

# LASER IŞINI İLE MESAFE ÖLÇÜLMESİ

Fizik Y. Müh. Hüsni AKALIN  
TBTAK - CATÖM

Laser'in 1960 yılında ortaya çıkması ile optik dalında yeni bir çağır açıldı. Yepyeni ve çok çeşitli araştırmalar başladı. Neticede bu yeni keşfin sonuçları endüstriye, günlük hayata aksetti. Gün geçtikçe laserli cihazların endüstride kullanma sahaları artmaktadır.

Biz sadece laser ile mesafe ölçme metodlarını ve uygulama alanlarını inceleyeceğiz. Bugün çok çeşitli maksatlar için değişik tiplerde laser mesafe ölçücüler kullanılmaktadır. Bunlardan bazılarını şöyle sıralayabiliriz. Havacılıkta uçak yüksekligi tayini, meteorolojide bulut yükseklikleri tayini, uzun mesafelerin ölçülmesi, örneğin ayın uzaklığının tayini, suhi uyduların yörüngelerinin tayini gibi, suni uyduların birbirleriyle buluşmalarında ve kenetlenmelerinde, roket yörüngelerinin kaydedilmesinde, kıta ve yer hareketlerinin saptanmasında ve gel-git olaylarının incelenmesinde yine laser kullanılmaktadır.

Askeri tatbikatlar ise çok çeşitlidir, en basiti olarak topçu atışlarında koordinat tesbitini verebiliriz. Günümüzde modern tanklar laser mesafe ölçücüsüz düşünülemezdir. Böylece tank hedefin kendine olan uzaklığını hassas ve çabuk tesbit ederek isabetli atış yapabilmektedir.

Laser kullanan enterferometreler ile kısa mesafeler çok hassas bir şekilde ölçülebilmektedir. Hatta son zamanlarda uzunluk biriminin tarifinde standart olarak kullanılan  $^{86}\text{Kr}$  kaynağından daha iyi neticeler elde edilmiştir. 1969 yılında Barger frekans stabilize edilmiş laser ile uzunluğu  $10^{-11}$  hata ile ölçülmüştür. Bu  $^{86}\text{Kr}$  kaynağının  $10^{-8}$  hassasiyetine nazaran çok üstündür.

Bildiğimiz gibi laser belli bir dalga boyunda ışık veren bir kaynaktır. Çok dar bir frekans bandında onun gibi güçlü ışık verecek başka kaynak yoktur. Dar bir hüzmeye halinde bu güçlü enerjiyi gönderebilmesi ile çok uzak mesafeleri ölçme imkânı doğmaktadır. Çeşitli tekniklerle çok kısa ışık darbeleri elde edilebilmektedir. Örneğin,  $20-100 \times 10^{-9}$  saniye süren ve  $5-10 \times 10^6$  watt enerjisinde ışık darbesi ile 10 km'ye kadar

olan mesafeleri ölçmek mümkündür. Hedefe bir yansıtıcı yerleştirildiği takdirde bu mesafe çok uzamaktadır; ayın uzaklığının ölçülmesi gibi. Laserden çıkan ışığın bir dağılma açısı vardır. Bu açı çok küçük dahi olsa uzak mesafelere vardığında ışık hüzmelerinin çapı çok genişler. Gauss profilinde ışık veren bir laserin dağılma açısı şu formülle gösterilir:

$$\Theta = \frac{4\lambda}{\pi D}$$

$\lambda$  — dalga boyu  
 $D$  — laser hüzmeleri çapı

Görüldüğü gibi hüzmeye çapı genişledikçe açı azalır. Laserin ışığının dağılmasını azaltmak için hüzmeye çapını genişletmek lâzımdır ki bu da aşağıdaki düzencele mümkün olur.

