

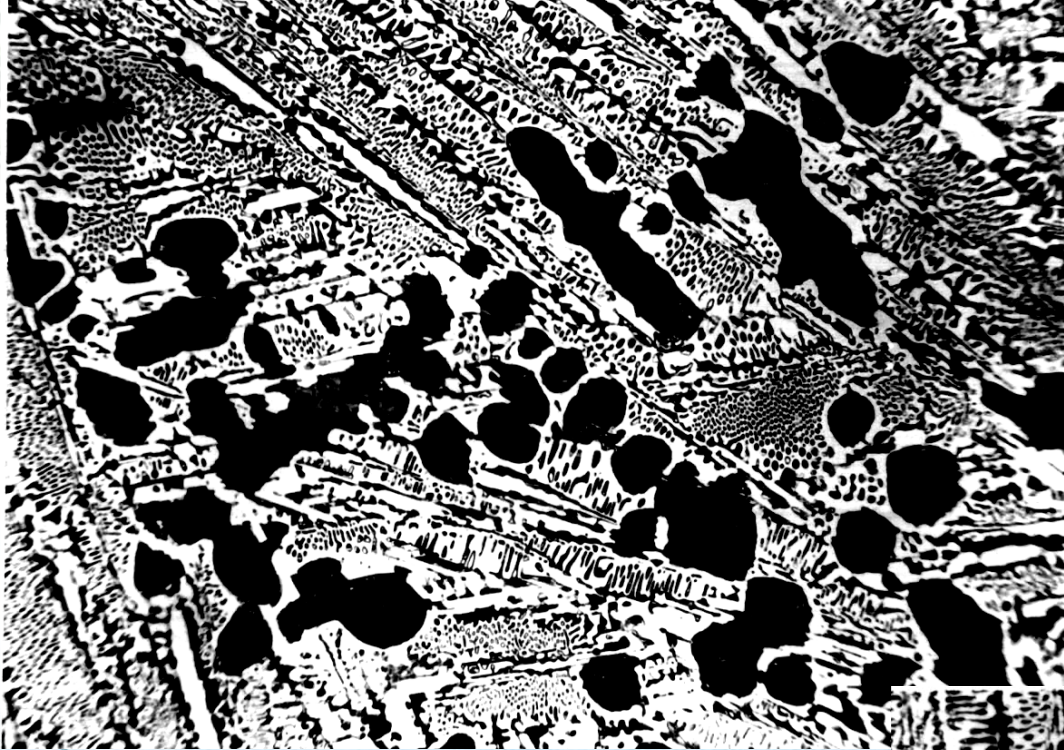
第三篇 透射电子显微学



- 正常情况下人眼所能分辨的最小细节大约是0.1mm。

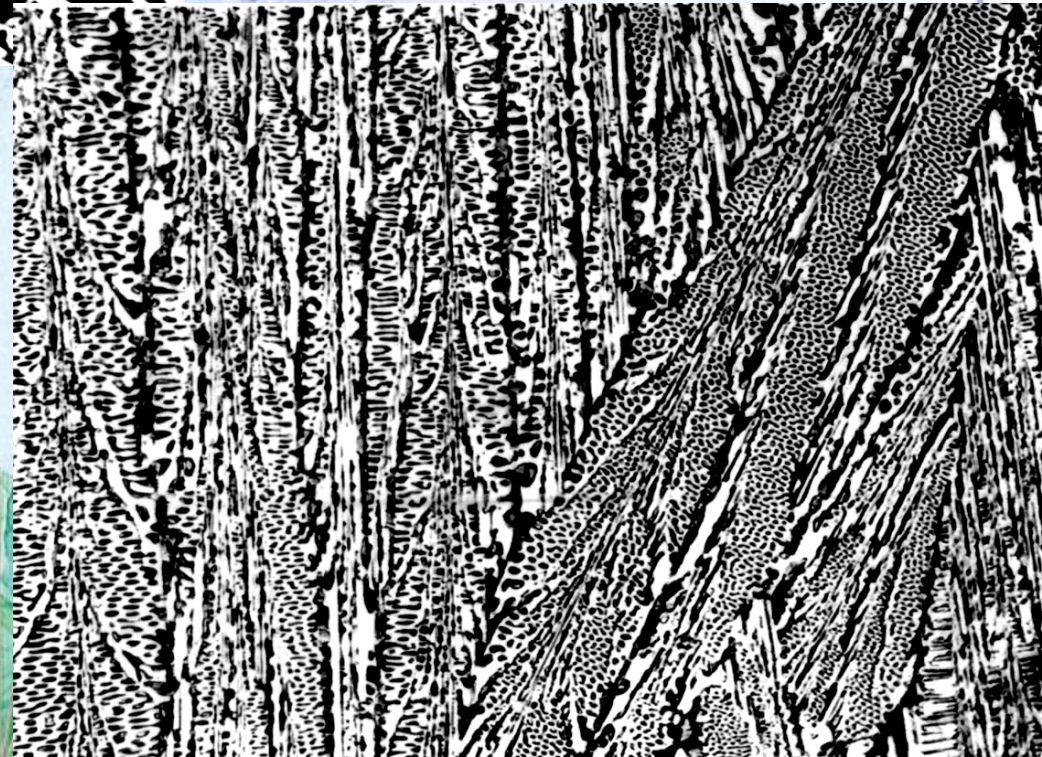
光学显微镜能够将
人眼的分辨率提高
1000倍。





亚共晶白口铁
铸造
树枝状珠光体+变温莱氏体

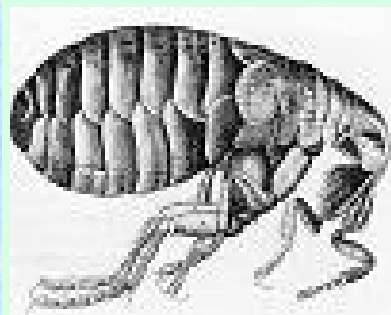
共晶白口铁
铸造
变温莱氏体



