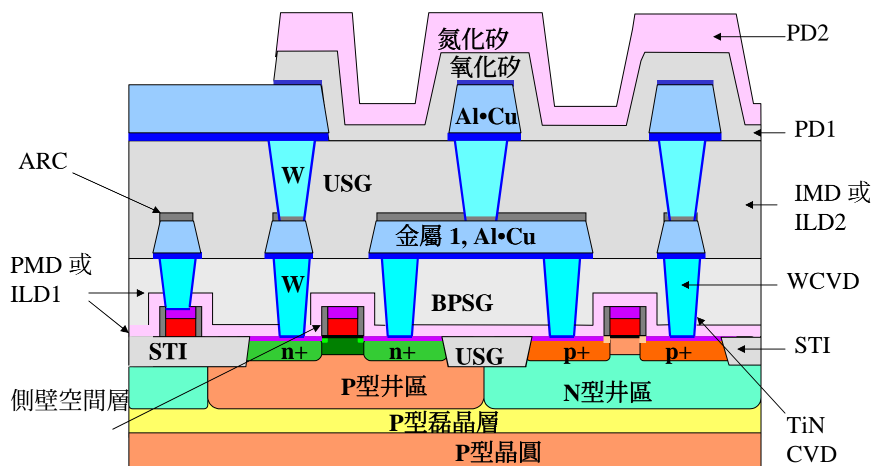
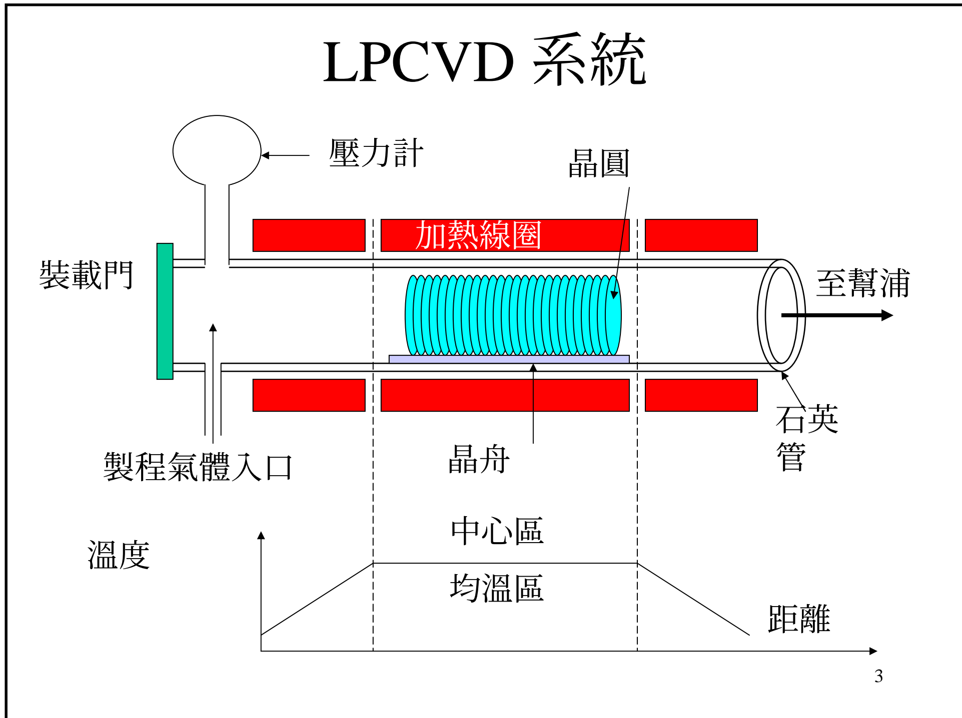
# 第十章
# 介電質薄膜
# $SiO_2$, $Si_3N_4$

