

扫描电镜工作原理

一、电子束与样品的相互作用

扫描电镜是对样品表面形态进行测试的一种大型仪器。电子枪发射的电子束在扫描电镜镜筒中，通过电磁透镜聚焦和电场加速，入射到样品中，束电子与样品原子核或核外电子发生多种相互作用，而被散射，引起束电子的运动方向或能量（或两者同时）发生变化，从而产生各种反映样品特征的信号。这些信号包括二次电子、背散射电子、吸收电子、透射电子、俄歇电子、电子电动势、阴极荧光、X 射线等，这些信号能够表征固体表面或内部的某些物理或化学性质。它们是各类电子束显微分析的物理基础（图 1）。

电子与样品的相互作用过程可分成弹性散射和非弹性散射过程两类。弹性散射与非弹性散射过程是同时发生的，前者使束电子偏离原来运动方向，并使电子在样品内部扩散，后者使电子能量逐渐减少直至被样品全部吸收，因此限制了电子束的扩散范围，电子束的能量完全沉积在扩散区内，同时产生大量可检测的二次辐射，这个区域称为相互作用区。

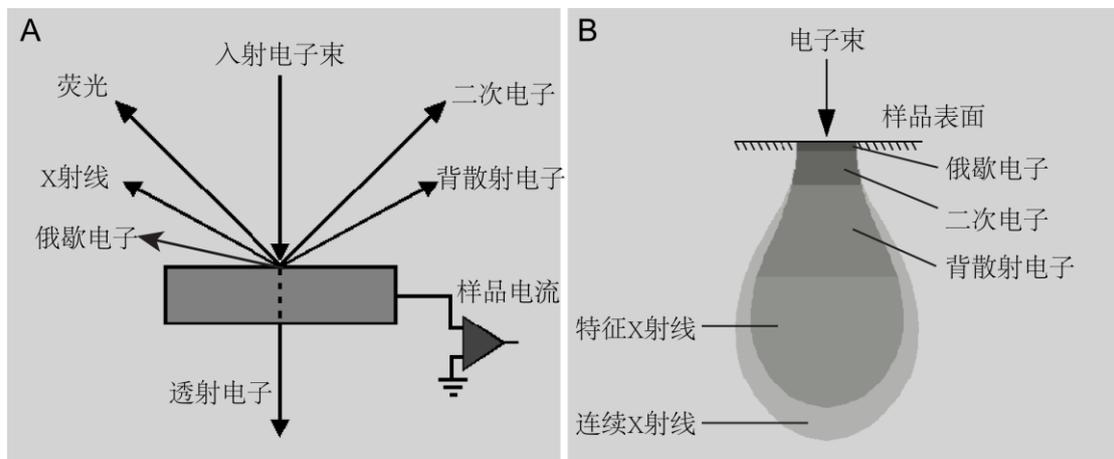


图 1 电子束轰击固体发生的各种信号及深度

相互作用区可以通过实验直接观察或由 Monte Carlo 算法得到。通常，电子束能量越强，电子入射深度越深，相互作用区越大（图 2）。样品的原子序数越大，束电子在每走过单位距离所经受的弹性散射事件越多，其平均散射角度大，在样品中的穿透深度越浅（图 3）。

