

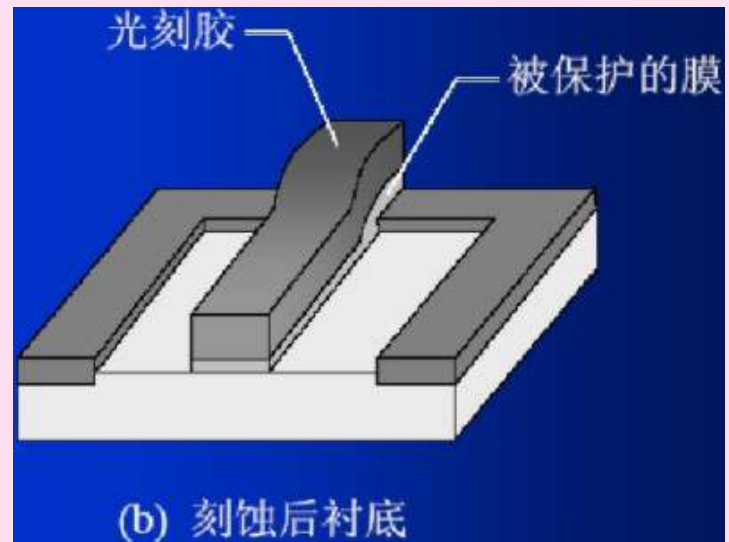
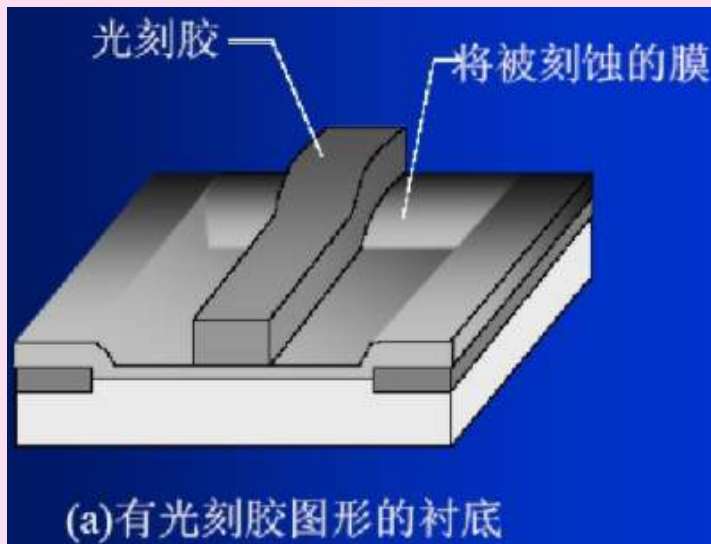
第十章 干法刻蚀

刻蚀概述

■ 刻蚀的概念：

用**化学或物理**的方法**有选择地去除**不需要的材料的工艺过程称为刻蚀。由于硅可以作为几乎所有集成电路和半导体器件的基板材料，所以本章主要讨论在**硅基板表面**的**刻蚀**过程。

