










现代材料分析技术

Modern Methods of Materials Analysis

绪论

- 1.材料分析技术的概念 
- 2.材料分析的内容及相应的分析方法 
- 3.材料分析的理论依据 
 - 3.1 组织形貌分析 
 - 3.2 相结构分析 
 - 3.3 成分和价键分析 
 - 3.4分子结构分析 
- 4. 本课程的结构 
- 5. 本课程的特点 

1.材料分析技术

材料分析技术是关于材料分析测试技术及其有关理论的一门课程。

成分、结构、加工和性能是材料科学与工程四个基本要素，成分和结构从根本上决定了材料的性能，对材料的成分和结构的进行精确表征是材料研究的基本要求，也是实现性能控制的前提。



2.材料分析的内容

- 表面和内部组织形貌。包括材料的外观形貌（如纳米线、断口、裂纹等）、晶粒大小与形态、各种相的尺寸与形态、含量与分布、界面（表面、相界、晶界）、位向关系（新相与母相、孪生相）、晶体缺陷（点缺陷、位错、层错）、夹杂物、内应力。
- 晶体的相结构。各种相的结构，即晶体结构类型和晶体常数，和相组成。
- 化学成分和价键（电子）结构。包括宏观和微区化学成份（不同相的成份、基体与析出相的成份）、同种元素的不同价键类型和化学环境。
- 有机物的分子结构和官能团。

四大类材料分析方法

- 相应地，材料分析方法可以分为为形貌分析、物相分析、成分与价键分析与分子结构分析四大类方法。
- 基于其它物理性质或电化学性质与材料的特征关系建立的色谱分析、质谱分析、电化学分析及热分析等方法也是材料现代分析的重要方法。但相对而言，上述四大类方法在材料研究中应用得更加频繁，因此本教材侧重介绍这四类常见的分析方法。