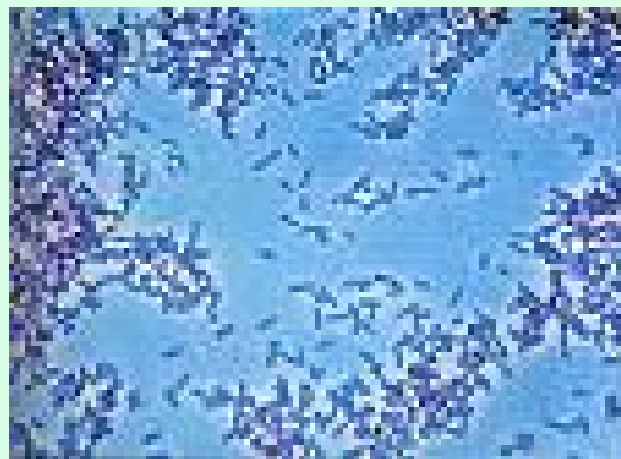
光学显微镜的应用实例



软木的细胞结构



跳蚤的图片



在光学显微镜下放大
1000倍的细菌



蚊子的头部
(200倍)

第一章 电子光学基础

1.1 分辨率

一个无限小的理想点光源 O ，经过会聚透镜 L 在位于像平面 S 的屏幕上成像 O' 的情况。由光阑 AB 限制的光束产生衍射，在屏幕上出现一系列干涉条纹，使得图象 O' 不是一个点像，而是一个由不同直径明暗相间的衍射环包围的亮斑——艾里斑。

