

大哥哥大姊姊講半導體

3 躍進半導體之電晶體製程



課程大綱

Part1. 電晶體的相關知識

- 二極體與電晶體
- 電晶體的兩大類型
- 電晶體的角色

Part2. 從沙子到晶片

- 矽元素純化
- 長晶
- 矽晶柱到晶圓
- 晶圓到裸晶
- 裸晶到晶片

Part3. 半導體製程基本技術

- 沉積與氧化
- 微影
- 蝕刻
- 摻雜
- CMP

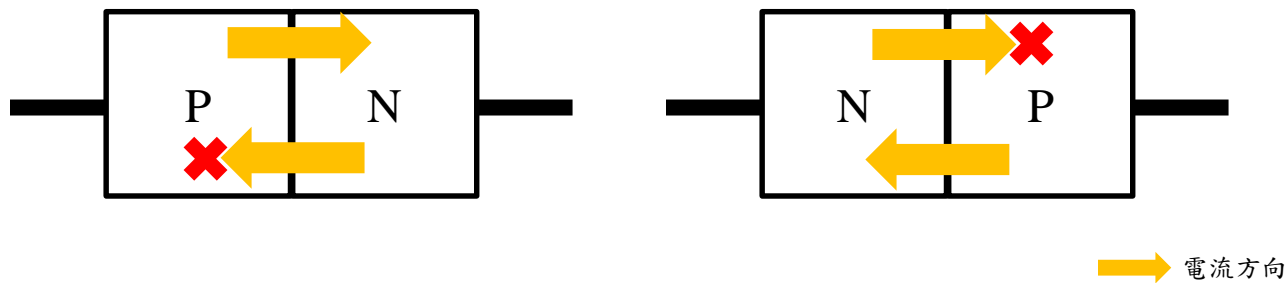
Part4. 電晶體的MOS製程

Part5. 補充-單晶、多晶、非晶

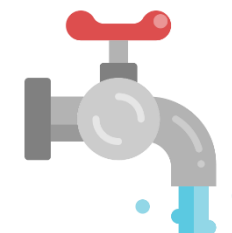
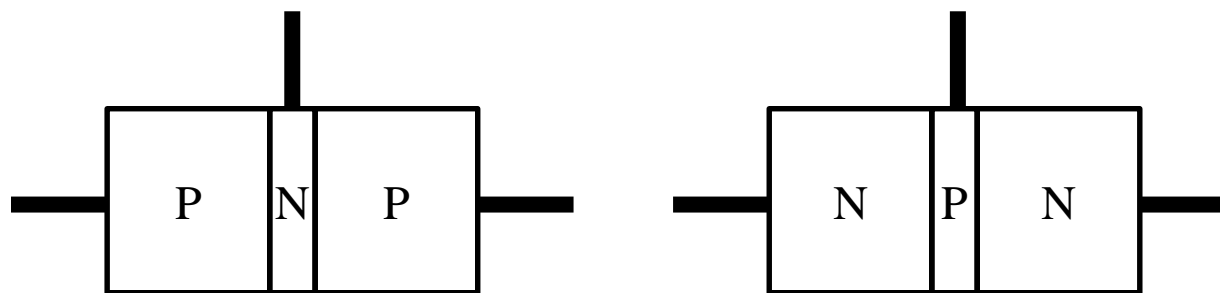
Part1. 電晶體相關知識

二極體與電晶體

二極體

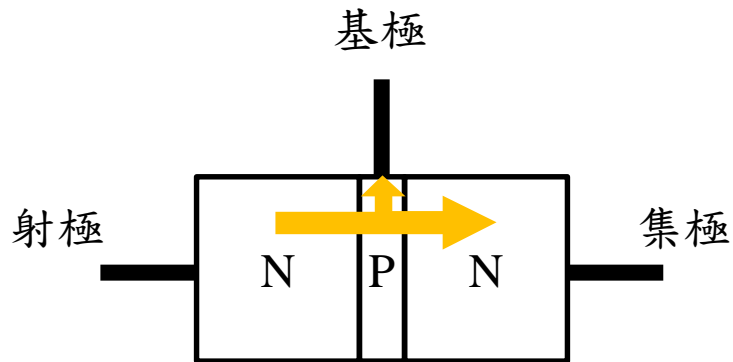


電晶體



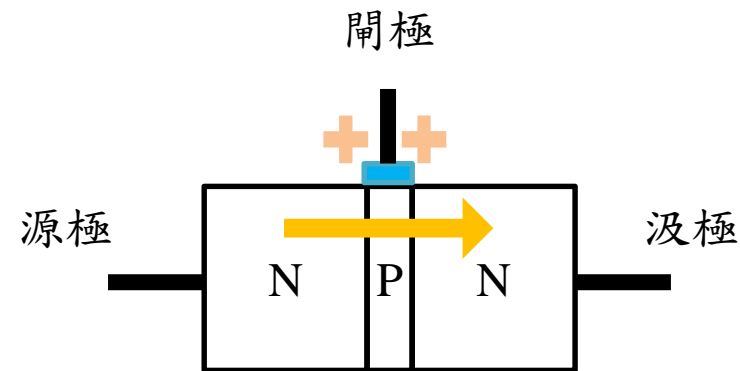
電晶體的兩大類型

BJT(Bipolar Junction Transistor)
雙極性接面電晶體



由**電流**當作閥門控制

MOSEFT(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
金屬氧化物半導體場效電晶體

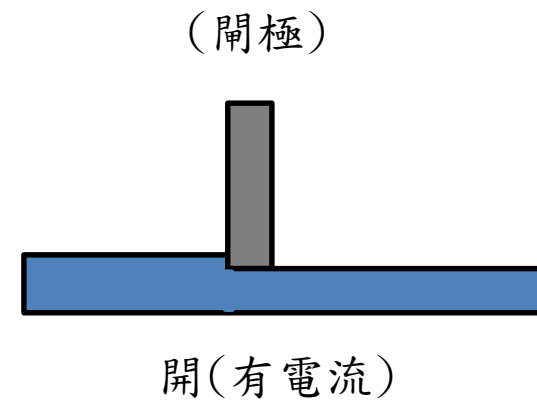
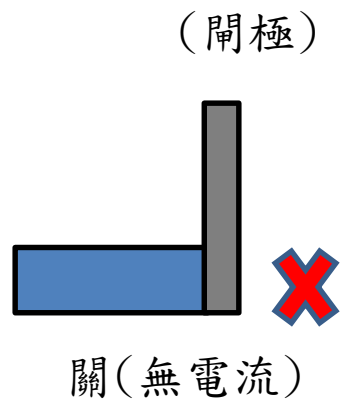