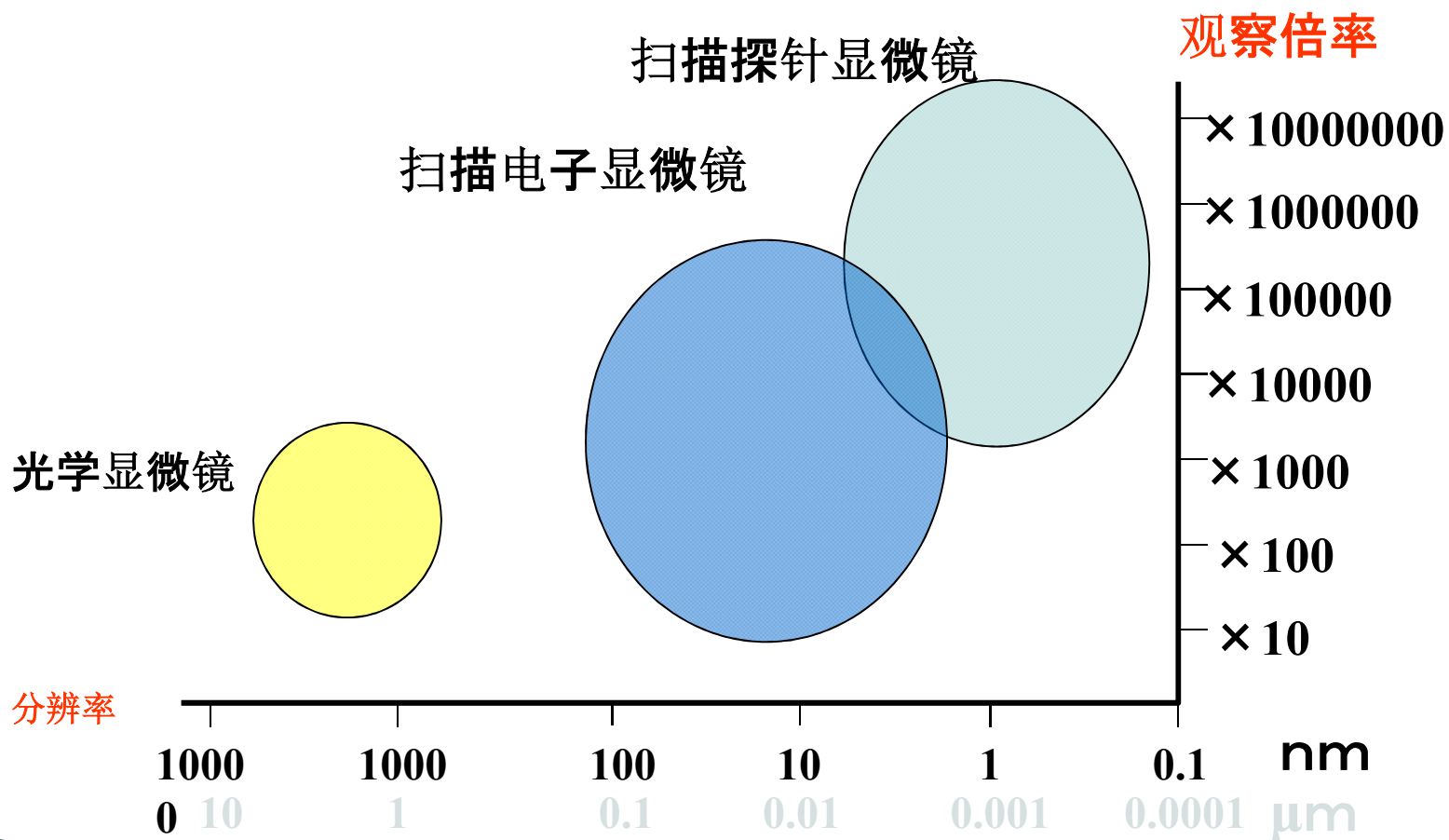
3. 材料分析的理论依据

- 尽管材料分析手段纷繁复杂，但它们也具有共同之处。
- 除了个别研究手段（如**SPM**）以外，基本上是利用入射电磁波或物质波（**X**射线、电子束、可见光、红外光）与材料作用，产生携带样品信息的各种出射电磁波或物质波（**X**射线、电子束、可见光、红外光），探测这些出射的信号，进行分析处理，即可获得材料的组织、结构、成分、价键信息。

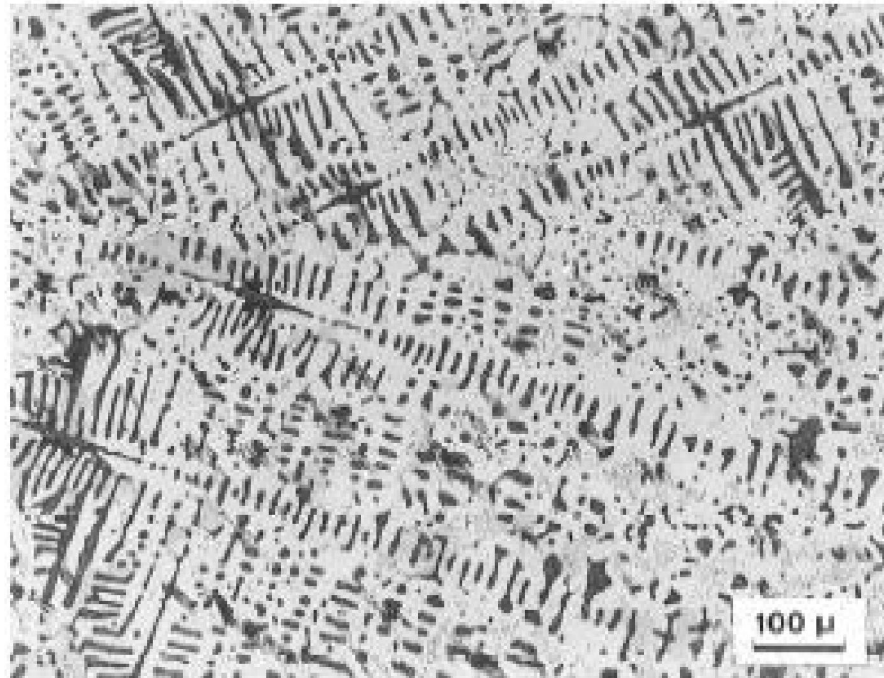
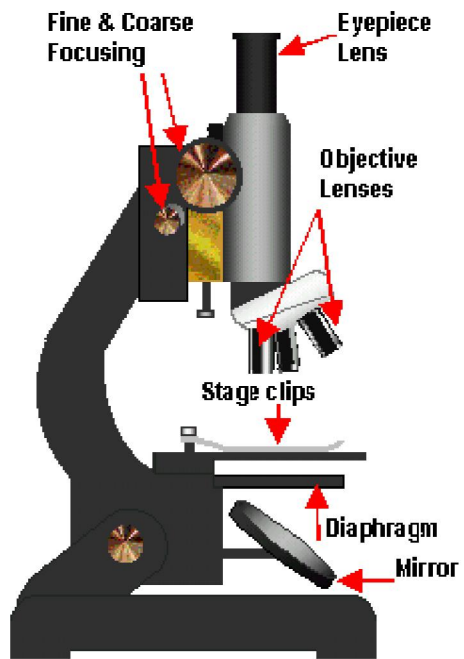
3.1 组织形貌分析

