



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

透射电镜分析技术

衍射花样标定

主讲：杨治刚

目录



在线开放课程

- 电镜成像方式
- 衍射花样与晶体学关系
- 多晶样品标定方法

透镜成像的两个过程



在线开放课程

1. 第一个过程是平行电子束遭到物的散射作用而分裂成为各级衍射谱，即由**物变换到衍射**的过程；
2. 第二个过程是各级衍射谱经过干涉重新在像平面上会聚成诸像点，即由**衍射重新变换到物**（像是放大的物）的过程。

透射电镜成像方式

衍射成像（由结构决定）→ 电子衍射花样



在物镜后焦面上形成

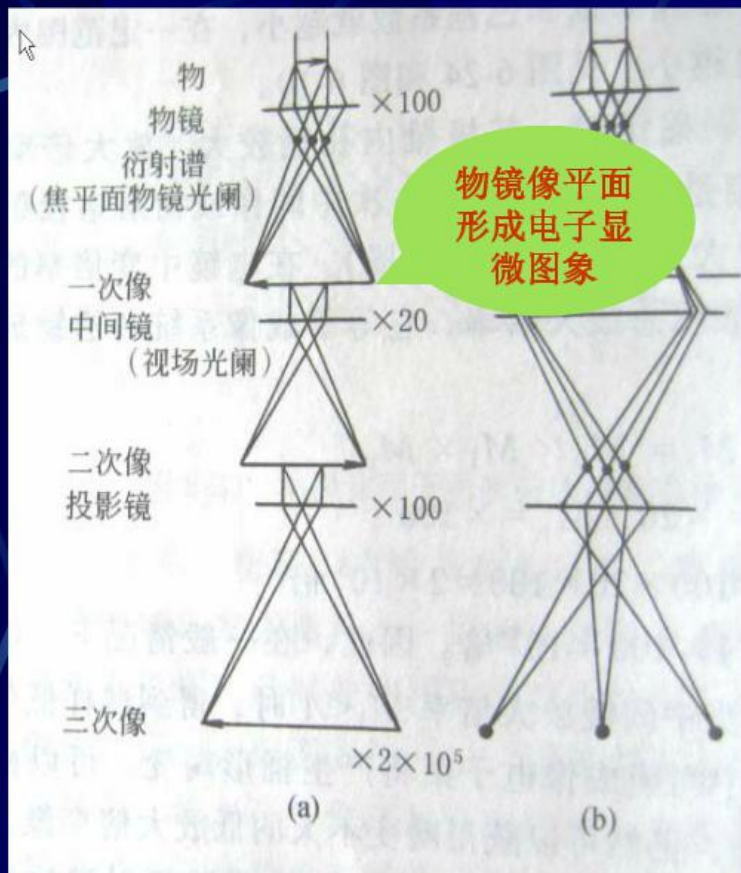
显微成像（显微形貌、缺陷）→ 电子显微图像

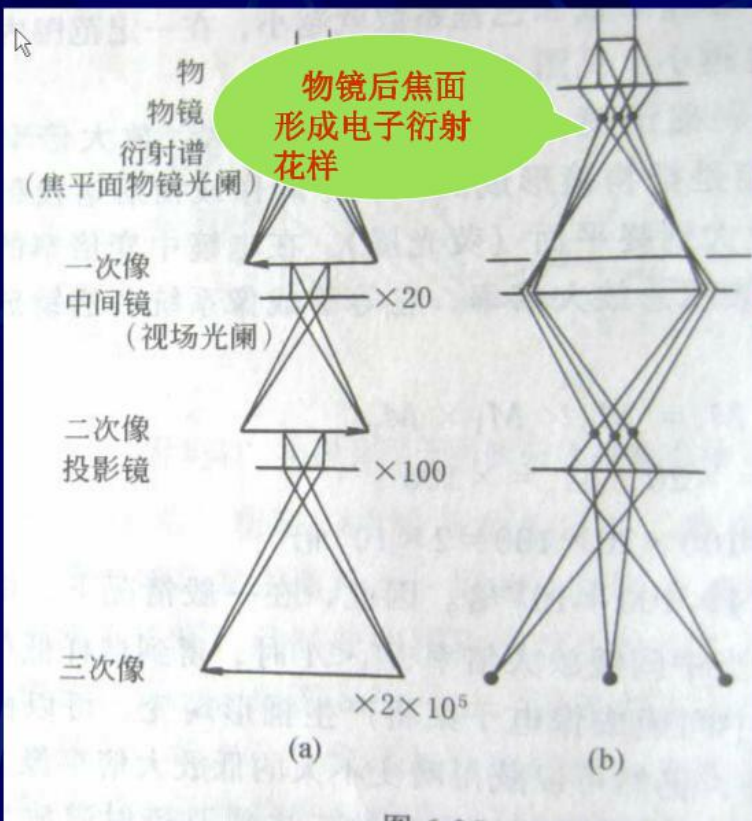


在物镜像平面上形成

显微图象

调节物镜线圈
电流，使**中间
镜物平面与物
镜象平面重合**，
则通过中间镜，
投影镜观察的
是试样**电子显
微图象(a)**





电子衍射
调节物镜线圈
电流，使中间
镜物平面与物
镜后焦面重
合，则通过中
间镜，投影镜
观察放大的衍
射花样(b)