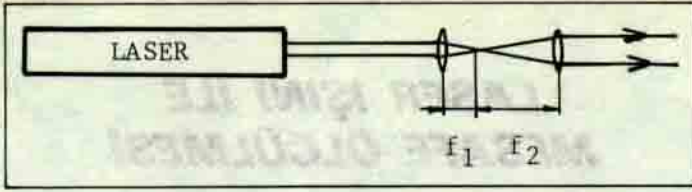
Örneğin hüzmeye çapı 1 mm olan laser ışığının 300 metre uzaklıkta çapı 20,3 cm iken başlangıçta 50 mm olan laser ışını aynı uzaklıkta 5,6 mm çapa ulaşır. Şimdi mesafe ölçme metodlarını tek tek inceleyelim:

## Enterferometrik Metod

Bu metodun prensibini gösterebilmek için basit bir Michelson Enterferometresini inceleyelim.

S ışık kaynağından çıkan ışık bir mercekle paralel hale getirildikten sonra B yarım geçirgen aynası ile iki kola ayrılır.  $A_1$  aynası sabit bir platform üzerine yerleştirilmiş olup  $A_2$  ise hareketli bir aynadır.  $A_1$  ve  $A_2$ 'den yansıyan ışık tekrar B yarım aynasından geçtikten sonra bir mercekle iki dedektöre odaklanır. Bu metotta mesafe ölçmek için ışığın dalga özelliğinden faydalanılır. S ışık kaynağından çıkan ışık dedektöre iki ayrı koldan ulaştığından iki ışık kolunun fazı değişecek olacaktır.  $A_2$  aynası ileri geri oynatılarak ışığın fazını değiştirmek mümkündür. Dedektör ve elektronik devreleri ile bu faz farkı tayin edilir. Işık kaynağının dalga boyu  $\lambda$  ise  $A_2$  yansıtıcısının her  $\lambda/2$  kadar oynatılmasında dedektör aynı faz farkını ölçecektir.

Işık kaynağı olarak laser kullanıldığı takdirde, iki ışık kolu arasındaki optik yol farkı km



mertebesinde olabilir. Böylece büyük bir serbesiyet elde edilir. Fakat bu uzun mesafelerde havanın kırılma indeksindeki değişimleri hesaba katmak icap eder.

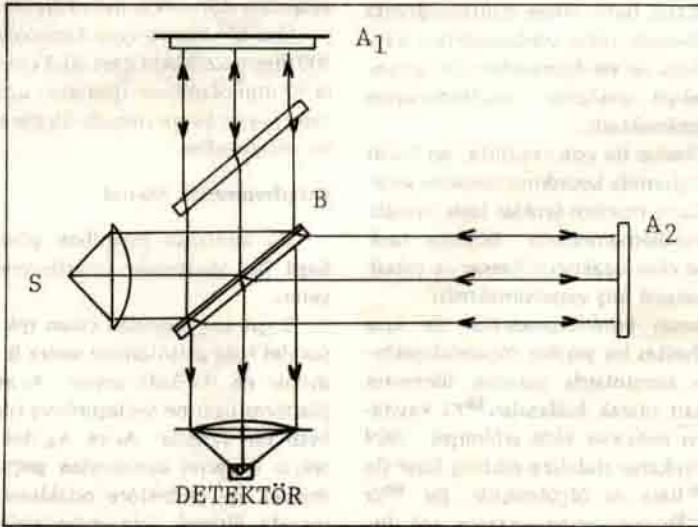
6320 Angström dalga boyunda ışık veren He-Ne laseri kullanılırsa, en kaba bir şekilde  $\lambda/2$  lik bir hassasiyeti kabul edersek,  $0,31 \times 10^{-6}$  m'lik bir mesafeyi ölçebiliriz: Daha gelişmiş enterferometreler ile  $\lambda/100$ 'lük ölçmeler yapılabilmektedir.

Bu metodun uygulama alanı olarak verebileceklerimiz:

- Hassas mekanik işlemlerin ölçülmesi (atölyelerde).
- Jeoloji ve sismik araştırmalarda (kıta hareketleri, med ceziri tesirleri v.s.),
- Uzunluk standartları kalibrasyonunda.

