

上海电力大学

2021-2022 学年第 二 学期

课程号: 2614084 课程名: CMOS 集成电路原理与设计 任务类型: 正常班

考生姓名: 王飞能 学号: 20191317 班级: 2019141

考试时间: 2022 年 6 月 17 日 : 9:00 — 11:30 考试类型: 正考

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
分数											
阅卷人											

诚信考试承诺书

本人郑重承诺:

我已阅读且透彻理解了“上海电力大学考场规则”和“上海电力大学考试违纪及舞弊处理规定”,承诺在考试中自觉遵守,独立完成考试,诚信考试,如有违反,按有关条款接受处理。

承诺人签名: 王飞能 日期: 2022.6.17

以下是答题区:

一、填空题

1. 穿通电压
2. 侧面积
3. 设计规则检查 电气规则检查, 版图与原理对照
4. ~~Via (过孔) 连接金属层~~ 无焊盘, 网表, 主节点列表, 布线数据, 单元布置数据, 晶体管级版图
5. Via (过孔) 连接金属层
6. 沟道调制 (CLM) 效应
7. 晶体管, 中规模集成电路, 超大规模集成电路, 微系统集成电路
8. 光刻胶进行图形制作的水平, 寄生 NPN 晶体管 ~~来决定~~
9. P阱 CMOS 工艺, N阱 CMOS 工艺, 双阱 CMOS 工艺
10. 覆盖在衬底上场氧的开口



姓名: 王飞能

学号: 20191317

1. V 2. V 3. ~~2~~V 4. V 5. X

6. ~~8~~ 7. ✓ 8. ✓ 9. ✓ 10. ~~8~~ ✓

三、综合题

1. ① 饱和: $V_{DS} < V_{GS} - V_{th}$ 衬底的空间被电子及排斥价层空穴
衬底与沟道之间无电势差 $C_{ox} = C_{gs} + C_{gb} + C_{gd}$

④耗层: V_{ast} 增大, 不能吸收大量空穴到达栅极下方, 同时也不能吸收大量电子。

③反型: V_{as} 足够大 ($> V_{th}$) 大量电子被吸引到栅极下方.



2. 45 方加 6 个拐角 $= 48$ 方 $= 48 \times 80 = 3840$ 元

3. 解: 由前可知, metal1 和 metal2 之间的平板电容的
典型值为 $35 \text{ aF}/\mu\text{m}^2$, 边缘电容的典型值为 $100 \text{ aF}/\mu\text{m}$.

典型值为 35 aF/nm^2

$C_{12} = 100 \times 100 \times 73 + 40 \times 0.05 \times 79 = 164 \text{ aF}$

C_{12} 上电压为 $\Delta V_{\text{metal}} = \Delta V_{\text{metal}2} \frac{1}{\frac{1}{\gamma_{\text{C12sub}}} + \frac{1}{\gamma_{\text{C12}}}} = 2 \times \frac{C_{12}}{C_{12} + C_{\text{sub}}} \times 739$

$C_{12} = 100 \times (0.1)^2 \times 35 + 40 \times 0.1 \times 100 = 435 \text{ aF}$

$= 1124 \text{ mV}$

$$C_{12} = 100 \times (0.1)^2 \times 35 + 40 \times 0.1 \times 100 = 435 \text{ aF}$$

$$C_{\text{sub}} = 100 \times (0.1)^2 \times 23 + 40 \times 0.1 \times 19 = 339 \mu\text{F}$$

4. 方法: ①单位单组阻: 通常次给别具有同一阻值的单位电阻, 采用此法可以消除版图中的拐角及由折弯、形状带来的误差, 不过只

②保护环：所有电路会受到衬底噪声的影响，在两种电路之间注入，形成的衬底接触噪声去除，注入载流子，使衬底且注入画成环路，通常称保护环。衬底电位



以下为答题区：

姓名：王宇鹏

学号：20191817

- ③ 叉指片版图：两不同电阻间匹配，采用版图设计能改善，工艺上差异（不同位置处 N^+ 掺杂不同），在这两个电阻中分配电阻。
- ④ 共质心片版图：具有相同中心的版图：能改善电阻之间的匹配特性。
- ⑤ 陪衬元件：电阻中陪衬元件任何电学意义，它只是为了标记区而电阻的单位电阻两侧具有相同结构。

$$⑤. R_{total} = \frac{L_b}{W_b} \cdot \rho_b + 2 \frac{R_c}{W_c}$$

$$R = r_b + 2r_h + 2r_c$$

$$= \frac{L_b}{W_b} \cdot \rho_b + 2 \frac{L_h}{W_h} \cdot \rho_h + 2 \frac{R_c}{W_c}$$

$$\text{考虑误差后 } R = \frac{L_b + \delta L_b}{W_b + \delta W_b} \cdot \rho_b + 2 \frac{L_h + \delta L_h}{W_h + \delta W_h} \cdot \rho_h + 2 \frac{R_c}{W_c + \delta W_c}$$

$$5. R_{total} = \frac{L_b + \delta L_b}{W_b + \delta W_b} \cdot \rho_b + 2 \frac{L_h + \delta L_h}{W_h + \delta W_h} \cdot \rho_h + 2 \frac{R_c}{W_c + \delta W_c} + 2r_s$$

r_b = 体区部分电阻。

$$R = r_b + 2r_h + 2r_c + 2r_s$$

L_b : 体区长度 (um), L_h : 头区长度 (um)

W_b : 体区宽度 (um) W_h : 头区宽度 (um)

ρ_b : 体区薄层电阻率 (ohm) ρ_h : 头区薄层电阻率 (ohm)

R_c : 接触电阻 (ohm) W_c : 接触区宽度。

r_s : 打层区部分电阻。

由于项则是唯一的， δ 值要查阅制造商的工艺手册。



以下为答题区:

姓名: 王世能

学号: 201911017

6. 金属电迁移: 直流电流通过晶体管, 金属中产生的质量输运现象,
(金属中的离子迁移).

防止金属电迁移的方法: ① 降温, 高温, 强电场下运行,

② 电流密度高于金属迁移阈值电流密度,

③ 减少金属的覆盖面积和通孔个数.

7. $I_D = \frac{K'_n}{2} \cdot \frac{W}{L_{eff}} (V_{GS} - V_{THN})^2$ 对 V_{GS} 微分,

$$\frac{dI_D}{dV_{GS}} = \frac{K'_n}{2} \cdot \frac{W}{L_{eff}^2} (V_{GS} - V_{THN})^2 \frac{dL_{eff}}{dV_{GS}} = I_D \cdot \left(\frac{1}{L_{eff}} \frac{dL_{eff}}{dV_{GS}} \right)$$

短沟效应 $\lambda = \frac{1}{L_{eff}} \cdot \frac{dL_{eff}}{dV_{GS}}$

$$\therefore I_D = \frac{K'_n}{2} \cdot \frac{W}{L} (V_{GS} - V_{THN})^2 [1 + \lambda (V_{GS} - V_{GS0})]$$

(当 $V_{GS} > V_{THN}$ 且 $V_{GS} > V_{GS0}$ 时).