由**電壓**當作閥門控制

→ 電流方向

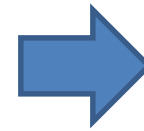


電晶體的角色



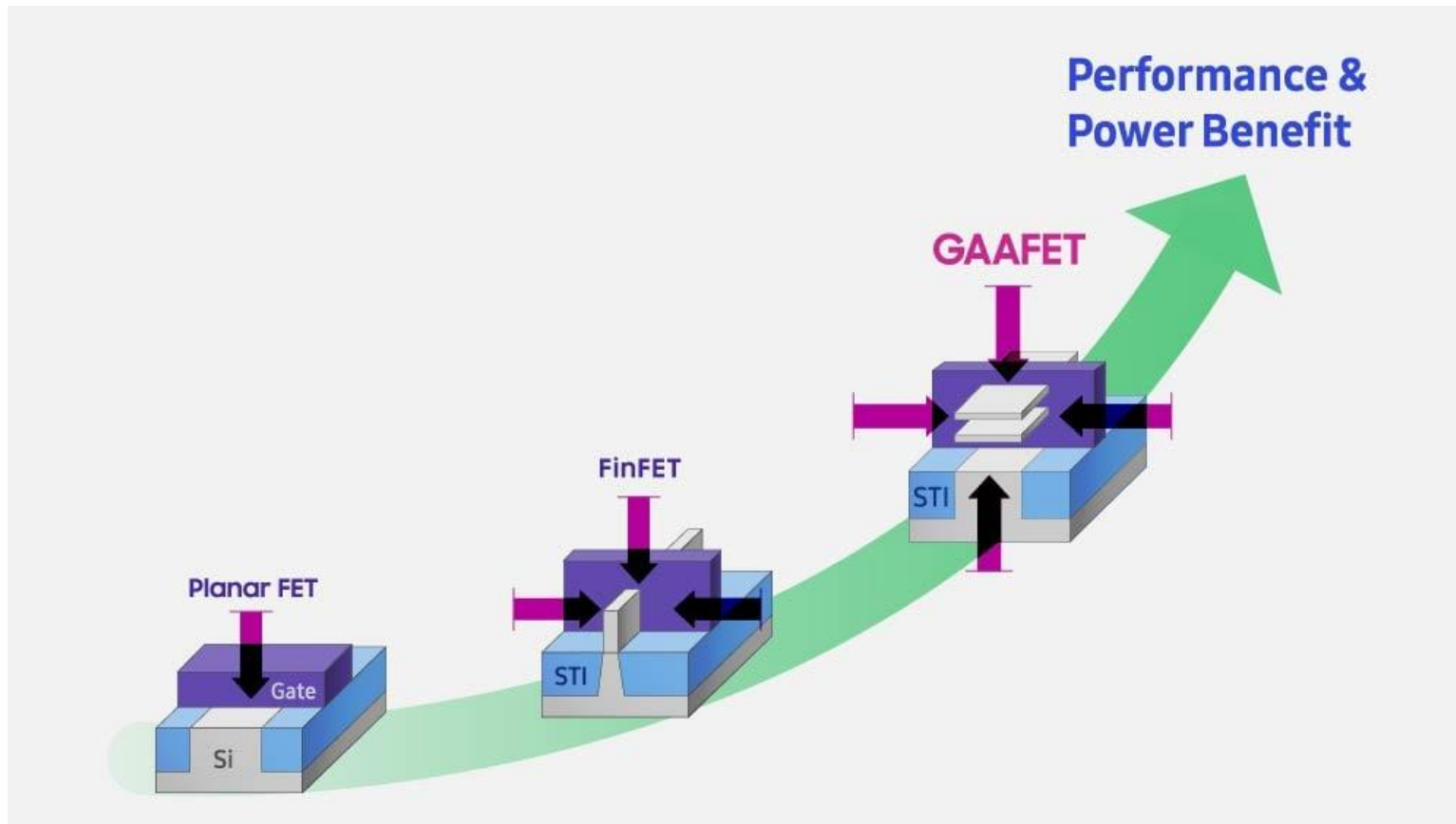
Q1. 如何在晶片上做電晶體?

	TO-3		TO-66		TO-254
	TO-5		TO-72		TO-257
	TO-8		TO-92		TO-258
	TO-18		TO-126		TO-259
	TO-36		TO-202		TO-264
	TO-39		TO-218		TO-267
	TO-46		TO-220		
	TO-52		TO-226		

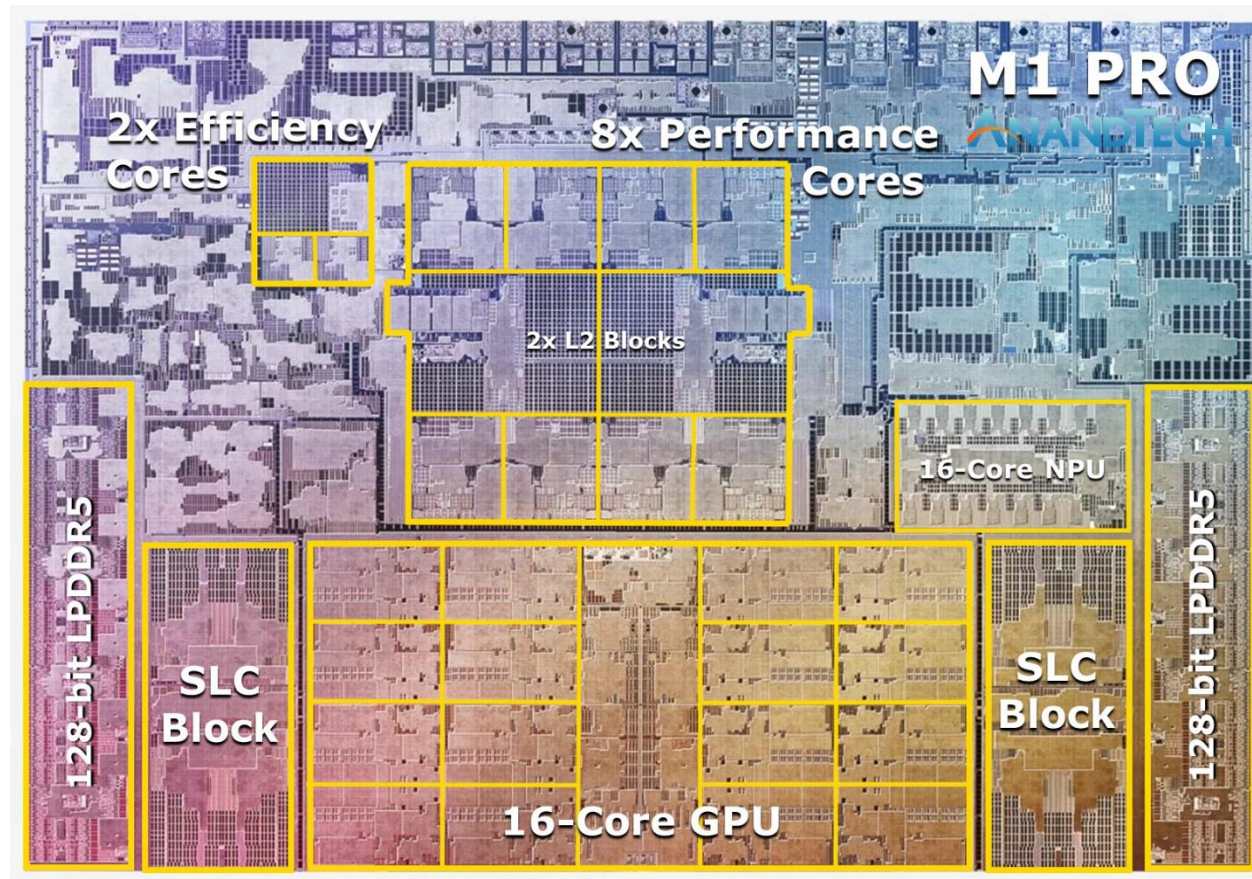


怎麼做?

