

1



### Elektron Mikroskopları

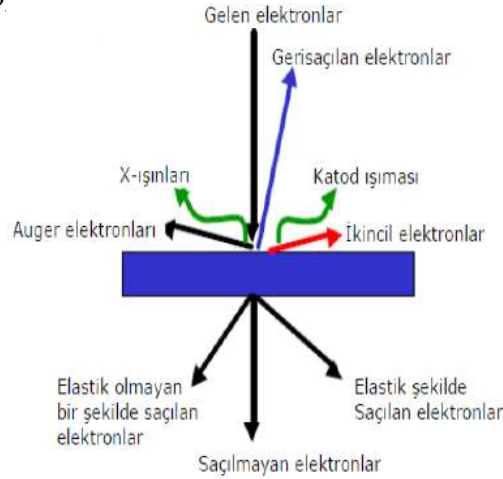
Işık ile görüntü veren mikroskoplarda, bir cisimdeki ayrıntıları görmede kullanılan ışığın dalga boyunun sınırlayıcı etmen olduğunu, modern optiğin kurucularından Ernst Karl Abbe(1840 – 1905) tarafından ileri sürülmüştür. Oysa daha aşağıda başka dünyaların olduğu düşüncesi çok sağladı ve ileride kanıtlanacaktı. iste bu kanıt; ışık yerine elektron demetlerinin numuneye gönderilmesi sonucu görüntü elde etmeyle ortaya çıktı.

Temel işleyiş mantığı ışık mikroskobuna benzeyen bu yeni mikroskoplarda, görünür ışıktan çok, daha küçük dalga boylu elektron ışınlarıyla görüntü elde edilecekti. Elektron gönderme işlemleri, saçılma yöntemleri olarak bilinmektedir. Bu yöntemde elektronlar veya fotonlar malzeme ile çarpıtılarak malzeme hakkında görüntü elde edilir. Görüntüleme işlemi elektronların veya fotonların(x-ışınları) saçılmalarıyla sağlanmaktadır. incelemelerde farklı saçılma yöntemleri kullanılmaktadır. Saçılma yöntemi ile kristal yapılı malzemelerin tabakaları arasındaki mesafe hassas bir şekilde ölçülür. Hassasiyet derecesi nanometrenin onda biri seviyelerindedir.

2

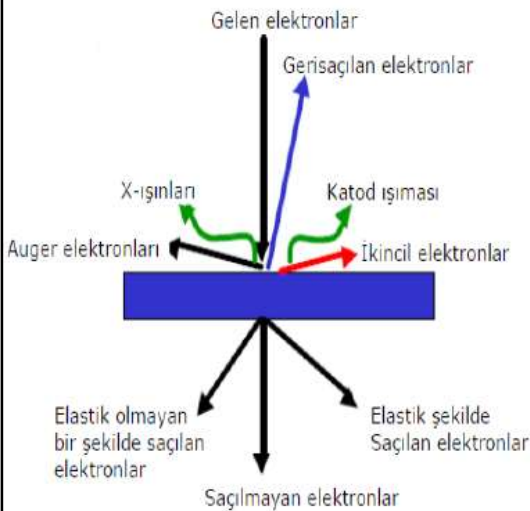
## Elektron Mikroskopları

Saçılma yöntemlerinde elektron-malzeme çarpışması söz konusu olduğundan dolayı bu çarpışmalar hakkında önce bazı fiziksel olaylardan bahsetmek faydalı olacaktır. Bir elektron demeti bir malzeme ile çarpıştığı zaman; bazı radyasyon(ışınlar) ve elektronlar yayar. Bu elektron ve ışınları şöyle sınıflandırabiliriz:



