

Bölüm 7

Optik Ölçümler ve İnterferometreler

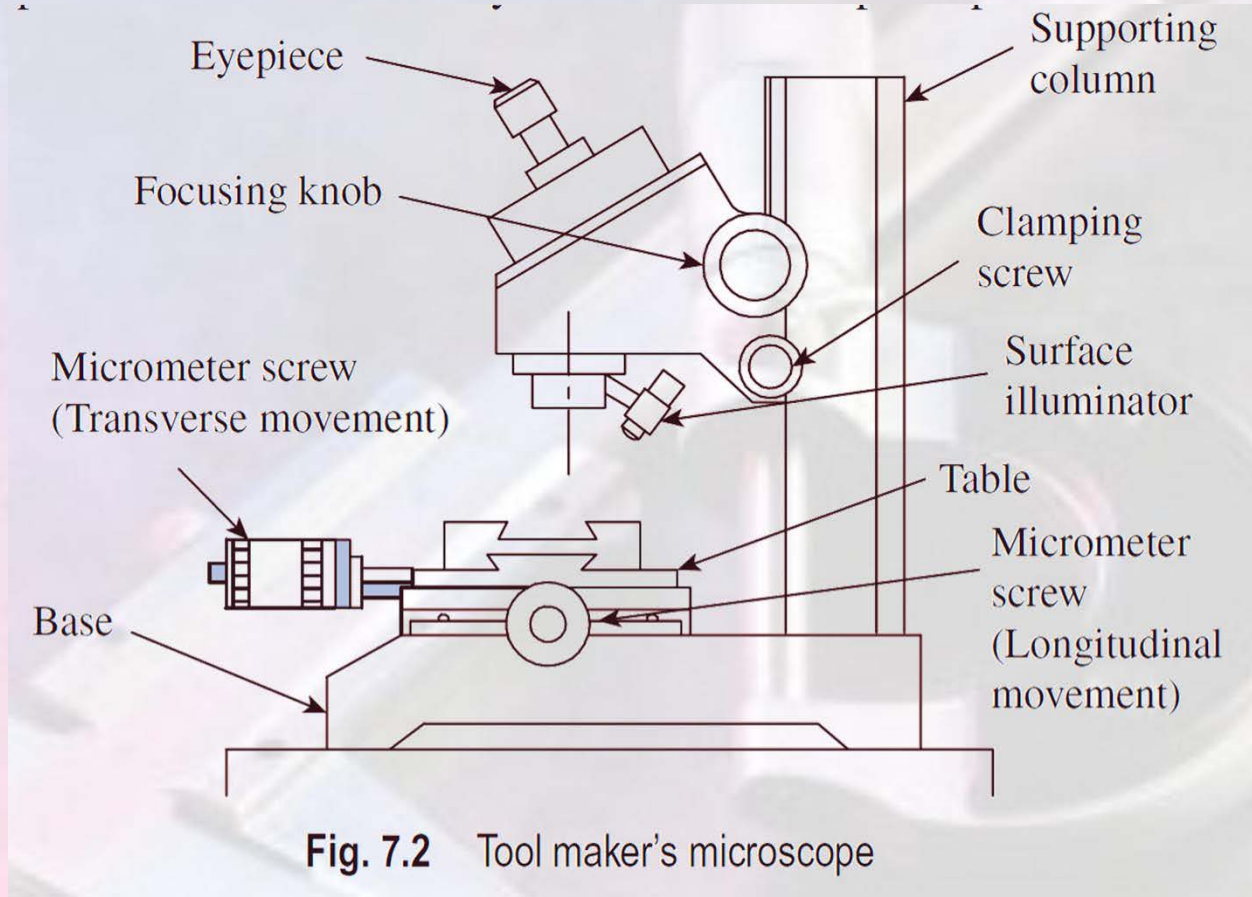
Giriş

- ✓ Optik ölçümler, endüstride inceleme ve ölçüm yapmak için basit, kolay, doğru ve güvenilir bir yol sağlar,
- ✓ yansıtılan görüntü net, keskin ve boyutsal olarak doğru olmalıdır.
- ✓ Metrolojide Işık girişiminin uygulanmasına aşırı ilgi duyuluyor,
- ✓ Lazerler ayrıca interferometrelerde hassas ölçümler için giderek daha fazla kullanılmaktadır.

Optik Ölçüm Teknikleri

- ✓ Optik büyütme metrolojide en yaygın kullanılan tekniklerden biridir.
- ✓ Birincil şart, ölçümlerin alınması için küçük nesnelerin görsel olarak büyütülmesidir.

Takımcı Mikroskobu



Bir takımcı mikroskobu, atölye ortamındaki incelemelerden, takımların ve işlenmiş parçaların ölçümünden ölçüm odasındaki test aletlerinin hassas ölçümüne kadar geniş bir uygulama yelpazesini destekler.

Takımcı Mikroskobu

- ✓ Takımcı mikroskobu, işlenmiş metallerin ve işleme takımlarının boyutlarını ve açılarını ölçmek için uygun bir alet mikroskobudur. Bir uygun göz merceği eklenerek vidaların ve dişlilerin şeklini kontrol etmek için de kullanılabilir.
- ✓ Kompakt gövde, sınırlı alanlara sahip atölye zeminlerinde kullanım için idealdir.
- ✓ Ekranında bulunan çapraz saç retikülünü iş parçası görüntüsü ile hizalamak için açı ölçer diski çevrilerek kolayca açı ölçümü yapılır.
- ✓ Aydınlatma yoğunluğu ayarlanabilir.



Takımcı Mikroskobu

- ✓ Sağlam ve mikroskobun diğer tüm parçalarının ağırlığını taşıyan dikey bir destek kolonuna sahiptir
- ✓ İş parçası, yatay düzlemde iki ana yönde lineer hareket kabiliyetine sahip olan bir XY tablasına yüklenir
- ✓ Tüm optik sistem ölçüm kafasına yerleştirilmiştir,
- ✓ Görüntü, göz merceğinden bakıldığında, bir retikül (eksen çizgileri) ölçümü kolaylaştırmak için referans veya datum sağlar

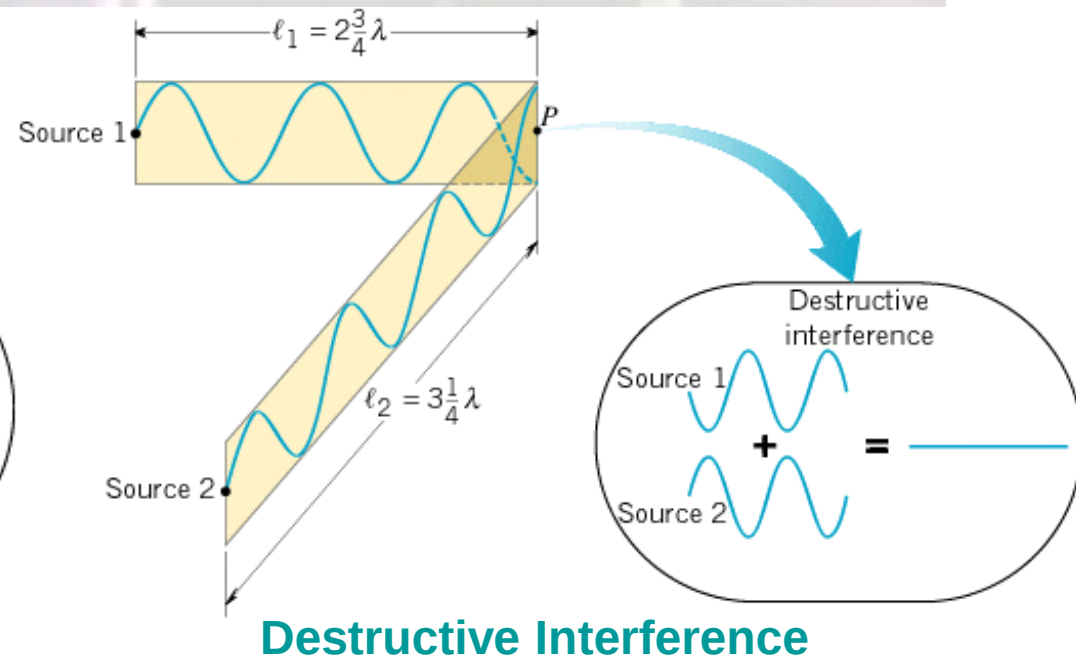
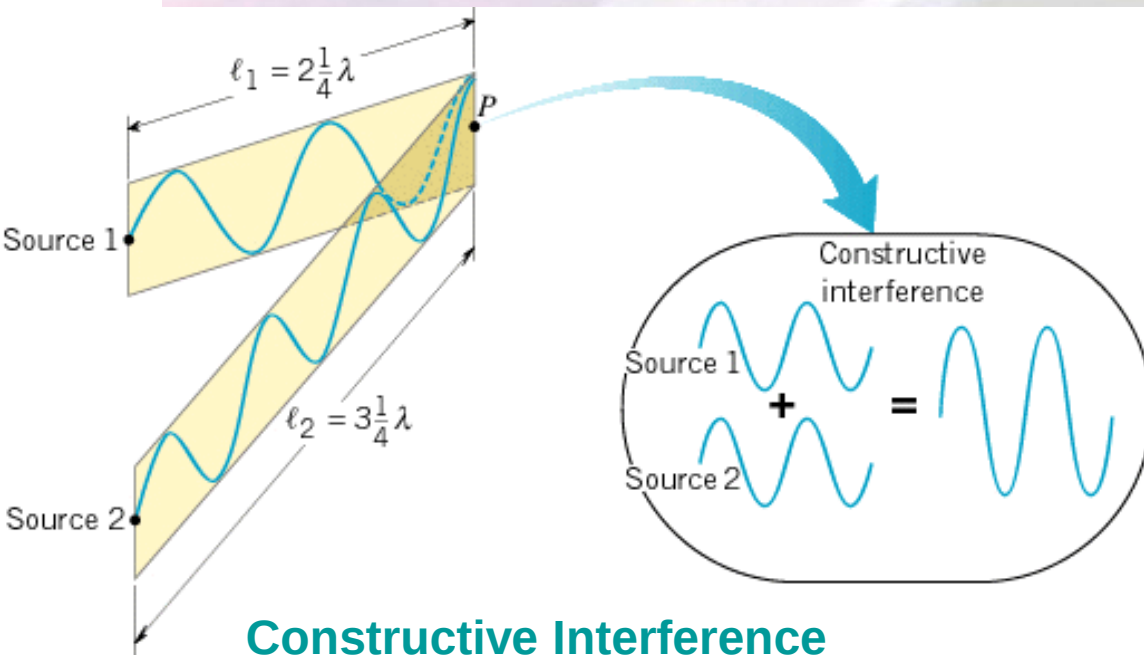
INTERFERENCE