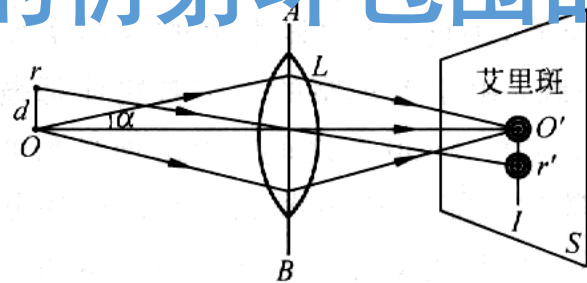


图 1-1 两个点光源像的叠加

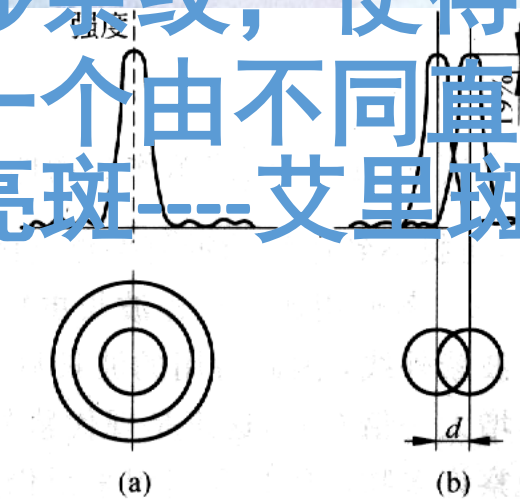


图 1-2 艾里斑与分辨率的示意图

(a) 艾里斑的强度分布；

(b) 两个点光源成像时的分辨极限

• **瑞利判据**：如果两个点光源接近到使两个光斑的中心距离等于第一级暗环的半径，且两个亮斑之间的光强度与峰值的差大于19%，则这两个亮斑尚能分辨开。

• **极限分辨距离d**

• **显微镜的分辨率d由下式决定**

•
$$d = 0.61 \frac{\lambda}{n \sin \alpha}$$

• λ - 光波在真空中的波长

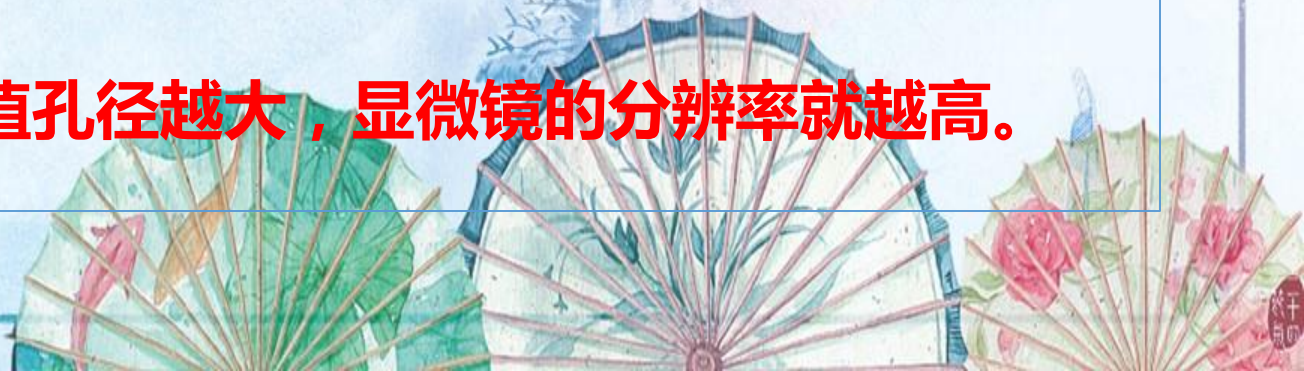
• α - 孔径半角

• n - 透镜和物体间介质的折射系数（折射率）

•
$$d = 0.61 \frac{\lambda}{NA}$$

• **数值孔径** $NA = n \sin \alpha$

• **波长越短，数值孔径越大，显微镜的分辨率就越高。**





- 电子波的波长

- 德布罗意公式： $\lambda = h/mu$

$h=6.626 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{S}$ 普朗克常数

m 运动电子的质量

u 电子的速度

- 计算电子波长的简化公式：

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0 eV}} = \frac{1.225}{\sqrt{V}}$$

- 透镜电压为100~200kV时，电子运动的速度可与光速相比，所以要

- 进行相对论修正，修正后的计算电子波长的简化公式：

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2m_0 eV(1 + \frac{eV}{2m_0 c^2})}} = \frac{1.225}{\sqrt{V(1 + 10^{-6}V)}}$$

表 1-1 电子波长随加速电压的变化

加速电压/kV	电子波长/Å	加速电压/kV	电子波长/Å
100	0.0370	300	0.0197
200	0.0251	1000	0.0087

■ 影响分辨率的因素

- 100kV时，电子波的波长为 0.037\AA ，理论分辨率约为 0.02\AA ，但是目前100kV的电镜实际分辨率大于 2\AA （目前1000kV的电镜实际分辨率可达 1\AA ）。
- 出现上述差异的原因是磁透镜还不完善，有像差。
- 另一个影响因素是样品本身，此外衬度效应起着重要作用。