MOS的發展



範例展示:M1 Pro的晶片





Part2. 沙子到晶片

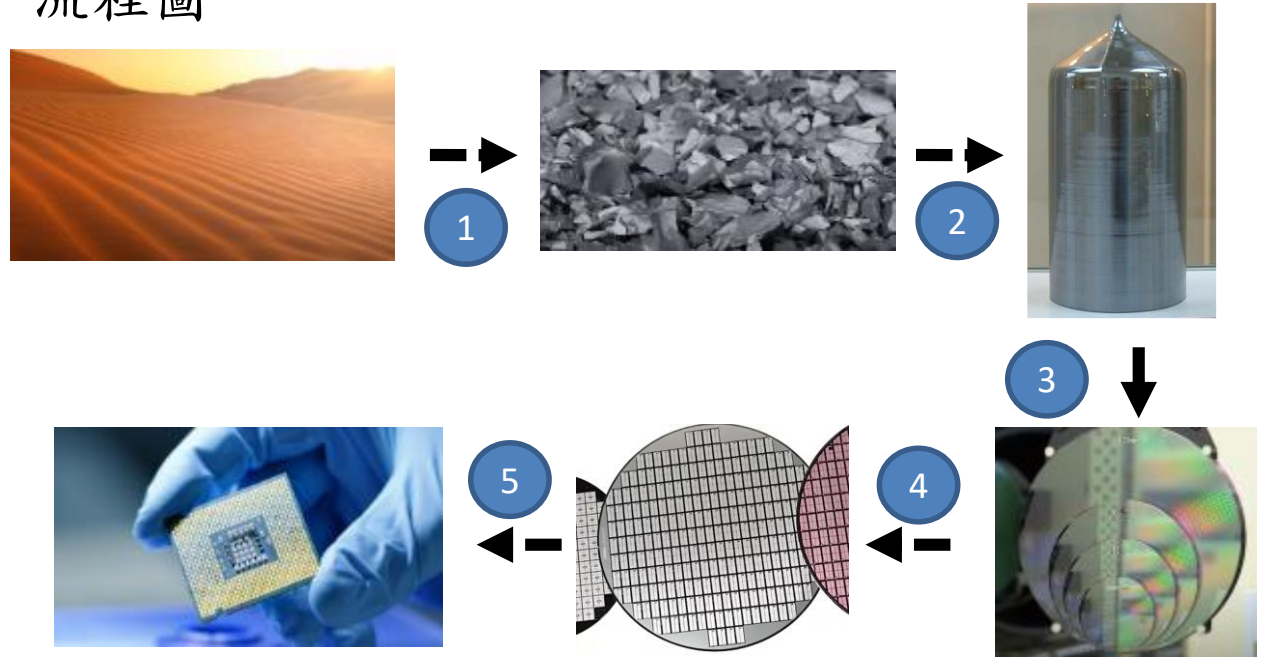


Q2.如何製造晶片?

從沙到晶片

流程圖

1. 矽元素純化
2. 矽晶柱長晶
3. 矽晶柱 ➔ 晶圓
4. 晶圓 ➔ 裸晶
5. 晶片封裝



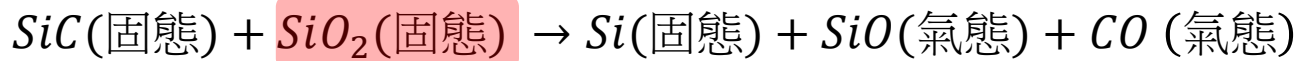
(IC 積體電路)

需要用到高端儀器、設備、環境

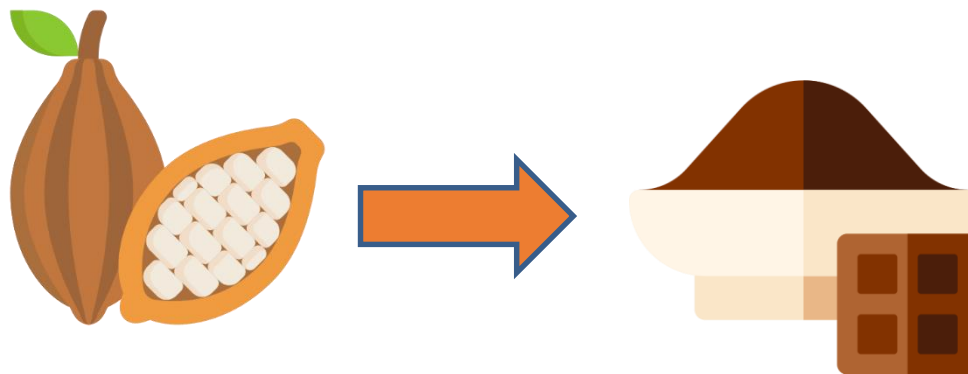


1 矽元素純化

- 核心過程: 將砂土與煤、焦炭、木片放入高溫爐進行反應
- 目的: 去除砂土中不必要的雜質
- 反應方程式:



- 最終產物: 高純度多晶矽砂



2 矽晶柱長晶



- 核心過程: 將高純度多晶矽砂放入高溫爐並緩慢長晶
- 目的: 使矽原子排列整齊
- 最終產物: 高純度單晶矽晶柱(silicon ingot)