- 微观结构的观察和分析对于理解材料的本质至关重要，组织形貌分析借助各种显微技术，认识材料的微观结构。表面形貌分析技术经历了光学显微镜(OM)、电子显微镜(SEM)、扫描探针显微镜(SPM)的发展过程，现在已经可以直接观测到原子的图像。

三种组织分析手段的比较



OM

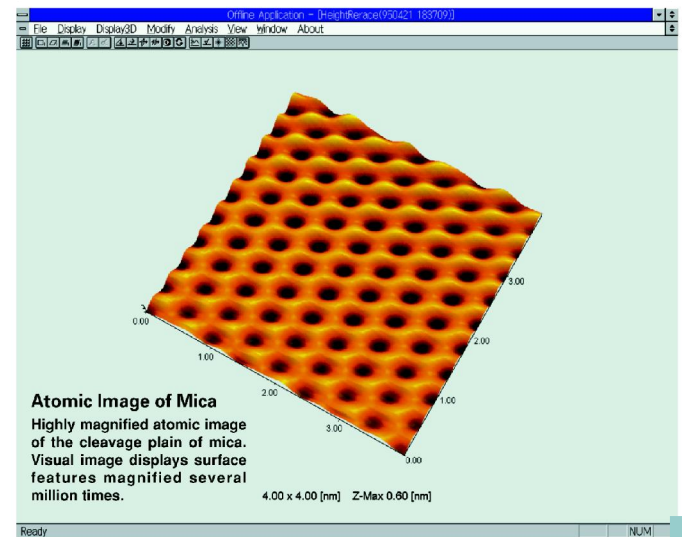
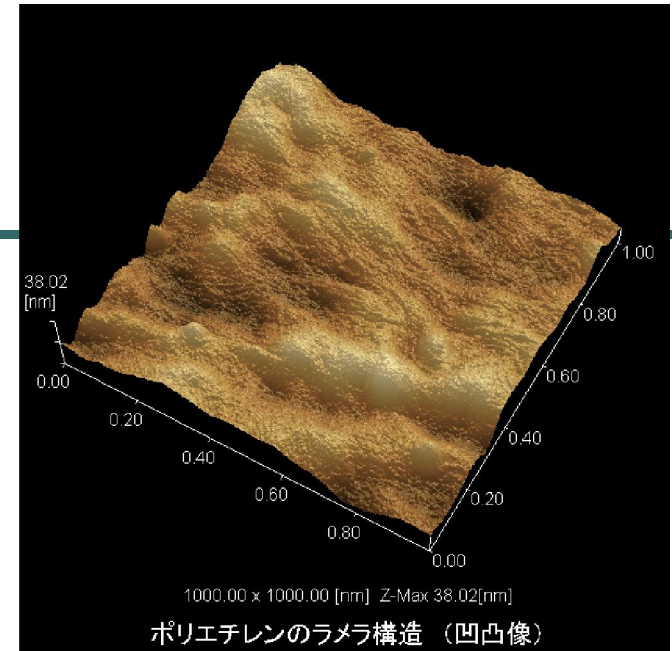


Ni-Cr合金的铸造组织

SEM



SPM



云母的表面原子阵列

3.2 物相分析

- 利用衍射分析的方法探测晶格类型和晶胞常数，确定物质的相结构。
- 主要的物相分析的手段有三种：**x**射线衍射(**XRD**)、电子衍射(**ED**)及中子衍射(**ND**)。
- 其共同的原理是： 利用电磁波或运动电子束、中子束等与材料内部规则排列的原子作用产生相干散射，获得材料内部原子排列的信息，从而重组出物质的结构。