1.2 电磁透镜

1. 短磁透镜的聚焦原理

- 均匀磁场一般由通电流的长螺线管产生,这种长螺线管产生的均匀磁场又称长磁透镜。
- 长螺线管产生的磁场具有聚焦成像的作用,但不能放大也不能缩小,故这种磁场不能用做显微镜的磁透镜。

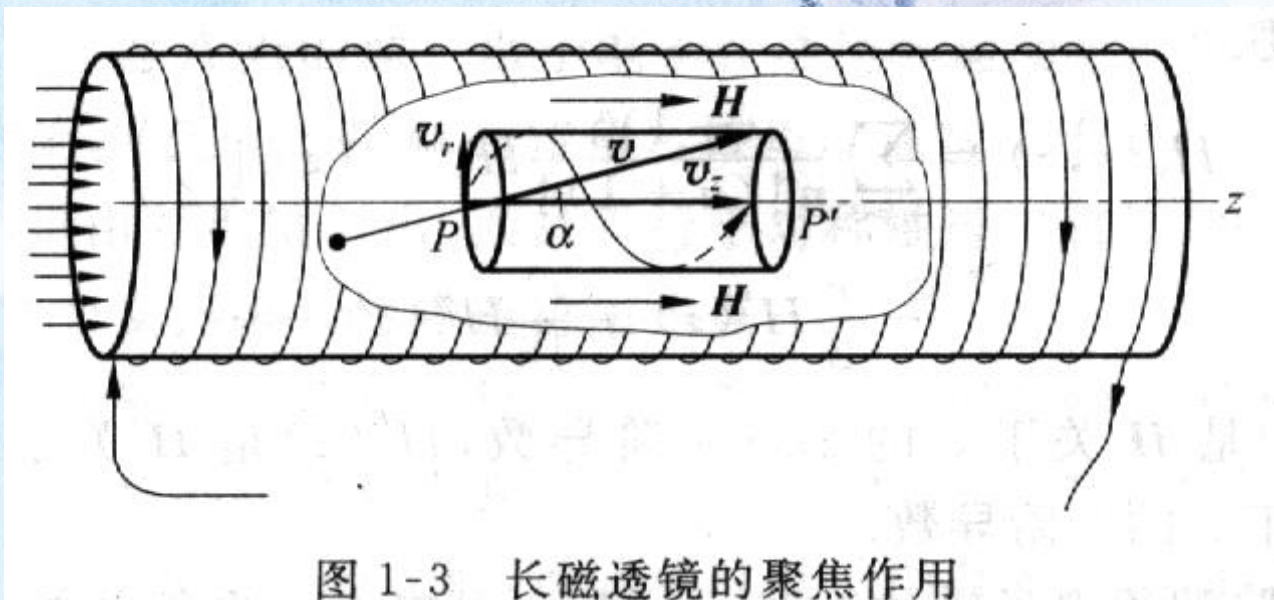


图 1-3 长磁透镜的聚焦作用

- 用非均匀对称磁场做成的透镜称为短磁透镜。
- 1, 不论磁场(或线圈)电流方向如何, 短磁透镜恒为会聚透镜。
- 2, 可借助调节线圈电流很方便地改变透镜的焦距, 这在实际应用上是很方便的。

- 3, 焦距与加速电压及电子速度有关, 电压越高, 电子速度越大, 焦距也越长. 因此在电子显微镜中需要加速电压高速稳定, 以减小透镜焦距的变化, 降低色差, 保持高质量的电子像。

