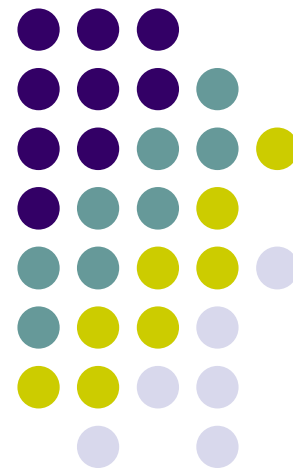


# 超大规模集成电路基础

## Fundamental of VLSI

---

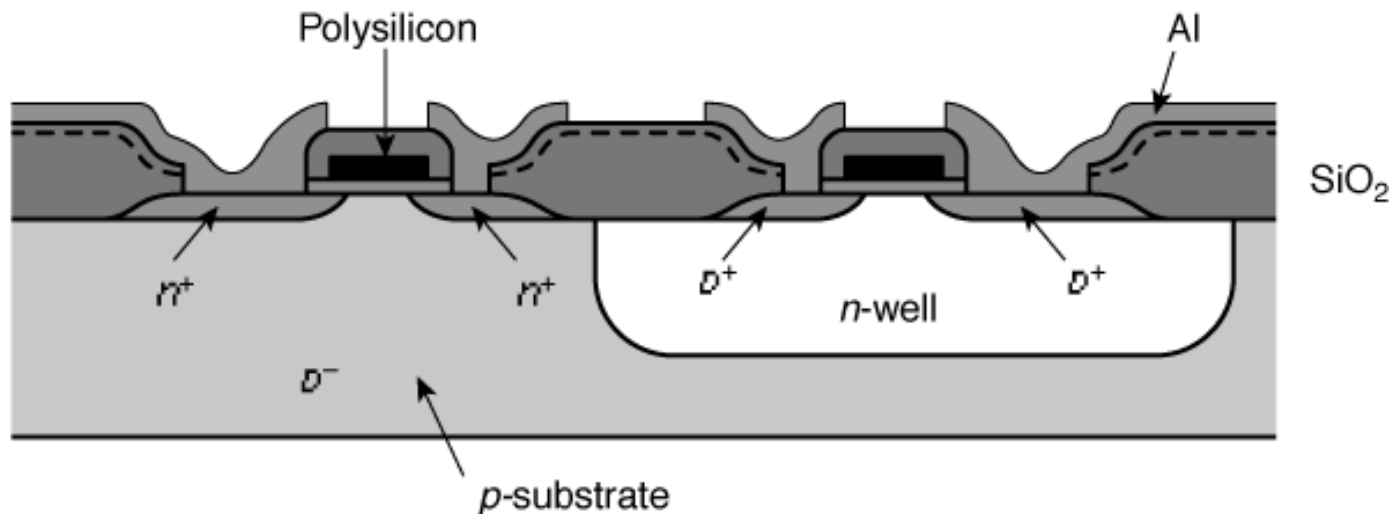
### 第三章 制造工艺



# CMOS工艺



- 互补金属氧化物半导体 CMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）
  - 由一对互补的MOS管（NMOS和PMOS）构成的MOS集成电路制造工艺

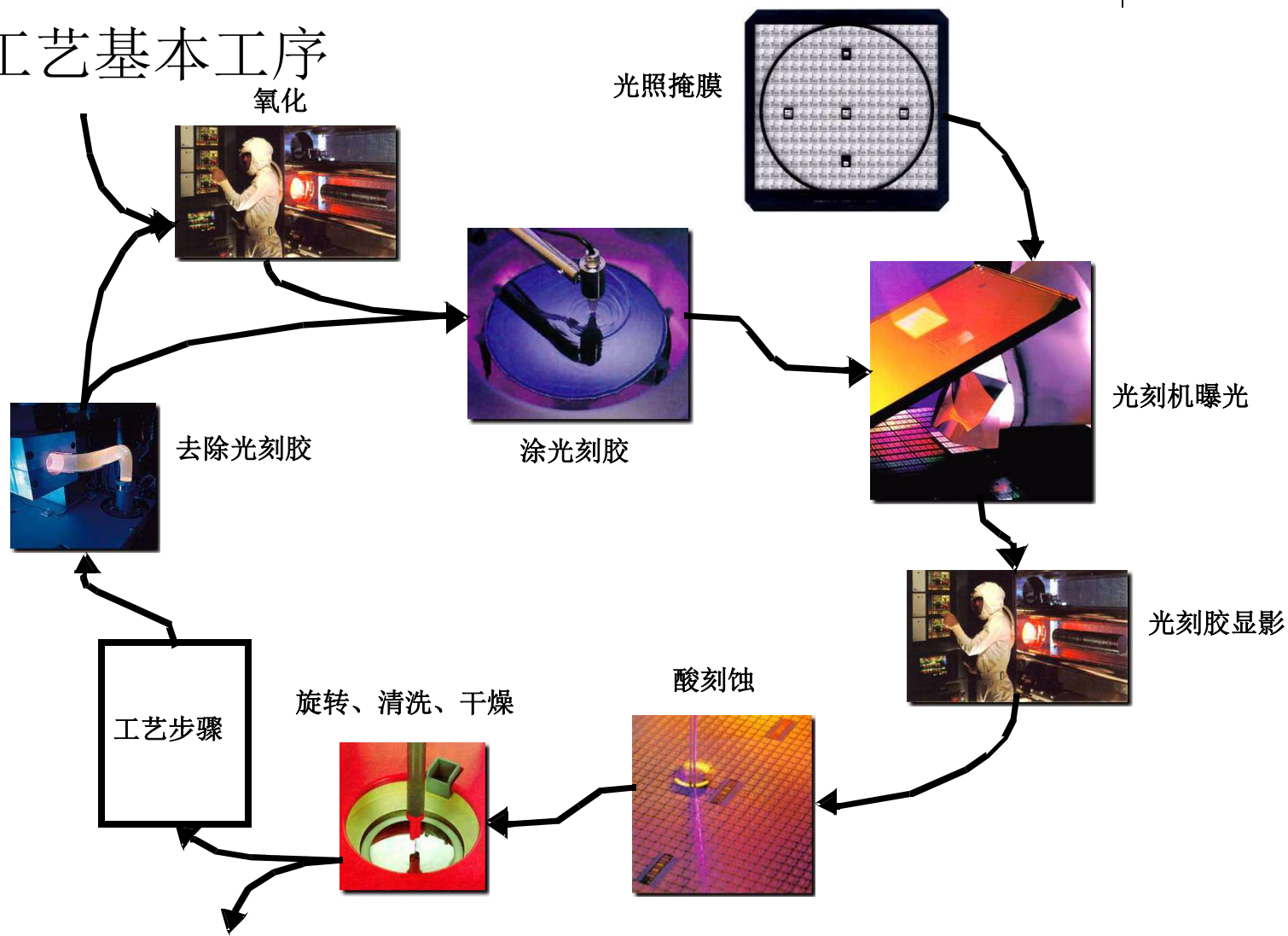


[illegible]