➢ 純度: 1個雜質原子/ 10^7 個矽原子

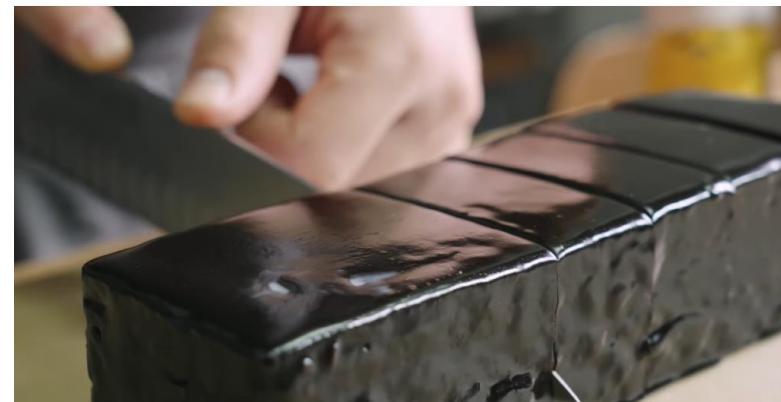
※ 1千萬個矽原子中只有1個雜質原子

高純度單晶矽晶柱

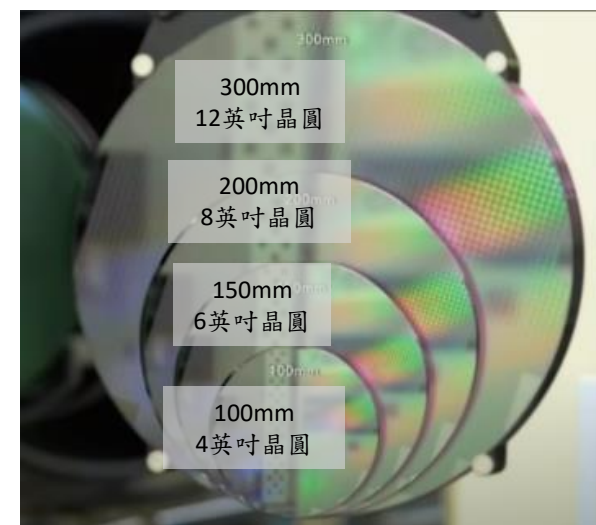


3 矽晶柱 → 晶圓

- 核心過程: 將矽晶柱切割成晶圓
- 目的: 得到平坦和厚度適當的矽基板
- 最終產物: 許多的矽晶圓
 - 晶柱直徑=晶圓直徑
 - 晶圓切割厚度非常薄



橫向切割



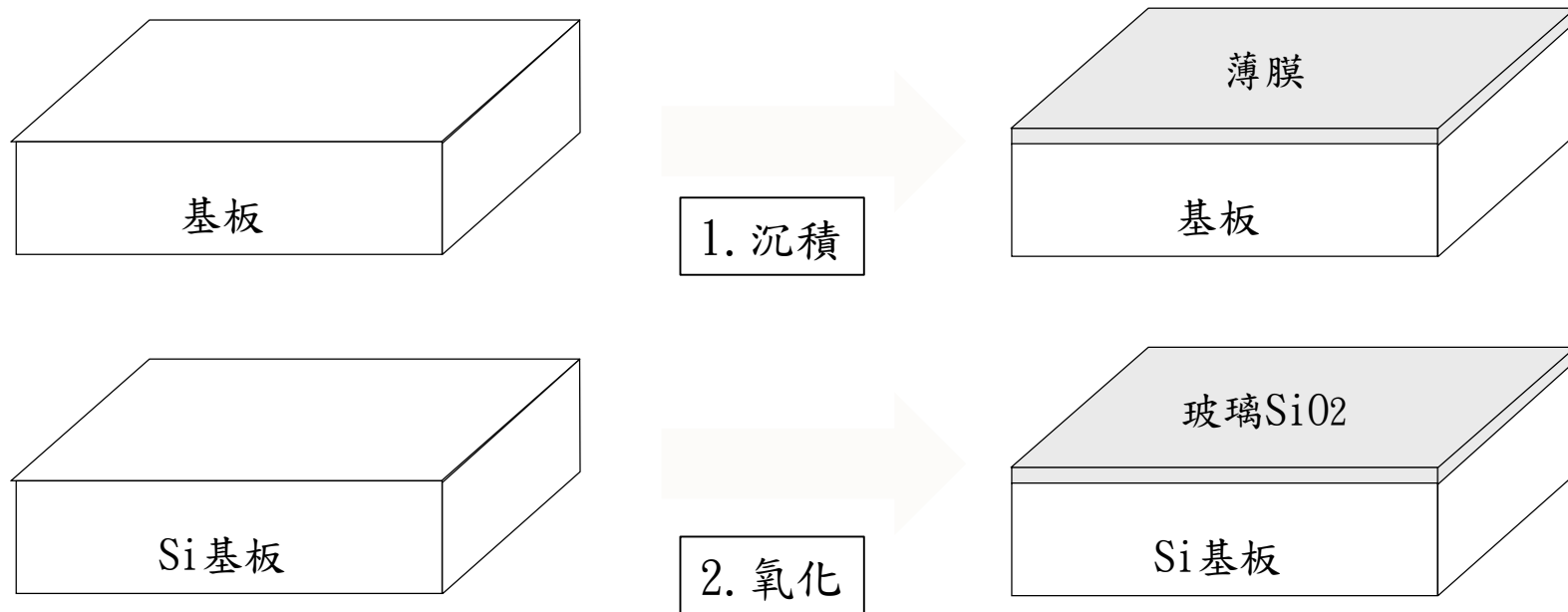
Part3. 半導體製程基本技術

Q3. 如何在晶圓上做電晶體?

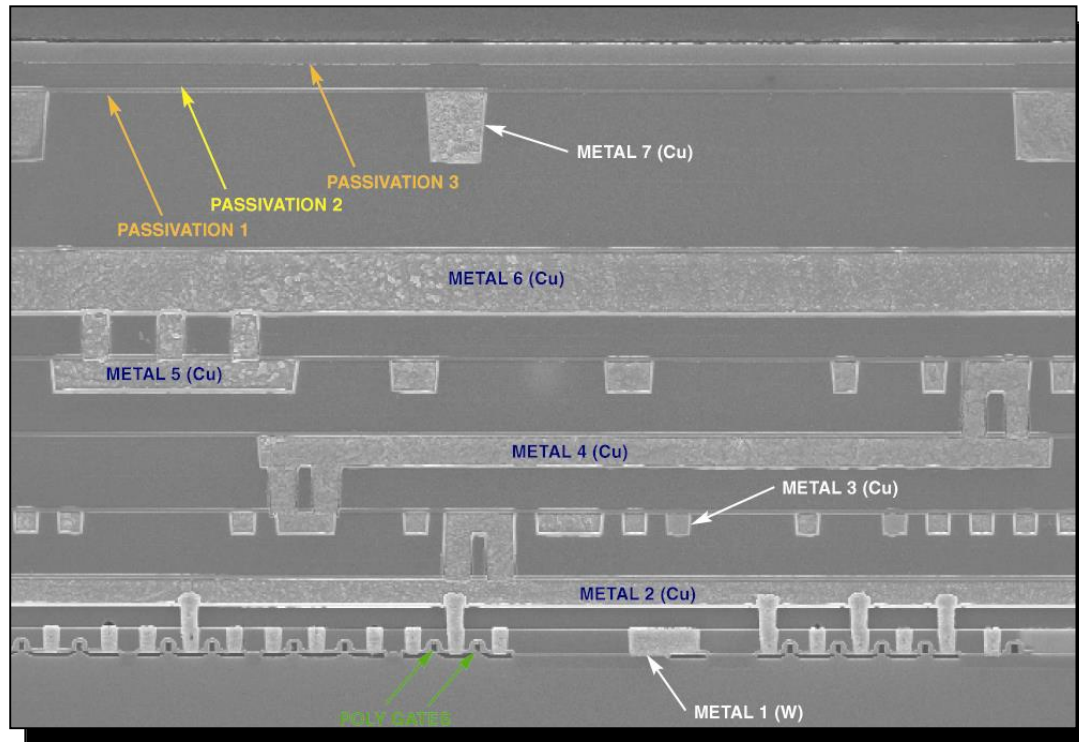


半導體的基本製造步驟-沉積和氧化

沉積和氧化: 在表面利用物理和化學方法沉降和沉積一層薄膜或者進行化學、物理反應將表面變成不同的層狀結構。



如同做蛋糕一樣，需要分層，一層一層這樣地疊上去



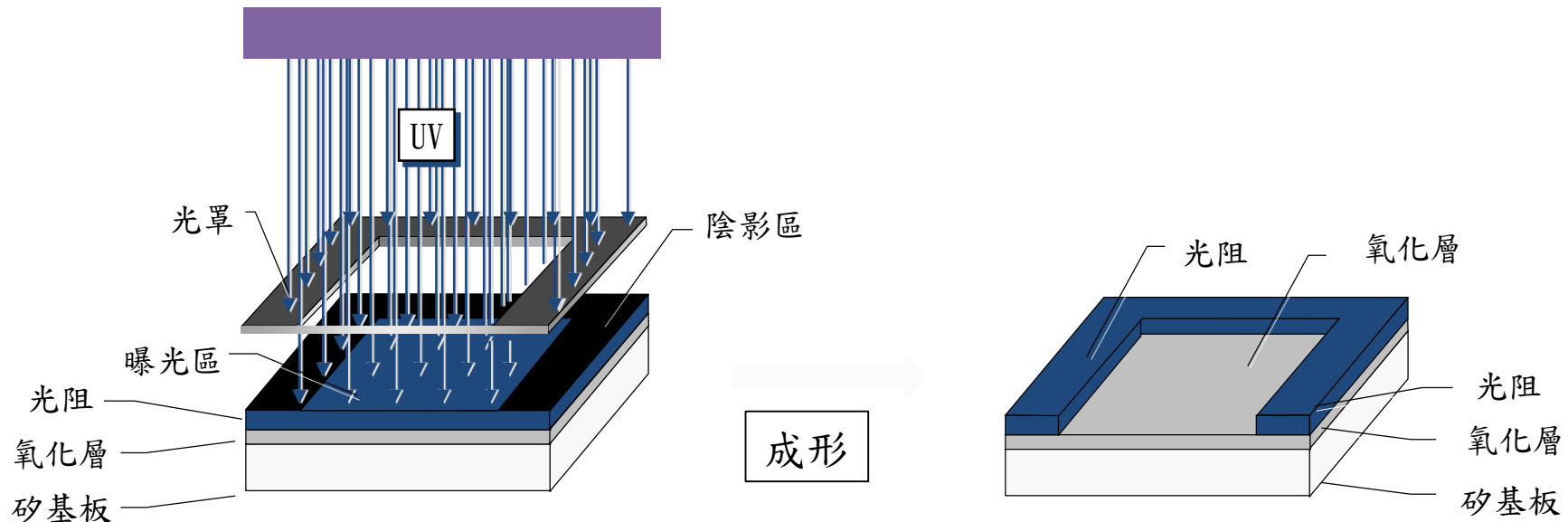
圖源: Semiconductor Manufacturing Technology, by M. Quirk and J. Serda, Prentice Hall, 2001
Copy right: Micrograph courtesy of Integrated Circuit Engineering
<https://www.kaimifei.com.tw/products/%E6%B3%95%E5%BC%8F%E7%94%9F%E4%B9%B3%E5%8D%83%E5%B1%A4%E8%9B%8B%E7%B3%95>

