

第二章 半导体材料特性

1. 硅晶体的晶体结构是什么？

金刚石结构；

2. 硅被选为主要的半导体材料的原因（4点）。

① 硅的丰裕度高；

② 更高的熔化温度允许更宽的工艺容限；

③ 更宽的工作温度范围；

④ 氧化硅的自然生产（稳定的绝缘层，保护硅不受沾污，避免漏电）；

3. 名词解释：单晶、多晶、非晶。

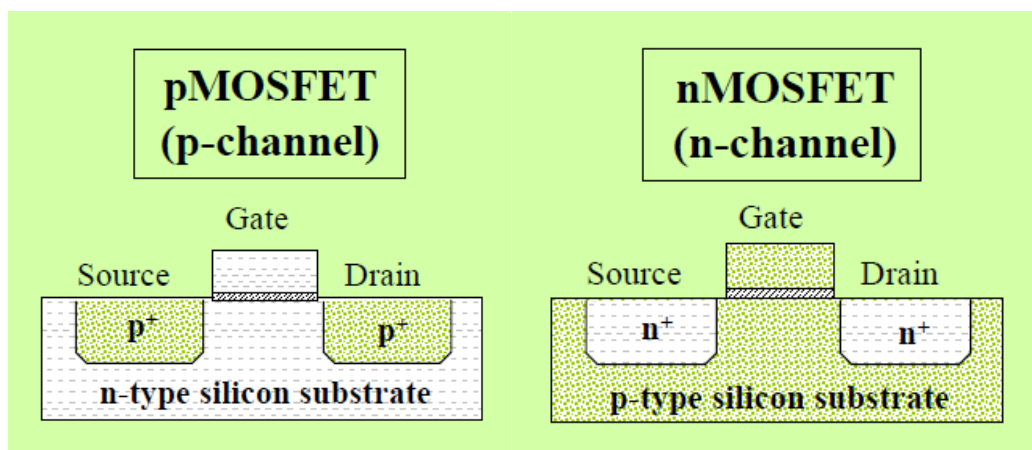
① 单晶：长程有序，晶胞在三维方向上整齐地重复排列；

② 多晶：长程无序，短程有序、晶胞排列不规律；

③ 非晶：短程无序、原子排列无序；

第三章 器件技术

1. CMOS 平面工艺制作的集成电路主要器件是 MOS 管，根据导电沟道的类型 MOS 管可以分为两种：NMOS 管导电沟道是 n 型，导电载流子是 电子；PMOS 管导电沟道是 p 型，导电载流子是 空穴。请画出双阱工艺下，轻掺杂 N 型衬底上制作的 NMOS 和 PMOS 管的剖面图，并指出各部分的名称和材料类型。