# CMOS工艺



## ● 芯片工艺基本工序



# CMOS工艺

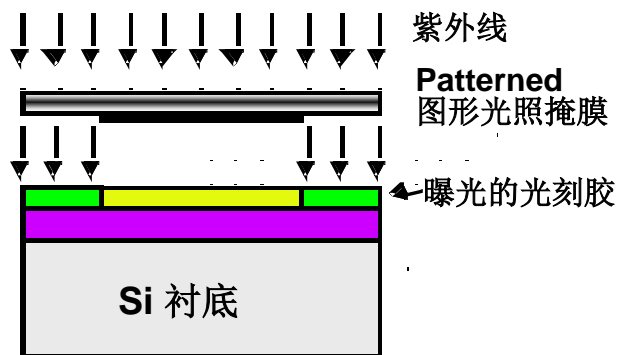
- 工艺步骤在芯片上的作用



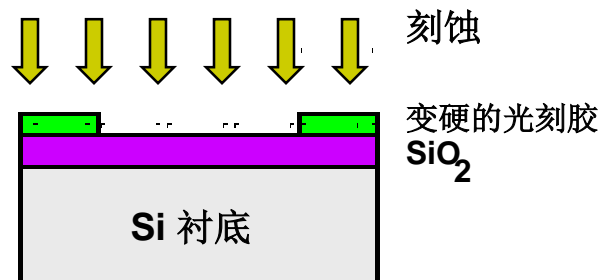
(a) Si基础材料



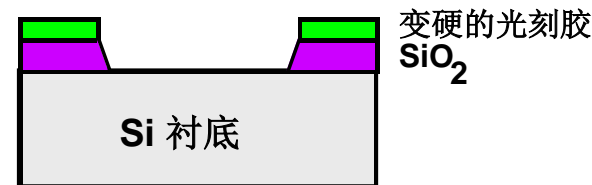
(b) 氧化及淀积负光刻胶后



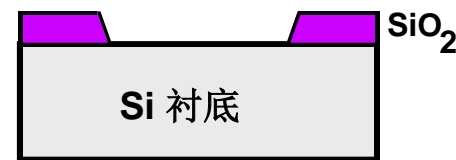
(c) 光刻机曝光



(d) 显影后和刻蚀



(e) 刻蚀后



(f) 去除光刻胶后



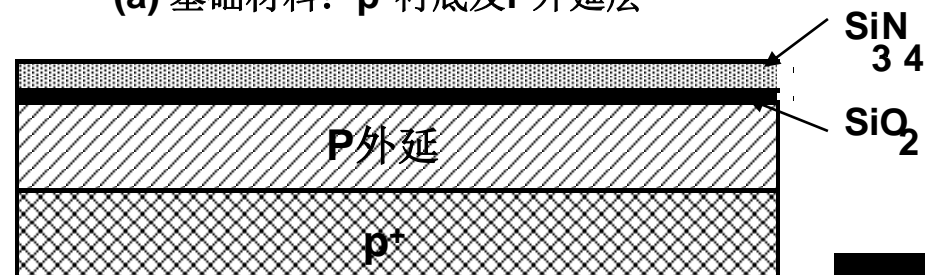
# 双阱CMOS工艺



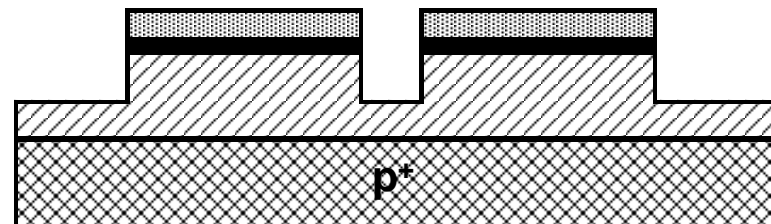
- 定义有源区刻蚀及在绝缘沟槽中填充氧化物



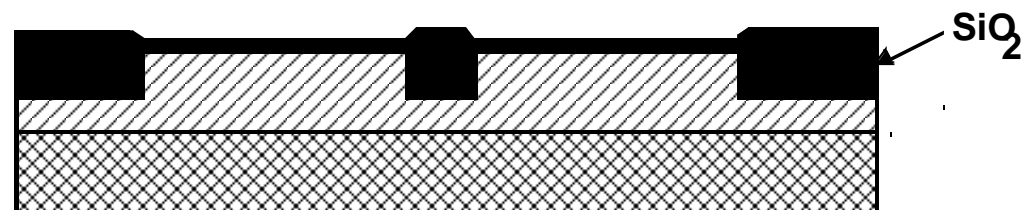
(a) 基础材料：p<sup>+</sup>衬底及P外延层



(b) 淀积栅氧和氮化硅牺牲层

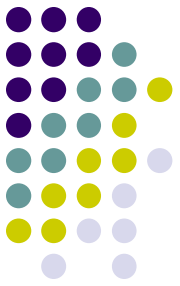