Girişim-Temel Bilgiler

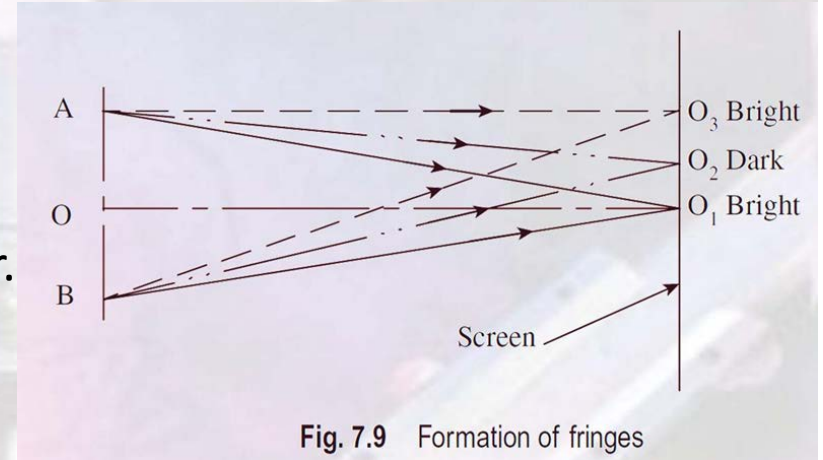
İki Monokromatik Işın düşünün

- ✓ İki dalga aynı fazda olduğunda, birbirine eklenirler:
- ✓ Aralarında 180° faz farkı olduğunda birbirlerini ifna ederler.
- ✓ Ortaya çıkan dalganın genliği, ışınların genliklerin toplamına eşit olacaktır ($R = A_1 + A_2$)



Optik İnterferans(Girişim)

- ✓ İki ışık dalgası birbiriyle etkileşime girdiğinde, dalga etkisi ışığın girişimi denilen olguya yol açar .
- ✓ interferometreler, girişimden yararlanılarak ölçüm yapmak için tasarlanmış aletler olarak bilinir.
- ✓ Aynı ışık kaynağından, ancak A ve B' gibi iki ayrı nokta kaynağından çıkan iki tek renkli ışık ışını düşünelim.
- ✓ AO1 ve BO1 mesafeleri eşittir, iki ışın aynı fazdadır ve bu O1 noktasında maksimum aydınlanma sağlar.
- ✓ Öte yandan, O2 noktasında, BO2 mesafesi AO2 mesafesinden daha uzundur. Bu nedenle, iki ışın O2 noktasına ulaştığında, faz dışı kalırlar.
- ✓ Fark = $\lambda / 2$ 'lik faz farkı olduğunu varsayalım ki burada λ ışığın dalga boyudur, burada tam girişim ve karanlık bir nokta oluşmasına yol açar.



Optik Girişim

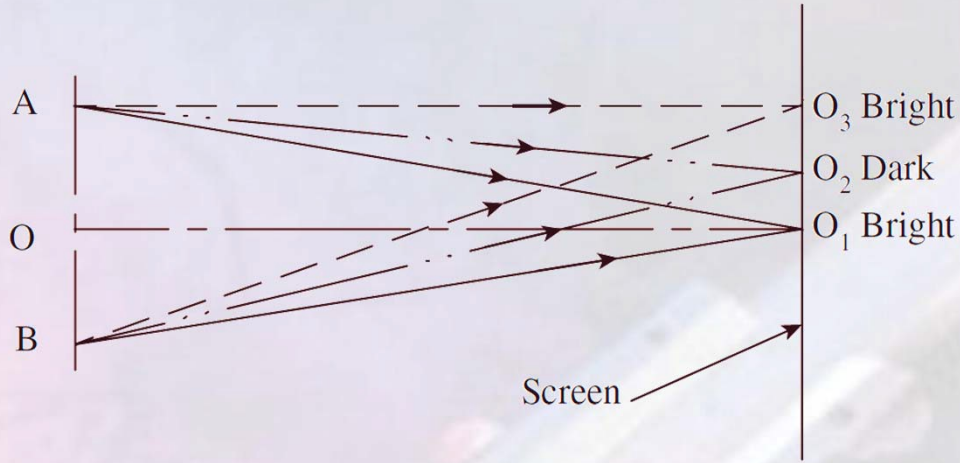
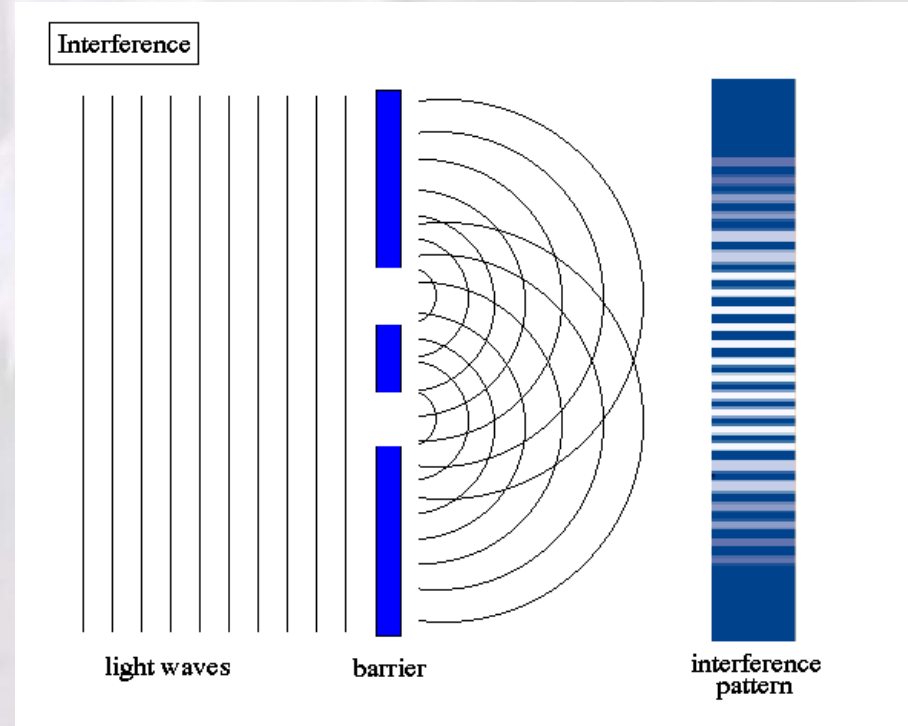
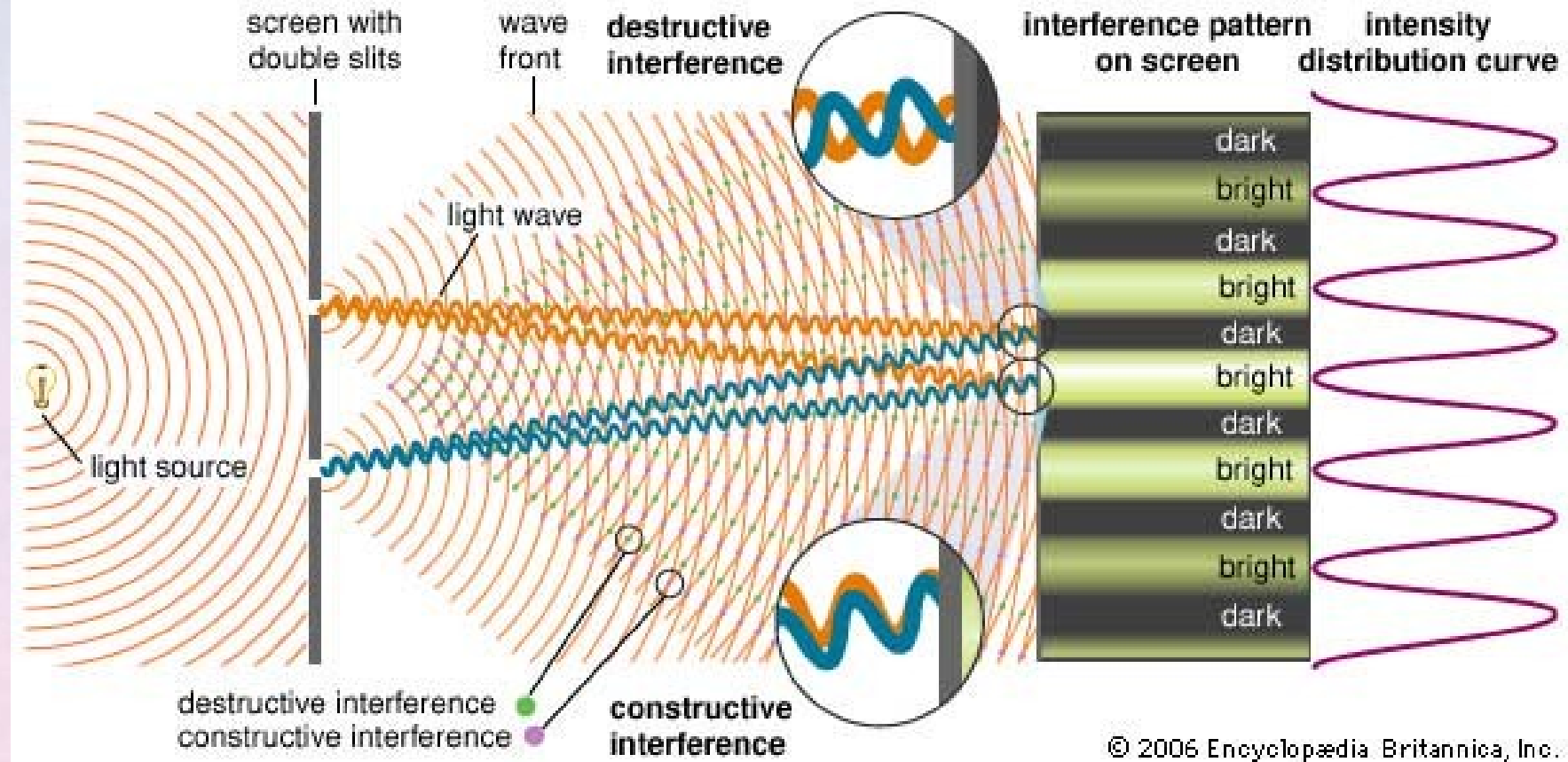