透射电镜分析

电子显微图象

振幅衬度

质厚衬度

(电子散射,
形貌观察)

衍射衬度

(电子衍射,观察结构
缺陷和形貌)

相位衬度

(透射束与散射束相互干涉,观察结构)

电子衍射花样

斑点花样(单晶样)

环花样(多晶样)

衍射花样与晶体学关系

❖ Bragg定律:

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

d = 晶面间距

λ = 电子波长

θ = Bragg 衍射角

❖ 衍射花样投影距离:

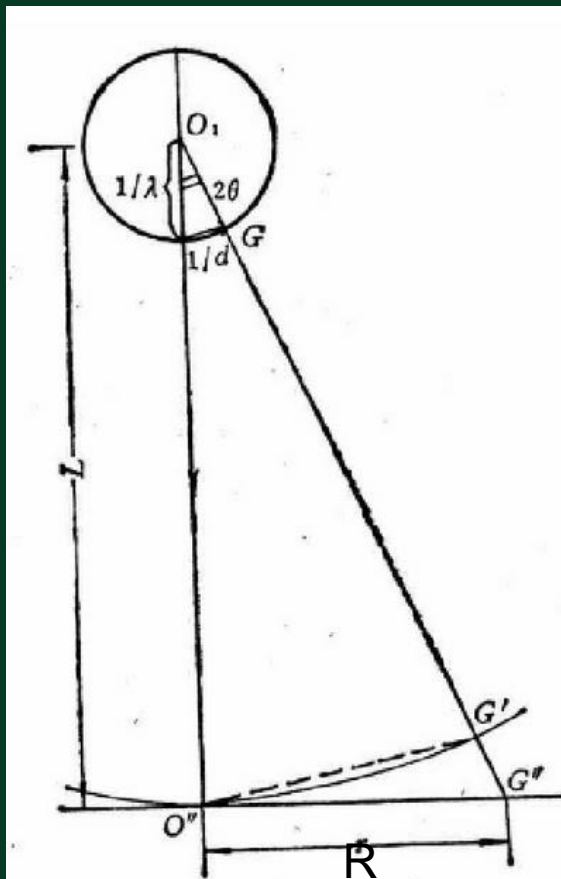
$$R = L \tan 2\theta$$

当 θ 很小

$$\tan 2\theta \approx 2\theta$$

$$\sin \theta \approx \theta$$

$$Rd = L\lambda = \text{常数}$$



公式推导过程:

$$\left. \begin{aligned} \frac{R}{L} &= \frac{g_{hkl}}{k} \\ g_{hkl} &= \frac{1}{d_{hkl}}; k = \frac{1}{\lambda} \end{aligned} \right\} \Rightarrow$$
$$\frac{R}{L} = \frac{\lambda}{d} \rightarrow Rd = \lambda L$$

通常将 **$K = \lambda L = Rd$** 称为相机常数，而 **L** 被称为相机长度。

电子衍射花样的标定与分析

多晶体衍射花样标定:

多晶衍射花样是一个同心衍射圆环。



晶体结构已知:

- 1、测出各衍射环的直径，算出它们的半径；
- 2、考虑晶体的消光规律，算出能够参与衍射的最大晶面间距，将其与最小的衍射环半径相乘即可得出相机常数和相机长度（如果相机常数已知，则直接到第3步）；
- 3、由衍射环半径和相机常数，可以算出各衍射环对应的晶面间距，将其标定。如果已知晶体的结构是面心、体心或者简单立方，则可以根据衍射环的分布规律直接写出各衍射环的指数。

晶体结构未知，但可以确定其范围的多晶电子衍射花样的标定



在线开放课程

- 1、首先看可能的晶体结构中有没有面心、体心和简单立方，如有，看花样与之是否对应；
- 2、测出各衍射环的直径，算出它们的半径；
- 3、考虑消光规律，算出最大面间距，在得到相机常数和相机长度，再算剩余晶面间距。
- 4、按最吻合的相将其标定。

晶体结构完全未知的多晶电子衍射花样的标定



在线开放课程

- 1、首先想办法确定相机常数；
- 2、测出各衍射环的直径，算出它们的半径；
- 3、算出各衍射环对应的晶面的面间距；
- 4、根据衍射环的强度，确定三强线，查PDF卡片，最终标定物相；这种方法由于电子衍射的精度有限，而且电子衍射的强度并不能与X射线一样可信，因此这种方法很有可能找不到正确的结果。

小结



在线开放课程

- 多晶样品的衍射标定方法