■ 刻蚀示意图：



刻蚀概述

■ 刻蚀的工艺目的：

把**光刻胶**图形精确地转移到硅片上，最后达到复制掩膜版图形的目的。它是在硅片上复制图形的最后主要图形转移工艺。

■ 刻蚀工艺分类：干法刻蚀和湿法刻蚀

✓**干法刻蚀**：通过气体放电，使刻蚀气体分解、电离，由产生的**活性基及离子**对基板进行刻蚀的工艺过程；刻蚀精度：亚微米。

✓**湿法刻蚀**：把要腐蚀的硅片放在**化学腐蚀液**里去除表面层材料的工艺过程；刻蚀精度：大于3微米。

刻蚀参数

■ 相关刻蚀参数：

- 刻蚀速率
- 刻蚀剖面
- 刻蚀偏差
- 选择比
- 均匀性
- 聚合物
- 等离子体诱导损伤

刻蚀参数

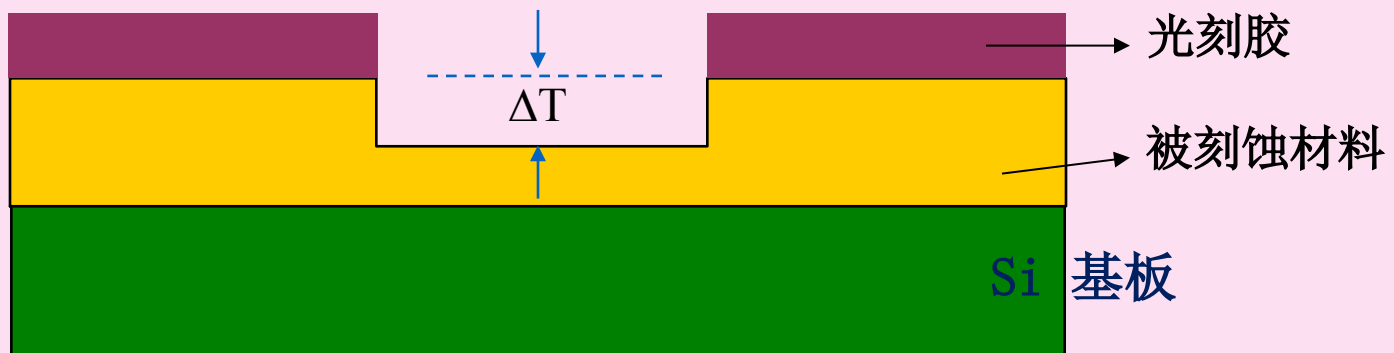
1. 刻蚀速率

- 刻蚀速率是指刻蚀过程中去除硅片表面不需要的材料的速度的。

$$\text{刻蚀速率} = \Delta T / t \text{ (}\text{\AA}/\text{min}\text{)}$$

其中， ΔT =去掉的材料厚度（ \AA 或 μm ）

t =刻蚀所用时间（min）

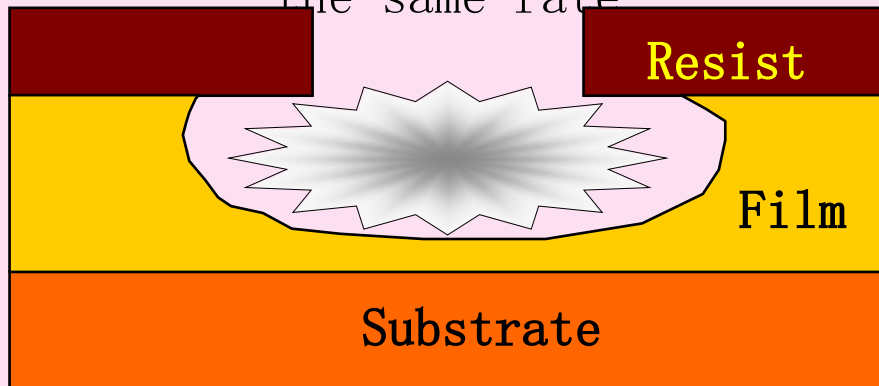


刻蚀参数

2. 刻蚀剖面

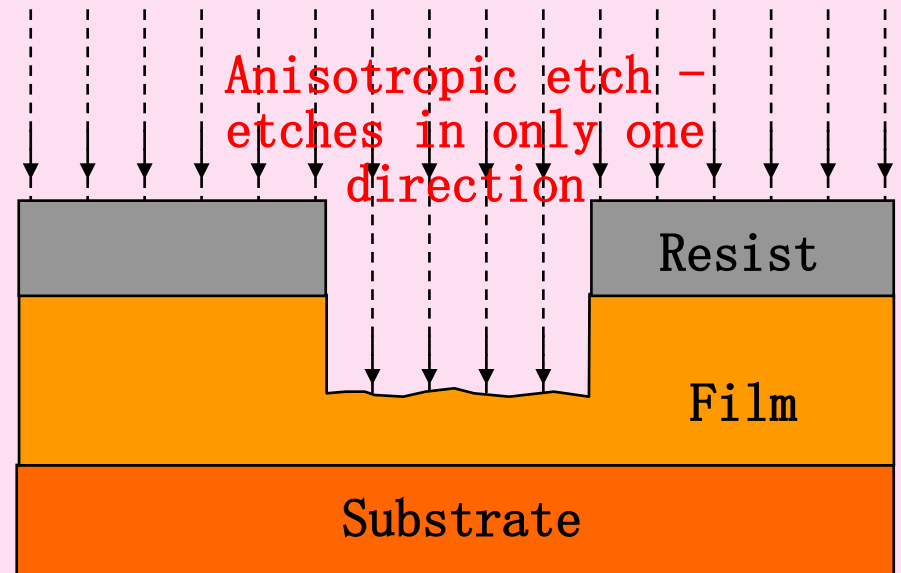
- 刻蚀剖面是指被刻蚀图形的侧壁形状。
- 两种基本的刻蚀剖面：各向同性和各向异性刻蚀剖面