半導體的基本製造步驟-微影

微影:透過已刻好圖案的光罩及光阻,轉印到晶圓上的過程

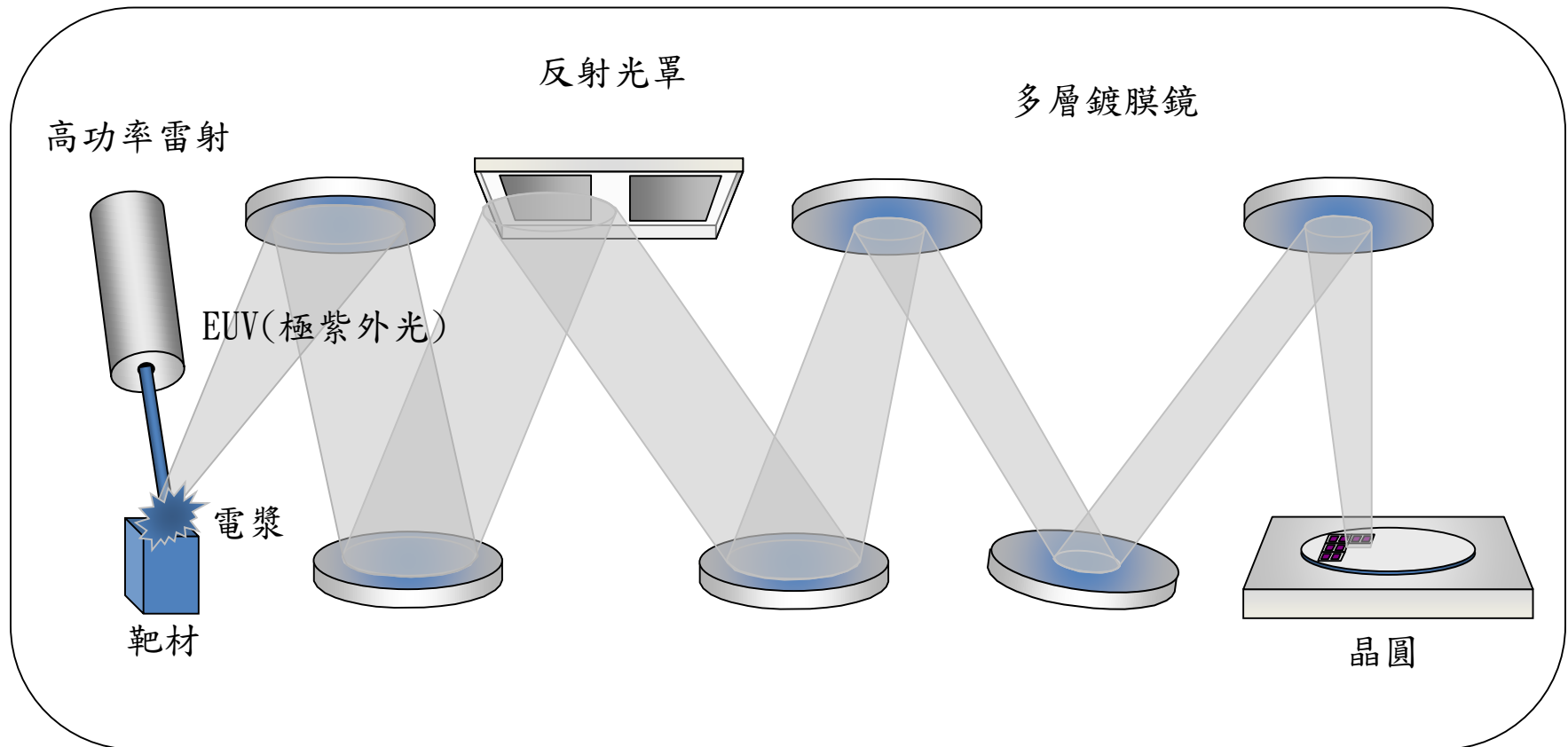
目的:將圖案轉印到晶片上

常用的步驟:上光阻、曝光、顯影、蝕刻、去光阻



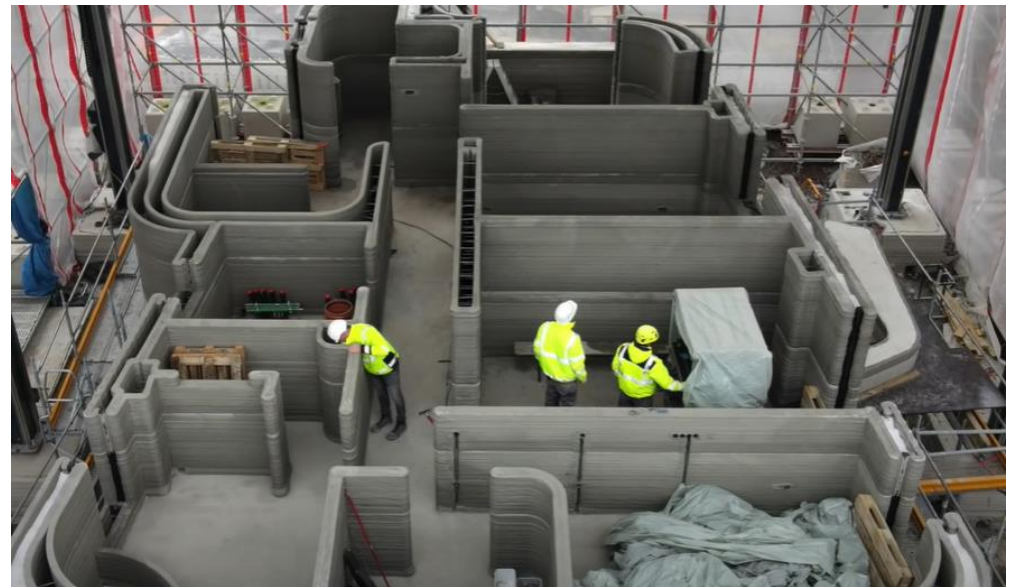
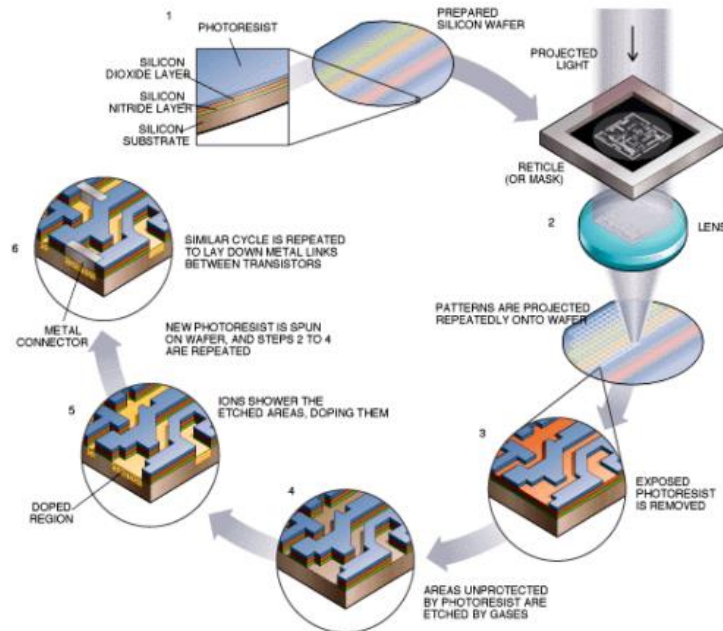
半導體的基本製造步驟-微影

