



中山大學
SUN YAT-SEN UNIVERSITY

薄膜生长与制备技术

江绍基 教授

中国光学学会光学薄膜专业委员会副主任
广东省光学学会光学薄膜专业委员会主任

中山大学光电材料与技术国家重点实验室
State Key Laboratory of optoelectronic materials and technologies, Sun Yat-sen University

内容

- 薄膜生长
- 薄膜制备技术
- 薄膜的表征技术



一、薄膜生长

一、薄膜生长

1 薄膜气相成核

- 宏观热力学理论
- 原子模型的统计学方法

2 薄膜成核长大

- 薄膜成核长大的热力学和动力学
- 金属薄膜的生长
- 半导体薄膜的生长
- 薄膜生长的计算机模拟



1 薄膜气相成核

1.1 宏观热力学理论

1.1.1 自发形核理论

1.1.2 非自发形核理论

1.1.3 成核速率

1.1.4 衬底温度和沉积速率对形核过程的影响

1.2 原子模型的统计学方法



2 薄膜成核长大

2.1 薄膜成核长大的热力学和动力学

2.1.1 薄膜成核长大中的三类过程:

- 局部平衡过程
- 动力学限制过程
- 动力学禁止过程

2.1 薄膜成核长大的热力学和动力学

2.1.2 薄膜生长的三种模式

- 层状生长膜（Frank-Van der Merwe模式）
- 岛状生长膜（Volmer-Weber模式）
- 混合生长膜（Stranski-Krastanov模式）

2.1.3 厚膜的生长

2.2 金属薄膜的生长

二维晶核的形貌:

- 二维岛的分形生长
- 二维岛的枝晶状生长
- 二维岛的规则形状生长

2.3 半导体薄膜的生长

2.3.1 台阶流动和二维成核:

- 台阶流动成核方式
- 二维成核方式
- 双层台阶的形成

2.3 半导体薄膜的生长

2.3.2 非晶态薄膜的生长

- 非晶态的分类
- 非晶态材料的原子结构

2.4 薄膜生长的计算机模拟

常用的模拟算法:

- 分子动力学方法:
- 蒙特卡罗方法:



二、薄膜制备技术

二、薄膜制备技术

1 物理气相沉积(PVD)

- 真空热蒸发
- 溅射
- 离子镀
- 分子束外延

2 离子辅助蒸发

3 化学气相沉积(CVD)

- 等离子体强化CVD法
- 有机金属化学气相沉积法(MOCVD)



1 物理气相沉积(PVD)

1.1 真空热蒸发

1.1.1 电阻加热蒸发

- 普通电阻加热:
- 高频感应加热:

1.1.2 电子束加热蒸发

1.1.3 激光蒸发

1.1.4 反应蒸发

1.2 溅射

- 溅射镀膜
- 溅射产物
- 薄膜沉淀的基本条件

1.2 溅射

——表征溅射的参量

- 溅射阈
- 溅射率
- 溅射粒子的速度和能量
- 溅射速率和淀积速率

1.2 溅射

——常用的溅射方法

1.2.1 阴极溅射

1.2.2 高频溅射

1.2.3 磁控溅射

1.2.4 反应溅射

1.2.5 偏压溅射

1.3 离子镀

离子镀的优点

离子镀的主要应用

在膜层沉淀之前离子轰击的效果

离子轰击对基体和镀层交界面的影响

1.3 离子镀

- 离子轰击在薄膜生长中的作用
- 离化率

1.3 离子镀

●离子镀的类型

- 直流放电二级型 (DCIP)
- 多阴极型
- 活性反应蒸渡 (ARE)
- 空心阴极放电离子镀 (HCD)
- 射频放电离子镀 (RFIP)
- 增强的ARE型
- 低压等离子体离子镀 (LPPD)
- 电场蒸发
- 感应加热离子镀
- 簇团离子束镀
- 多弧离子镀
- 电弧放电型离子镀

1.4 分子束外延(MBE)

- 同质外延
- 异质外延。

1.4 分子束外延(MBE)

- 优势
- 需要改进的地方

1.4 分子束外延(MBE)

——装置和原理

- 一般的MBE装置的结构



2 离子辅助蒸发

2 离子辅助蒸发

- 离子束辅助沉积 (IBAD)
- IBAD的优点

2 离子辅助蒸发

2.1 离子源 (IAD)

- 热阴极电子冲击型 (考夫曼离子源)
- 冷阴极
- 霍尔离子源

2 离子辅助蒸发

- 离子源的功能
- 离子束辅助蒸发的光学薄膜的特点

2 离子辅助蒸发

2.2 等离子体离子源(APS)

2.3 离子源与等离子体离子源的比较



3 化学气相沉积(CVD)

3 化学气相沉积(CVD)

3.1 等离子体强化CVD法

3.2 有机金属化学气相沉积法
(MOCVD)



三、薄膜的性能与表征技术

三、薄膜的性能与表征技术

1 薄膜结构的表征方法

- 薄膜结构表征方法介绍
- 薄膜结构的研究手段

2 薄膜成分的表征方法

- 薄膜成分表征方法介绍
- 薄膜成分的研究手段



1 薄膜结构的表征方法

1.1 薄膜结构表征方法介绍

- 薄膜的宏观形貌
- 薄膜的微观形貌
- 薄膜的显微组织

1.2 薄膜结构的研究手段

- 扫描电子显微镜
- 透射电子显微镜
- X射线衍射方法
- 低能电子衍射和反射式高能电子衍射
- 扫描探针显微镜



2 薄膜成分表征方法

2.1 薄膜成分表征方法介绍

2.2 薄膜成分的研究手段

- X射线荧光光谱（X射线激发，发射X射线）
- 俄歇电子能谱（电子束激发，发射电子）
- X射线光电子谱（X射线激发，发射电子）
- 电子探针分析（电子束激发，发射X射线）
- 卢瑟福背散射（离子与原子核的作用）
- 二次离子质谱（溅射并离子化样品表面原子）
- X射线衍射分析（只对晶体）



谢谢！