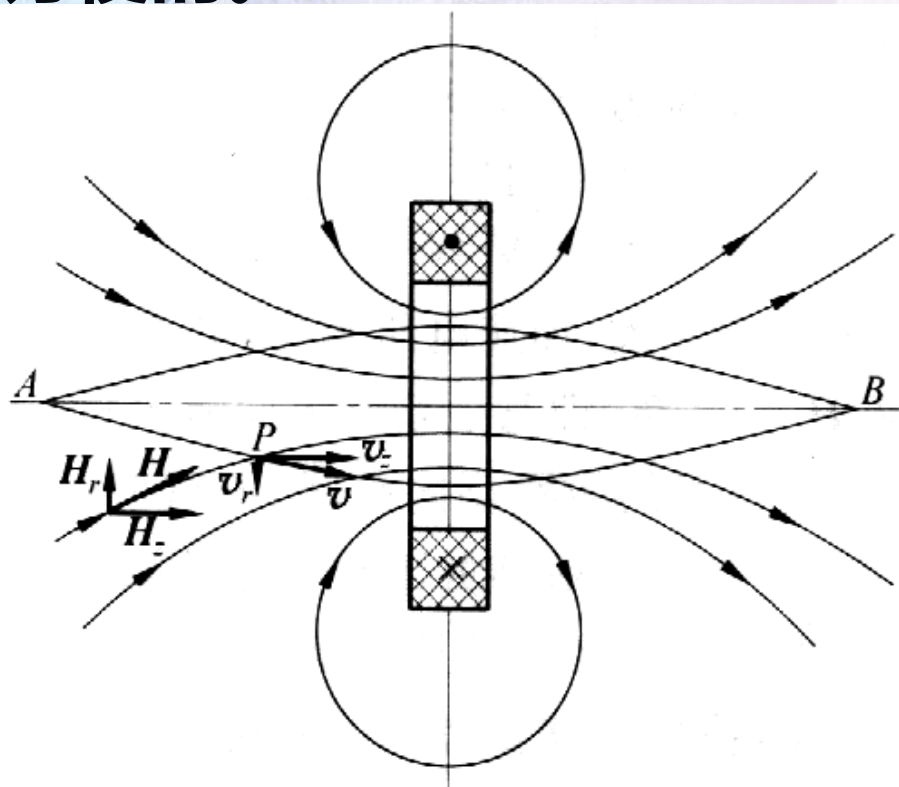
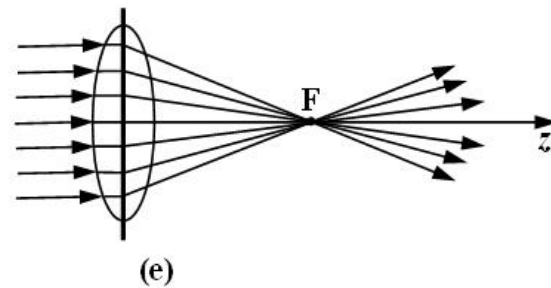
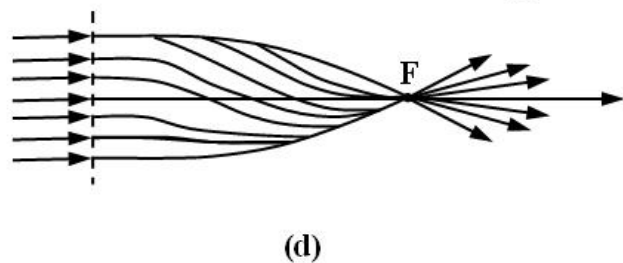
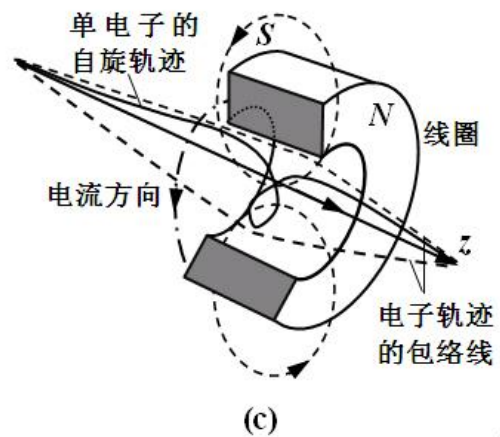
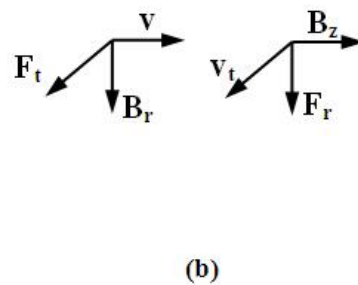
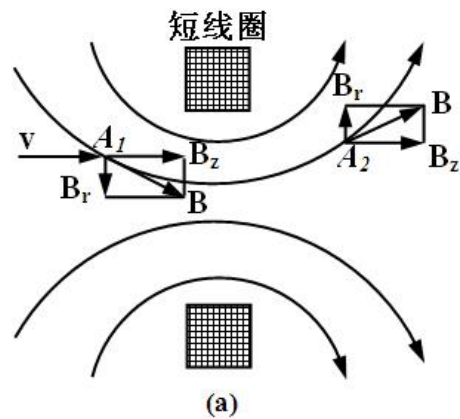