3

## Elektron Mikroskopları



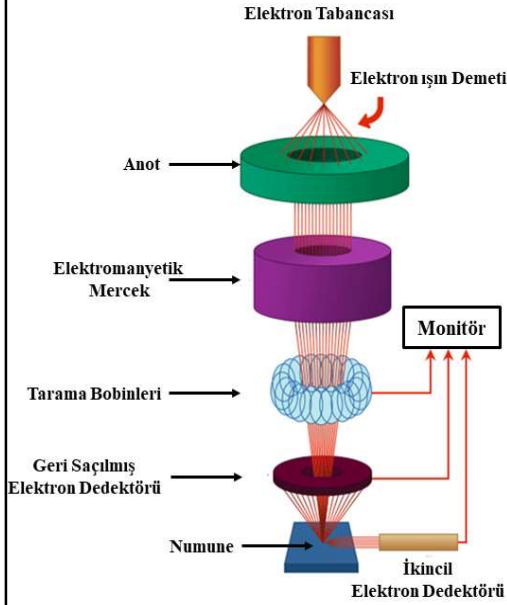
**X-ışınları:** Malzeme atomlarının iç kabuk elektronlarının geçişleri sonucunda meydana gelen ışınlardır ve malzeme atomlarının cinsleri ve bileşimleri hakkında bilgi verir.

X-ışınları yüksek enerjili elektronların yavaşlatılması veya atomların iç yörüngelerindeki elektron geçişleri ile meydana gelen, dalga boyları  $0.1-100\text{\AA}$  arasında değişen elektromanyetik dalgalardır. X-ışınları, görünür ışıktan çok daha kısa dalga boylarına sahiptirler.

X-ışınlarını 1895'te Röntgen isimli Alman makine mühendisi bulmuştur. Röntgen; bir Crooks tüpünü indüksiyon bobinine bağlayarak, tüpten yüksek gerilimli elektrik akımı geçirdiğinde, tüpten oldukça uzakta durmakta olan cam bir kavanoz içindeki baryumlu platin siyanür kristallerinde bir takım pırıltıların oluştuğunu gözlemiş; bu tür pırıltılara neden olan ışınlara, o ana kadar bilinmemesinden dolayı "**X-ışınları**" adını vermiştir.

4

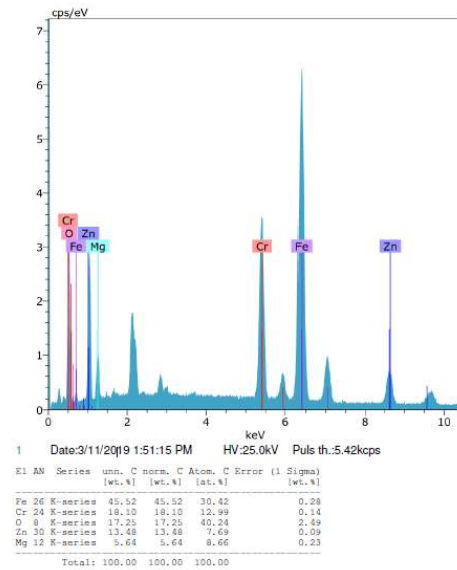
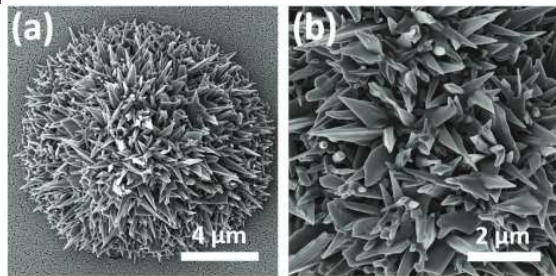
## Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM)



Taramalı elektron mikroskobu (SEM), odaklanmış yüksek enerjili elektron demeti yardımıyla çok küçük cisimlerin büyük ölçüde görüntülerini oluşturan bir mikroskop tekniğidir. Taramalı elektron mikroskobunda, elektronlar numunedeki atomlarla etkileşerek numune yüzeyinin topografik görüntüsü ve kompozisyonu hakkında bilgiler içeren farklı sinyaller üretir. Elektron demeti yüzeyi tarar ve demetin konumu, algılanan sinyalle eşleştirilerek görüntü oluşturulur.

