

扫描电子显微镜(ScanningElectronMicroscope)基础知识

一、 扫描电子显微镜的工作原理

扫描电镜是用聚焦电子束在试样表面逐点扫描成像。试样为块状或粉末颗粒，成像信号可以是二次电子、背散射电子或吸收电子。其中二次电子是最主要的成像信号。由电子枪发射的能量为 $5 \sim 35\text{keV}$ 的电子，以其交叉斑作为电子源，经二级聚光镜及物镜的缩小形成具有一定能量、一定束流强度和束斑直径的微细电子束，在扫描线圈驱动下，于试样表面按一定时间、空间顺序作栅网式扫描。聚焦电子束与试样相互作用，产生二次电子发射（以及其它物理信号），二次电子发射量随试样表面形貌而变化。二次电子信号被探测器收集转换成电信号，经视频放大后输入到显像管栅极，调制与入射电子束同步扫描的显像管亮度，得到反映试样表面形貌的二次电子像。

二、扫描电镜具有以下的特点

- (1) 可以观察直径为 $0 \sim 30\text{mm}$ 的大块试样(在半导体工业可以观察更大直径)，制样方法简单。
- (2) 场深大、三百倍于光学显微镜，适用于粗糙表面和断口的分析观察；图像富有立体感、真实感、易于识别和解释。
- (3) 放大倍数变化范围大，一般为 $15 \sim 200000$ 倍，对于多相、多组成的非均匀材料便于低倍下的普查和高倍下的观察分析。
- (4) 具有相当高的分辨率，一般为 $3.5 \sim 6\text{nm}$ 。
- (5) 可以通过电子学方法有效地控制和改善图像的质量，如通过调制可改善图像反差的宽容度，使图像各部分亮暗适中。采用双放大倍数装置或图像选择器，可在荧光屏上同时观察不同放大倍数的图像或不同形式的图像。
- (6) 可进行多种功能的分析。与 X 射线谱仪配接，可在观察形貌的同时进行微区成分分析；配有光学显微镜和单色仪等附件时，可观察阴极荧光图像和进行阴极荧光光谱分析等。
- (7) 可使用加热、冷却和拉伸等样品台进行动态试验，观察在不同环境条件下的相变及形态变化等。

三、扫描电镜的主要结构

- 1.电子光学系统：电子枪；聚光镜（第一、第二聚光镜和物镜）；物镜光阑。
- 2.扫描系统：扫描信号发生器；扫描放大控制器；扫描偏转线圈。
- 3.信号探测放大系统：探测二次电子、背散射电子等电子信号。
- 4.图象显示和记录系统：早期 SEM 采用显象管、照相机等。数字式 SEM 采用电脑系统进行图象显示和记录管理。
- 5.真空系统：真空度高于 10^{-4} Torr 。常用：机械真空泵、扩散泵、涡轮分子泵
- 6.电源系统：高压发生装置、高压油箱。

四、扫描电镜主要指标

- 1.放大倍数 $M=L/l$

- 2.分辨率（本领）

影响分辨本领的主要因素：入射电子束斑的大小，成像信号（二次电子、背散射电子等）。

- 3.扫描电镜的场深

扫描电镜的场深是指电子束在试样上扫描时，可获得清晰图像的深度范围。当一束微细的电子束照射在表面粗糙的试样上时，由于电子束有一定发散度，除了焦平面处，电子束将展宽，场深与放大倍数及孔径光阑有关。

五、试样制备

1. 对试样的要求：试样可以是块状或粉末颗粒，在真空中能保持稳定，含有水分的试样应先烘干除去水分，或使用临界点干燥设备进行处理。表面受到污染的试样，要在不破坏试样表面结构的前提下进行适当清洗，然后烘干。新断开的断口或断面，一般不需要进行处理，以免破坏断口或表面的结构状态。有些试样的表面、断口需要进行适当的侵蚀，才能暴露某些结构细节，则在侵蚀后应将表面或断口清洗干净，然后烘干。对磁性试样要预先去磁，以免观察时电子束受到磁场的影响。试样大小要适合仪器专用样品座的尺寸，不能过大，样品座尺寸各仪器不均相同，一般小的样品座为 $\Phi 3\sim 5\text{mm}$ ，大的样品座为 $\Phi 30\sim 50\text{mm}$ ，以

分别用来放置不同大小的试样，样品的高度也有一定的限制，一般在 5~10mm 左右。

2 . 扫描电镜的块状试样制备是比较简便的。对于块状导电材料，除了大小要适合仪器样品座尺寸外，基本上不需进行什么制备，用导电胶把试样粘结在样品座上，即可放在扫描电镜中观察。对于块状的非导电或导电性较差的材料，要先进行镀膜处理，在材料表面形成一层导电膜。以避免电荷积累，影响图象质量。并可防止试样的热损伤。

3 、粉末试样的制备：先将导电胶或双面胶纸粘结在样品座上，再均匀地把粉末样撒在上面，用洗耳球吹去未粘住的粉末，再镀上一层导电膜，即可上电镜观察。

4 、镀膜：镀膜的方法有两种，一是真空镀膜，另一种是离子溅射镀膜。离子溅射镀膜的原理是：在低气压系统中，气体分子在相隔一定距离的阳极和阴极之间的强电场作用下电离成正离子和电子，正离子飞向阴极，电子飞向阳极，二电极间形成辉光放电，在辉光放电过程中，具有一定动量的正离子撞击阴极，使阴极表面的原子被逐出，称为溅射，如果阴极表面为用来镀膜的材料（靶材），需要镀膜的样品放在作为阳极的样品台上，则被正离子轰击而溅射出来的靶材原子沉积在试样上，形成一定厚度的镀膜层。离子溅射时常用的气体为惰性气体氩，要求不高时，也可以用空气，气压约为 5×10^{-2} Torr 。离子溅射镀膜与真空镀膜相比，其主要优点是：（ 1 ）装置结构简单，使用方便，溅射一次只需几分钟，而真空镀膜则要半个小时以上。（ 2 ）消耗贵金属少，每次仅约几毫克。（ 3 ）对同一种镀膜材料，离子溅射镀膜质量好，能形成颗粒更细、更致密、更均匀、附着力更强的膜。