(c) 采用有源区掩膜互补区进行等离子刻蚀绝缘沟槽后

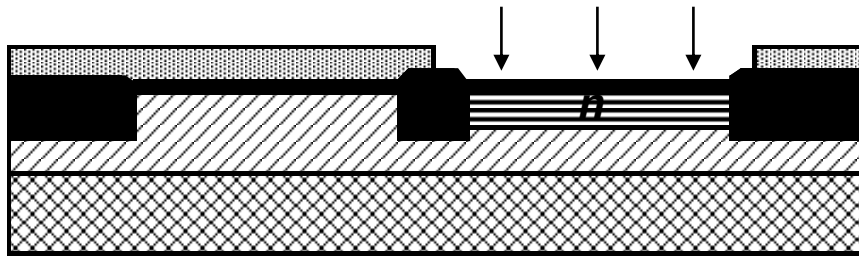


(d) 沟槽填充氧化物、CMP平整化及移去氮化硅牺牲层后

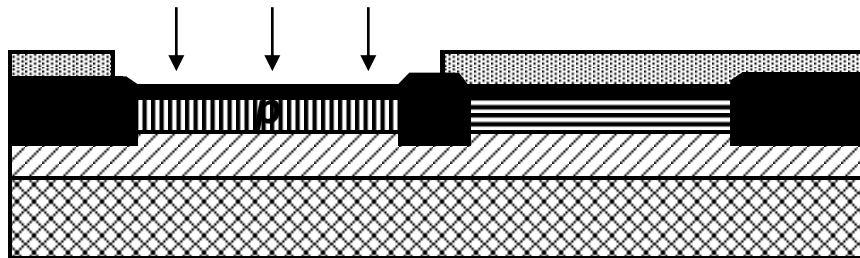
# 双阱CMOS工艺



- 阱区离子注入



(e)  $n$ 阱和  $V_{Tp}$  调整的离子注入

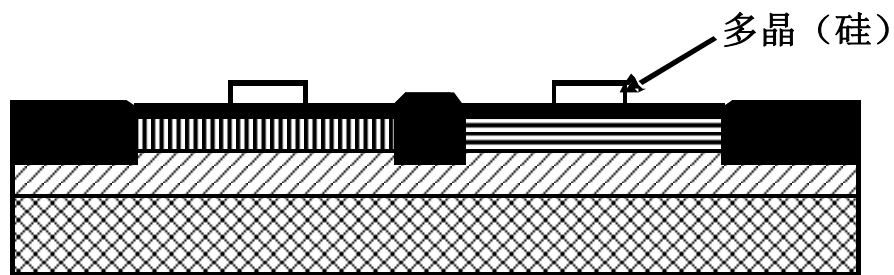


(f)  $p$ 阱和  $V_{Tn}$  调整的离子注入

# 双阱CMOS工艺

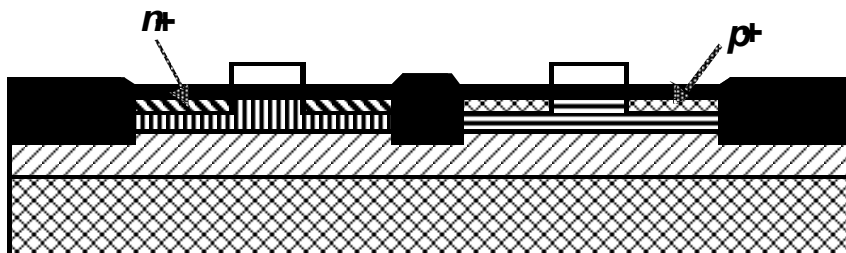


- 淀积及形成多晶硅层图形



(g) 多晶硅淀积与刻蚀后

- 源区和漏区及衬底接触的离子注入



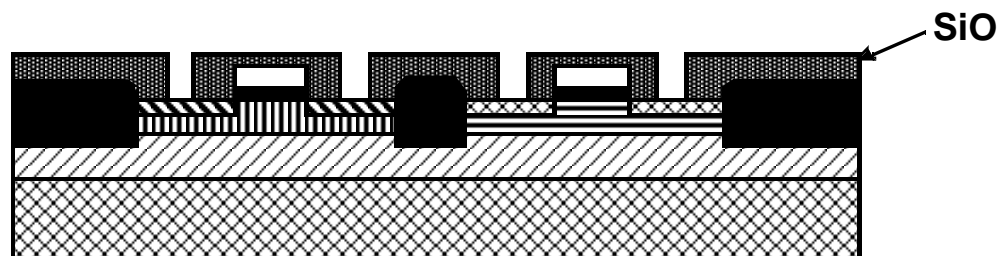
(h)  $n^+$ 源/漏及 $p^+$ 源/漏注入后



# 双阱CMOS工艺



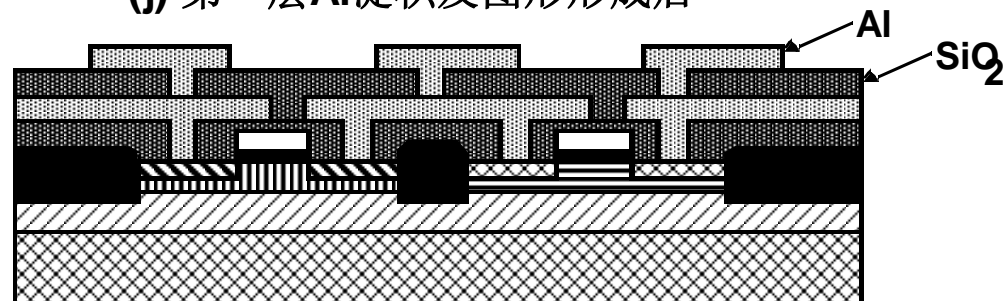
- 形成接触和通孔窗口淀积及形成金属层图形