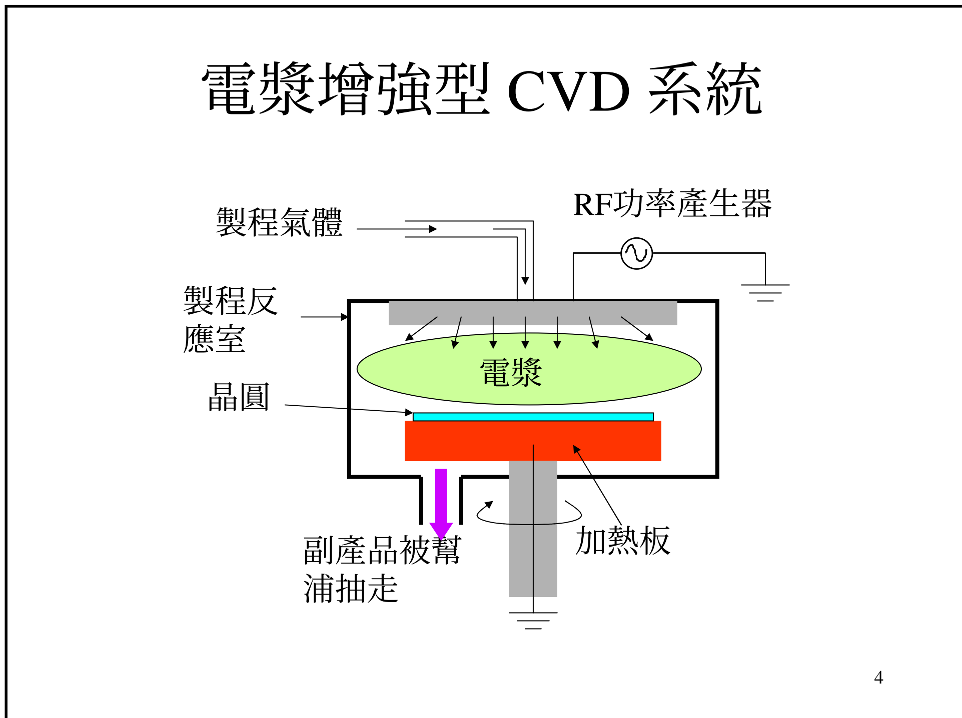


# 圖10.2

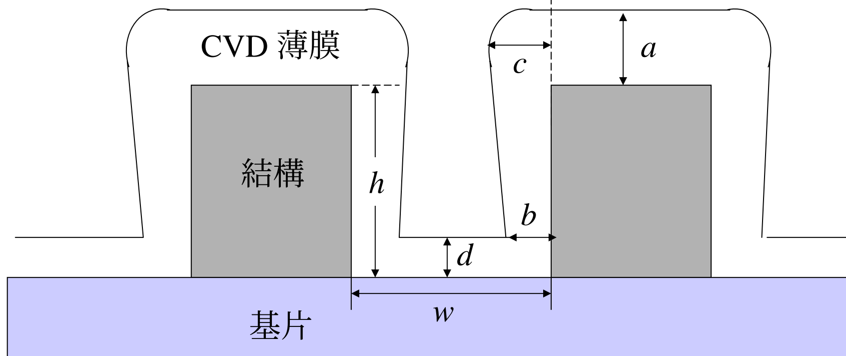



**ARC: 反射層鍍膜; IMD: 金屬層間介電質層; PMD: 金屬沈積前的介電質層; STI: 淺溝槽絕緣; LDD: 低摻雜汲極; ILD:金屬層間介電質層**


LPCVD 系統
壓力計
晶圓
加熱線圈
裝載門
至幫浦
石英
管
製程氣體入口
晶舟
中心區
溫度
均溫區
距離
3


電漿增強型 CVD 系統
製程氣體
RF功率產生器
製程反
應室
電漿
晶圓
副產品被幫
浦抽走
加熱板
4

## 階梯覆蓋（STEP COVERAGE) 似型性(*CONFORMITY*)



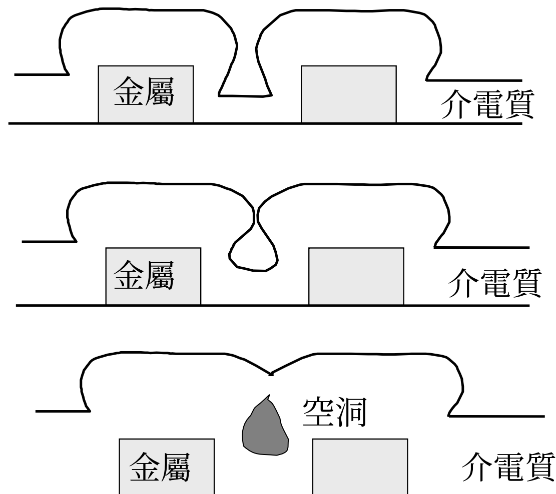

側壁階梯覆蓋 = $b/a$　　底部階梯覆蓋 = $d/a$

似型性 = $b/c$　　懸凸 = $(c - b)/b$

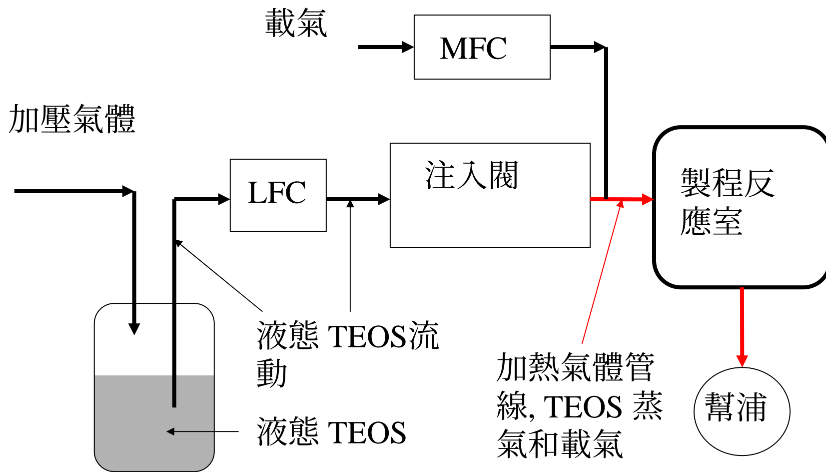
深寬比 = $h/w$



## 空洞形成步驟

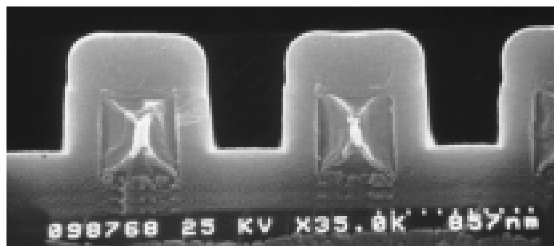


# 注入系統

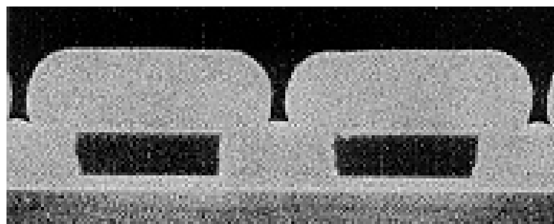





# TEOS及矽烷之階梯覆蓋




TEOS



矽烷

