

中国科学技术大学

Chap. 0

Si₃N₄, CMP 停止

半导体材料: { 第一代: Si, Ge, IV 单质
第二代: GaAs, InP, AlGaAs, V, AlN, BN.
第三代: GaN, SiC, AlN, VI, CdO, ZnO. 射频、发光功率
第四代: Ga₂O₃, Al₂O₃, S 氧化 (扩散) 区.

Si 溶解 Si_3N_4 应力

第一晶体管: Ge. 点接触NPN

主流工艺: CMOS.

氧化(扩散)区

光刻

刻蝕

老子語

蒲同董牛大

CMP (抛光)

圆形加工先刻后蚀

薄膜制备: 氧化沉积外延

控制：扩散离子注入

1 cmp.

Chap. 1

加工环境: { 空气
粉尘
化学试剂
工业气体
操作人员

3) 沾污: { 颗粒: 尺寸 $< \lambda/2$, λ = 栅宽, 特征尺寸. 激光束 颗粒 散射.
金属质: 特别是 Na 碱金属.
有机物: H_2SO_4 浓 + H_2O_2 .
自然氧化层: 潮湿, HF 洗.
静电释放 (ESD), 空气中和法.

净化后: $10 \mu\text{m} = 10 \times 10^{-6} \text{m}$ 颗粒 / (颗³)

$$U(x) = <0.1 \mu m \text{ 超细颗粒} / m^3$$

衬底 GaAs. 3吋 高频阻子⁴12
CdTe. > 6. 4吋

超纯水: 去离子. 电渗析. 反渗透

洁净服: 帽、鞋、手、口、鞋

CCP

晶面: $\begin{pmatrix} 100 \\ 110 \end{pmatrix}$ \sqrt{N} MOS. AaAs.

(110)
 $(111) \checkmark \Rightarrow$ 易沿 (111) 断裂

Si-CCP
GaN-HCP

缺陷密度: 缺陷/cm²

点: 热质
线: 机械, 热质化, 电压↓, 扩散↑, 噪声

~~按摩: Ⅲ、Ⅴ、替位式~~
~~B.P.A.s.~~

浅能级: 电荷率
深能级: 开关速度



中国科学技术大学

Chap. 2.

Si $\xrightarrow{SiO_2}$ SiO_2 作用: 掺杂阻挡层, 器件保护/隔离层, 表面钝化层, 电学绝缘层, 器件介质层: 栅氧最薄.

46% SiO_2 / 54% SiO_2

热氧化: 无定型 SiO_2 质量最好. CVD. (反应速率)

热氧化: 干氧 SiO_2 质量好, 慢. 湿氧: 适中, $H_2O + O_2$. 水汽: 快, H_2O , 质量差.

氧化阶段: ① 表面反应控制阶段: 线性, 反应速率. ② 扩散控制阶段: 抛物线, 扩散系数.

影响因素: 温度, 氧化剂分压, 晶向, 衬底, p_{H_2O} , p_{O_2} , C_{Si} .

工艺: 湿法清洗 \rightarrow 氧化炉 \rightarrow 检查.

Chap. 3.

扩散: 形成PN结, 受温度影响. $J = -D \frac{\partial C}{\partial x}$

扩散: 离子注入, 最主要方法. $D = D_0 \exp(-\frac{E_a}{kT}) \propto \exp(-\frac{1}{T})$

扩散: 间隙式: O, Fe, ... 替位式: P, B, As, Ga, Al, ... 空位交换.

工艺: 两步扩散: ① 恒定表面浓度 - 扩散总量. ② 有限表面源 - 扩散深度及表面浓度. 非预淀积扩散, 低温短时, 误差 $D_1 t_1 \gg D_2 t_2$. 推进扩散, 同时氧化, 高斯, $D_1 t_1 \gg D_2 t_2$.

其它因素: ① 浓度, ② 氧化气氛, ③ 多种掺杂, ④ 横向扩散.

测量: 薄层电阻 - 四探针法, 结深 - 磨角染色法, 掺杂分布 - CV测量或二次离子质谱.



中国科学技术大学

Chap. 4.

离子注入: 高精度 低温 低剂量 各向异性.

核阻止: 低能起作用. 重离子

电子阻止: 高能. 轻离子

$$Q = \frac{It}{enA}$$

分布: 纵向高斯分布. 沟道效应: 主晶轴沟道无阻挡

横向注入能量正比于 $\phi = 7^\circ \sim 10^\circ$

损伤: 轻: 区域大 密度低. 沉积非晶层. Si_3N_4, SiO_2

所以需要: 重: ... 小 ... 高.

退火作用: 晶格损伤. R.T.A: 快速加热. 掺杂分布. 浅结连入.

传统光刻胶. CA 光刻胶. 抗蚀. 粘污.

Chap. 5.

光刻: 关键指标: 分辨率: 线宽 $R = \frac{1}{N}$ mm. 套准精度 $C < \lambda$

$$R = \frac{1}{N} \text{ mm}$$

三要: 光刻胶, 掩膜板, 光刻机. 光刻工艺的核心: 正性光刻胶. 暗场. 漏. 金属互连.

基本步骤: 1. 光阻成膜: 高能 wafer. 2. 涂胶: 旋转涂胶. 3. 前烘: 挥发溶剂. 4. 曝光: 限制波长. 快速曝光分辨率.

5. 后烘: 提高附着力. 更波缺陷. 控制线宽. 6. 显影. 7. 坚膜烘焙: 挥发溶剂. 水分. 稳定光刻膜.

8. 显影检测. 9. 刻蚀: 湿法刻蚀. 干法刻蚀. 各向异性. 10. 去胶. 最终检测.

光刻技术: 接触式. 接近式. 投影式. 步进式. 电子束曝光 (EBL). 光栅扫描. 矢量扫描.

Both 技术: 钝化/刻蚀交替. 刻蚀均匀性.

干湿.



Chap. 6

CVD: 简单、快.

⑦ 质量输运控制阶段 不升温 气流速率↑

外延生长方法:

- 气相外延: VPE. 最常用; 高温 CVD.
- 分子束外延: MBE. GaAs. 中温
- 金属有机 CVD: MOCVD 低温

钝化 Si_3N_4
(多磷更好)
填缝(漆)

(ILD: 房间介度)

Chap. 7

Chap. 7.

PVD { 真空蒸发 { 中频加热: 低熔金属 Al, Au, Cd.
射频加热: 高熔金属 W, SiO₂, Al₂O₃
激光加热: 高温

溅射 { 直流溅射
(质量好) → (Ar⁺) → [] → ... [] { RF
离子束 { 靶材. wafer { 离子束. ✓.

外延: 同质外延
异质外延

(Evap...)

- 气相外延: VPE \approx CVD, 但控制在质量传输控制区.
- 分子束外延 MBE 质量高, 慢, 贵, 好, 温度低.

Si_3N_4 : 阻挡 SiO_2 基膜匹配高k介质

※A: 金属导线

W: 穿孔填充

CMOS 流程:

