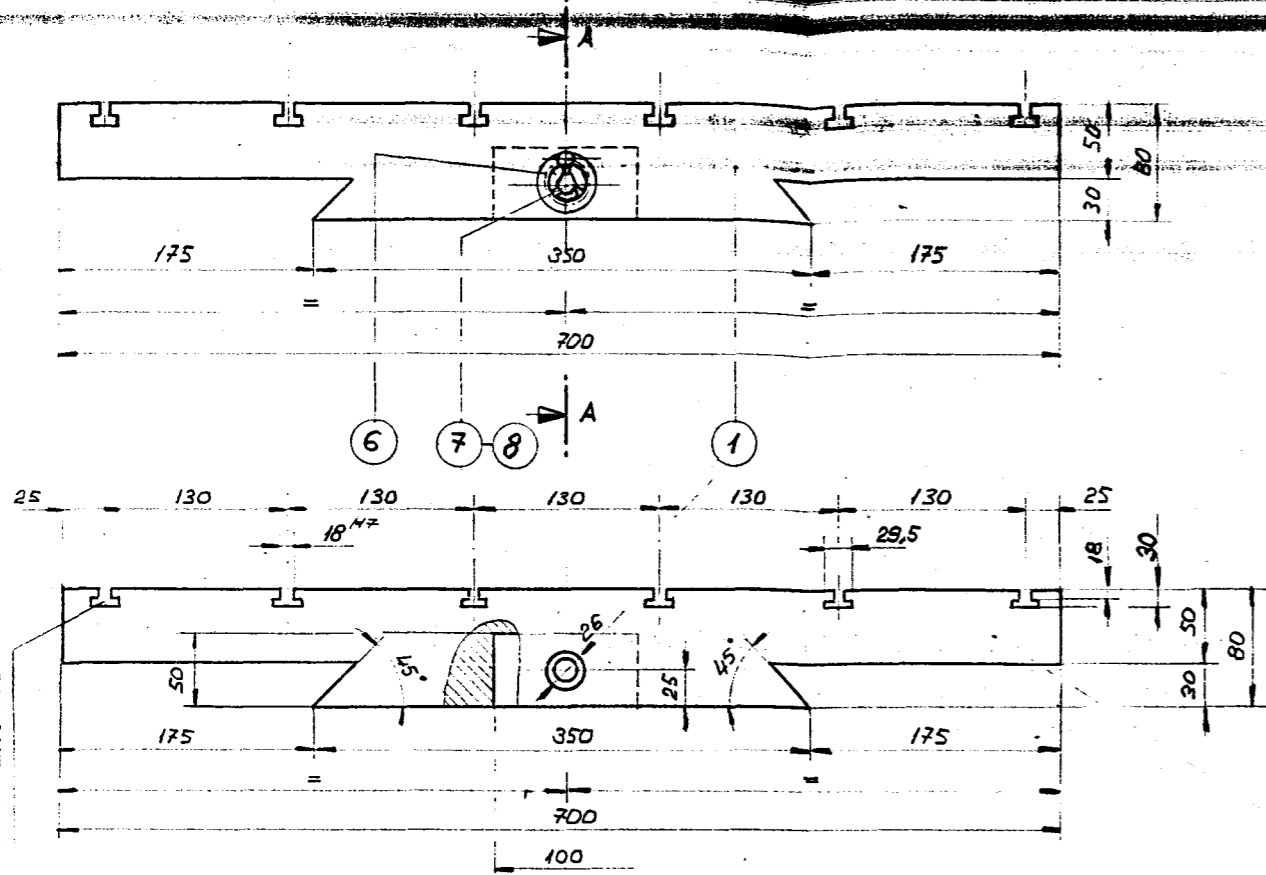


Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no

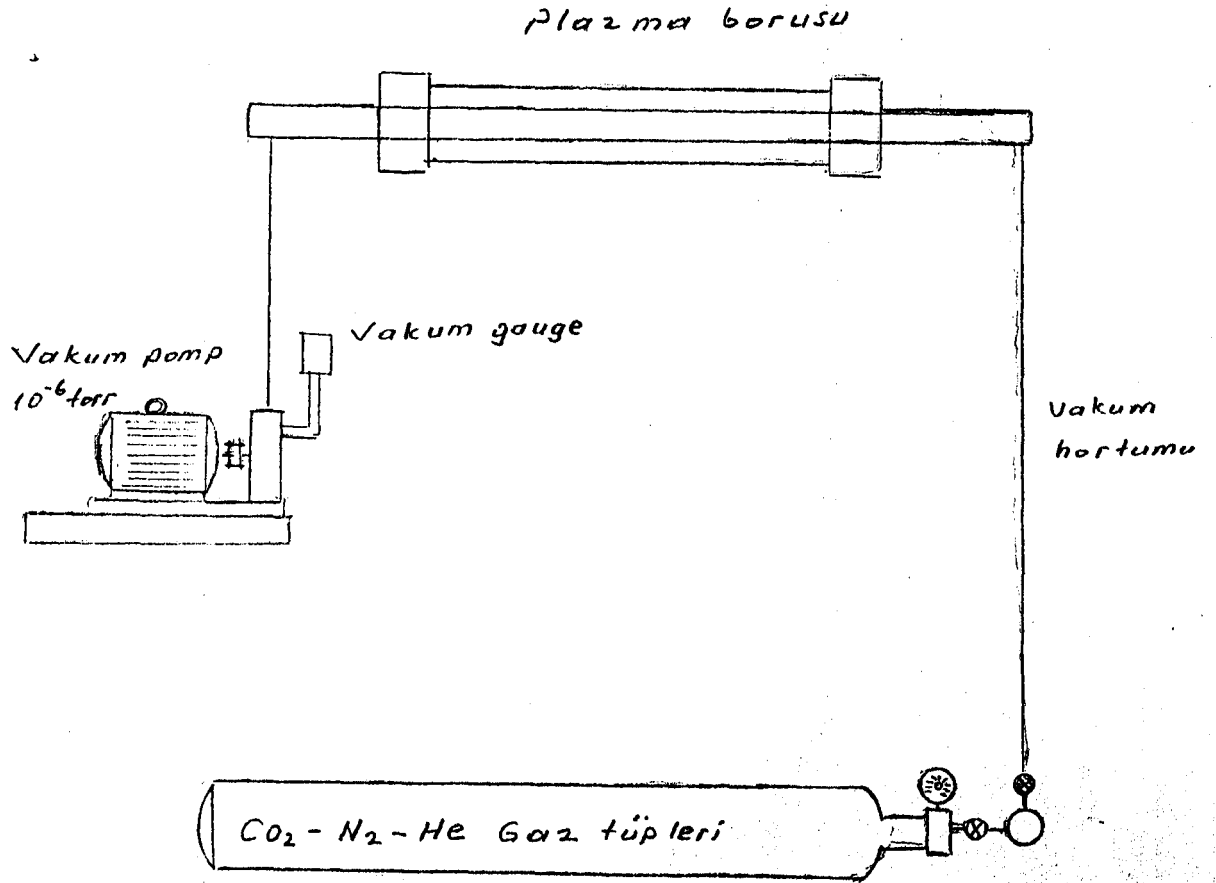


Cizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no.
a. köşeler	1:5		Orta tabla	1	010304

T. Kanal 18 H7 DIN 650

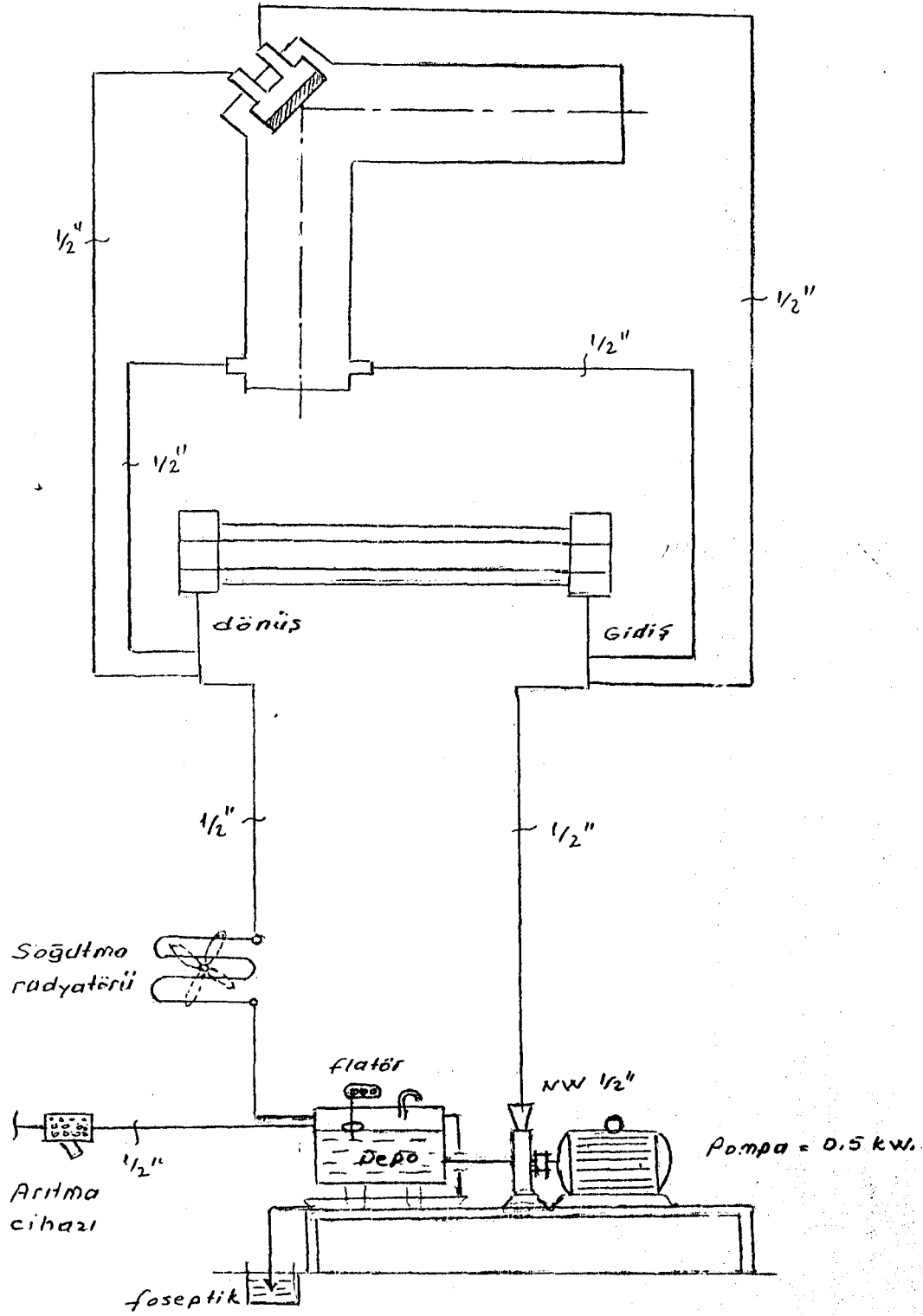


Çizen	Ölçek	Malzeme	Adı	Adet	Resim no
B. Köseler	1:5		Üst tabla	1	010305



Adı

Gaz vakum tesisatı



Çizen

Ölçek

Malzeme

Adı

Resim no.