(i)  $\text{SiO}_2$ 绝缘层淀积及接触孔刻蚀后

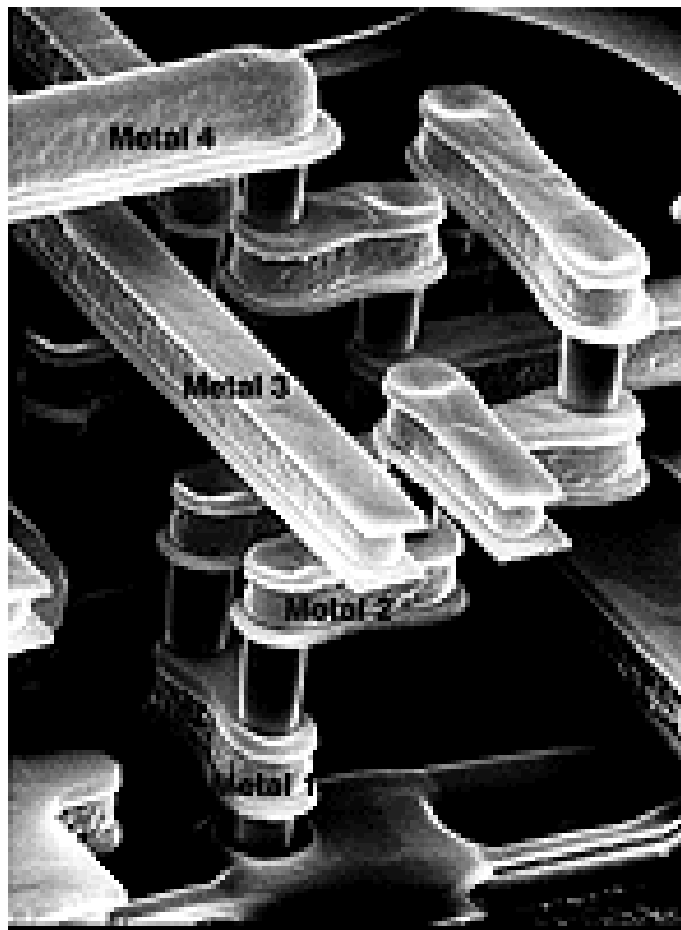


(j) 第一层Al淀积及图形形成后



(k)  $\text{SiO}_2$ 绝缘层淀积、通孔刻蚀及第二层Al淀积和图形形成后

# 芯片分层结构

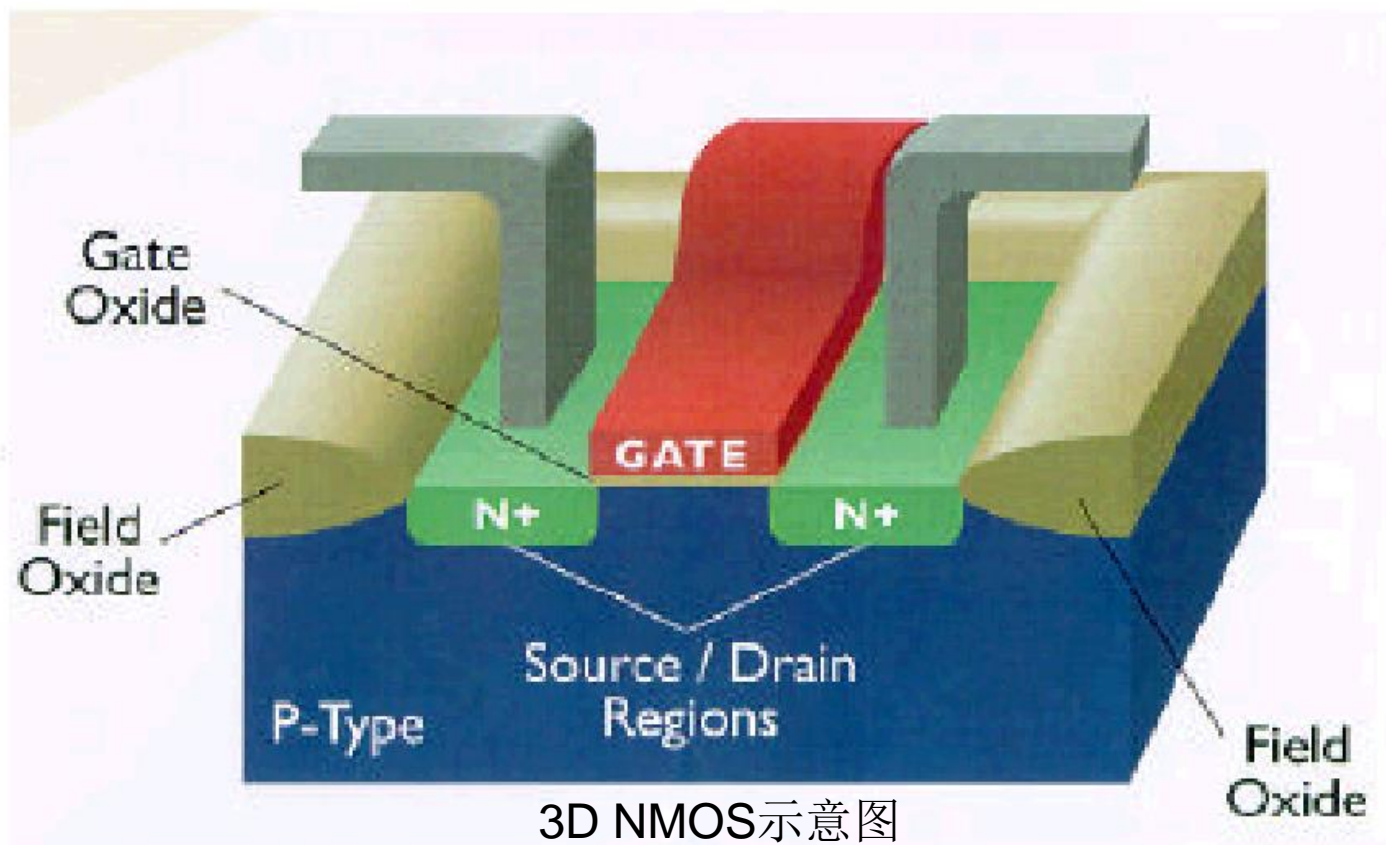


CMOS放大截图



# 版图设计规则

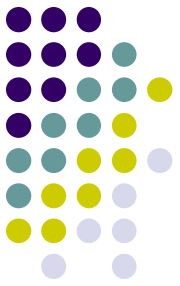
- 设计者和工艺工程师之间的桥梁









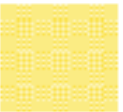













# 版图设计规则

- 可缩放设计规则
  - 所有尺寸按线性缩放
  - 工艺参数 $\lambda$ ，所有尺寸均为 $\lambda$ 的整数倍
  - 使设计很容易移植到工业界的典型生产工艺上
  - 缺点：
    - 对于较大的尺寸，不同工艺间的关系变化是非线性的
    - 由于考虑工艺的最坏情况，影响设计效率
- 绝对尺寸设计规则（微米规则）
  - 可以提高设计效率
  - 移植性差