2. 简述什么是闩锁效应，列举阻止闩锁效应的制造技术（4种）。

① 闩锁效应：闩锁效应就是指CMOS器件所固有的寄生双极晶体管(又称寄生可控硅，简称SCR)被触发导通，在电源与地之间形成低阻抗大电流通路，导致器件

无法正常工作，甚至烧毁器件的现象。

② 阻止门锁效应的制造技术（4种）：

- i. 高能离子注入形成倒阱；
- ii. 低掺杂外延层；
- iii. 隔离沟槽；
- iv. SOI；

第四章 硅和硅片制备

1. 硅片尺寸是半导体制造的一个重要参量,我们常说的 8 寸硅片指的是直径为 200mm 的硅片。
2. 简述硅片厂生产硅片的步骤（4 个）
 - ① 步骤一：机械加工；
 - ② 步骤二：化学处理；
 - ③ 步骤三：表面抛光；
 - ④ 步骤四：质量测量；
3. 半导体制造工艺中使用的硅 Si 晶圆主要是 (100) 和 (111) 晶向，分别用来制作哪种电路？
 - ① (100) 晶面的晶圆用来制造 MOS 器件和电路；
 - ② (111) 晶面的晶圆用来制造双极性器件和电路；
4. 硅晶体生长过程中用晶体外形确定晶向。
5. 直拉法生长硅锭通过控制拉伸速率和晶体旋转速度控制硅锭生长直径。
6. 直拉法生长硅锭的六个步骤（不含生长前通气，加热，生长后停炉等过程）。
 - ① 步骤一：引晶；
 - ② 步骤二：缩晶；
 - ③ 步骤三：放肩；
 - ④ 步骤四：等径生长；
 - ⑤ 步骤五：收尾；
 - ⑥ 步骤六：降温；
7. 简述直拉法和悬浮区熔法各自的优缺点。
 - ① 直拉法：

- i. 优点：所生长单晶的直径较大、成本相对较低；
 - ii. 缺点：熔体与坩埚接触，易引入氧杂质，不易生长高电阻率单晶；
- ② 悬浮区熔法：
- i. 优点：纯度较高
 - ii. 缺点：价格较高，晶圆尺寸较小 (150mm)
8. 名词解释：CZ、籽晶。
- ① CZ：直拉法（英文 Czochralski），1918 年由 Czochralski 从熔融金属中拉制细灯丝 50 年代开发出与此类似的直拉法生长单晶硅，这是生长单晶硅的主流技术。
- ② 籽晶：具有和所需晶体相同晶向的小晶体。

第五章 半导体制造中的化学品

1. 半导体制造中使用的化学品常用的 4 种形态，并简单说明
固态、液态、气态、等离子态
- ③ 固体在常温常压下保持一定的形状和体积。
- ④ 液体有一定的体积但形状是变化的。一升水会与其容器形状一致。
- ⑤ 气体既无一定形状又无一定体积。它也会跟其容器形状一致，但跟液体不同之处是，它可扩展或压缩直至完全充满容器。
- ⑥ 等离子体是电离原子或分子的高能集合，在工艺气体上施加高能射频场可以诱发等离子体。它可用于半导体技术中促使气体混合物化学反应。
2. 列举 半导体制造中常用的 5 种酸，并简述各自用途。

酸	符号	用途举例
Hydrofluoric acid 氢氟酸	HF	刻蚀二氧化硅和清洗石英器皿
Hydrochloric acid 盐酸	HCl	湿法清洗化学品，去除硅中的重金属元素
Sulfuric acid 硫酸	H ₂ SO ₄	清洗硅片
Buffered oxide etch (BOE): Solution of hydrofluoric acid and ammonium fluoride 缓冲氧化层刻蚀：氢氟酸和氟化铵溶液	HF and NH ₄ F	刻蚀二氧化硅膜
Phosphoric acid 磷酸	H ₃ PO ₄	刻蚀氮化硅 (Si ₃ N ₄)
Nitric acid 硝酸	HNO ₃	刻蚀磷硅酸盐玻璃 (PSG).

3. 列举半导体制造中常用的 4 种碱，并简述各自用途。

碱	符号	用途举例
氢氧化钠	NaOH	湿法刻蚀
氢氧化铵	NH ₄ OH	清洗剂
氢氧化钾	KOH	正性光刻胶显影剂
氢氧化四甲基铵	TMAH	正性光刻胶显影剂

4. 列出半导体制造工艺中 5 中通用气体，并简述其各自主要应用。

Type of Gas	Gas	Symbol	Example of Use
Inert 惰性	Nitrogen 氮气	N ₂	排除残留在气体配送系统和工艺腔中的湿气和残余气体，有时也用于淀积工艺
	Argon 氩气	Ar	用于工艺腔
	Helium 氦气	He	用于工艺腔和真空室的漏气检查
Reducing 还原性	Hydrogen 氢气	H ₂	外延层工艺的运载气体，也用于热氧化工艺
Oxidizing 氧化性	Oxygen 氧气	O ₂	工艺腔气体