要將電路圖型轉印在晶片，需要利用光的聚焦或反射來縮小



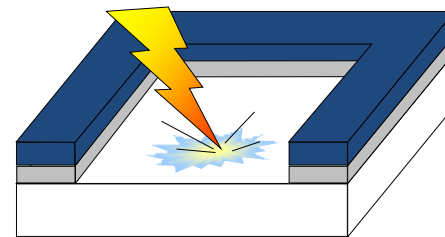
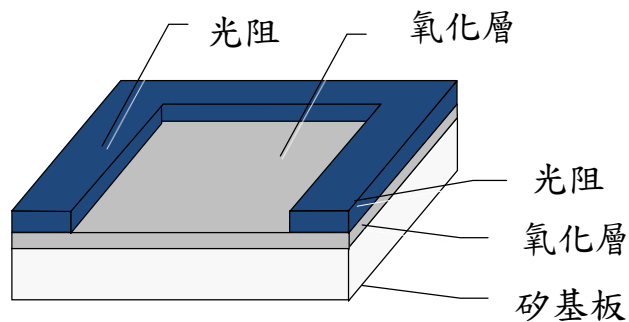
半導體的基本製造步驟-微影

要得遮住(光罩)，不要的不遮，一層一層蓋房子。

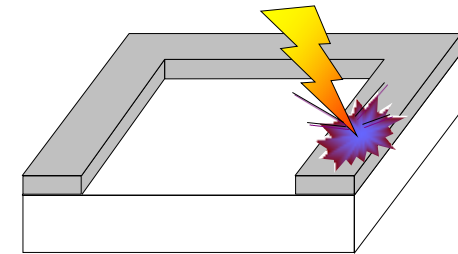


半導體的基本製造步驟-蝕刻

蝕刻(Etching):利用化學反應或物理反應將表面的物質清除掉
目的:去除一層或多層表面不需要的物質

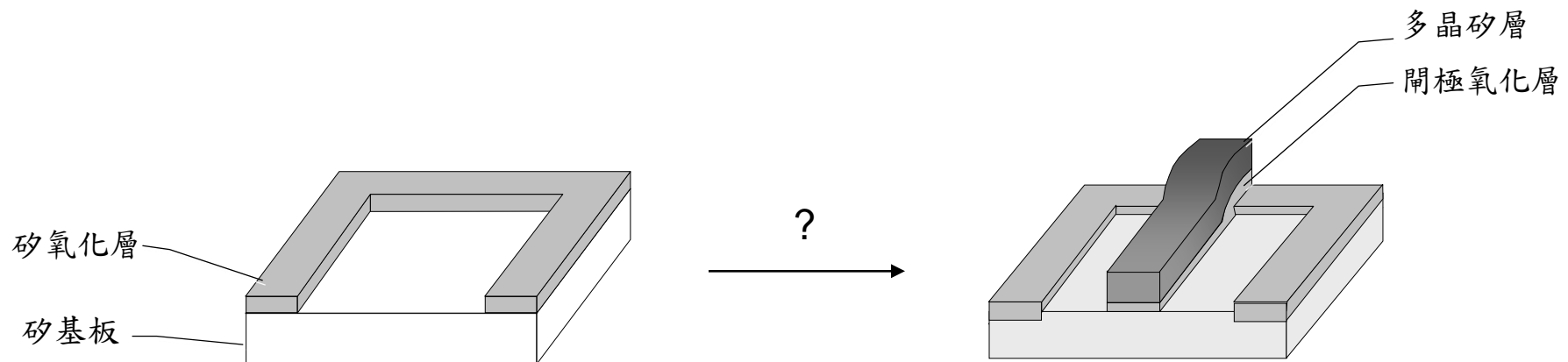


氧化層蝕刻



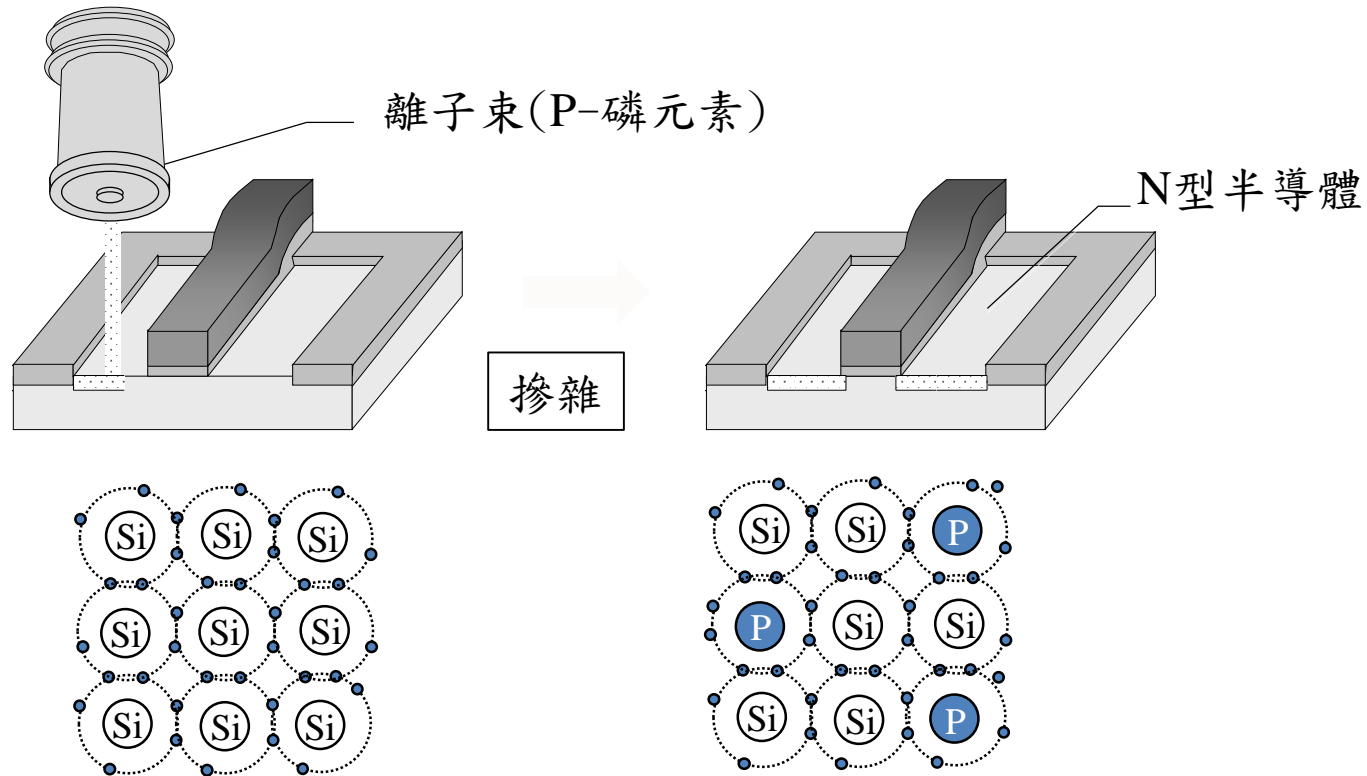
去光阻

Q3. 左圖到右圖經過哪些製程?