图 1-4 短磁透镜(无铁壳)的聚焦作用

短磁透镜的汇聚作用



2. 磁透镜的设计

为了加强励磁的同时又缩小磁场的范围,采用如下图的设计,有效磁场可以集中在透镜轴很短的距离内(几毫米)。

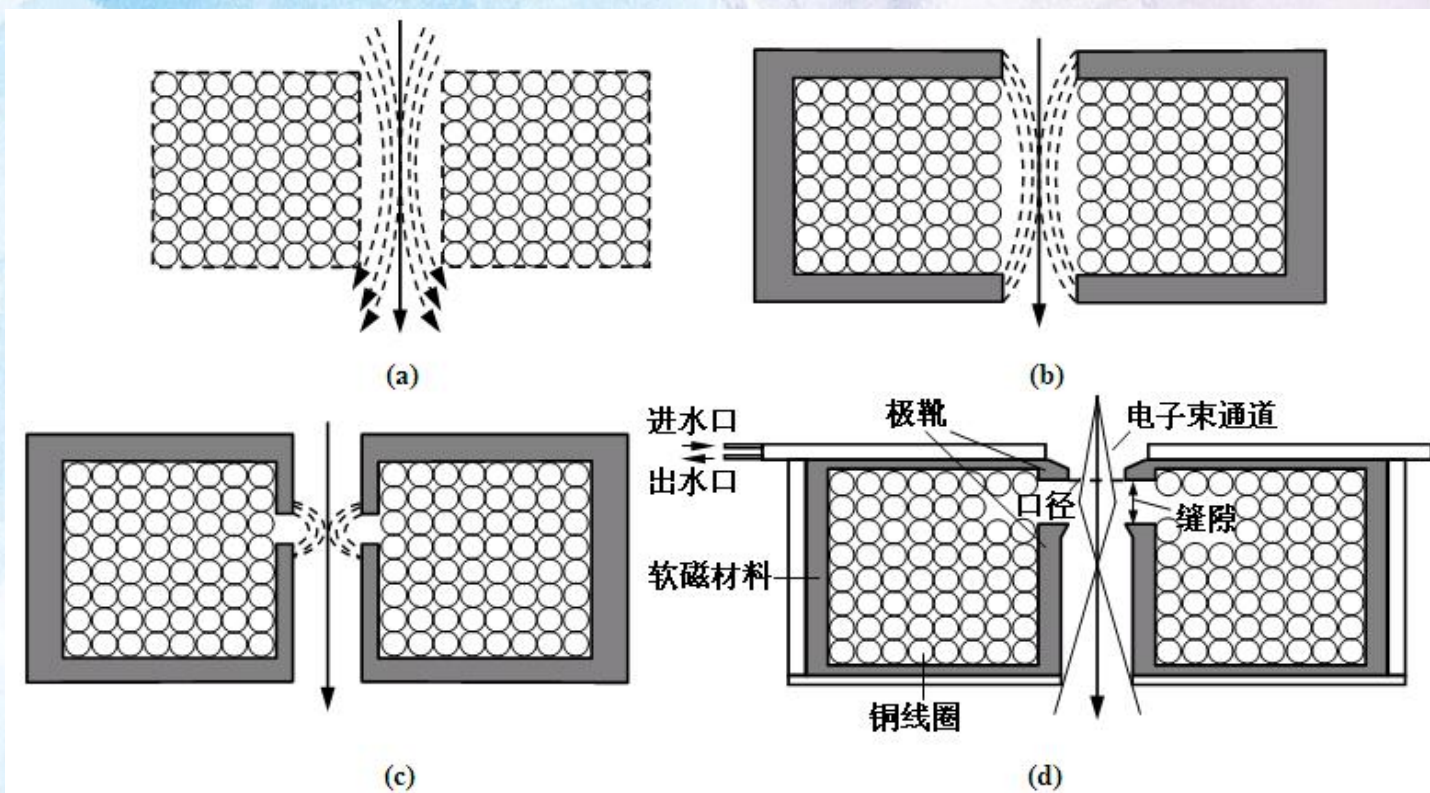


图1.5 短磁透镜的不同设计模式

(a)只有线圈组成的短磁透镜, (b)三面有软磁材料包围的短磁透镜, (c)带有环状狭缝的软磁铁壳短磁透镜, (d)带有极靴的短磁透镜。