XRD



理学D/max 2000自动X射线仪

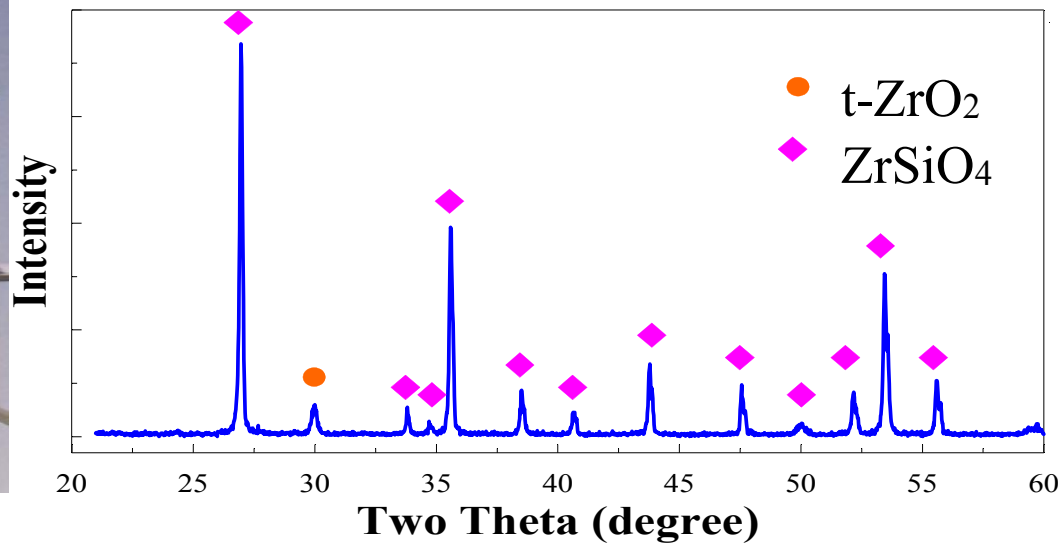
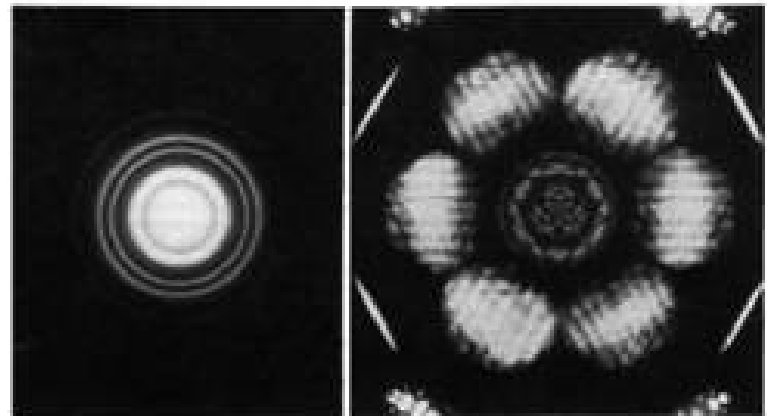
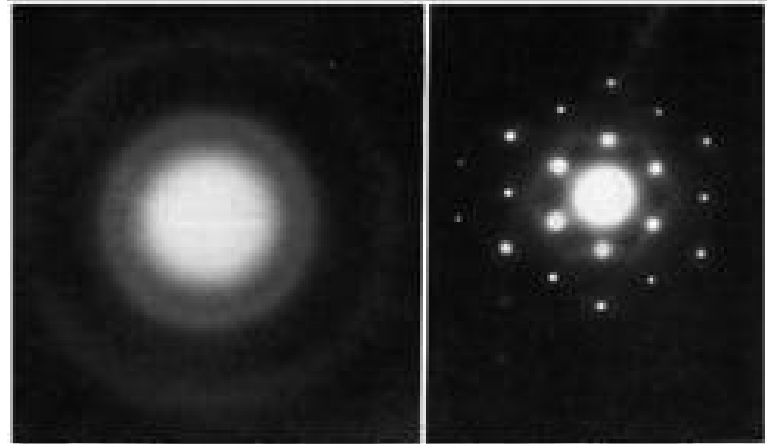


