



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

扫描电镜分析技术

电子探针

主讲：杨治刚

目录

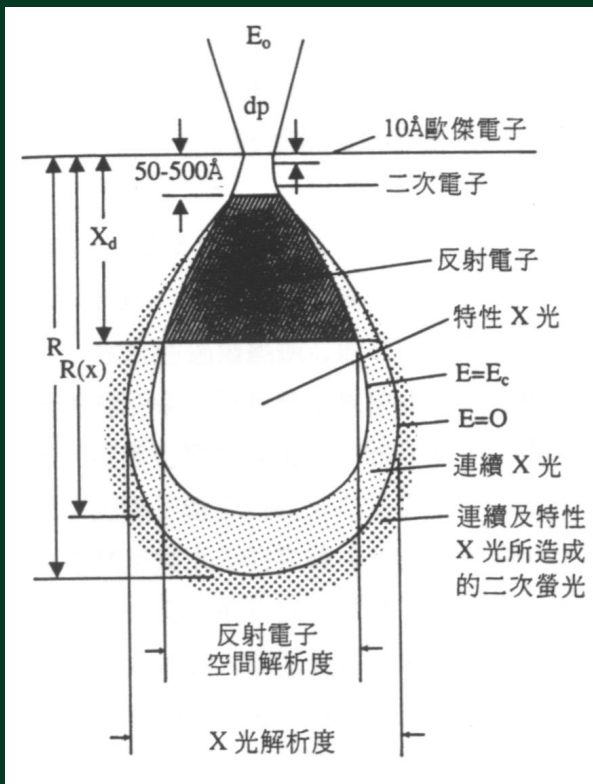


在线开放课程

- 工作原理
- 波谱仪
- 能谱仪

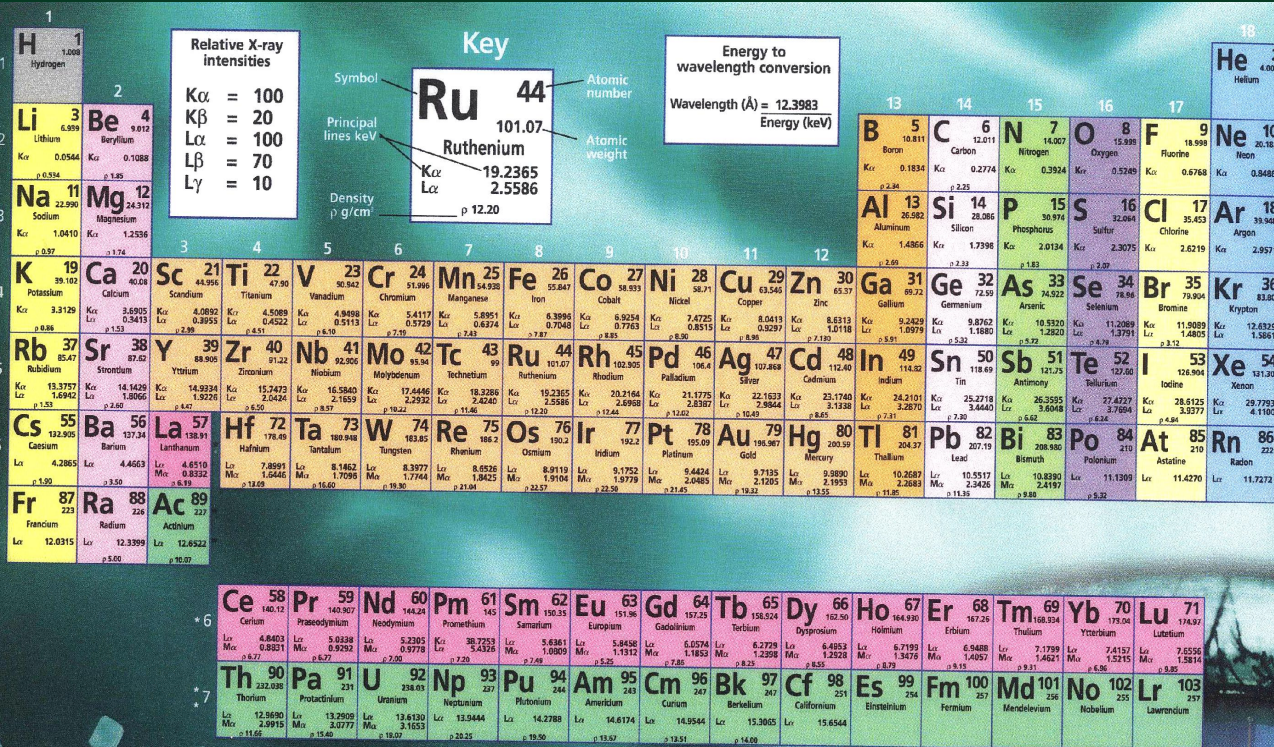


X射线 (X-ray)