Fig. 7.9 Formation of fringes



Bu işlem ekranda O1'in her iki tarafında da tekrar eder ve alternatif karanlık ve aydınlık alanların oluşmasına neden olur.

Optik Girişim



Işık girişiminin oluşması için aşağıdaki koşullar gereklidir:

- ✓ Tek bir kaynaktan gelen ışık iki bileşen ışınına bۆlünmelidir
- ✓ Alıcıda yeniden birleştirilmeden ۆnce, bileşenlerin uzunlukları tek bir dalga boyuna gۆre farklı uzunlukta yollarda hareket etmelidir.
- ✓ Not, bu gۆreceli bir ۆlçüdür

İnterferometre

- ✓ Girişim olgusu, çok küçük doğrusal boyutların kesin ölçümlerini yapmak için kullanılır ve ölçüm tekniği **interferometri** olarak bilinir .
- ✓ Bu teknik, makine parçalarının düzgünlük muayenesi, paralellik, düzlemsellik, çok küçük çapların ölçümü vb. gibi çeşitli metrolojik uygulamalarda kullanılır.
- ✓ Girişim tekniği kullanılarak ölçümler yapmak için kullanılan alete, (girişimölçer) **interferometre** denir.

[Interferometer Animation](#)

Optik Düzlemler

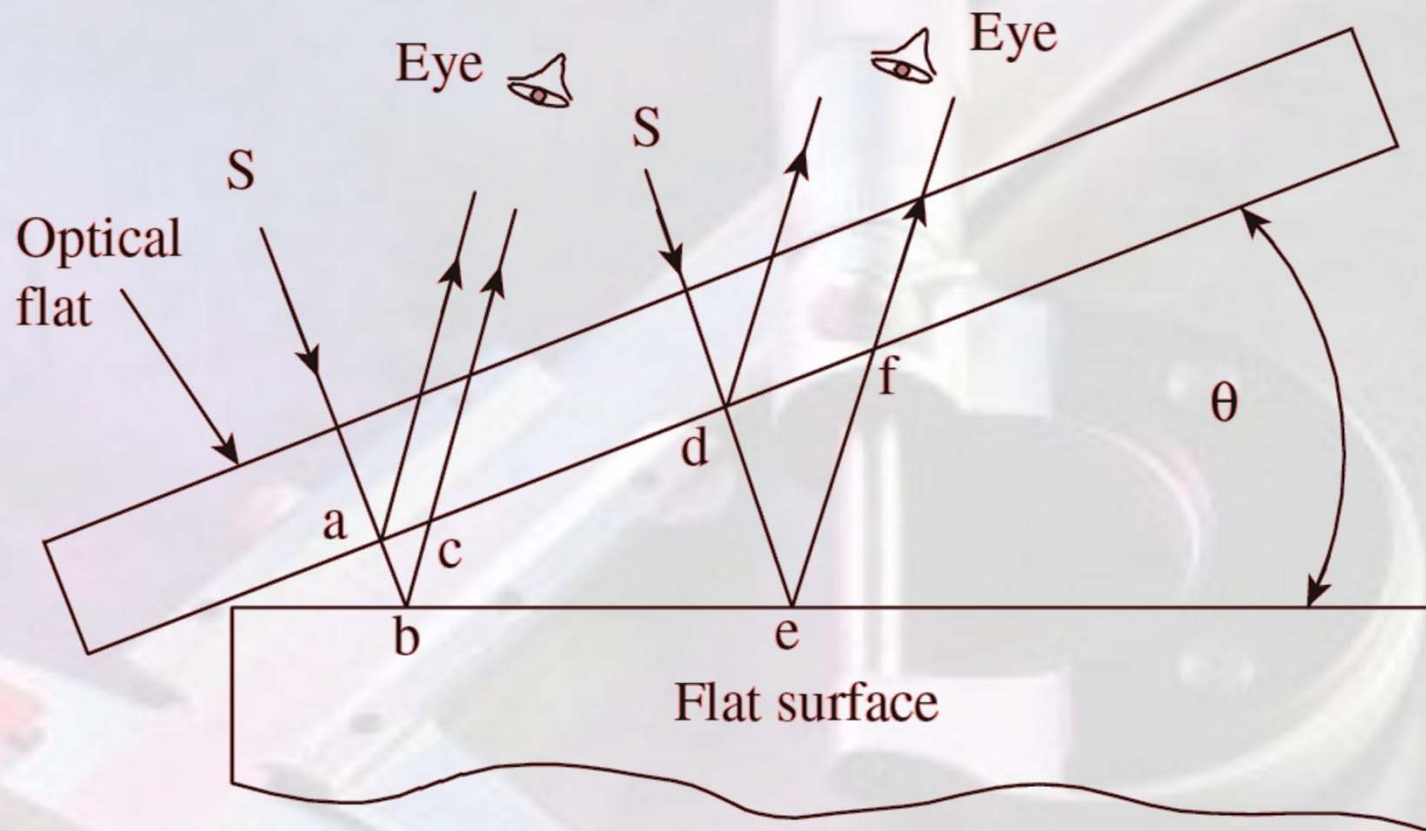
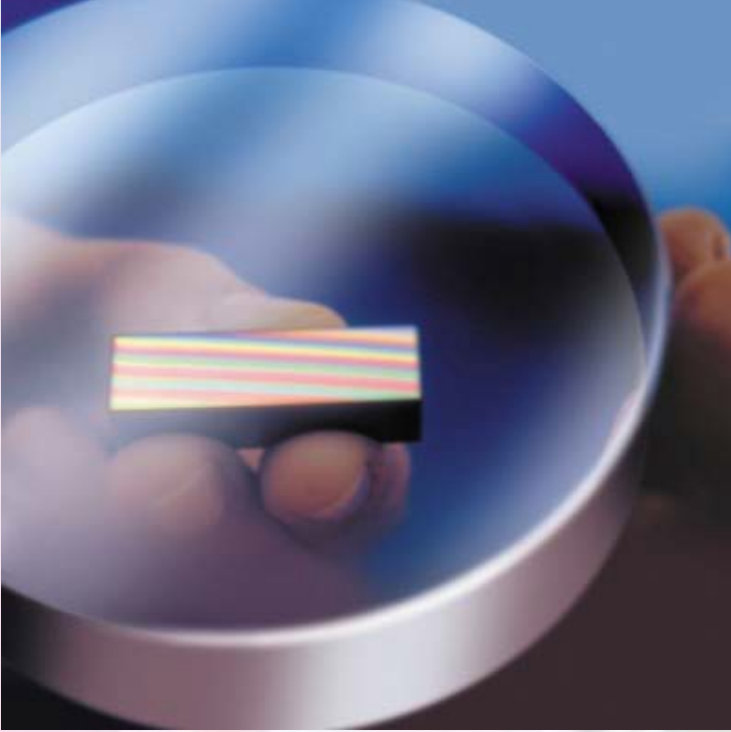


Fig. 7.10 Fringe formation in an optical flat

Optik Düzlemler

- ✓ Optik düzlem, yüksek kaliteli cam veya kuvarstan yapılmış bir disktrir,
- ✓ Optik bir düzlem, düz yansıtıcı bir yüzeyin üzerine yerleştirildiğinde, iki yüzey arasındaki hava boşluğu varlığı nedeniyle küçük bir θ açısıyla durur.
- ✓ Tek renkli bir ışık kaynağından gelen ışık, düz yansıtıcı bir yüzeye göre çok küçük bir açıyla yerleştirilen bir optik düzlem üzerine düşürüldüğünde, cisim üzerinde gözle açık ve koyu renk lekeleri şeklinde değişen ışık bandı görülür.
- ✓ Mükemmel düzgünlükte bir yüzey olması durumunda, (fringe) saçak deseni düzenli, paralel ve düzgün bir şekilde oluşur. Bu paternden herhangi bir sapma, ölçülmekte olan yüzeyin düzlüğündeki bir hatanın göstergesidir.