图2 锆英石为主晶相的X射线谱

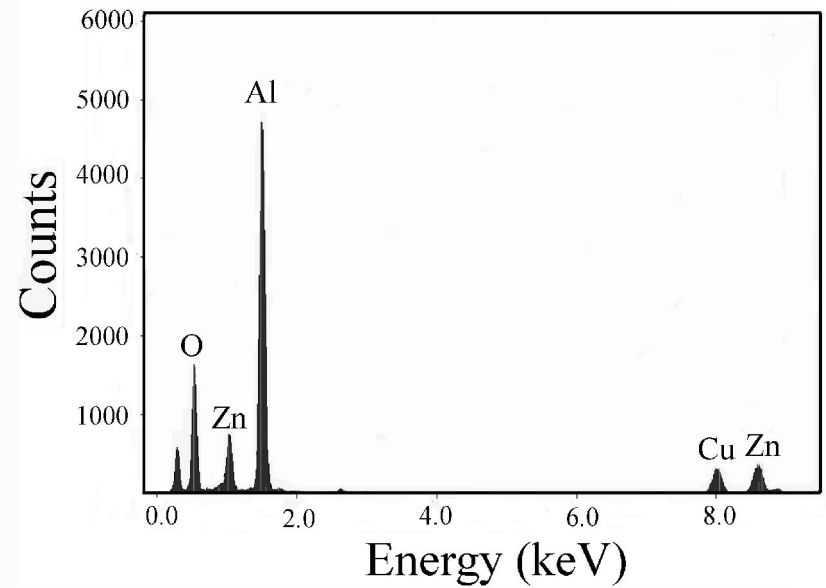
TEM



3.3 成分和价键分析

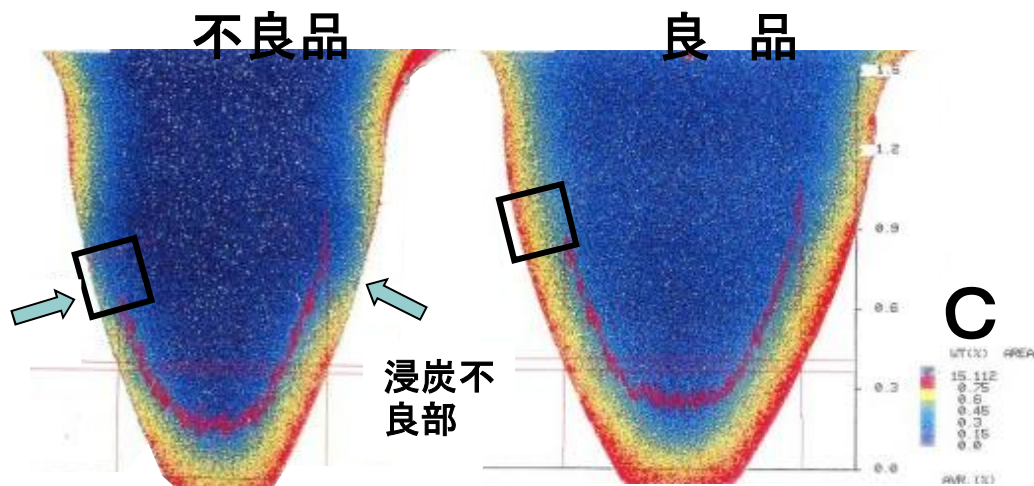
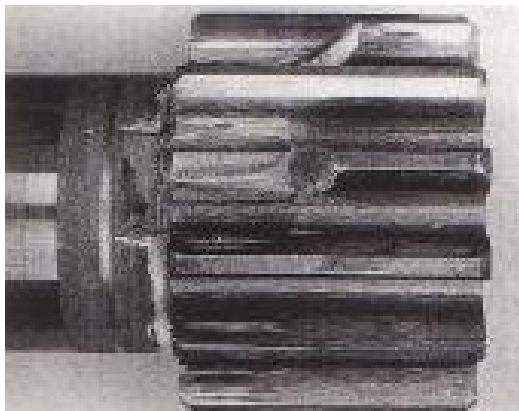
- 大部分成分和价键分析手段都是基于同一个原理，即核外电子的能级分布反应了原子的特征信息。利用不同的入射波激发核外电子，使之发生层间跃迁、在此过程中产生元素的特征信息。
- 按照出射信号的不同，成分分析手段可以分为两类：**X光**谱和电子能谱，出射信号分别是**X射线**和**电子**。
- **X光谱**包括**X射线荧光光谱(XFS)**和电子探针**X射线显微分析(EPMA)**两种技术，
- 电子能谱包括**X射线光电子能谱(XPS)**、俄歇电子能谱(**AES**)、电子能量损失谱(**EELS**)等分析手段。