5. 名词解释： DI、UPW、等离子体、真空（半导体工艺）。

- ① DI：去离子（DI water：去离子水）
- ② UPW：超纯净水
- ③ 等离子体：等离子体是电离原子或分子的高能集合，在工艺气体上施加高能射频场可以诱发等离子体。
- ④ 真空（半导体工艺）：真空是在半导体工艺中要遇到的术语，它实际上是低压的情况。

第六章 硅片制造中的沾污控制

1. 简述半导体生产工厂净化间的五种主要污染 。

颗粒、金属杂质、有机物沾污、自然氧化层、静电释放

2. 简述 RCA 湿法清洗的两种主要清洗液成分， 及其清洗的主要污染。

SPM 和 DHF（HF） 沾污严重时， 会使有机物碳化而难以去除

3. 名词解释:

- a) ESD : 空气中有些尘埃粒子等所累积的正电与大地的负电相遇所产生放电的现象(静电释放)。
- b) RCA: RCA 是一种典型的、普遍使用的湿式化学清洗法。
- c) SC 1: APM 通常称为 SC1 清洗液,其配方为 NH_4OH (27%)、 H_2O_2 (30%)和 H_2O 组成的热溶液。
- d) SC 2: HPM 通常称为 SC2 清洗液,其配方为 H_2O_2 (30%)、 HCl (37%)和 水组成的热混合溶液。
- e) 湿法清洗:湿法清洗:指采用去离子水和化学溶剂,辅以超声波、加热、真空等物理方法,对晶圆表面进行清洗,随后加以湿润再干燥,以去除晶圆制造过程中的污染物。
- f) 干法清洗:指不使用化学溶剂的清洗技术,它可清洗污染物比较单一

第九章 集成电路制造工艺

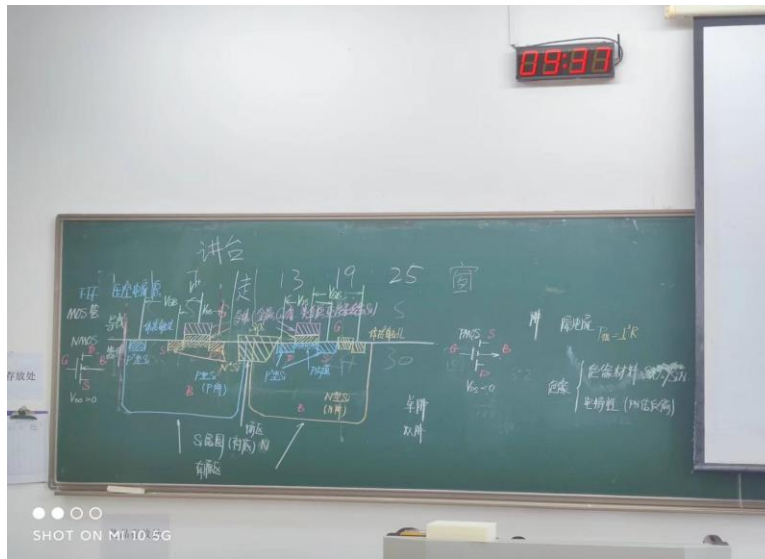
1. 集成电路制造操作的四大基本类是什么?