➤ 当入射电子将原子核的内层电子轰击出后，外层电子会跃迁到内层轨道。产生的能量差以X射线光子的形式释放出去。

特征X射线



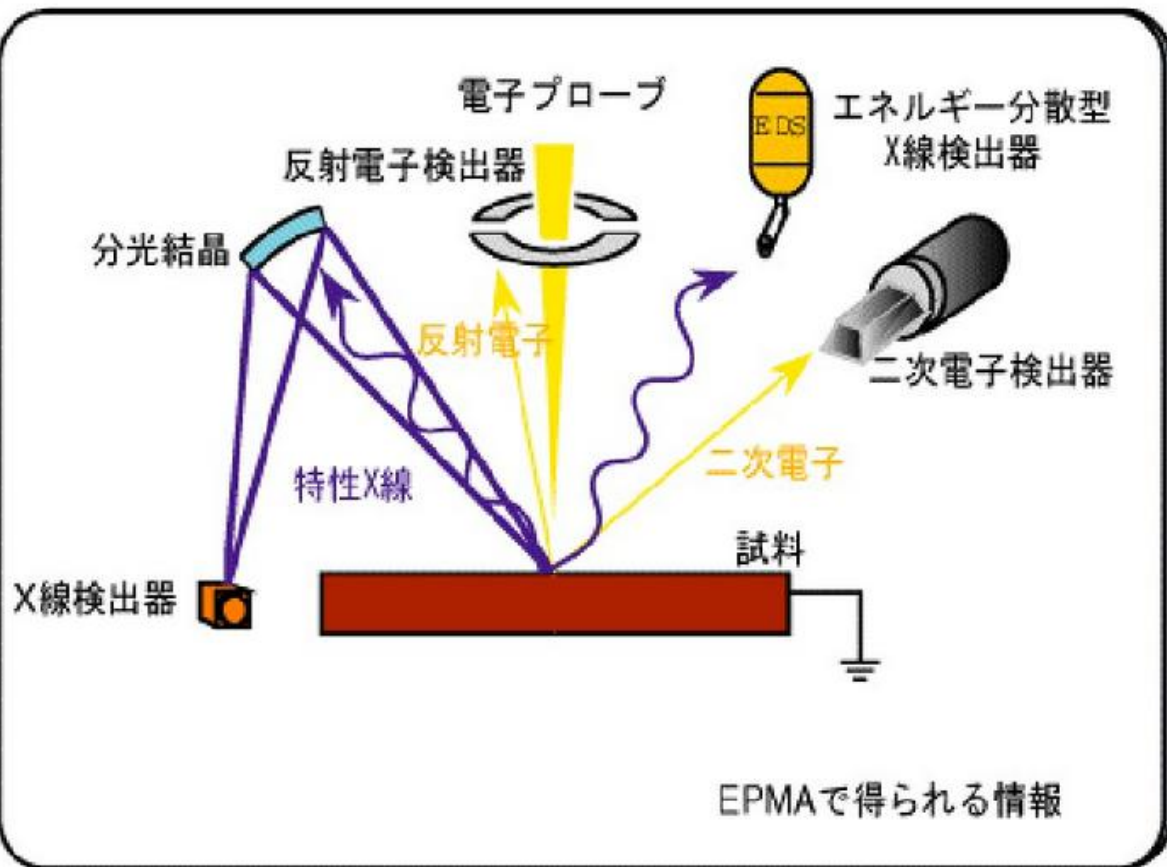
电子探针

- 电子探针（Electron Probe Microanalysis-EPMA）：

微区成分分析，基于电子光学和X射线光谱学原理。

- 原理：用细聚焦电子束入射样品表面，激发出样品元素的特征X射线，分析特征**X射线的波长（或能量）**可知元素种类；分析特征**X射线的强度**可知元素的含量。

电子探针



X射线谱仪