Optik Düzlemler



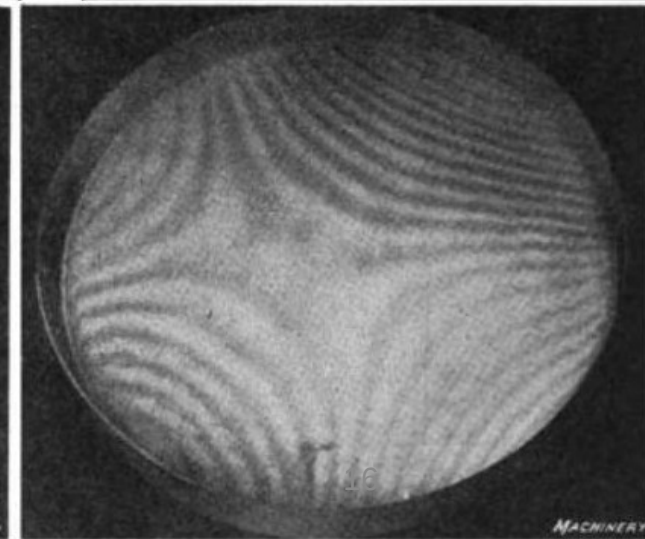
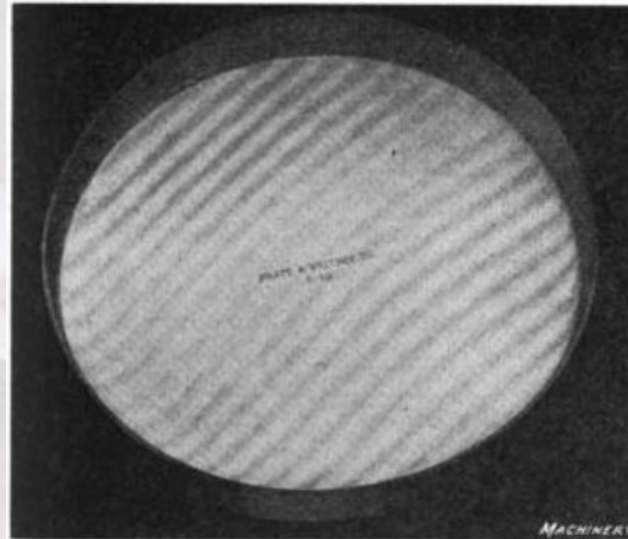
Kutu içindeki optik düzlemler. Çapı yaklaşık 1 inç (2,5 cm)

Optik düzlemler

- ✓ Gerilimsiz cam veya erimiş kuvarsdan yapılmış dairesel bir disk
- ✓ Düz ve paralel iki yüzeye sahiptir
- ✓ Yüzeyler optik derecesinde düzlüğe sahip
- ✓ Çapları 25 mm ila 300 mm arasında değişir
- ✓ Isı nedeniyle minimum genleşme gösterirler

Optik Düzlemler

- ✓ Aşağıdaki Şekil, farklı girişim saçakları modellerini gösteren, tamamlanmalarının farklı aşamalarındaki iki test numunesi düzlemini kontrol etmek için kullanılan optik düzlemlerin fotoğraflarını göstermektedir.
- ✓ Referans (optik) düzlemler, alt yüzeyleri test düzlemleriyle temas halinde durmakta ve tek renkli bir ışık kaynağı ile aydınlatılmaktadır.
- ✓ Her iki yüzeyden de yansıyan ışık dalgaları, girişime uğrayarak, parlak ve karanlık bantların bir desen oluşturması ile sonuçlanır.
- ✓ Sol fotoğraftaki yüzey , eşit aralıklarla düz paralel girişim saçaklarının bir deseni ile görünen, neredeyse düzdür.
- ✓ Sağ fotoğraftaki yüzey düzgün olmayıp, kıvrık saçaklara neden olur.



İnterferometre nedir?

İnterferometreler, bilim ve mühendisliğin birçok alanında kullanılan araştırma araçlarıdır. Bunlar ölçülebilir ve analiz edilebilir bir girişim deseni oluşturmak için iki veya daha fazla ışık kaynağını birleştirerek çalışırlar; bu nedenle 'Girişim-o-metre' veya interferometre denir. İnterferometreler tarafından oluşturulan girişim desenleri, çalışılmakta olan nesne veya fenomen hakkında bilgi içerir. Genellikle başka bir yolla elde edilemeyen çok küçük ölçümler yapmak için kullanılırlar.

Günümüzde yaygın olarak kullanılan interferometreler, 19. yüzyılın sonlarında Albert Michelson tarafından icat edildi. Michelson İnterferometresi, 1887 yılında, tüm evrene yayıldığı düşünülen bir madde olan "**Luminiferous Aether**" in varlığını kanıtlamak veya çürütmek için yola çıkan "**Michelson-Morley Deneyi**" nde kullanıldı.

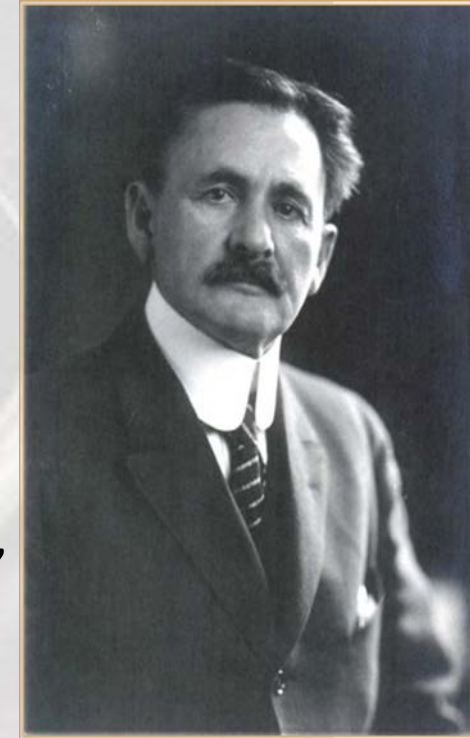
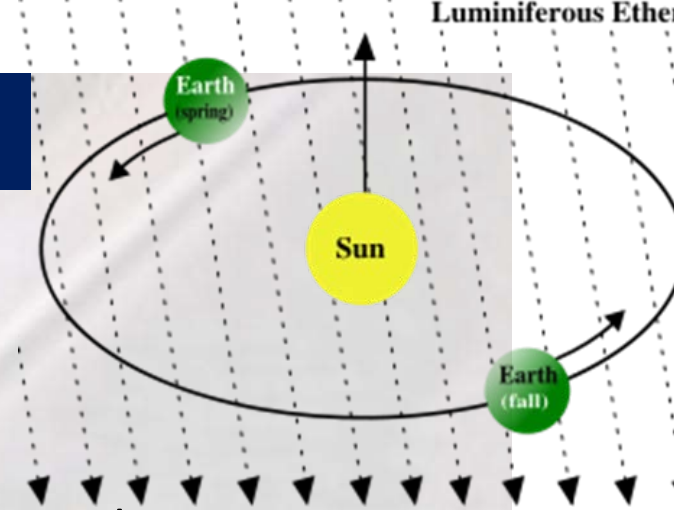
Tüm modern interferometreler, bu ilkinden buyana gelişti, çünkü ışığın özelliklerinin en ince ölçümlerin yapılmasında nasıl kullanılabileceğini gösterdi. Lazerlerin icadı, interferometrelerin, düşünülebilecek en küçük ölçümleri yapmasını sağlamıştır.

Michelson-Morley Deneyi

1878'de Michelson, eter içindeki yerin hareket algılanmasının ölçülebileceğini düşünüyordu.

Dünyanın hızını sözde "eter" ile ölçmeye çalışırken, bilinen hızın bir bileşeninin – (dünyanın güneş etrafındaki hızı, yaklaşık 30 km / s) değişeceğini düşünebilirsiniz. Yaklaşık 600 nm dalga boyunu kullanarak, spektrometre 360 ° döndürüldüğünde yaklaşık 0.04 kadar saçak kayması olmalıdır. Küçük olmasına rağmen, bu Michelson'ın deney düzeneğinin ölçme kabiliyeti dahilindeydi.

Michelson ve diğerleri, herhangi bir kayma olmadığına şaşırdı. Michelson'un deneyinin kısaca yorumlanması: "Bu deneyin sonucu, girişim bantlarının yer değiştirmemesidir ve sonuç olarak Sabit bir eterin varlığı hipotezinin yanlış olduğu gösterilmiştir." (A.A. Michelson, Am. J. Sci., 122, 120 (1881))



Albert Abraham Michelson

(1852-1931)

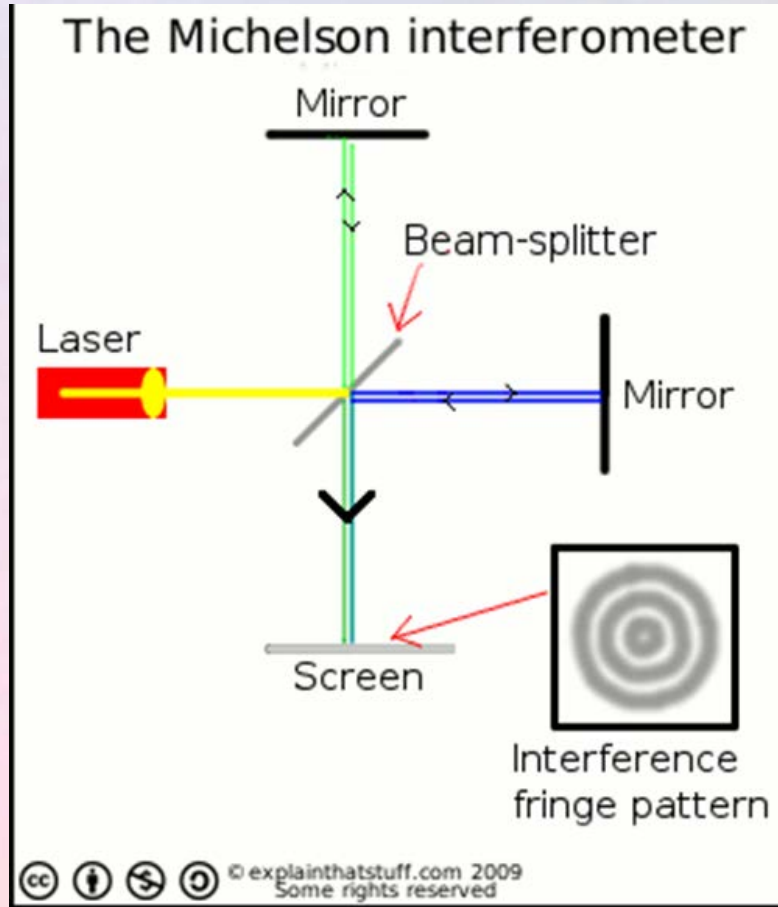
İnterferometreler

- ✓ Bir interferometre, optik bir düzlemle aynı temel prensipte çalıştığı halde, saçakların döşeme ve oryantasyonunu kontrol etmek için birtakım düzeneklere sahiptir.
- ✓ Ayrıca, ölçüm hatalarını ortadan kaldıran bir görüntüleme veya kayıt sistemi bulunur.
- ✓ Michelson İnterferometresi
- ✓ NPL Düzlük İnterferometresi
- ✓ Wyko NT9100 3 Boyutlu Yüzey Profilometresi
- ✓ Lazer İnterferometre