# 版图设计规则

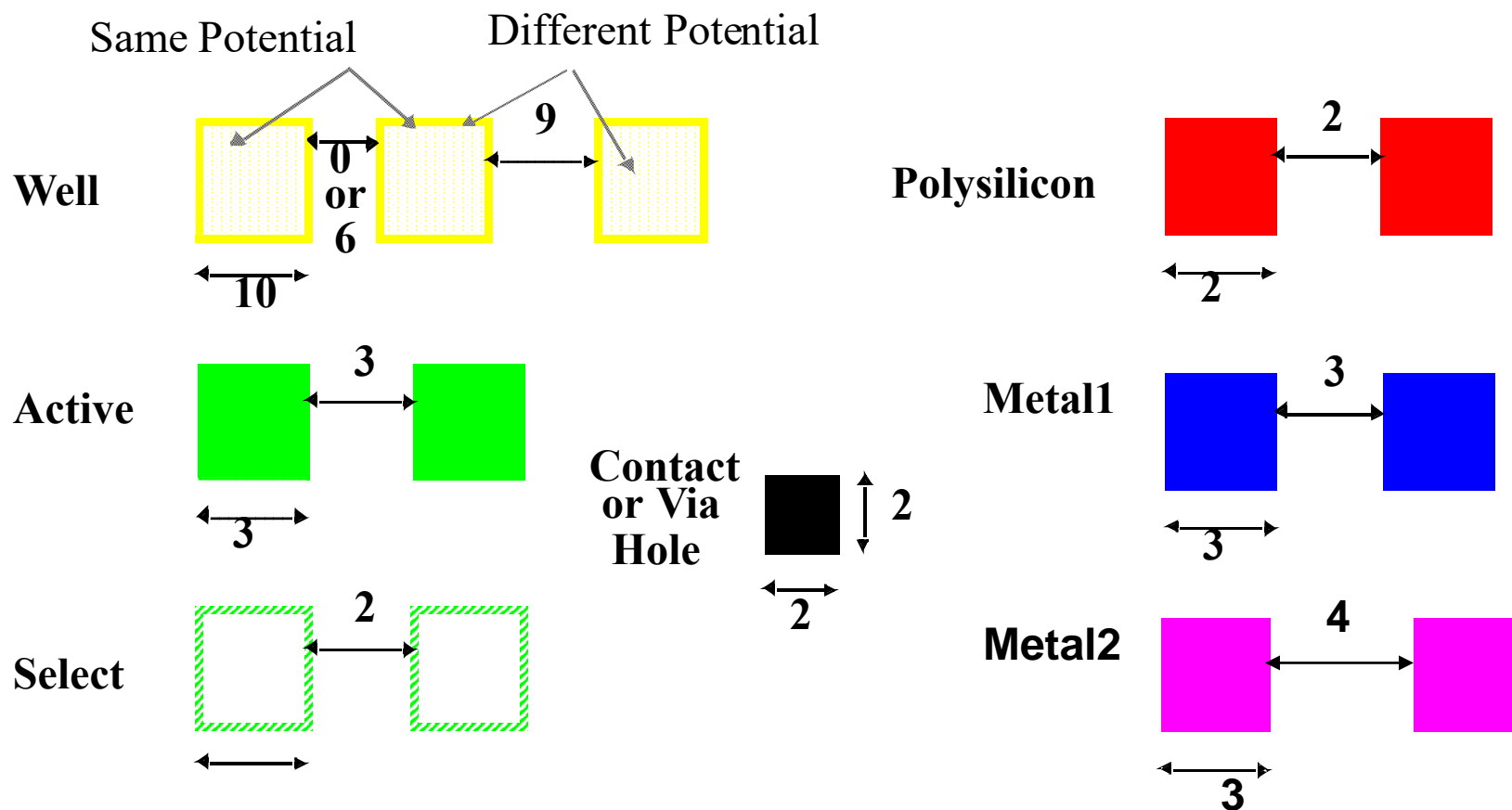
- 工艺层表示
- 工艺层：
  - 衬底/阱
  - 扩散区
  - 多晶硅层
  - 金属互联层
  - 接触孔和通孔

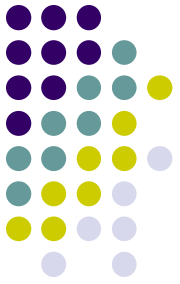
Layer Description	Representation				
metal	 m1	 m2	 m3	 m4	 m5
well	 nw				
polysilicon	 poly				
contacts & vias	 ct	 v12,v23,v34,v45	 nwc	 pwc	
active area and FETs	 ndif	 pdif	 nfet	 pfet	
select	 nplus	 pplus	 prb		