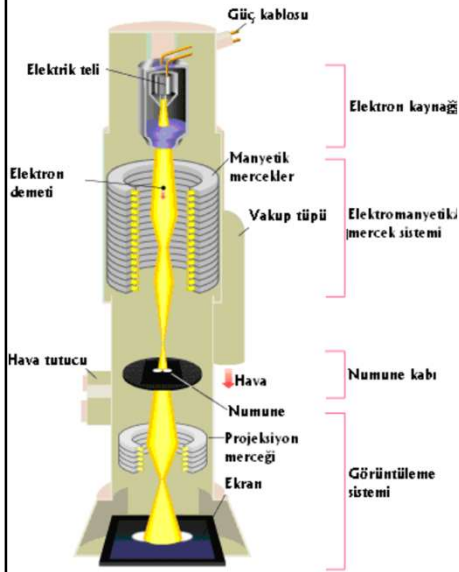
Odaklanmış ışın demetindeki elektronlar örnek numune yüzeyi ile elastik olmayan çarpışma yaparak enerjilerini elektronlara aktarırlar ve ikincil elektronları oluştururlar. Bu elektronların enerjileri 50 eV civarındadır ve numune yüzeyinin hemen altında ortaya çıkar. Numune yüzeyinde bulunan ikincil elektronlar, dedektör yardımı ile toplanır ve yüksek çözünürlükte topografik görüntü elde edilir.

7



11

## Geçirimli Elektron Mikroskobu (TEM)

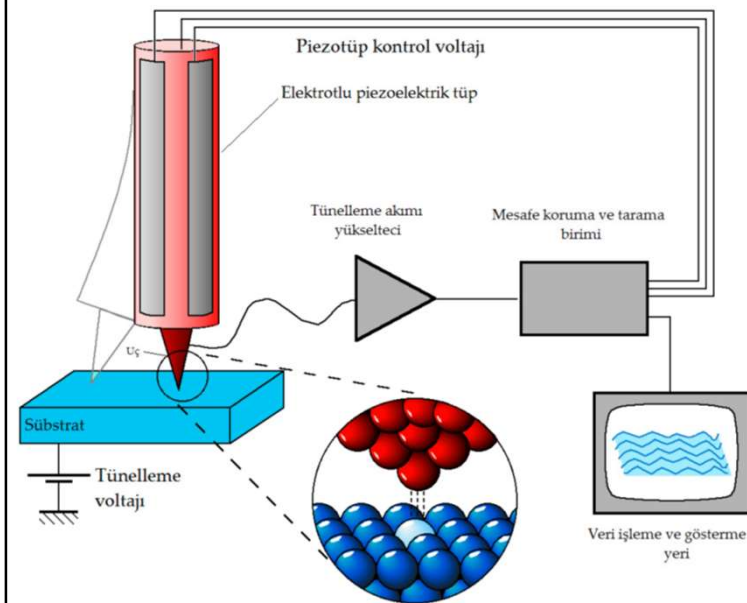


TEM ticari olarak ilk defa Siemens tarafından üretildi. TEM, atom seviyesinde görüntü elde edebilen hassas bir yöntem ve cihazdır. Bu yöntemin “**taramalı elektron Mikroskobu (SEM)**” yönteminden farkı, **TEM’de elektron demetinin numune içinden geçerek yol almasıdır**. Elektron demeti kaynaktan yayıldıktan sonra mercekler aracılığı ile numuneye odaklanır. Numuneye gelen elektron demeti malzemenin içinden geçerek malzemenin yapısı ile ilgili görüntü oluştururlar.

Bu mikroskopta elektron demeti incelenmek istenen numunenin içinden geçirildiğinden, numunenin çok ince olması gerekiyor. incelenen malzeme çok ince olduğu zaman da malzemenin temel özelliklerini yansıtmayabiliyordu. Bununla birlikte bir başka sorun da numuneden geçen elektron demetinin çok kısa bir sürede soğuruluyor olmasıydı. Bu sorunların çözümü için yüksek voltajlı elektron mikroskopları yapıldı. 1959’da G. Duppoy ve arkadaşları ilk yüksek voltajlı elektron mikroskopunu tasarladılar. Bu mikroskoplarda istenilen kalitede görüntü elde edilebilmesi için çok yüksek gerilimler(1-3 milyon volt gibi) kullanılmaktaydı.