半導體的基本製造步驟-摻雜

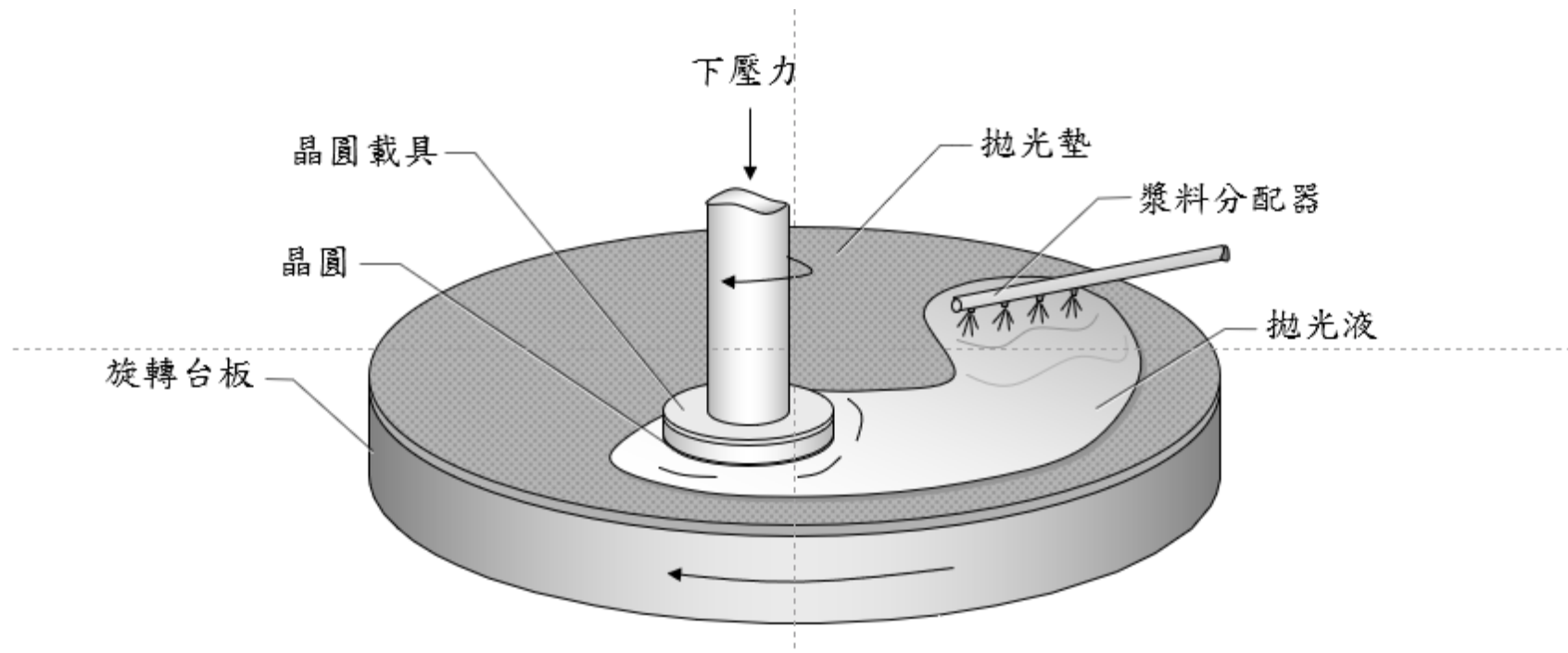
摻雜(Doping): 半導體裡加入適量的雜質
目的: 改變半導體的導電能力

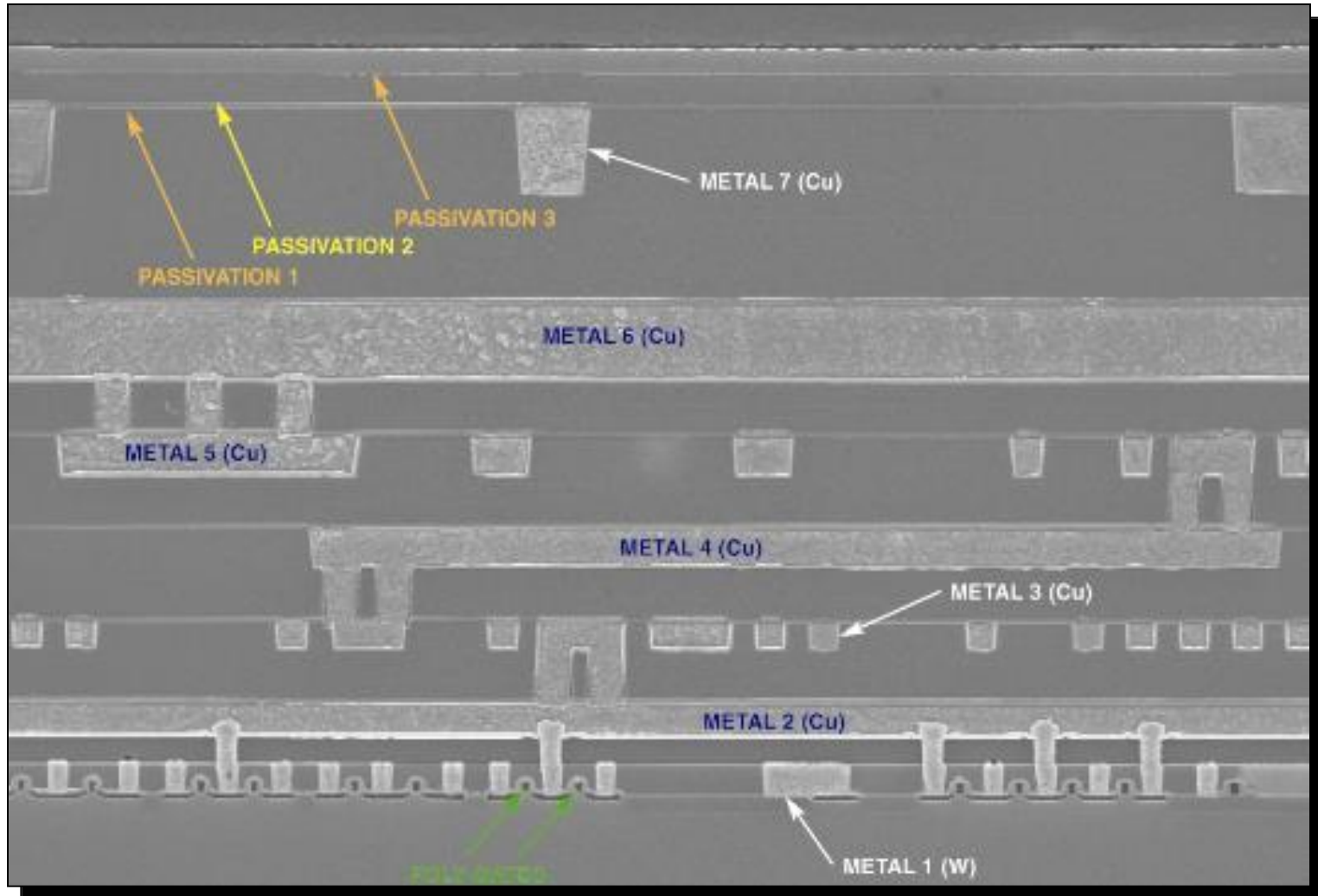


半導體的基本製造步驟-CMP

化學機械研磨 (Chemical-Mechanical Polishing)