薄膜制作、刻印、刻蚀和掺杂

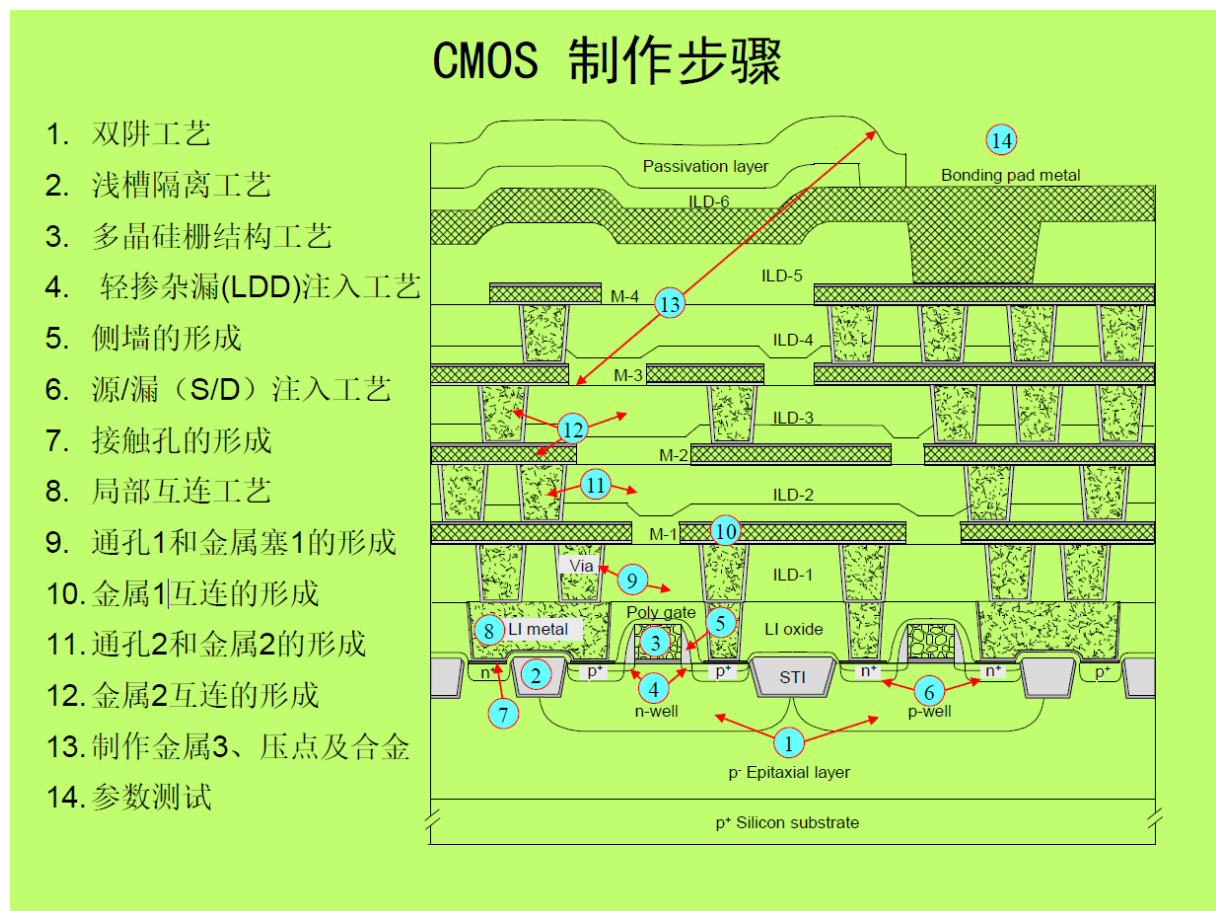
2. 集成电路硅片制造厂的六个独立生产区是什么? 每个区对应的是哪一类基本操作?

- a) 扩散、光刻、刻蚀、 薄膜、 离子注入和抛光
- b) 扩散 进行高温工艺及薄膜淀积
- c) 光刻 将电路图形转移到覆盖在硅片表面的光刻胶上
- d) 薄膜 负责介质层和金属层的淀积
- e) 离子注入 将粒子注入硅片表面
- f) 抛光 使硅片平坦化

3. 请画出标准 CMOS 平面双阱工艺下，轻掺杂 N 型衬底上制作的 NMOS 管的剖面图，并标出各部分的名称和材料类型。



4. 请简单画出含有 NMOS 管以及 PMOS 管的 CMOS 电路剖面结构（互联部分只需画到第一层金属 M1），简述其制作步骤 10 步），并标出每一步骤完成的结构。