EPMA

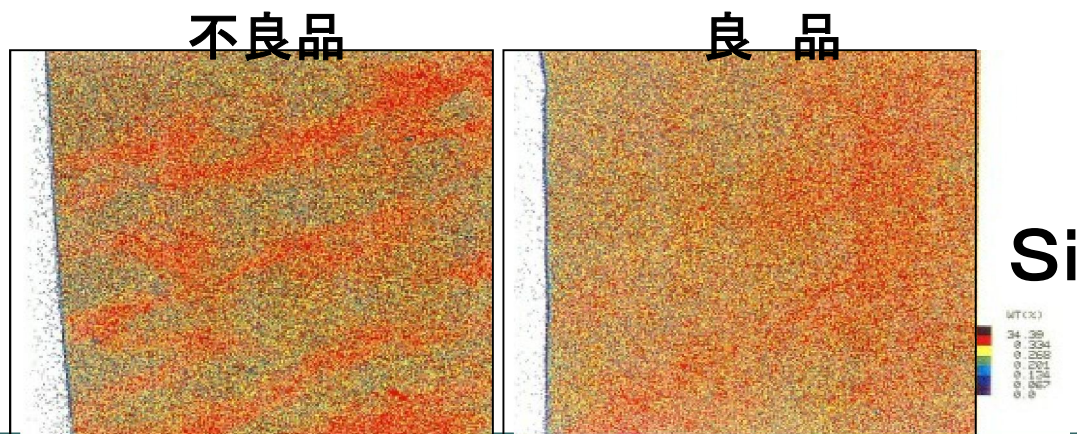


島津EPMA-1600

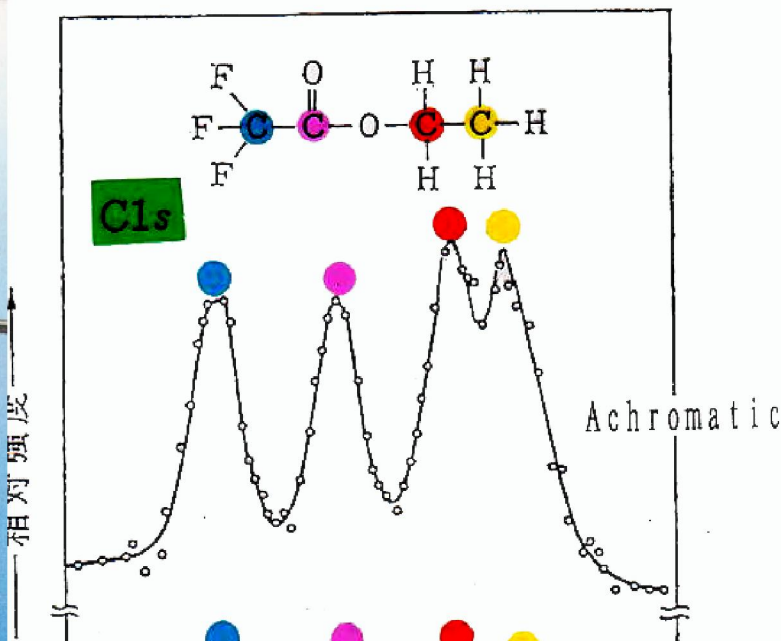
EDS应用举例



齿轮疲劳失效，是由于
渗碳处理不均匀，根本
原因在于硅的偏聚。



XPS



3. 4 分子结构分析

- 利用电磁波与分子键和原子核的作用，获得分子结构信息。红外光谱（**IR**）、拉曼光谱（**Raman**）、荧光光谱（**PL**）等是利用电磁波与分子键作用时的吸收或发射效应，而核磁共振（**NMR**）则是利用原子核与电磁波的作用来获得分子结构信息的。



4. 本课程的结构

- 本教材分为四篇，分别为组织形貌分析、晶体物相分析、成分和价键（电子）结构分析和分子结构分析，每一篇中的材料分析方法具有共同的原理。
- 在每一篇的开始，专门设一章概论来介绍该类分析的含义意义、介绍共同的理论基础、对各种技术手段作分析对比。



5. 本课程的特点

- 1) 系统性。依照材料研究方法的基本原理，将各种分析手段按照材料研究的本质分类。
- 2) 本质性。提炼出每一类分析方法共同的本质，对共同原理进行深入分析和介绍，便于学生从本质上理解基本原理。
- 3) 选择性。现代材料分析手段纷繁复杂，很难也没有必要在一本教材里对每种方法进行详细地介绍。本教材首先是精选出若干种最常规和广泛使用的分析手段，其次着重从每种分析手段的分析原理上介绍，而避免对仪器细节和公式推导的过多铺陈，从而有助于学生抓住重点，获得明晰的认识。
- 4) 前沿性。使用大量典型研究成果作为范例，使学生对于仪器的使用效果产生直观的认识，有助于将来的实际运用。