Isotropic etch - etches
in all directions at
the same rate



湿法各向同性化学腐蚀

Anisotropic etch -
etches in only one
direction



具有垂直刻蚀剖面的各向异性刻蚀

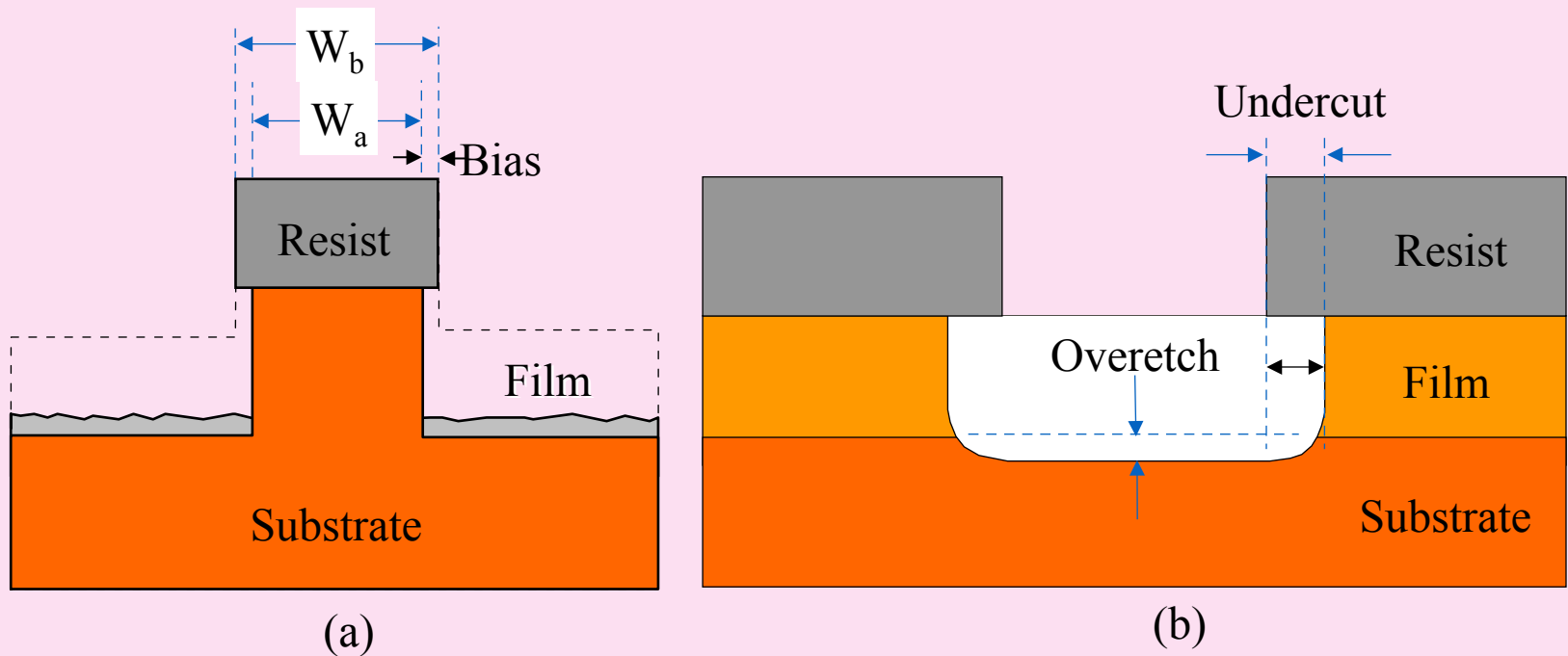
刻蚀参数

3. 刻蚀偏差

- 刻蚀偏差是指刻蚀以后线宽或关键尺寸的变化。

$$\text{刻蚀偏差} = W_a - W_b$$

Bias: 凹切量或侧蚀宽度



刻蚀参数

4. 选择比

- 选择比是指在同一刻蚀条件下，刻蚀一种材料对另一种材料的刻蚀速率之比。高选择比则意味着只刻除想要除去的材料，而对其他部分不刻蚀。
- SiO_2 对光刻胶的选择比 = $(\Delta T_{\text{SiO}_2}/t_1)/(\Delta T_{\text{胶}}/t_1) = \Delta T_{\text{SiO}_2}/\Delta T_{\text{胶}}$