### Işık Modülasyonu ile Mesafe Ölçme Tekniği (Optik Telemetre)

Bu teknik enterferometrelere nazaran daha uzun mesafeleri ölçmek için kullanılır. Laser ışını genlik veya polarizasyon modüle edilmiş olarak hedefe gönderilir. Ekseriyetle hedefe bir yansıtıcı yerleştirilir. Örneğin 10 miliwatt gücündeki He-Ne laseri kullanan bir cihaz, gündüz 40 mil, gece 50 mile kadar olan ve yansıtıcı yerleştirilmiş hedefleri  $\pm 1$  mm hata ile ölçmektedir. Giden ve yansıyan ışığın faz farkı ölçülüp mesafe tayin edilir. Ga-As laser diyot paketleri kullanan küçük ve pratik cihazlar daha ziyade kısa mesafelerde topografik maksatlarla ve alçak uçuşlarda uçak yüksekliğini tayinde kullanılmaktadır.



### Optik Radar

Bu sistemlerde bir ışık darbesi uzaklığı ölçülecek hedefe gönderilir. Cihazdan bu darbe çıktığı anda bir sayaç çalışmaya başlar. Işık darbesi hedeften yansıyıp geldikten sonra objektif tarafından bir dedektöre odaklanır. Darbenin dönüşü kaydedildiği anda sayaç durur ve böylece gidiş-dönüş zamanından mesafe tayin edilir. Bu sistemlerde çoğunlukla hedefe yansıtıcı yerleşti-

rilmez, 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 ışık darbesi veren ve  $5 - 20 \times 10^6$  watt gücündeki laserler ile 20 km kadar mesafeler ölçülebilir. Yakut veya YAG kristali kullanan laserler ile bu gücü elde etmek mümkündür. Çok sayıda laser diyotlar bir araya getirerek kwatt gücünde ışık veren sistemler daha basit ve



ucuzdur fakat bunlarla ancak bir kaç km ölçülebilir.

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

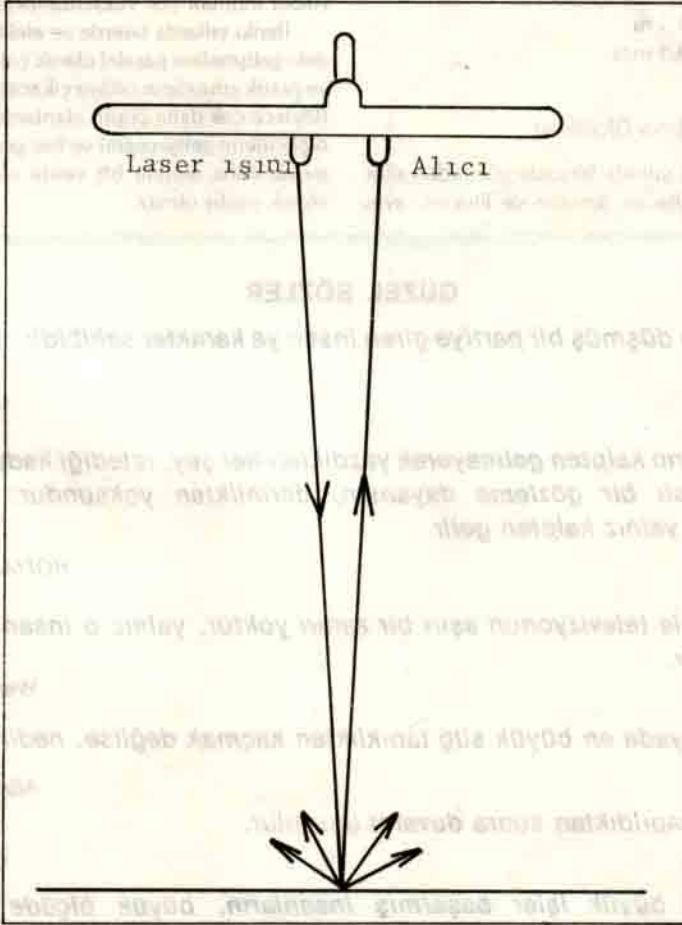
Optik radarlarda gönderici olarak bir teleskop kullanılırken, alıcıda birkaç santimlik bir objektif yeterlidir. Ayrıca lazerin kısa dalga boyulu ışığı hedefe küçük yansıtıcılar koymaya imkân verir, böylece sistemin verimi artar. Ayrıca lazer ışığı çok dar bir hüzmeye halinde yayıldığından mikrodalga radarları gibi karıştırılması zordur.

Dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir. Dar bir hüzmeye gönderdiğinden nişanlaması zordur. Aydınlik ortamlarda çalıştığı zaman etraftaki radyasyonu (örneğin güneş ışığı) süzmek icap eder. Mikrodalga radarları gibi frekans değiştirme oynaklığı yoktur. Yağmurda, siste, karda verimi çok düşer. Personelin veya yakınında bulunan kimselerin ışık hüzmelerinden sakınmaları veya koruyucu gözlük takmaları lüzumludur. Aksi takdirde gözü kör edebilir.

#### Uygulamalar

##### i) Uçak Yüksekliğinin Tayini

Barometrik altimetreler uçuş yüksekliğini deniz seviyesine göre verir. Emniyetli inişlerde, alçak uçuşlarda yüksekliği toprak seviyesine göre bilmek gereklidir. Radyo dalgaları kullanarak bu



Lazer'le uçak yükseklik tayini.

ölçme yapılmaktadır. Son zamanlarda ucuz ve pratik olduğundan laserlerde kullanılmaya başlanmıştır. Daha ziyade ışığı modüle edilen Ga-As laserleri kullanılmaktadır.

### ii) Uçak İzleme Sistemi

Havaalanlarında kullanılan bu sistemler de henüz gelişme safhasındadır. DC-10 uçaklarını izlemek için kullanılan bir sistemin menzili 22 km'dir ve 180 m/s kadar hız ölçebilmektedir. Hatası radara göre daha azdır ve karıştırılma imkânı yoktur. Buna benzer sistemler roketlerin yörüngelerinin tayininde kullanılmaktadır. Örnek olarak Satürn roketini rampadan itibaren 10 km'ye kadar birkaç santimetre hata ile izleyen sistemi verebiliriz. Bu sistemin ölçme hassasiyeti şöyledir:

açı : 0,3 ara dakika  
mesafe : 0,1 m  
hız : 0,1 m/s

### iii) Ayın Uzaklığının Ölçülmesi

İlk defa 1962 yılında 50 joule gücünde yakut kristalli laser kullanan Smullin ve Fiocco, ayın

yüzünden ışık darbesini yansıtıp 2.5 saniye kadar sonra dönen ışını kaydetmeye muvaffak oldular. Bu şekilde ayın uzaklığını 80 km hata ile ölçtüler. Daha sonra 1969 yılında Apollo astronotları bir yansıtıcı yerleştirdiler ve böylece daha kesin ölçmeler yapılabildi. İleriki yıllarda Apollo 14, Luna 17, Apollo 15 ve Luna 21 tarafından aya dört yansıtıcı daha yerleştirildi ve çok çeşitli deneyler yapıldı.

### iv) Topçuluk

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.

## GÜZEL SÖZLER

- *Gözden düşmüş bir partiye giren insan ya karakter sahibidir, ya da akli yoktur.*

GLADSTONE

- *İnsanların kalpten gelmeyerek yazdıkları her şey, istediği kadar gerçek ve esaslı bir gözleme dayansın, derinlikten yoksundur: derinlik boyutu yalnız kalpten gelir.*

HOFMANNSTHAL

- *Çok fazla televizyonun aşırı bir zararı yoktur, yalnız o insanın aklına dokunur.*

Werner FINCK

- *Bu dünyada en büyük suç tanıklıktan kaçmak değilse, nedir?*

Albert CAMUS

- *Duvar yapıldıktan sonra duvarcı unutulur.*

Çin Atasözü

- *Tarihte büyük işler başarmış insanların, büyük ölçüde egoizm, kendini beğenmişlik, sertlik ve hileye sahip olmadıkları düşünülemez.*

De GAULLE