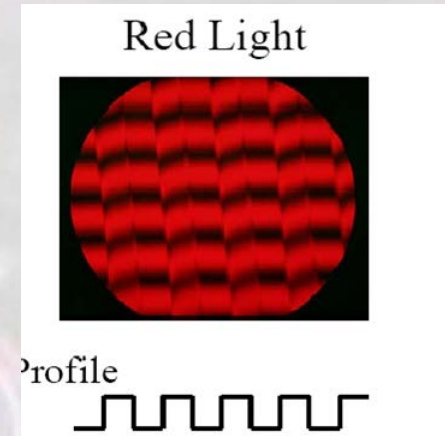
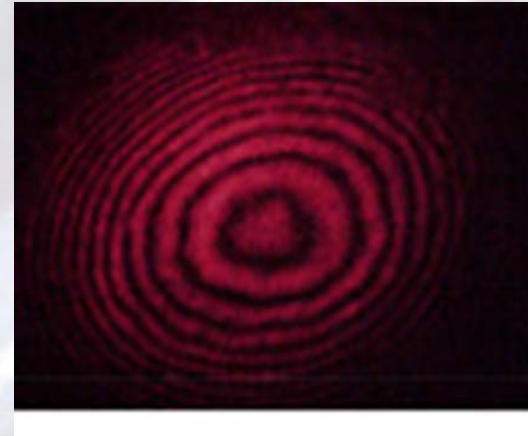


Michelson Interferometre

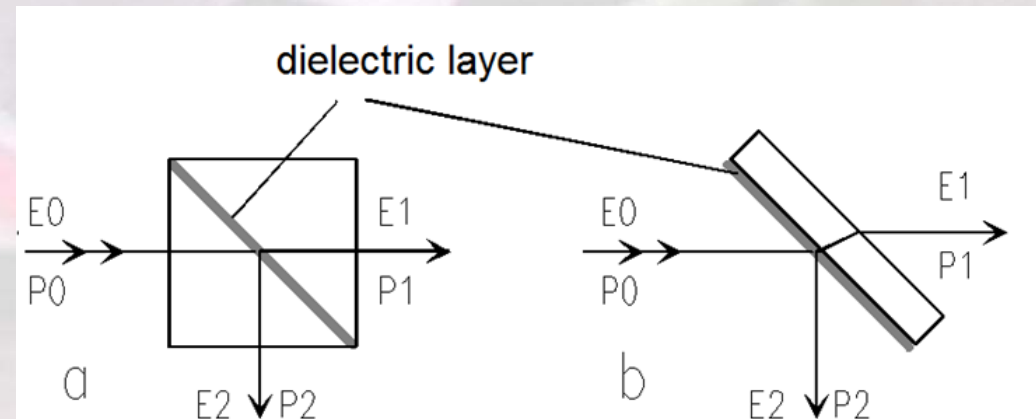
- İki farklı yöne hareket eden ışığın yol uzunluklarını karşılaştırır



[Michelson Interferometer](#)



Yüzeylerin ayrıntılı detaylarını incelemek için kullanılır



NPL Düzlemsellik İnterferometresi

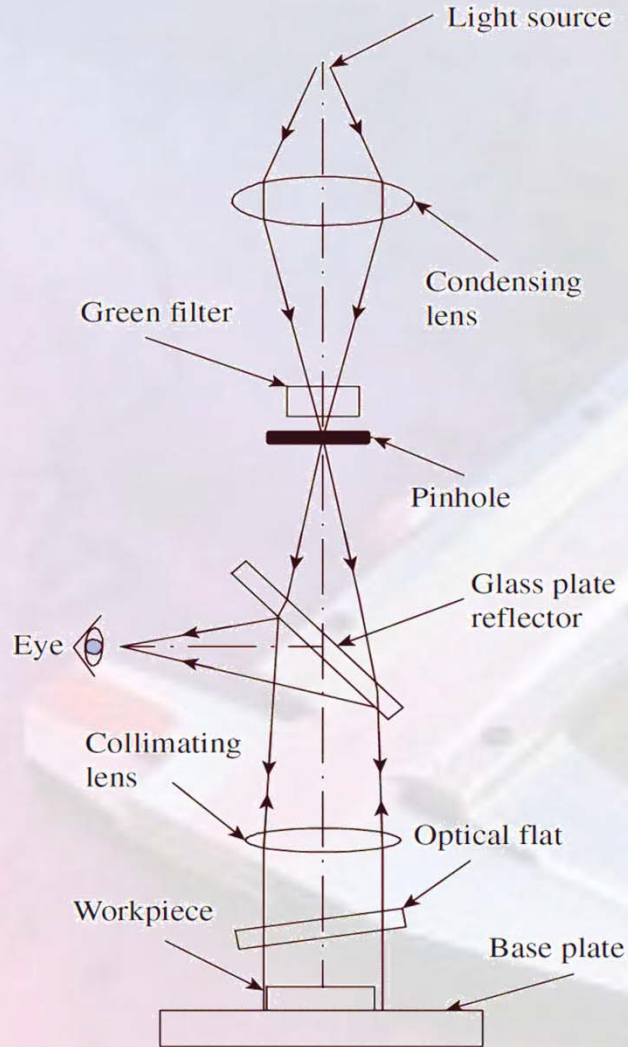


Fig. 7.14 Optical system of an NPL flatness interferometer

- ✓ Civa buharlı bir ampulden gelen ışık yoğunlaştırıcı(toplayıcı) bir mercek ve yeşil bir filtreden geçirililerek yeşil renkli bir ışık kaynağı elde edilir,
- ✓ Çıkan ışık şimdi küçük bir pim deliğinden geçerek, yoğun bir noktasal monokromatik ışık kaynağına dönüşür
- ✓ Pim deliği, bir kolimatör merceğin odak düzleminde olacak şekilde konumlandırılmıştır. Bu nedenle, kolimatör lens bir optik düzlem üzerinden test edilecek iş parçası yüzeyine doğru, paralel bir ışık demeti yansıtır.
- ✓ Bu girişim saçaklarının oluşumu ile sonuçlanır.

