

## 5-4 扫描隧道显微镜

### (一) 实验目的

1. 观测和理解量子力学中的隧道效应。
2. 学习扫描隧道显微镜的操作和调试过程。
3. 利用 STM 来观测样品的表面形貌、得到原子分辨的图象。

### (二) 教学内容:

1. 隧道效应: 在量子理论中, 在  $V(r) > E$  的区域, 薛定谔方程的解并不一定为零 (如果  $V$  不是无限大的话), 因此一个入射粒子要穿透一个  $V(r) > E$  的有限区域的几率是非零的。
2. STM 的工作原理。
3. 强调 STM 针尖的作用! (让学生理解即使在显微镜下, 几何上“完美”的针尖, 也不一定能够得到原子分辨, 需要通过多种手段促进针尖变好)
4. 介绍 STM 的操作过程, 由于 STM 较复杂, 需要多次指导。
5. 实际操作 STM, 观测样品的表面形貌、得到原子分辨的图象。
6. 根据实验结果, 标定所使用的 STM 扫描架的压电系数。
7. 根据标定出的压电系数, 重新进行扫描, 得到 HOPG 的“正”六角原子分辨图。

### (三) 实验过程中的具体问题:

#### 检查预习情况:

1. 要求学生简单描述量子力学中的隧道效应。
2. STM 的工作原理? 共有几种工作模式?
3. 隧道电流大小和偏压的关系?
4. HOPG 的原子排列是什么样的? 晶格常数是多少?
5. STM 的防振动系统的构成、原理?
6. STM 所观测到的是真真正正的原子吗? (重点, 学生基本理解错误, 需要加以正确的解说)

#### 实验关键步骤的提示:

1. 由于 STM 控制过程比较复杂, 准备相对简明扼要的软件使用说明, 以被学生查阅。
2. 给出完整的 STM 使用说明书, 供学生参考 (培养阅读仪器说明书的能力)。

#### 实验过程中的引导:

1. 粗逼近过程中的隧道电流和样品偏压应该如何设置? 样品偏压应该比实验数据采集过程中高还是低?
2. 为什么进针过程结束后, 还要手动退一些?

3. 扫描时间和扫描范围之间的关系？
4. 扫描时间对图象分辨率有什么影响？
5. 实验过程中如何选择合适的放大倍数？
6. 如何通过改变隧道电流和样品偏压来提高分辨率？
7. 标定压电系数时，如何确定图象的实际尺度。

#### **实验报告中必须完成的思考题：**

1. HOPG 的原子排列为六角密排（无心的），为什么我们在实验中看到的 HOPG 的原子分辨像是有心的六角密排？

#### **（四）难点：**

1. 为什么 STM 的实验不像大部分实验一样，给定一个条件就必然有一个结果，而 STM 的实验似乎有些“手气”？
2. 如何使针尖变好？有没有办法得到一劳永逸的好的针尖？

#### **（五）可进一步探索的问题：**

1. 观察隧道电流随偏压变化的规律；
2. 观察隧道电流随针尖和样品间距离变化的规律；