12

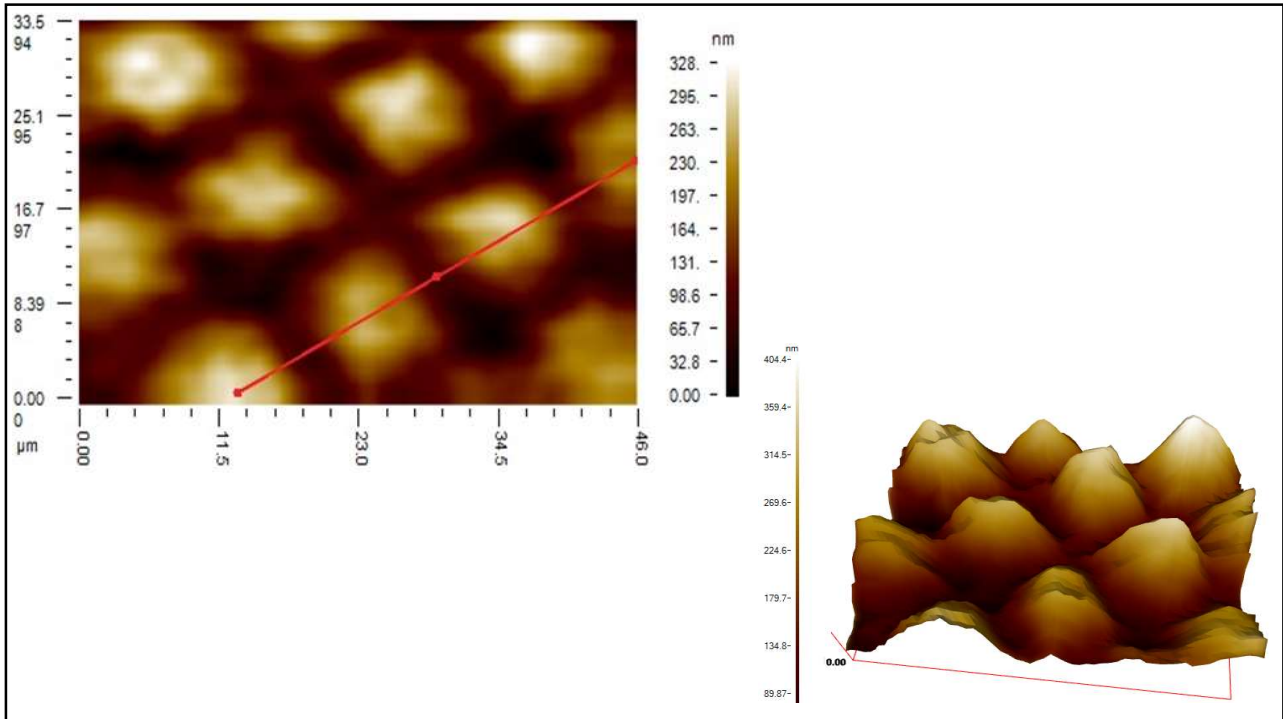
## Taramalı Tünelleli Mikroskop (Scannig Tunneling Microscope- STM)



G.Binnig ve H.Rohrer tarafından 1981’de bulundu. STM yanal çözünürlüğü 0.1 nm, derinlik çözünürlüğü 0.01 nm çözünürlükle işlem yapar. Bu yöntemde piezoelektronik uç kullanıldığı için önce bir cisim ne zaman **piezoelektronik** olur onu belirtelim; cismin uçlarına stres uygulandığı zaman, elektrik yükleri oluşuyorsa; ya da cisim elektrik alanına sokulduğu zaman, cisim üzerinde bir stres oluşturulabiliyorsa bu cisim piezoelektroniktir denilir.