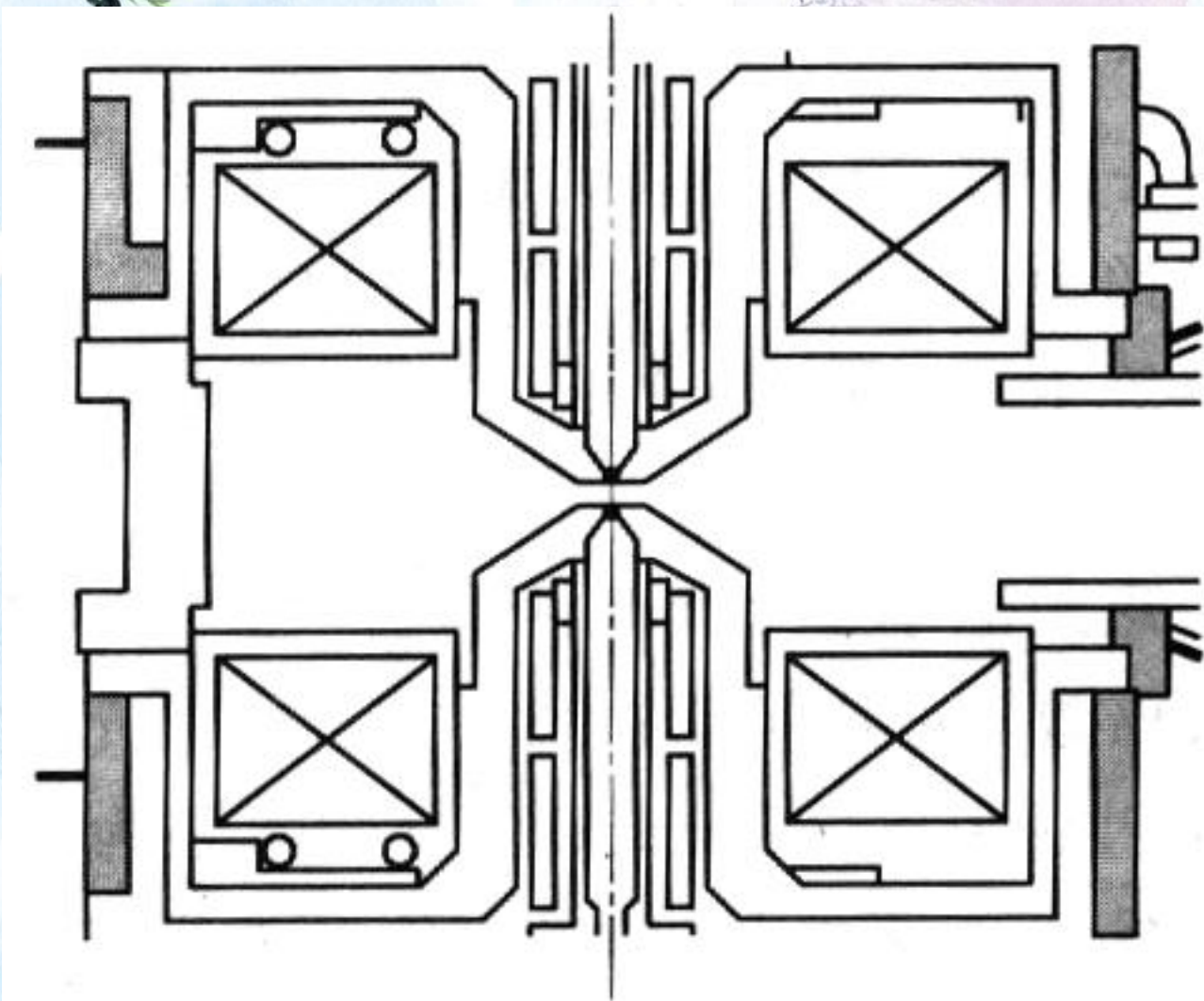


图 1-8 最常用的物镜构造

电镜中的磁透镜

电镜中的磁透镜头近似地等于单色光凸透镜（会聚）的作用

磁透镜的两个基本用途：

任意捕获样品上一点发射的所有光线，然后再生成像上一点

将平行光线聚焦到透镜焦平面上的一点



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/285010200002011102>