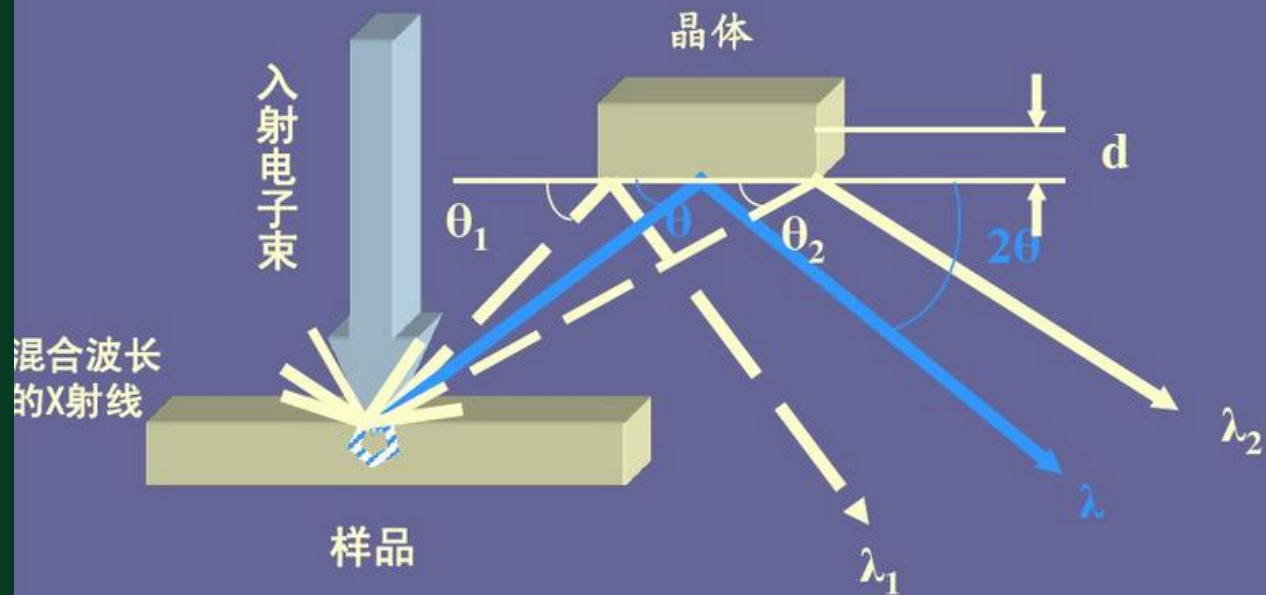
- X射线谱仪是电子探针的信号检测系统
 - 能量分散谱仪（EDS），简称**能谱仪**，用来测定X射线特征能量。
 - 波长分散谱仪（WDS），简称**波谱仪**，用来测定特征X射线波长。

波谱仪WDS

- **原理：**根据布拉格定律，从试样中发出的特征X射线，经过一定晶面间距的晶体分光，波长不同的特征X射线将有不同的衍射角。通过连续地改变 θ ，就可以在与X射线入射方向呈 2θ 的位置上测到不同波长的特征X射线信号。根据莫塞莱定律可确定被测物质所含有的元素。
- **组成：**分光晶体和X射线检测系统