# 版图设计规则



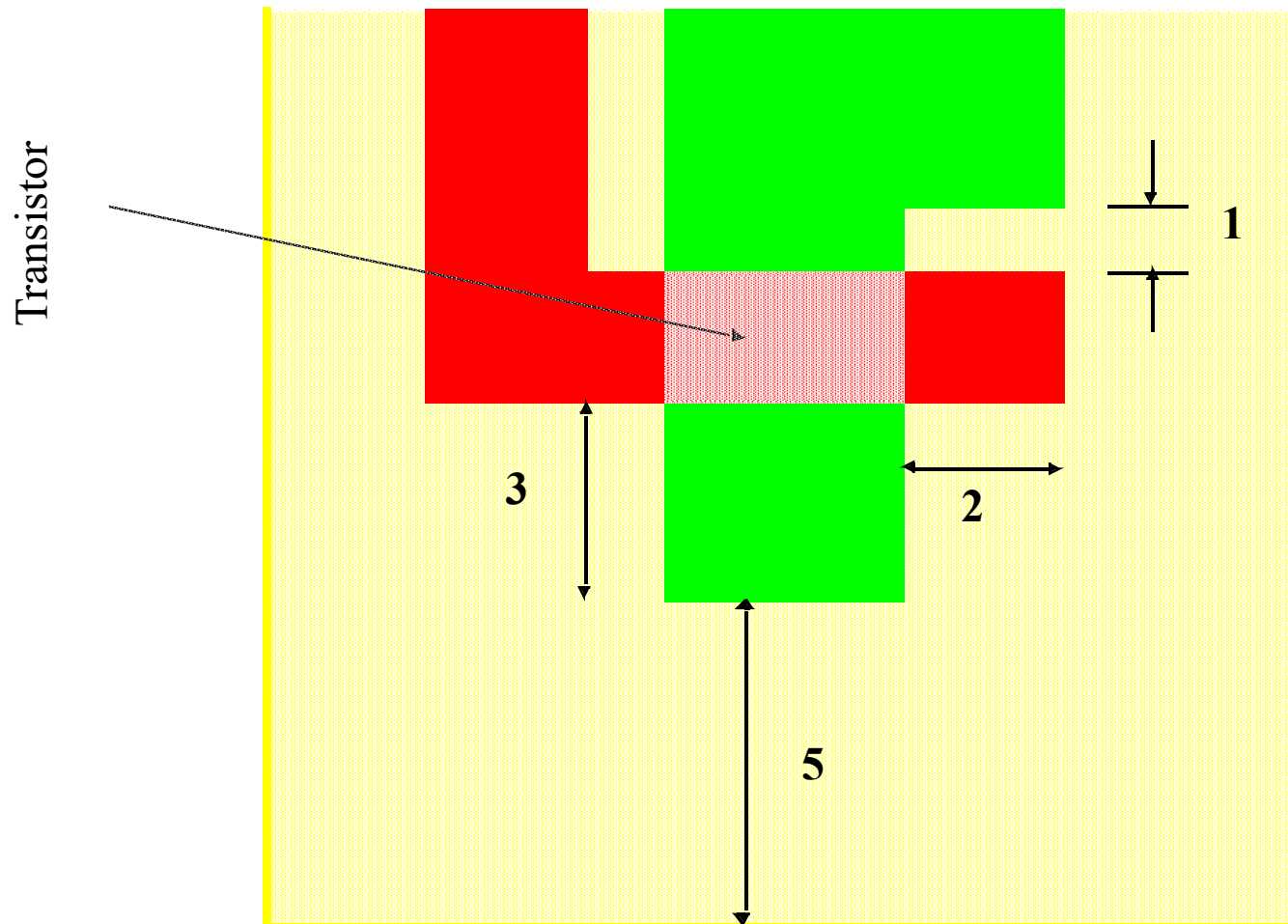
- 层内限制规则





# 版图设计规则

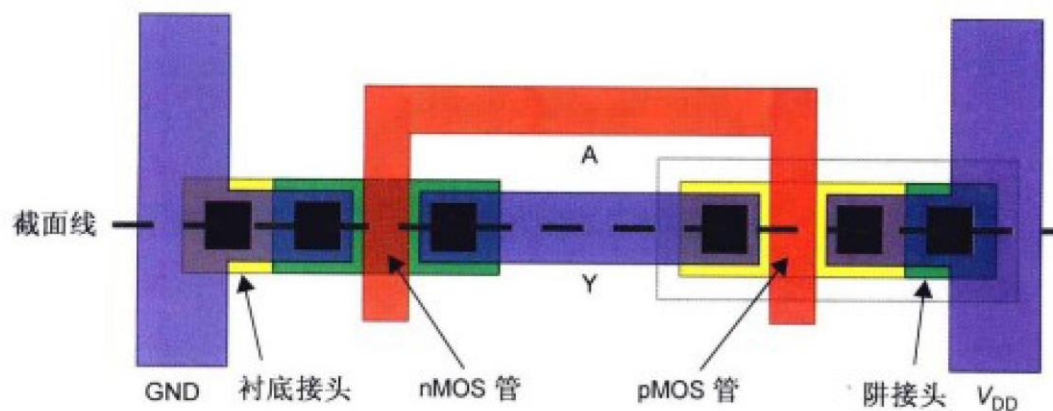
- 层间限制规则



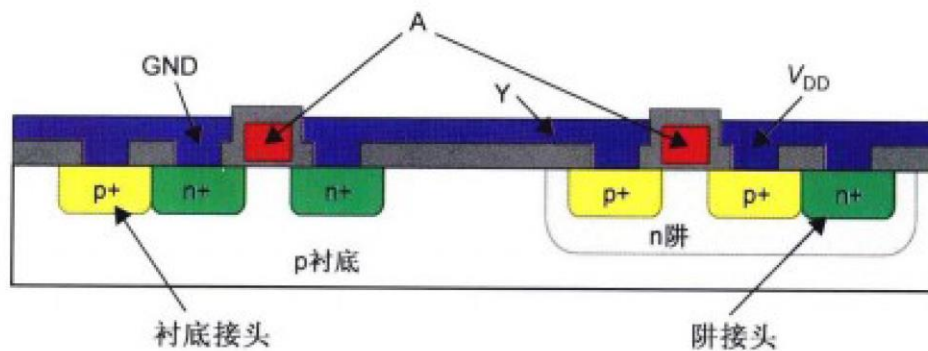
# 版图设计规则



- 反相器版图



(a) 版图



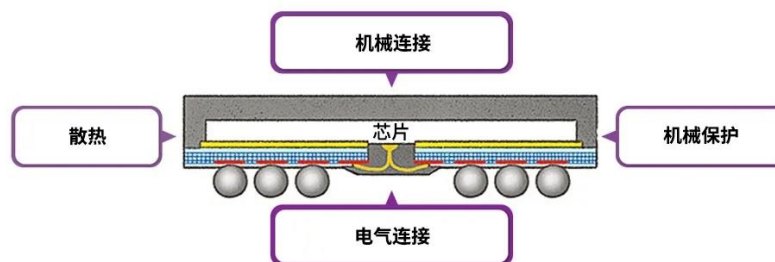
(b) 剖面图





# 封装

- IC封装对元件的工作和性能起着极为重要的作用
  - 提供信号及电源线进出硅芯片的界面
  - 提供机械支持
  - 散热
  - 防潮
- 封装对微处理器或信号处理器的性能及功耗也有重要影响
  - 高性能计算机的大部分延时来自封装