NPL Düzlemsellik Interferometresi

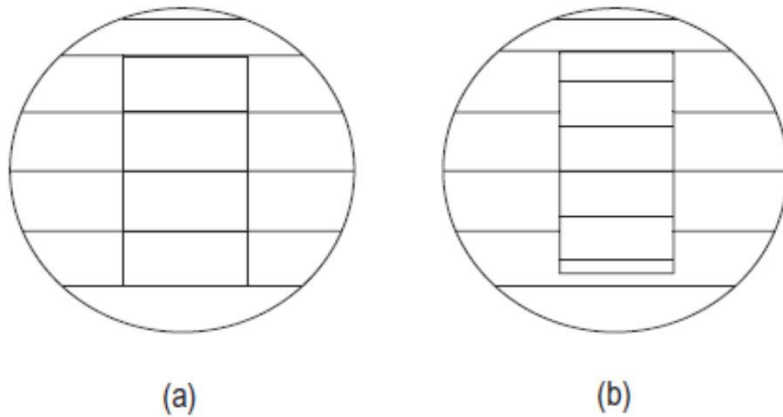
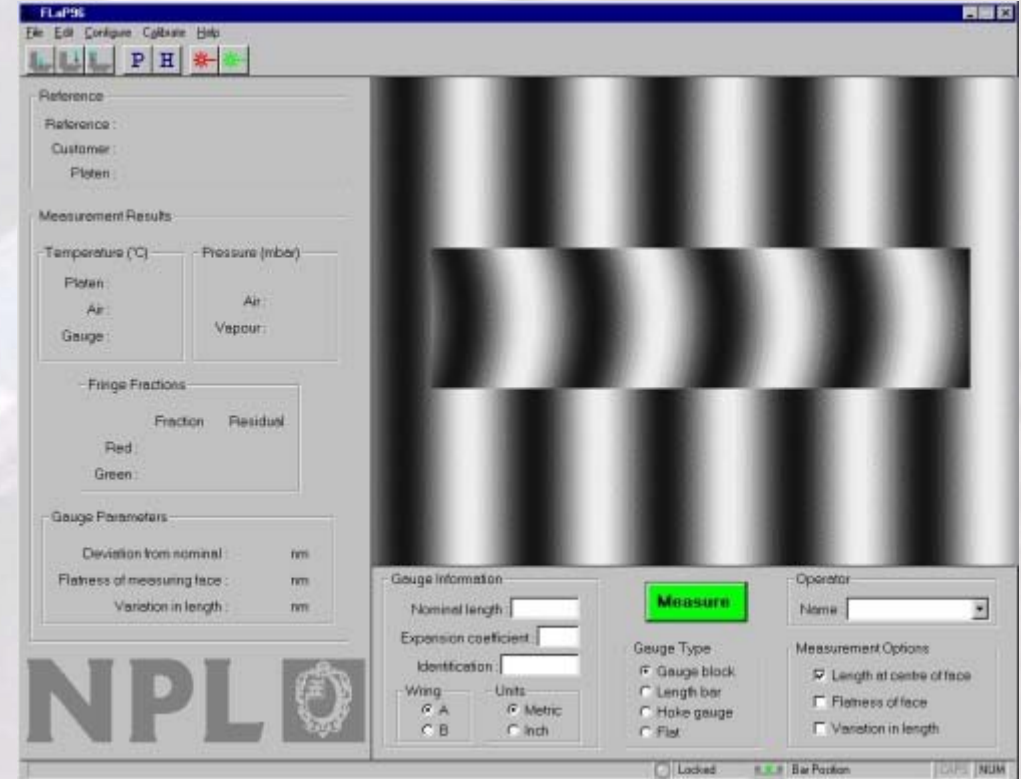
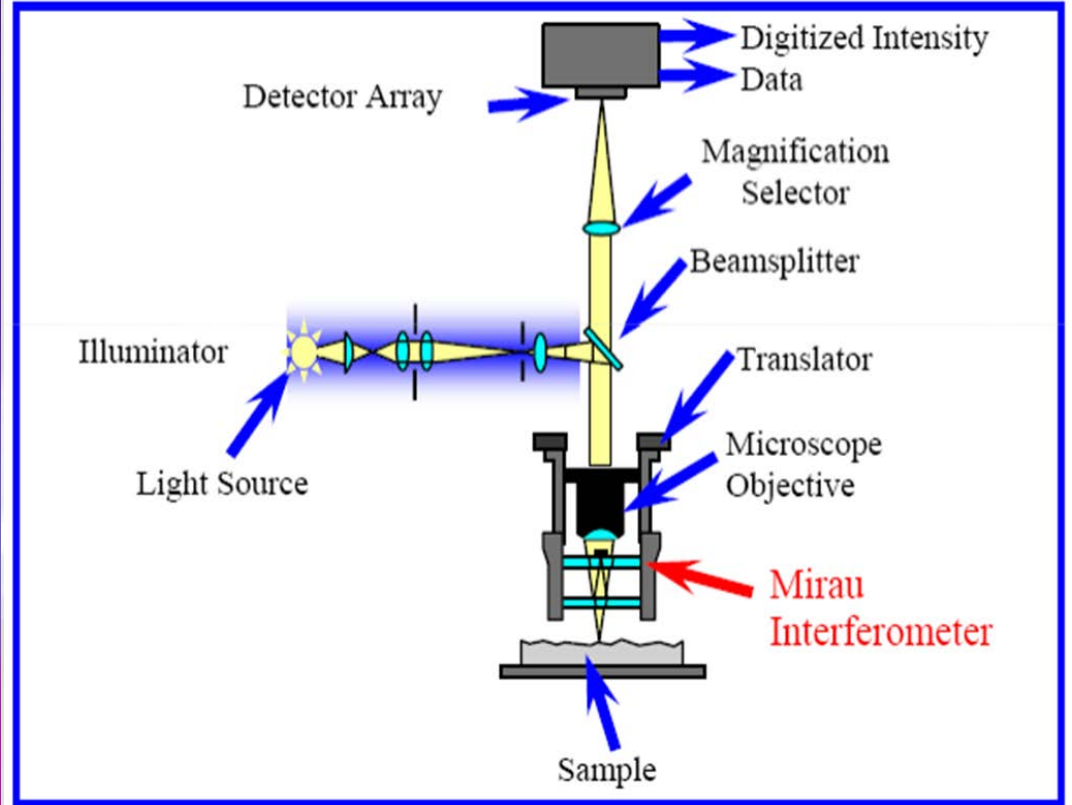


Fig. 7.15 Example of fringe patterns (a) Equal fringes on parallel surfaces (b) Unequal fringes due to flatness error



NPL Blok Master Interferometresi, 300 mm uzunluğa kadar olan blok masterların, vb. uzunluğunu ölçmek için tasarlanmıştır. Bir plakaya en çok 12 master yapıştırılabilir, bu daha sonra cihaza yerleştirilir ve uygun bir süre bir ısıl dengelenmeden sonra ölçülür. Uygun düzeltmeler yapıldıktan sonra, 1 mm'lik bir master için 20 nm ve 100 mm'lik bir master için 40 nm'lik tipik ölçüm belirsizlikleri,% 95 güven seviyesinde ölçümler elde edilebilir.

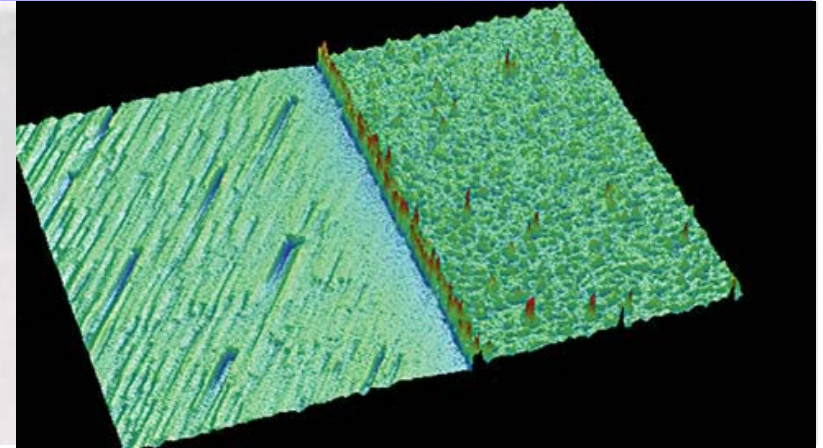
WYKO NT9100 Optik Profilometre



Z Çözünürlük - 0.01 nm

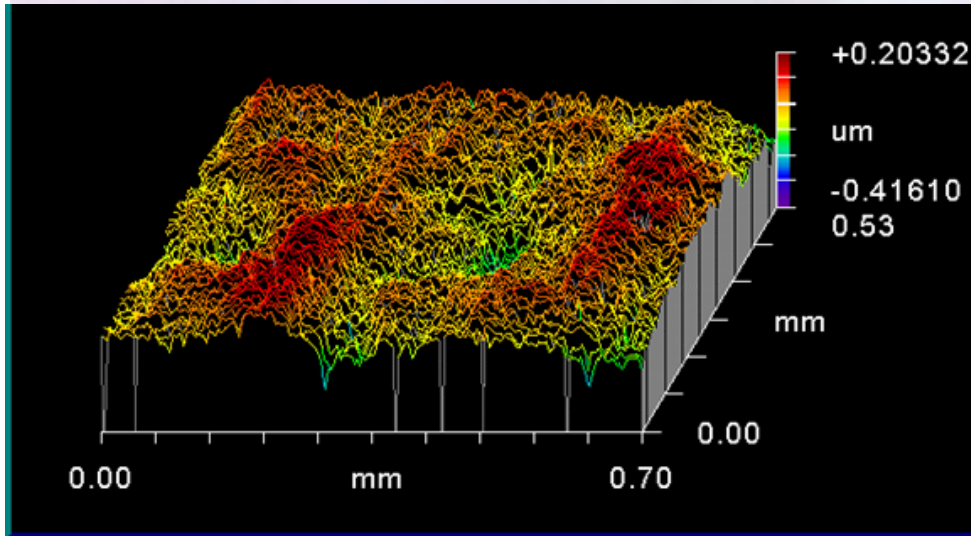
Tarama uzunluğu - 10 mm

Yanal çözünürlük - 1 μm

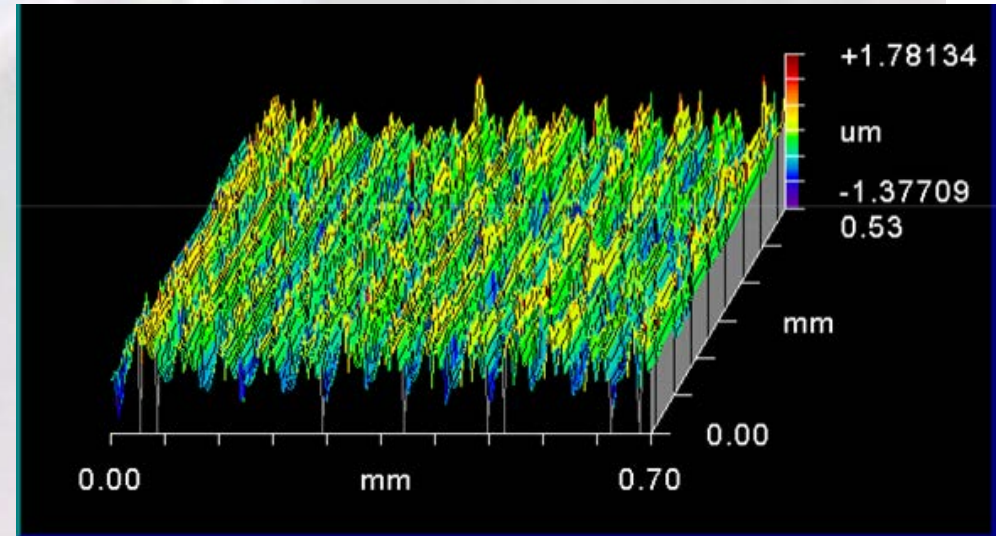


Beyaz Işık İnterferometresinden Yüzey Çizimleri

Gerçek bir yüzeyin, nominal yüzeyden (doku)
periyodik ve / veya rasgele sapmaları,