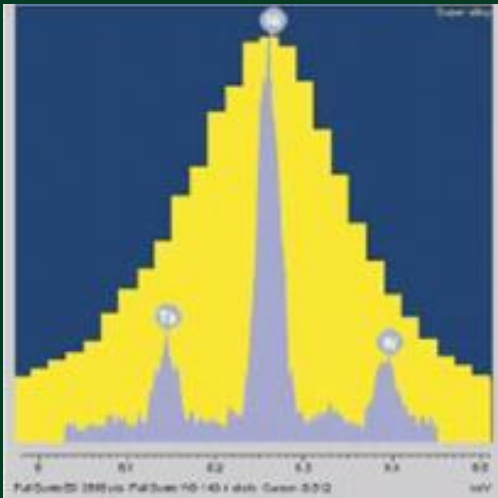
波谱仪WDS

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

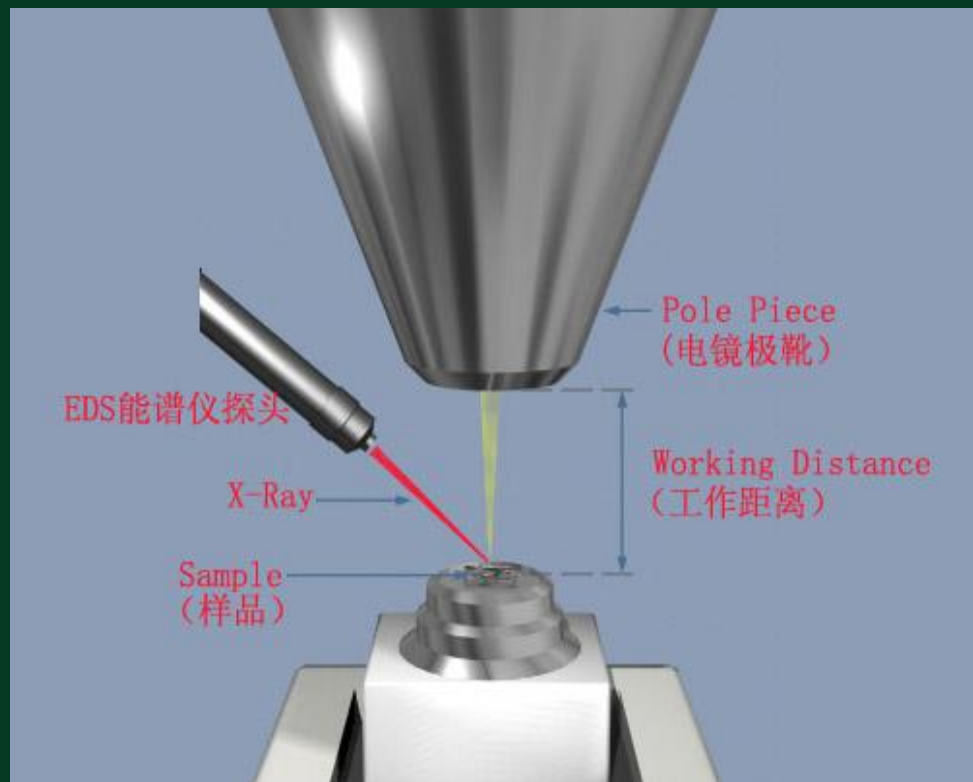


波谱仪 (WDS)

WDS的性能优势，例如**精确度高、检测极限低**。
Oxford推出EDS与WDS联合系统，可同时获得WDS
及EDS信号，操作简单。在轻元素分析上最低可到
Be元素。