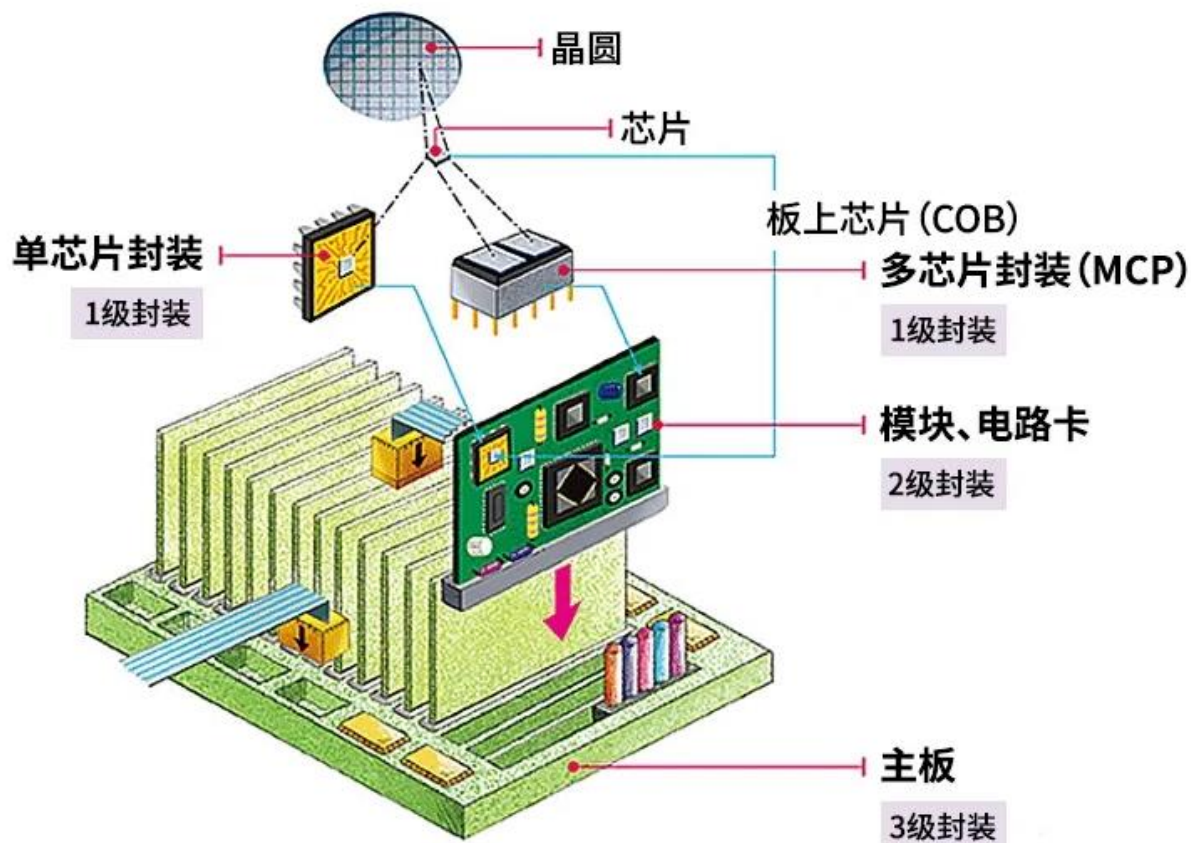


# 封装



- 封装材料

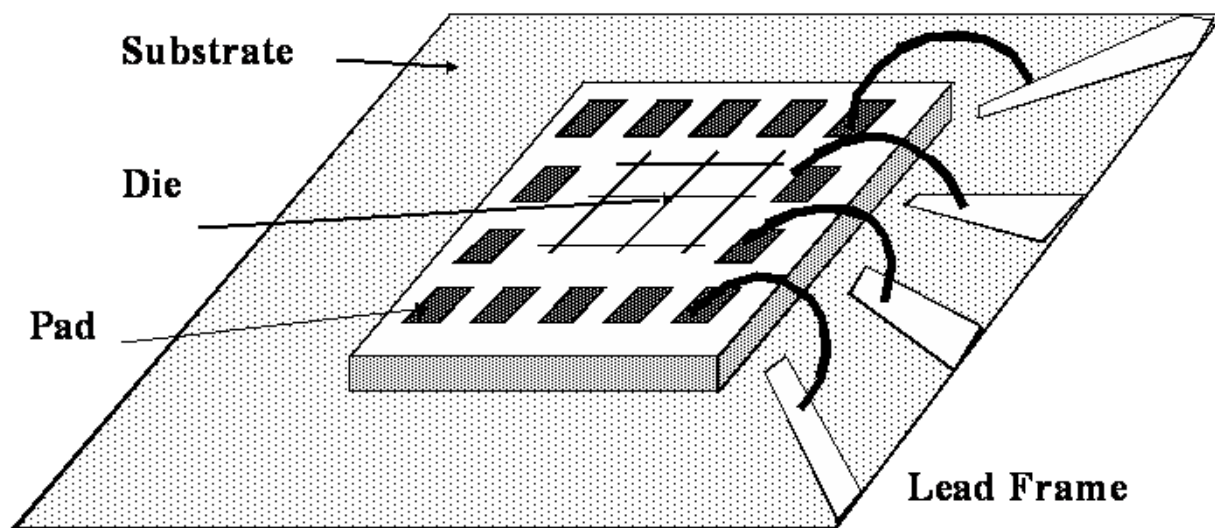
- 散热性
- 膨胀系数
- 电气特性
- 机械特性
- 成本



# 封装



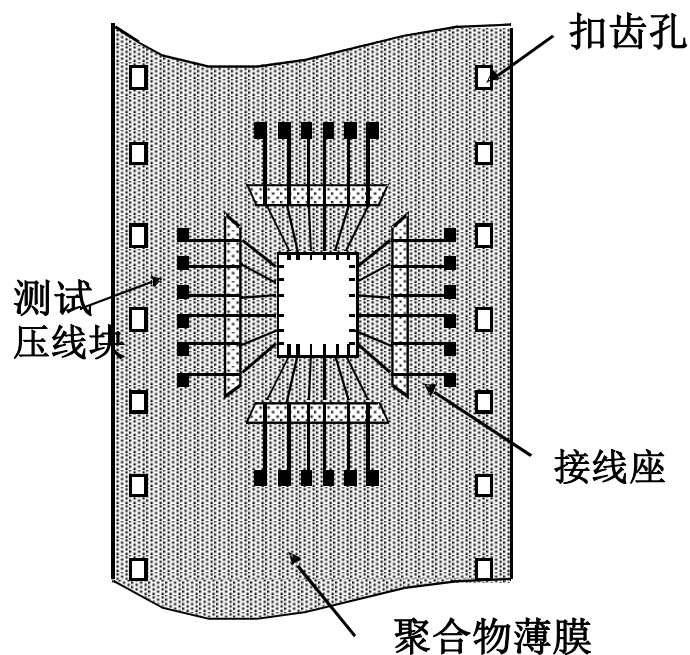
- 芯片至封装衬底的封装技术
  - 导线压焊
    - 导线连接时间长
    - 压焊线密集易短路
    - 压焊线间寄生参数难预测



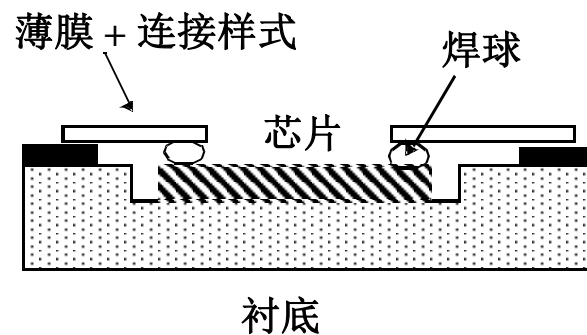