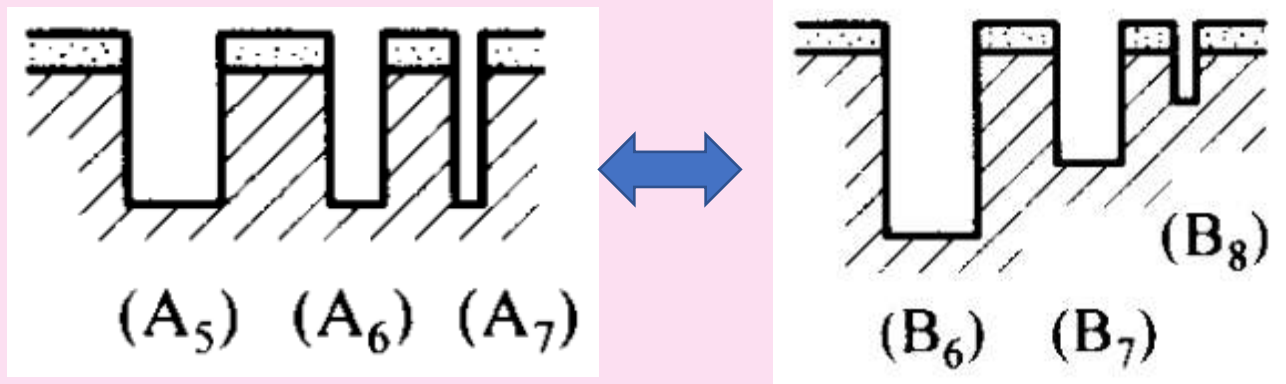
(a) 0时刻

(b) t1时刻

刻蚀参数

5. 均匀性

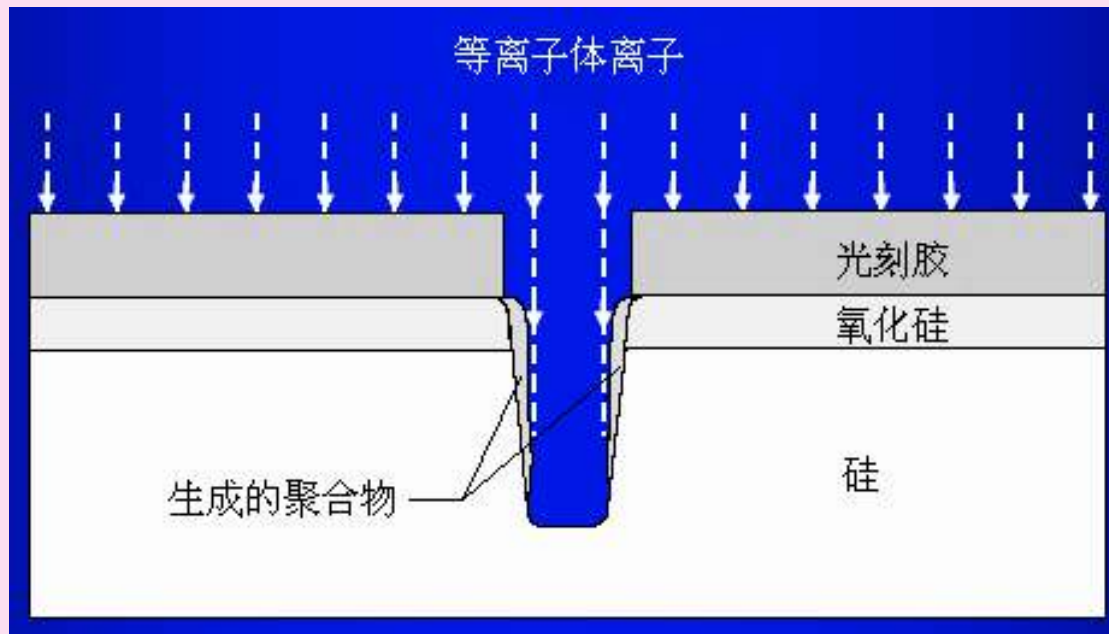
- **刻蚀均匀性**是指刻蚀速率在整个硅片或整批硅片上的一致性情况。非均匀性刻蚀会产生额外的过刻蚀。
- **微负载效应**: Aspect Ratio Dependence Etching