能谱仪



能谱仪

EDS - Energy Dispersive Spectrometry

在线开放课程



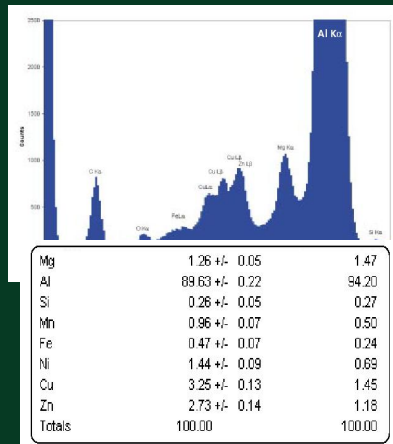
X-射线探测器

探测X射线
信号并转换
为电信号



脉冲处理器

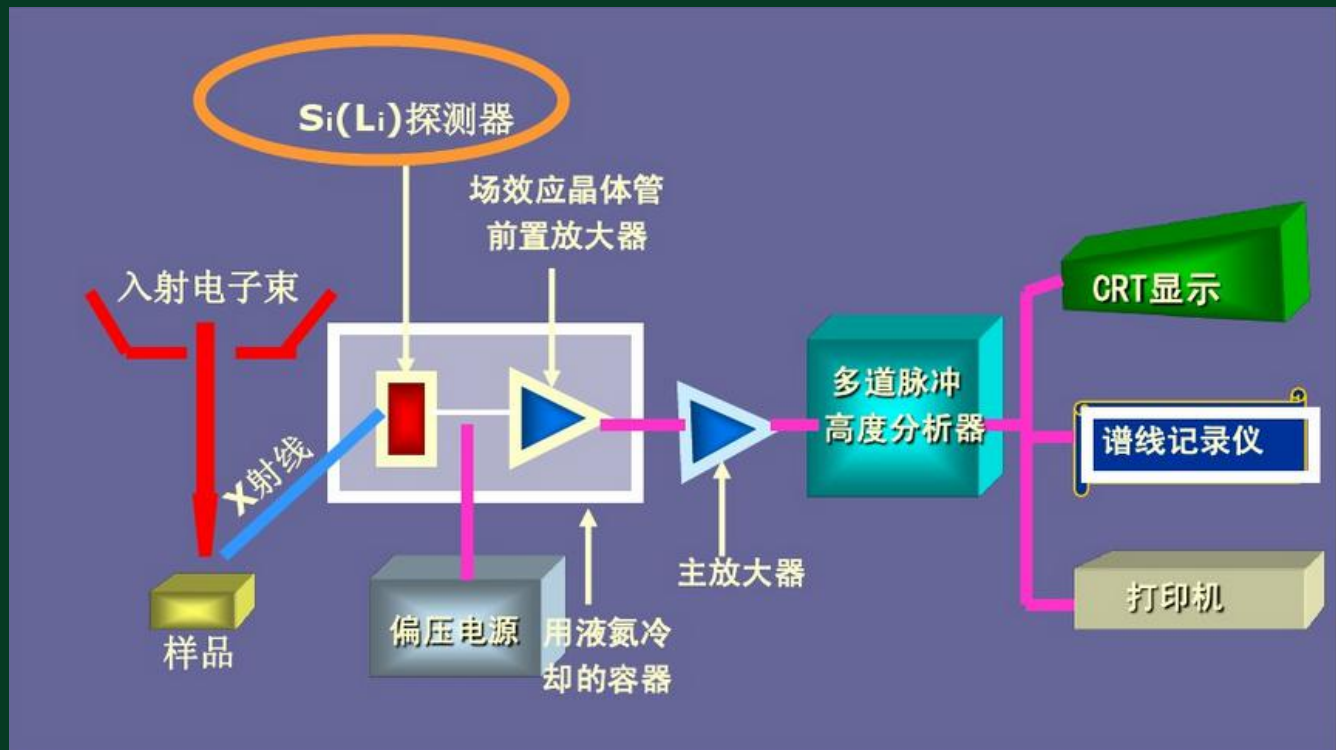
测量电子信号并
确定所接收到X
射线的能量



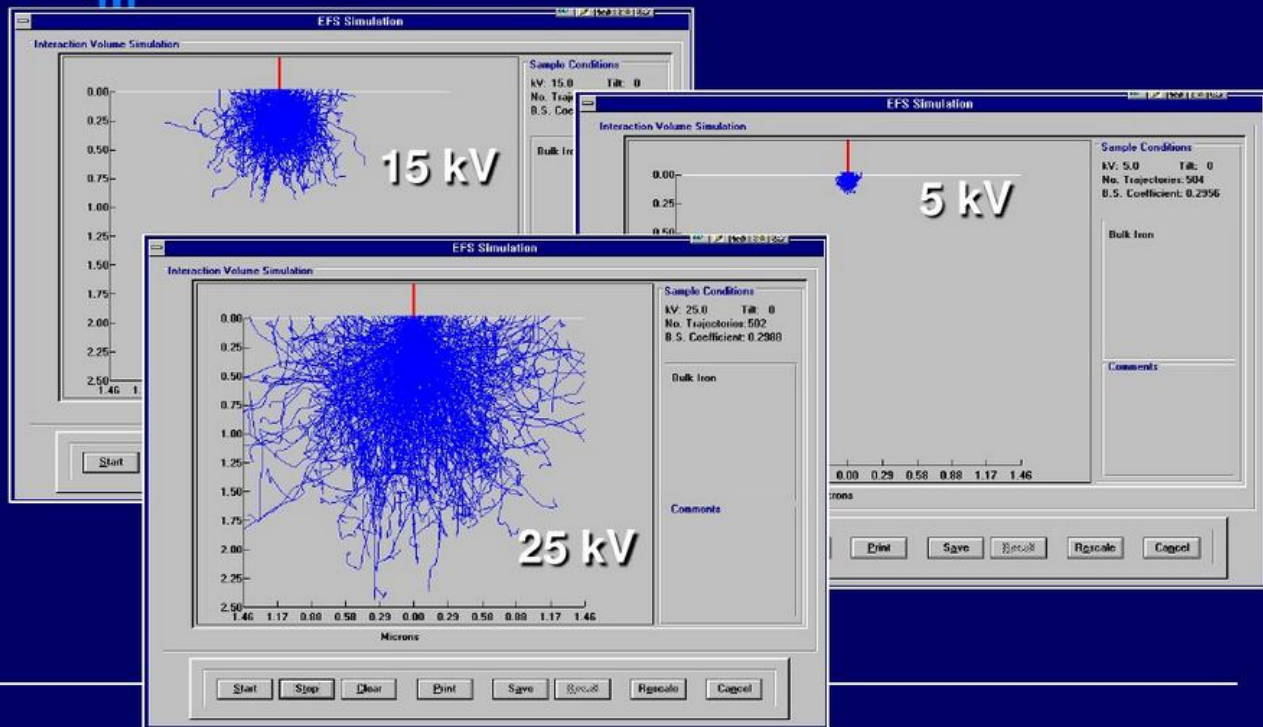
分析处理

显示并转换为
数据

EDS 硬件结构图



同一样品，不同能量电子束



能谱仪分析优点(相比波谱议)

1. **探测效率高。** EDS: 可达100%, WDS: 30%
2. **灵敏度高。** Si (Li) 探头
3. **分析效率高。**
4. **结构简单, 使用方便, 稳定性好。**

缺点和不足

1. 分辨率低：

- Si (Li) 检测器分辨率约为160eV；波谱仪分辨率为5—10eV

2. 分析元素范围窄：

- 能谱仪中因Si (Li) 检测器的**铍窗口限制了超轻元素的测量**，因此它只能分析原子序数大于11的元素；而波谱仪可测定原子序数**从4到92**间的所有元素。

3. 能谱仪的Si (Li) 探头必须保持在低温态，因此必须时时用**液氮冷却**。

小结



在线开放课程

波谱仪——根据波长

能谱仪——根据能量