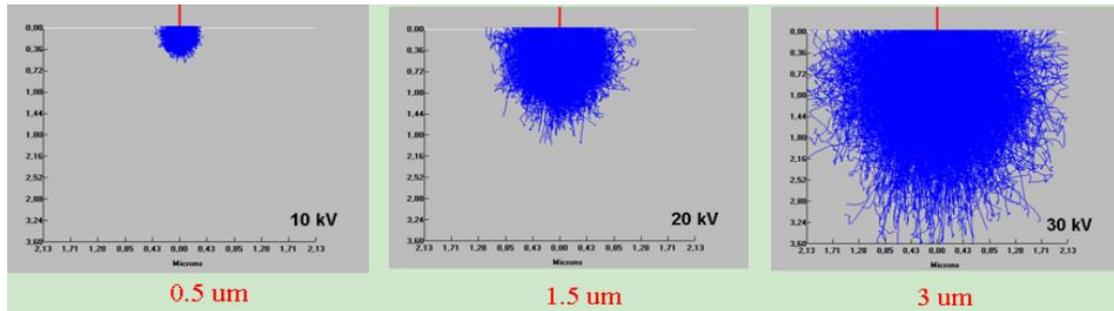


图 2. 不同加速电压下，蒙特卡罗(Monte Carlo)电子轨迹模拟图

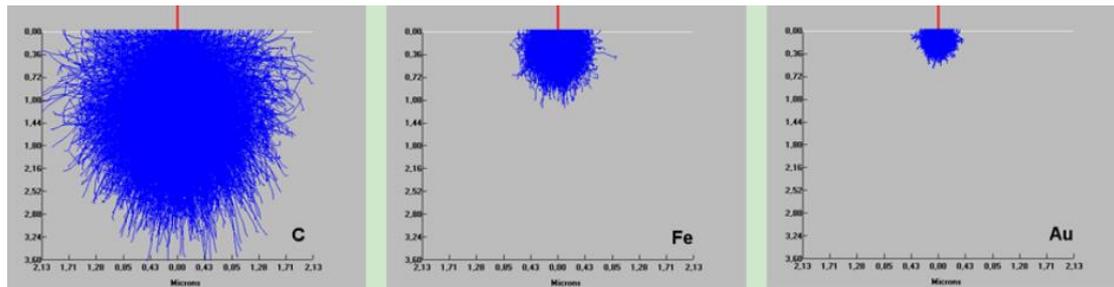


图 3. 同样加速电压下，不同材料，蒙特卡罗(Monte Carlo)电子轨迹模拟图

二、扫描电镜工作原理

由图 4 可以看出，从电子枪阴极发出的直径 20-30nm 的电子束，受到阴阳极之间的加速电压的作用，射向镜筒。经过聚光镜和物镜聚焦后，形成一个具有一定能量、强度和斑点直径的入射电子束。在物镜上部扫描线圈产生的磁场作用下，入射电子束按一定时间、空间顺序作光栅式扫描。由于入射电子与样品之间的相互作用，从样品中激发出的信号被不同的检测器收集，并成像。

本台扫描电镜配备有检测二次电子的 SE2 和 Inlens 检测器，形成样品形貌像；检测背散射电子的 ASB 检测器，形成样品成分衬度像；检测特征 X 射线能量的 X 射线能谱仪，用于元素定性、定量分析。详细介绍见：[各种检测器成像效果](#)；[X 射线能谱仪工作原理及谱图解析](#)

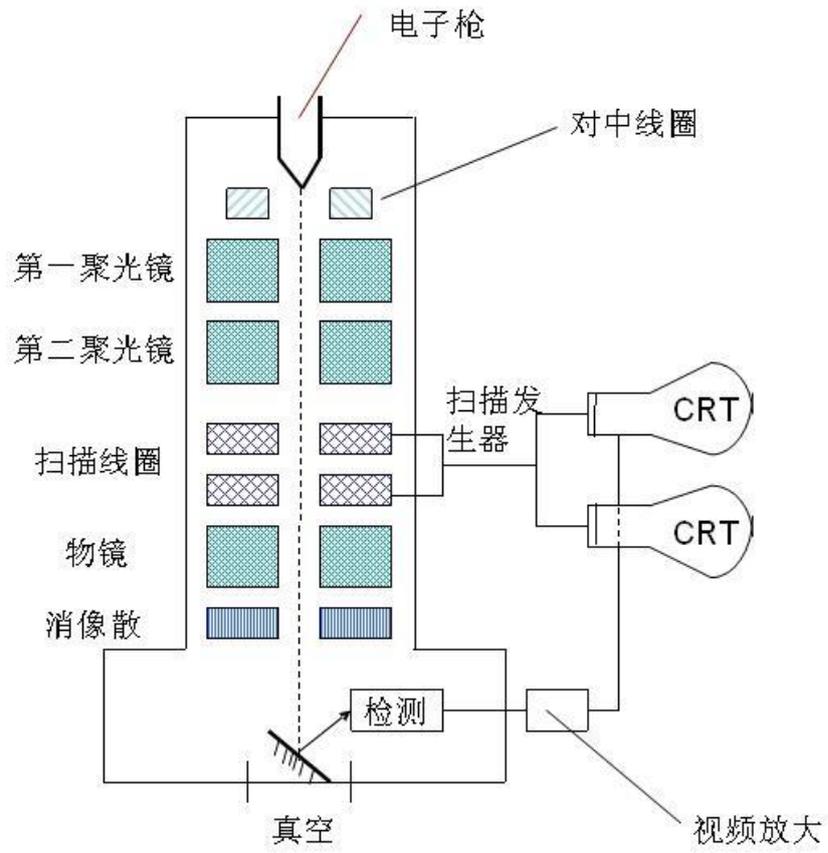


图 4 扫描电子显微镜成像原理图