刻蚀参数

6. 聚合物

- 聚合物是在刻蚀过程中由光刻胶中的碳与刻蚀气体和刻蚀生成物结合在一起而形成的；能否形成侧壁聚合物取决于所使用的刻蚀气体类型。
- 聚合物的形成有时是为了在刻蚀图形的侧壁上形成抗腐蚀膜从而防止横向刻蚀，这样能形成高的各向异性图形，增强刻蚀的方向性，从而实现对图形关键尺寸的良好控制。



刻蚀参数

7. 等离子体诱导损伤

等离子体诱导损伤有两种情况：

- 等离子体在MOS晶体管栅电极产生陷阱电荷引起薄栅氧化硅的击穿。
- 带能量的离子对暴露的栅氧化层或双极结表面上的氧化层进行轰击，使器件性能退化。

干法刻蚀


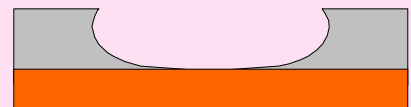
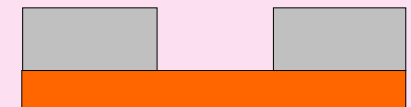
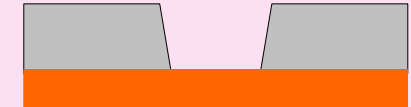

- **干法刻蚀的优点**（与湿法刻蚀比）

1. 刻蚀剖面各向异性，非常好的侧壁剖面控制
2. 最小的光刻胶脱落或粘附问题
3. 好的片内、片间、批次间的刻蚀均匀性
4. 化学品使用费用低

- **干法刻蚀的缺点**（与湿法刻蚀比）

1. 对下层材料的刻蚀选择比较差
2. 等离子体诱导损伤
3. 设备昂贵

干法刻蚀

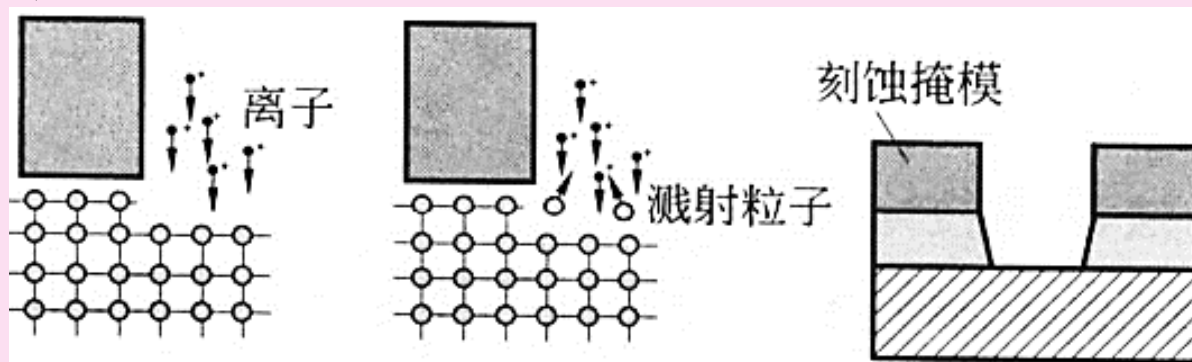
刻蚀类型	侧壁剖面	示意图
湿法腐蚀	各向同性	
干法刻蚀	各向同性(与设备和参数有关)	
	各向异性(与设备和参数有关)	
	各向异性- 锥形	
	硅槽	

■ 湿法刻蚀是各向同性腐蚀，不能实现图形的精确转移，一般用于特征尺寸较大的情况（ $\geq 3 \mu\text{m}$ ）。

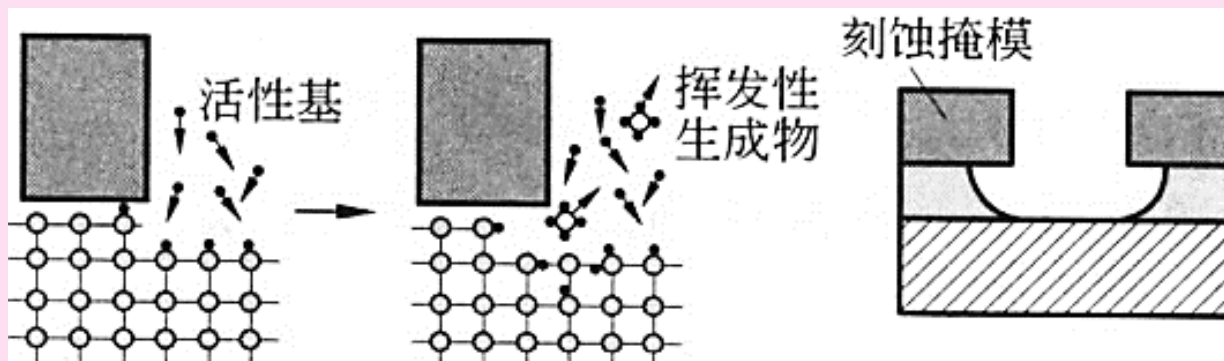
■ 干法刻蚀有各向同性腐蚀，也有各向异性腐蚀。各向异性腐蚀能实现图形的精确转移，是集成电路刻蚀工艺的主流技术。