5. 某些结构可以利用材料或者结构的特性制造，不需要光刻过程，称为自对准，请列出集成电路制作过程中那些（图形制作）过程不需要光刻。

自对准是利用材料的特性不需要光刻就能确定图形的形状，三个地方自对准，包括 1. 源漏的掺杂 LDD 和重掺杂源漏的形成（第四步和第六步） 2. 侧墙的形成 3. 接触的形成（第七步）：电击钛，高温退火生成，生成硅化钛再把钛去掉。

6. 名词解释：

LDD：轻掺杂漏区结构，为了减弱漏区电场、以改进热电子退化效应所采取的一种结构。

LI：一种半导体材料

PSG：PSG(磷硅玻璃)是一种常用的半导体器件表面钝化材料。

第十章 氧化

1. 半导体工业中 SiO_2 的主要应用（四点）？

掩蔽膜(掩蔽杂质) 栅氧化层 介质隔离 绝缘介质

2. SiO_2 的三种常用生长方式是什么？比较三种方式生长 SiO_2 的质量和速率。

①干氧，质量最好，生长速度最慢

②湿氧，全部最中间

③CVD生长，质量最差，生长最快

3. 早期半导体制造中，场区绝缘采用 LOCOS（常氧氧化） 工艺，随着线宽变小，现代用 STI（浅槽隔离） 工艺替代

4. 名词解释：

STI：浅沟道隔离 STI 可以当做两个组件(device)间的阻隔，避免两个组件间的短路。

LOCOS：硅局部氧化隔离技术，是一种 CMOS 硅工艺中常用的器件隔离技术。即“硅的局部氧化”技术。

第十一章 淀积

1. 名词解释:

CVD: 是指高温下的气相反应。

PVD: 物理气相沉积是指在真空条件下,用物理的方法使材料沉积在被镀工件上的薄膜制备技术。”

第十二章 金属化

1. 请说明半导体工艺中主要用到的金属材料(6种)以及他们的用处。

重掺杂多晶硅——栅

Cu、Al——金属互联的互联材料

W——局部互联(LI)的互联材料

2. 请说明半导体制造中使用铜和铝做互联导线的优点和缺点。

Al——工艺简单、成本低

电阻率相对较大,原子质量小、电迁徙明显

Cu——电阻率低、功耗小;相同电阻要求下,更窄的线宽,可以实现更高的集成密度;良好的抗电迁徙性能;双大马士革工艺的工艺步骤更少。

Cu刻蚀困难,易被氧化,在Si和SiO₂中易扩散

第十三章 光刻

1. 名词解释: CD、正胶、负胶、亮场、暗场、正性光刻、负性光刻

CD: 特征尺寸,最小线宽

正胶: 曝光区域变得更易溶解,一种正相掩膜版图形出现在光刻胶上

负胶: 曝光区域交联硬化,一种负相的掩膜版图形形成在光刻胶上

亮场: 掩膜版大面积透明的石英,很细的铬图形,用于正性光刻

暗场: 掩膜版大部分被铬覆盖,用于负性光刻

正性光刻: 把掩膜版上的图形复制到硅片上

负性光刻: 把与掩膜版上图形相反的图形复制到硅片上

第十六章 刻蚀

1. 名词解释：刻蚀、湿法刻蚀、干法刻蚀

刻蚀：利用化学或物理的办法有选择 的去除不需要材料的工艺过程。

湿法刻蚀：液体化学试剂以化学方式去除硅片表面的材料。

干法刻蚀：把硅片表面暴露于气态中产生的等离子体，等离子体通过光刻胶中开除的窗口，与硅片发生物理或化学反应，从而去掉曝露的表面材料。

第十七章 离子注入

1. 半导体掺杂的主要两种方式。

热扩散，离子注入

2. 简述离子注入机的主要结构（5 部分）

离子注入机的主要部件有：离子源、质量分析器、加速器、聚焦器、扫描器。