目的: 將表面平坦化

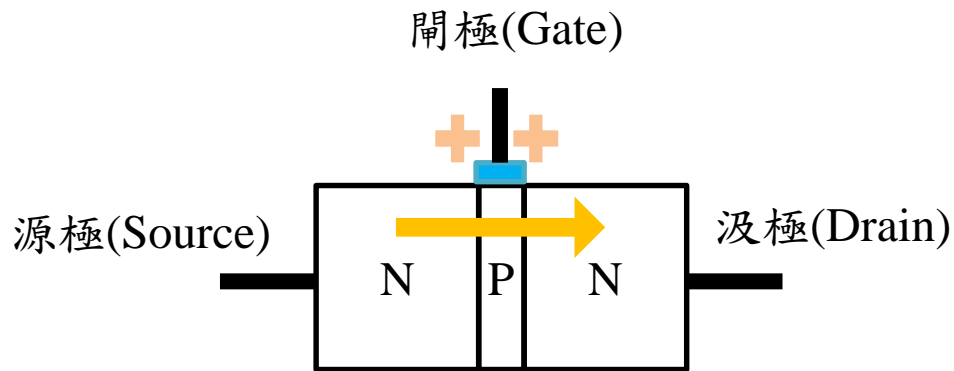




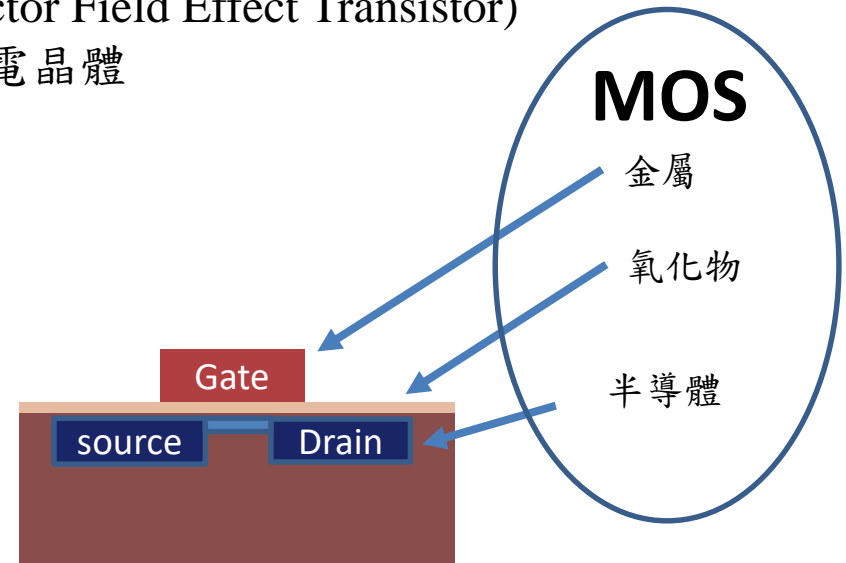
Part4. 電晶體製程

電晶體(Transistor)- MOSFET結構

MOSEFT(Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)
金屬氧化物半導體場效電晶體

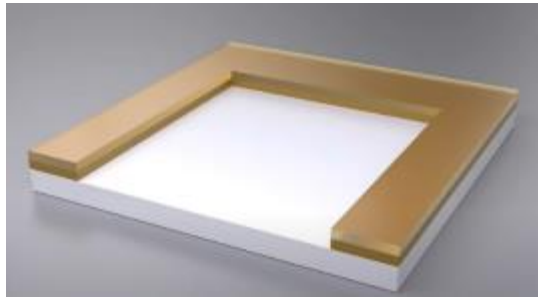


NMOS結構示意圖

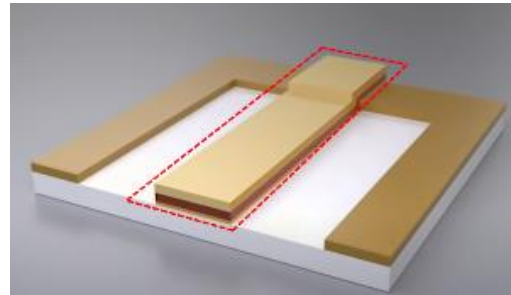


MOS剖面圖

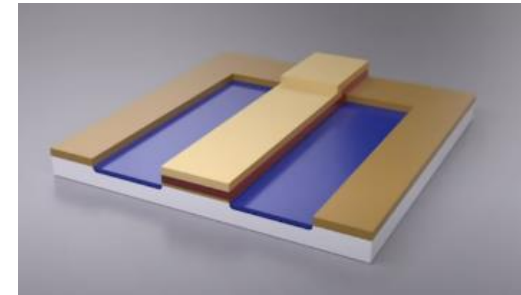
MOSEFT製造流程圖



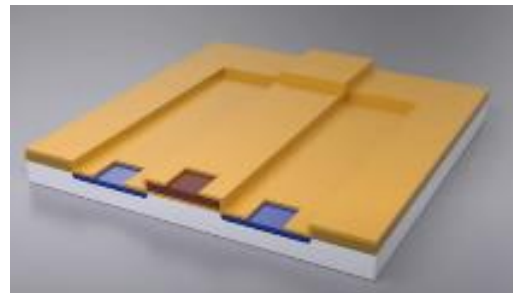
1. 形成氧化層



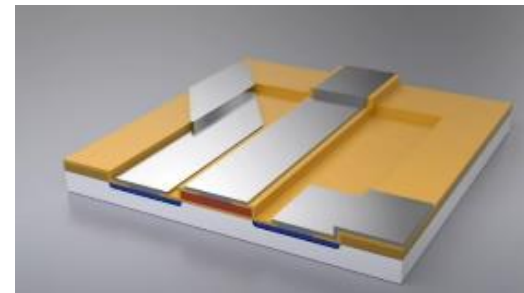
2. 形成多晶矽閘極



3. 形成源極、汲極

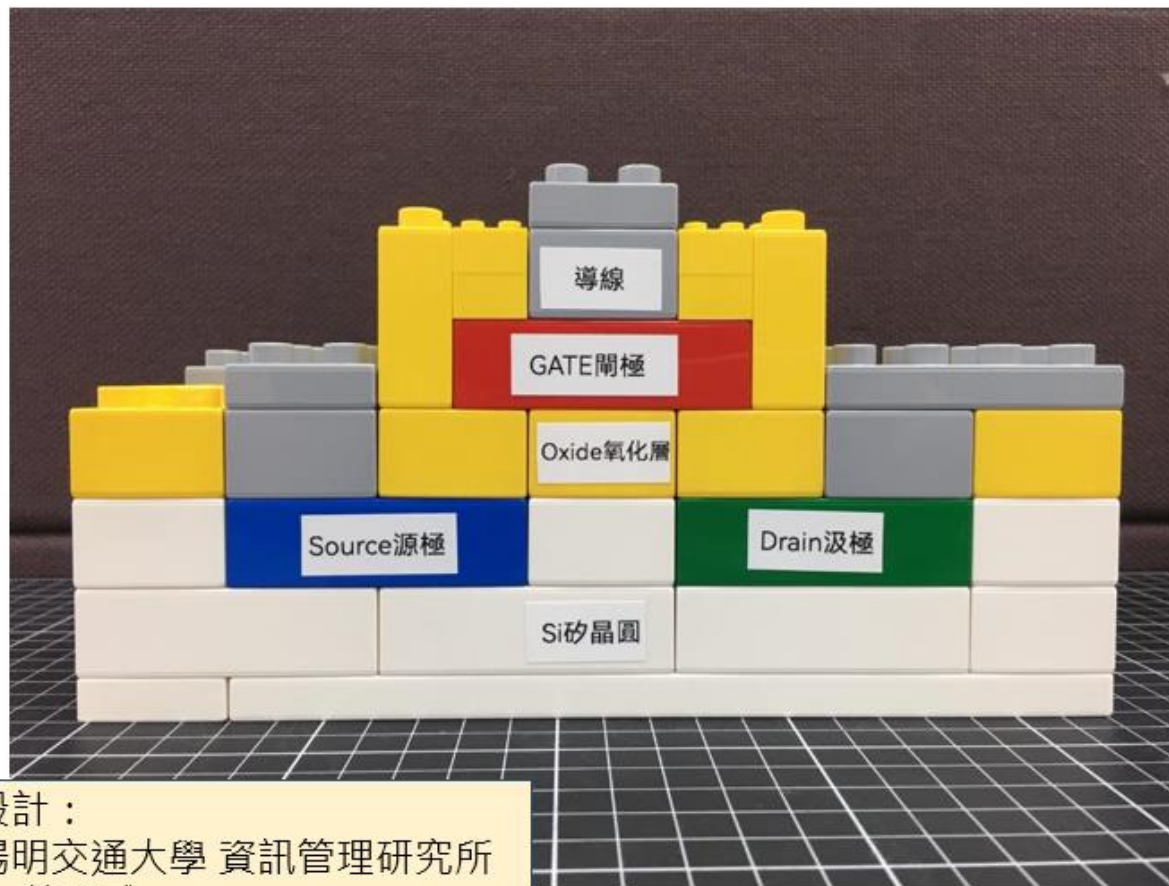


4. 沉積保護層還有做開口



5. 填入金屬作為導線

用樂高積木介紹半導體製程



教材設計：
國立陽明交通大學 資訊管理研究所
研究生 林志威

Part5.補充

Structure of Semiconductors