干法刻蚀的机制

- **物理刻蚀**：利用离子碰撞被刻蚀表面的溅射效应而实现材料去除的过程。

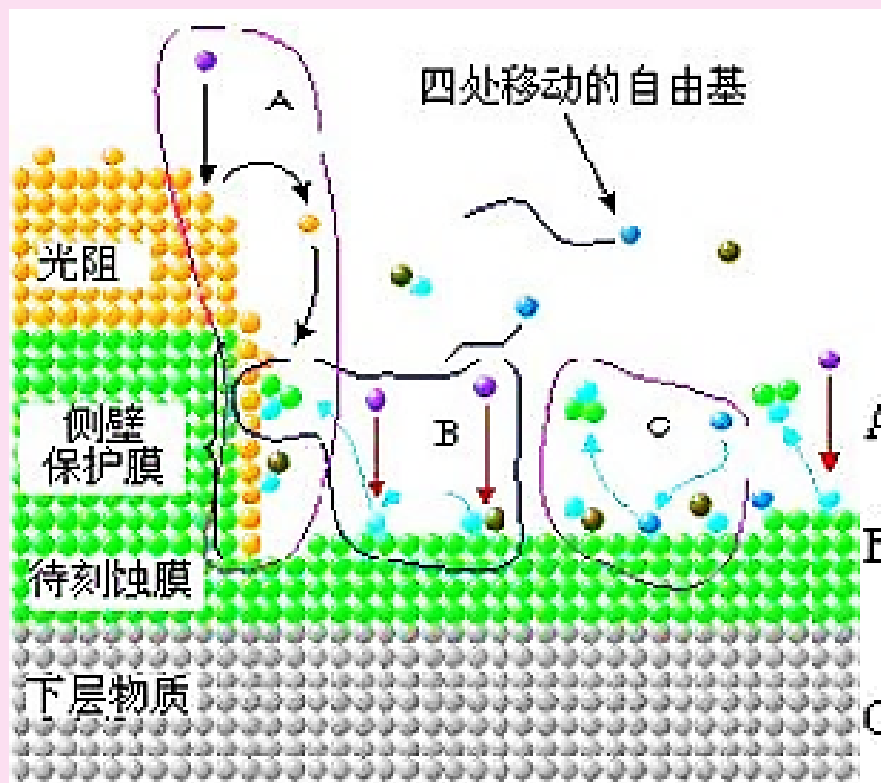


- **化学刻蚀**：通过激活的刻蚀气体与被刻蚀材料的化学作用，产生挥发性化合物而实现刻蚀。



干法刻蚀的机制

- **物理化学刻蚀**：通过等离子体中的离子或活性基与被刻蚀材料间的相互作用实现刻蚀。



- 气体分子
- 中性粒子
- 自由基
- 离子
- 光阻
- 反应生成物

- A: 离子轰击光阻层，使光阻扶着在侧壁上，反应生成的副产物也会附着在侧壁上；
- B: 吸附在待刻蚀膜上的气体分子受到离子撞击，进行分解，分解物留在待刻蚀膜上，离子再次撞击，待刻蚀膜层脱落；
- C: 没有方向性的自由基与待刻蚀膜发生反应进行刻蚀，生成易挥发的反应副产物。

干法刻蚀的机制

等离子体干法刻蚀机理及刻蚀参数对比

刻蚀参数	物理刻蚀 RF场垂直片面	化学刻蚀 RF场平行片面	物理和化学刻蚀 RF场垂直片面
刻蚀机理	物理离子溅射	活性元素 化学反应	离子溅射和活性 元素化学反应
侧壁剖面	各向异性	各向同性	各向异性
选择比	低/难提高 (1: 1)	很高 (500: 1)	高 (5: 1 ~100: 1)
刻蚀速率	高	慢	适中
线宽控制	好	非常差	很好

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/648011010055006111>