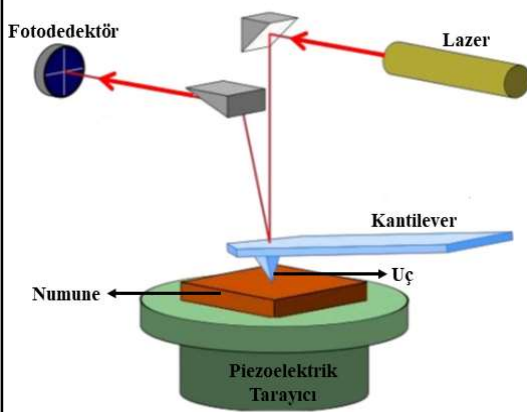
14





18

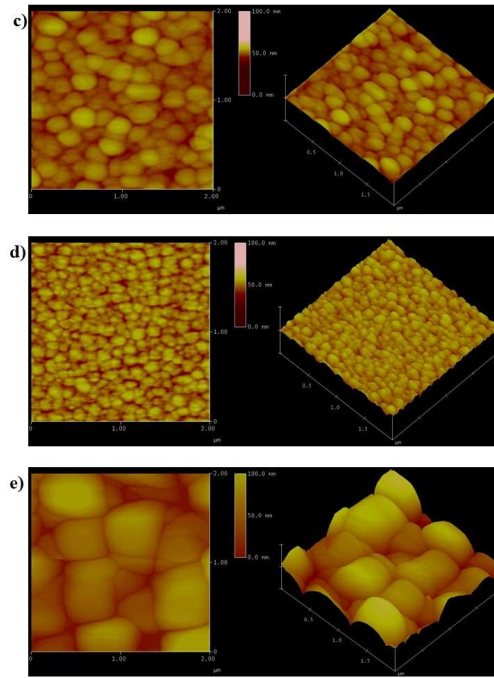
### Atomik Kuvvet Mikroskobu (Atomic Force Microscope-AFM)



Malzemelerin yüzeyini çok hassas bir uç yardımıyla tarayarak atomlar arası kuvvetleri nano-newton hassasiyetinde ölçebilen Atomik kuvvet mikroskobu (AFM) 1986 yılında Gerd Binnig, Calvin F. Quate ve Christopher Herber tarafından icat edilmiştir.

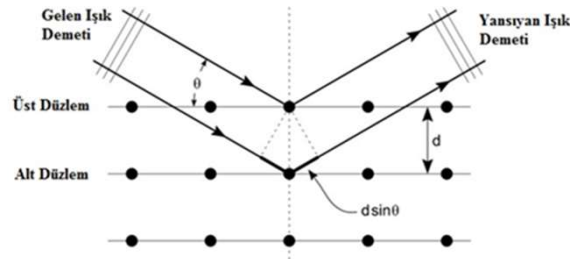
AFM'in çalışma prensibi, uç kısmında esnek bir kantilever ve (yüzeyi taramak için kullanılan) buna bağlı sivri bir ucun numune yüzeyi ile etkileşim kuvvetinin ölçülmesidir. Uca numune yüzeyi tarafından uygulanan kuvvet, kantileverin bükülmesine neden olur. Kantileverin bükülme miktarı ölçülerek numune yüzeyi ile uç arasındaki etkileşimli kuvveti hesaplamak mümkündür. Uç, tarama için numune yüzeyine yaklaştığında, uçta bulunan atomlar ile örnek yüzeyindeki atomlar etkileşir.