İzotropik Yüzey: rastgele



Dönel yüzey: periyodik

Lazer interferometreler

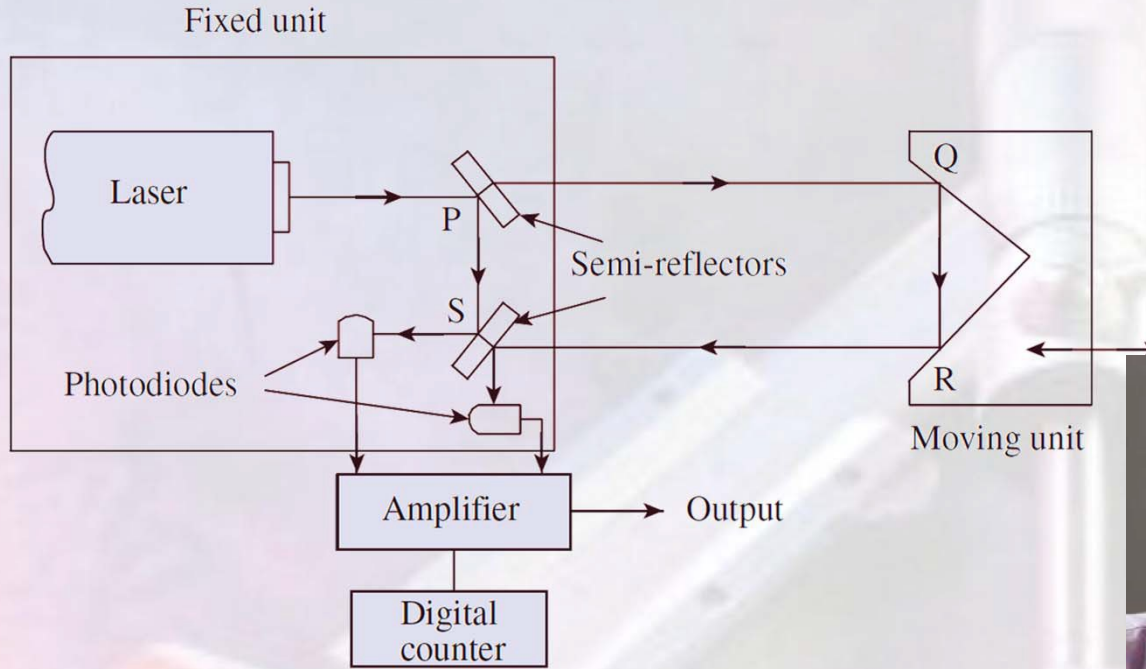
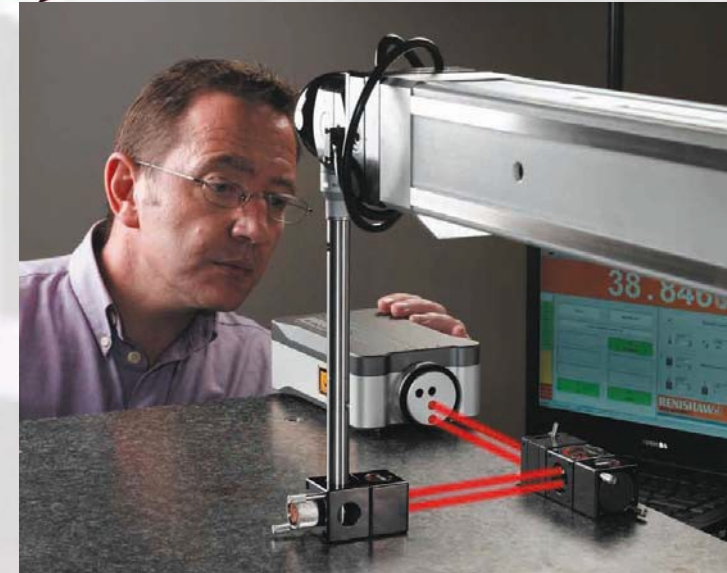


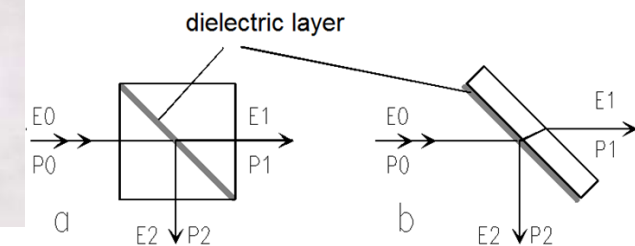
Fig. 7.19 Laser interferometer

Şunları ölçmek için kullanılabilir:

- ✓ Doğrusal yer değiştirme
- ✓ Açısal yer değiştirme
- ✓ doğrusalılık
- ✓ diklik
- ✓ paralellik

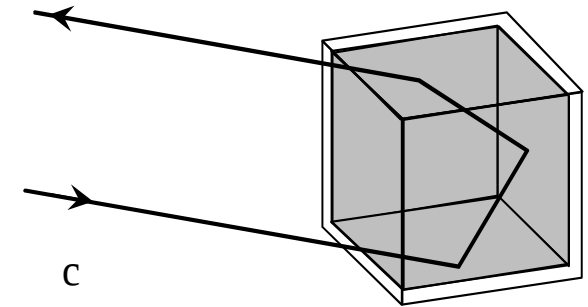
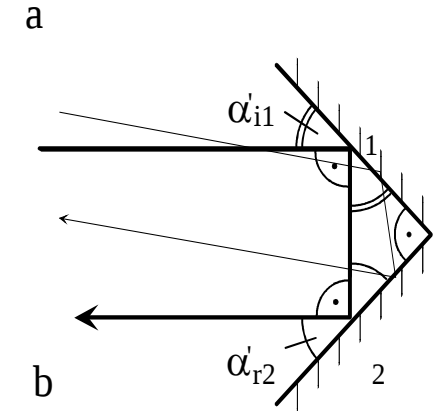
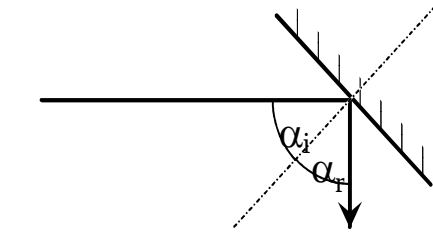


Mesafeleri belirlemek için lazerin iki nokta arasında geçtiği dalga boylarının sayısını sayar. Yalnızca göreceli yer değiştirmeleri ölçer
Girişim saçakları, diğer tüm monokromatik ışık kaynaklarından 1000 kat daha fazla ışık yoğunluğunda gözlenebilir.

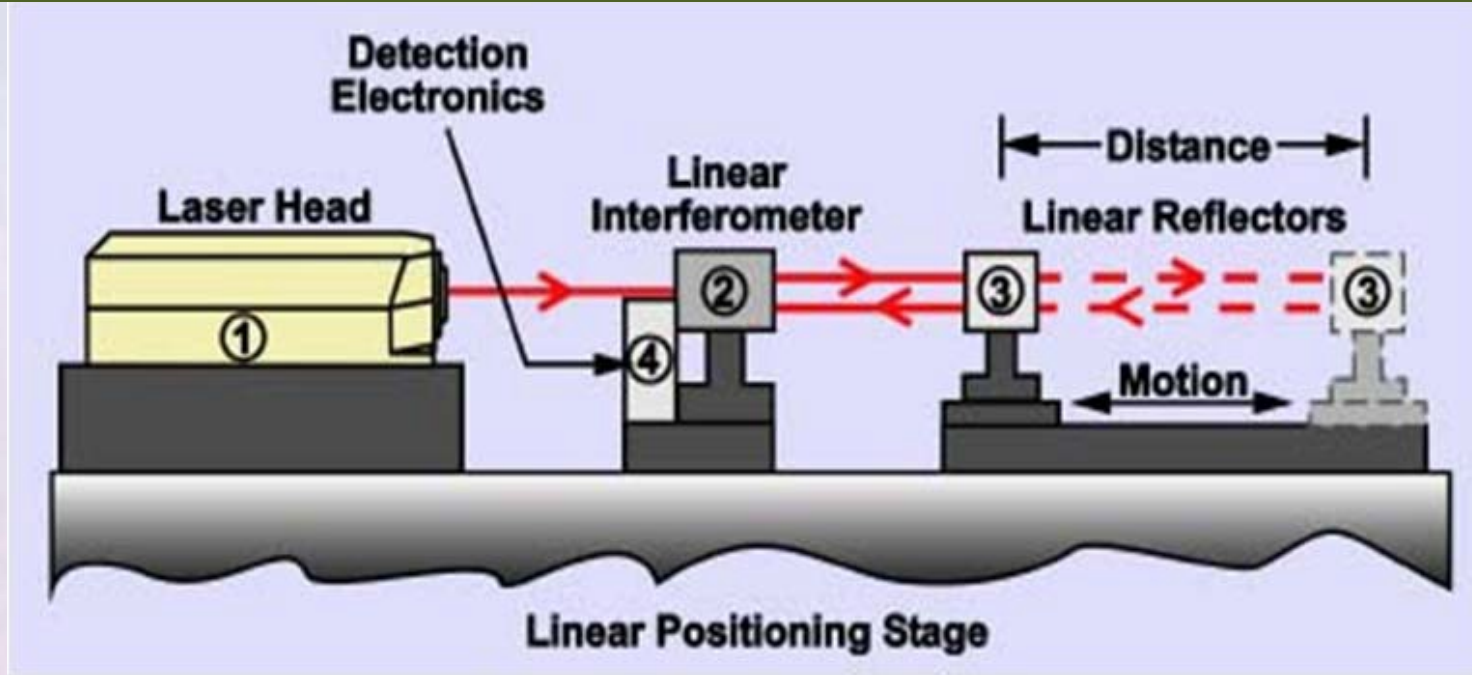


Lazer İnterferometreler

- ✓ İnterferometride, lazer ışığı herhangi bir 'normal' ışığına benzer özellikler gösterir.
- ✓ Lazer ışığının güçlü, monokromatik, kohorent ve dağılmazlık özelliği onu eşsiz kılar
- ✓ Lazer kafası adı verilen sabit ünite lazer, bir çift yarı reflektör ve iki foto diyottan oluşur. Sürgülü ünite üzerine monte edilmiş bir köşe küpüne sahiptir.
- ✓ Köşe küpü, arka yüzeyi karşılıklı olarak birbirlerine dik açılı üç cilalı yüze sahip olan bir cam diskidir.
- ✓ Fotodiyotlar girişim saçak yoğunluğunu elektronik olarak ölçecek ve yer değiştirmeyi doğru bir şekilde ölçmeye yarar.