# 封装



- 芯片至封装衬底的封装技术
  - 载带自动压焊



(a) 聚合物载带及印制的连线样式



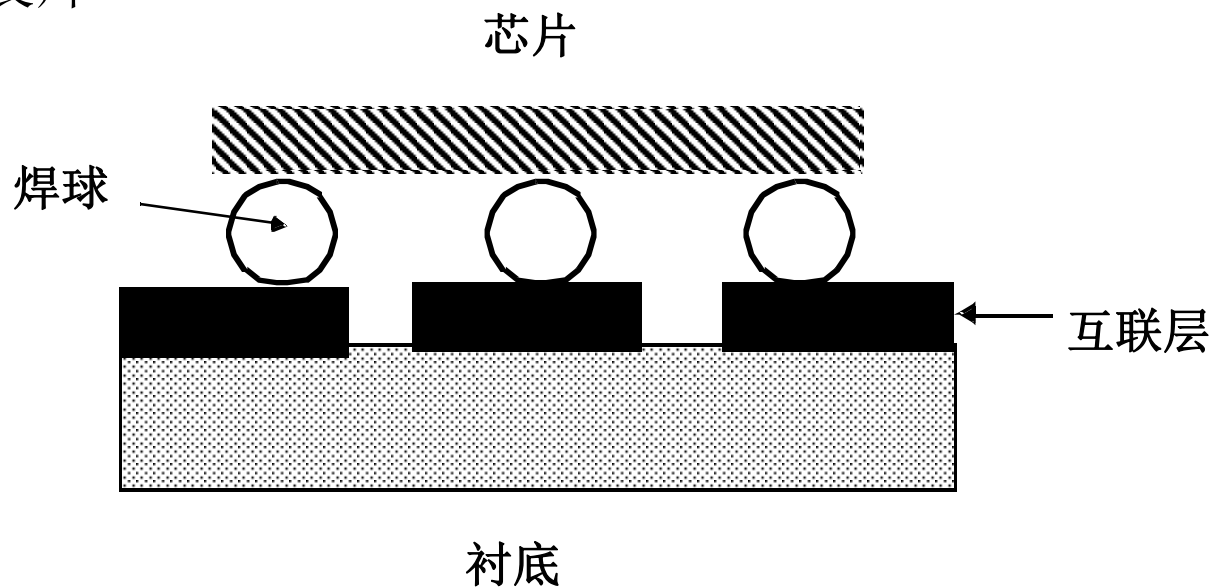
(b) 焊球固定芯片

# 封装



- 芯片至封装衬底的封装技术

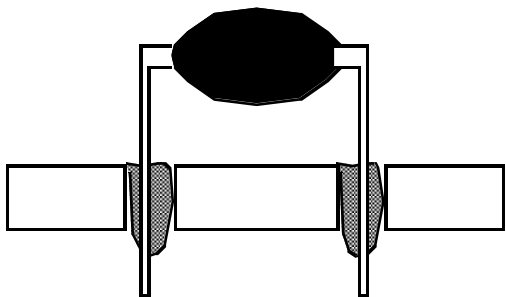
- 倒装焊



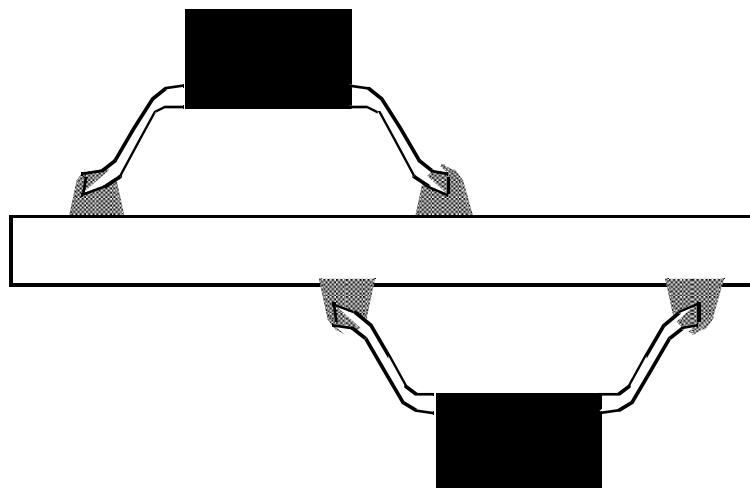
# 封装



- 封装衬底至印刷板的封装技术



(a) 穿孔安装



(b) 表面安装

# 封装



- 封装类型