19



22

### X Işını Kırınım Yöntemi (XRD)



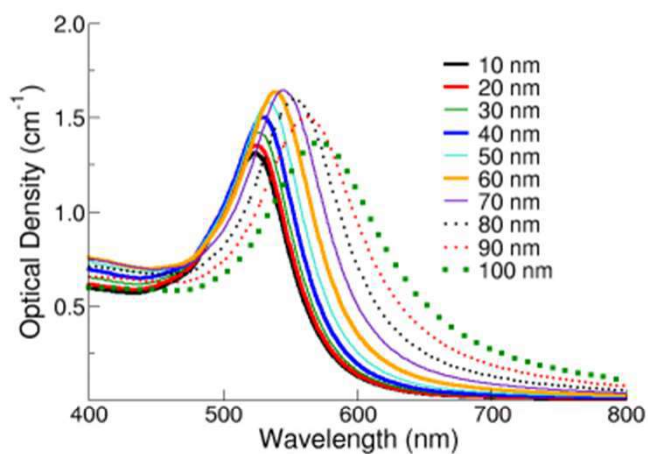
Şekilde görüldüğü gibi, bir ışın demeti düzlemlerden birisi ile  $\theta$  açısı yapacak şekilde hem üst hem de alt düzlemlerden yansımaktadır. Fakat alt düzlemden yansıyan demet üst düzlemden yansıyandan daha fazla yol kat etmektedir. İki demet arasındaki yol farkı  $2d \sin \theta$  olmaktadır. Bu yol farkı,  $\lambda$  dalga boyunun tam katına eşit olduğundan, yapıcı girişim oluşur. Aynı durum, paralel düzlemlerin tamamından olan yansımalar için geçerlidir. X-ışınları kullanılarak düzlemler arası uzaklık ( $d$ ), dalga boyu ( $\lambda$ ) ve  $\theta$  açısı bilindiği sürece doğru olarak hesaplanabilmektedir.

Bragg kırınım yasası,

$2d \sin \theta = n\lambda$  ( $n=0,1,2,\dots$ ) ifadesiyle verilir. Burada  $d$  kırınım yüzeyleri arasındaki mesafe,  $\theta$  geliş açısı,  $n$  bir tam sayı ve  $\lambda$  ( $1,54056 \text{ Å}$ ) demetin dalga boyudur.

27

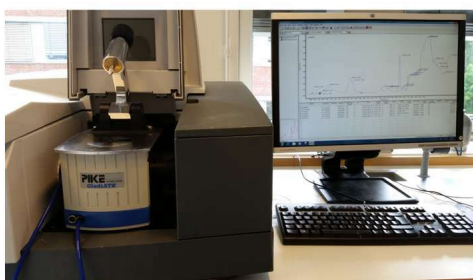
## UV-vis Spectroscopy



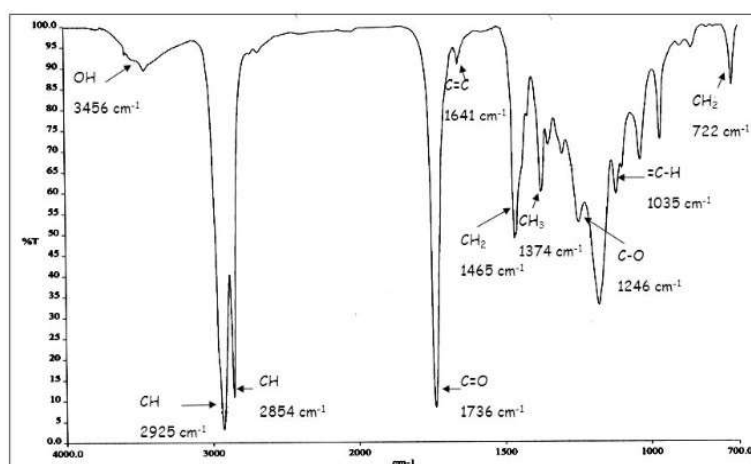
<https://www.youtube.com/watch?v=s5uIVQGFDE4>

38

## Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FT-IR)



- **Economical** – cells and mounts are generally inexpensive
- **Well established** – most traditional form of sample measurement
- **Excellent spectral information** – ideal for qualitative measurements
- **Great for quantitative work** – many standard operating procedures are based on transmission



A typical FTIR spectrum with a characteristic peaks.

39