第五课：电子与固体物质的相互作用

Thursday, 12 September, 2019 02:02

1. 静电透镜：能使电子波折射聚焦的具有旋转对称等电位曲面簇的电极装置；
2. 磁透镜：能使电子波聚焦的具有旋转对称非均匀的磁极装置；
   a. 能使电子偏转会聚成像，不能加速电子；
   b. 总是会聚透镜；
   c. 焦距、放大倍数连续可调；
3. 电子波长：$\lambda = \frac{\hbar}{mv}, \lambda = \sqrt{\frac{150}{U}} = \frac{12.25}{\sqrt{U}}$；
4. 电子散射：当一束聚焦电子束沿一定方向入射到试样内时，由于受到固体物质中晶格位场和原子库伦场的作用，其入射方向会发生改变，这种现象称为散射；
   a. 弹性散射：只改变方向，动能不变；
   b. 非弹性散射：方向和动能都改变；
5. 布拉格定律：入射波从晶体中的平行原子平面作镜面反射，其反射角等于入射角；
6. 弹性散射：
   a. 电子符合布拉格定律；
   b. 携带有晶体结构、对称性、取向和样品厚度等信息；
   c. 在电子显微镜中用于分析材料的结构；
7. 非弹性散射：
   a. 非弹性散射的电子损失了部分能量，方向也有微小变化；
   b. 可用于电子能量损失谱，提供成分和化学信息。也能用于特殊成像或衍射成像；
8. 原子对电子散射的三种情况：
   a. 原子核对电子的弹性散射；
   b. 原子核对电子的非弹性散射；
   c. 原子核外单子对电子的非弹性散射；
9. 入射电子与原子核发生碰撞时：$\alpha = \frac{Ze^2}{E_0 r_n}$, α: 散射角, Z: 原子序数, e: 电子电荷, E_0: 入射电子能量, r_n: 电子距原子核距离;
10. 入射电子发生非弹性散射的能量损失(转变为X射线)：$\Delta E = \hbar\nu = \frac{\hbar c}{\lambda}$;
    a. 由于能量损失不固定，X射线波长无特征值；
    b. 波长是连续的，不能用来分析；
    c. 在X射线谱上产生连续背底，影响分析的灵敏度和准确度；
11. 非弹性散射发生时，电子能量损失，而原子则受到激发：
    a. 单电子激发：二次电子。入射电子与核外电子的碰撞，将核外电子激发到空能级或者脱离原子成为二次电子，而原子则成为离子，此过程称为电离；
       i. 是级联过程；
       ii. 能量低：$< 50\text{eV}$；
       iii. 主要为小角度非弹性碰撞；
    b. 等离子激发：晶体是出于点阵固定位置的正离子和漫散在整个空间的价电子云组成的电中性体，因此可以把晶体看成是等离子体，入射电子会引起价电子的

集体振荡；

i. 价电子的这种集体振荡的能量是：$\Delta E_p = \frac{\hbar}{2\pi} \cdot \omega_p$，这种能量量子称为等离子；

c. 声子激发：晶格振动的能量也是量子化的，它的能量量子称之为声子：$\Delta E = \frac{\hbar}{2\pi}\omega$，0.026eV；

i. 入射电子和晶格的作用可以看作是电子激发声子(或吸收声子)的碰撞过程；

ii. 碰撞后，电子发生大角度散射，能量变化很小，动量改变可以相当大；

12. 内层电子激发的弛豫过程：当内层电子被运动电子轰击脱离原子后，原子处于高度激发状态，它将跃迁到能量较低状态，这个过程称作弛豫过程；
    a. 辐射跃迁，即特征X射线发射；
    b. 非辐射跃迁：即俄歇电子；
13. 作用深度：
    a. 俄歇电子：0.4-2nm；
    b. 二次电子：5-10nm；
    c. 背散射电子：100nm-1um；
    d. X射线光子：500nm-5um；
14. 思考题：
    a. 电子的弹性散射有什么特点？用于什么分析？
    b. 什么是二次电子用于什么分析？
    c. 电子和物质相互作用产生的信号有哪些？相应的基本理论是什么？
    d. 举例说明各种物理信号产生的深度和广度范围。