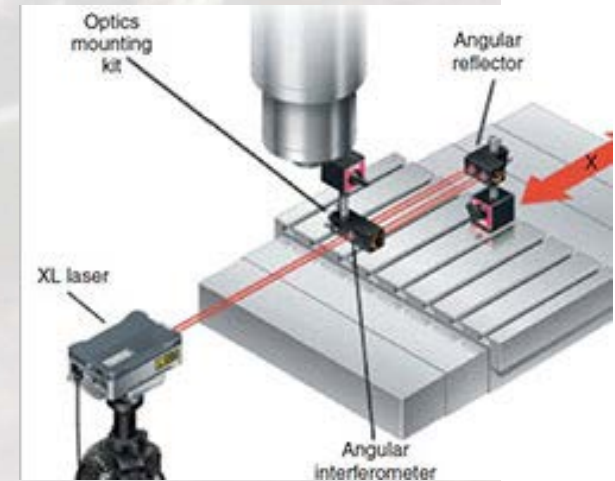
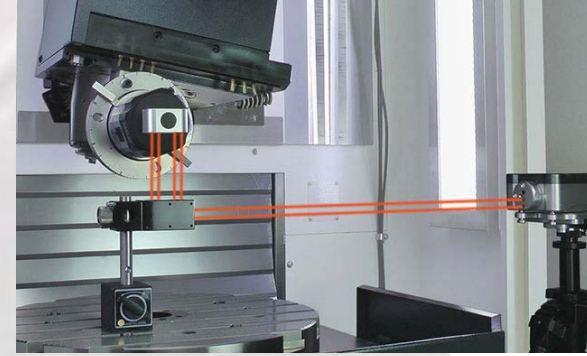
Lazer interferometreler



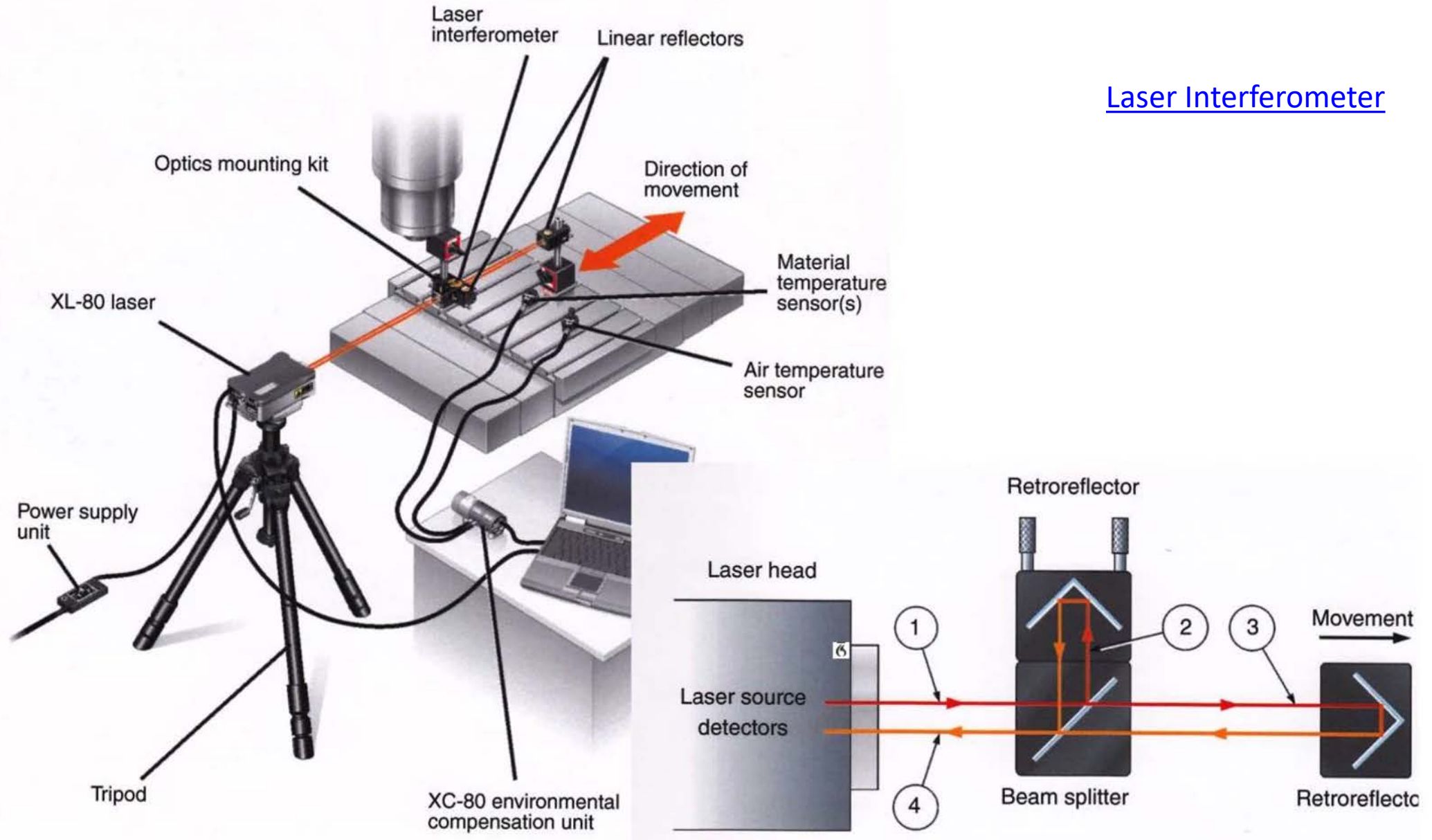
- yüksek hassasiyetli ölçümler için kullanılan cihaz (mesafe, açılar... vb.)
- Lazerin çok küçük, kararlı ve doğru bir şekilde tanımlanmış dalga boyunu bir ölçü birimi olarak kullanır.

Uygulamaları

- ✓ Parçacık Hızlandırıcı / Dedektör Hizalaması
- ✓ CMM ve CNC Kalibrasyonu
Yılda 1-4 kez Kalibrasyon gerektirir
Mutlak ölçüm yetenekleri ile kalibrasyon çok daha hızlı
- ✓ Kombine CMM ve CNC makineleri.
Mutlak mesafe ölçüm yeteneği
Özellikle büyük makineler için cazip (20-30m)
Maliyet düşürülürse küçük makinelerde.
- ✓ Metroloji destekli montaj işlemleri
Uçak kanatlarının takılması

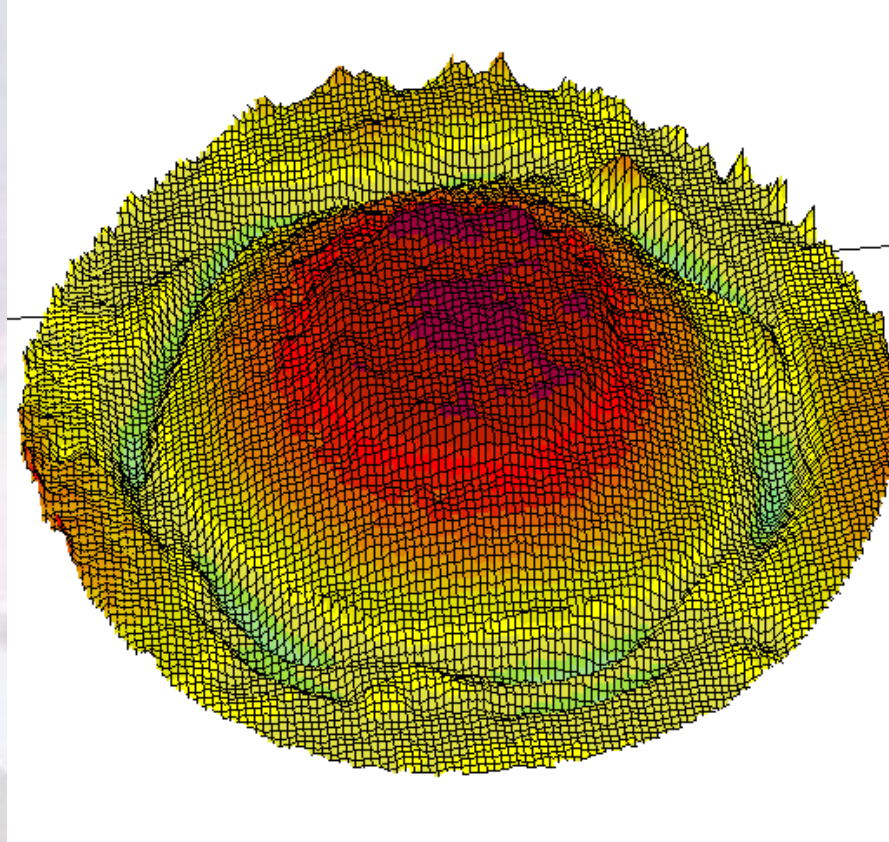


CNC TAKIM TEZGAHI KALİBRASYONU



Lazer interferometreler

Diğer uygulamalar, düzgünlük, düzlemsellik, hız ve titreşimler vb.



1500 Hz'de titreşen bir hoparlör