# 阻擋層: 氮化矽

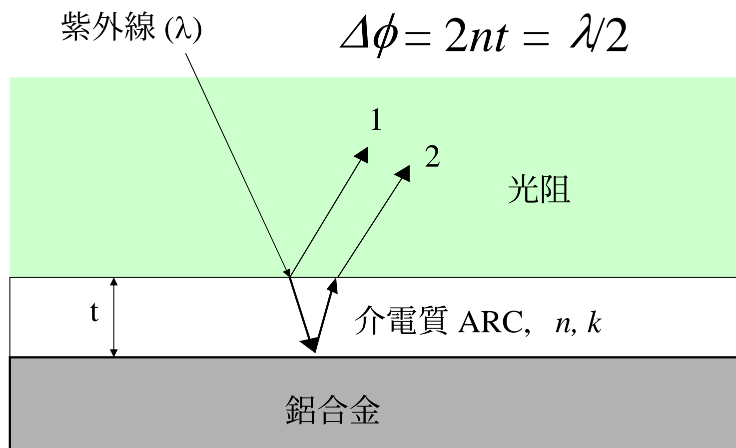
- 濕氣及移動離子的阻擋層
- PECVD 氮化物
  - 低沈積溫度 (<450ºC)
  - 高沈積速率
  - 矽烷、氨氣及氮氣

$$SiH_4 + N_2 + NH_3 \xrightarrow[\text{加熱}]{\text{電漿}} SiN_xH_y + H_2 + N_2 + NH_3 + \ldots$$

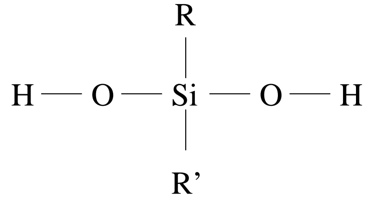
- 需要好的階梯覆蓋、高沈積速率、良好的似型性及應力控制



# 介電質抗反射層鍍膜



# 自旋塗佈矽玻璃 : 矽氧烷



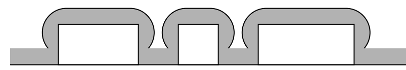

$R = CH_3$, R' = R or OH

$R_nSi(OH)_{4-n}$, n = 1, 2

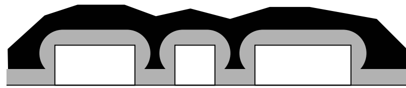
矽氧烷



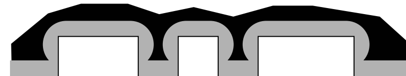
# 自旋塗佈矽玻璃 製程步驟



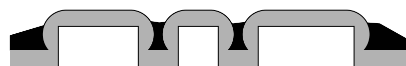
PECVD USG
阻擋層



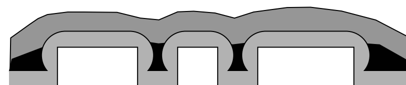
自旋塗佈矽
玻璃



SOG 固化



SOG 回蝕刻



PECVD USG
覆蓋層

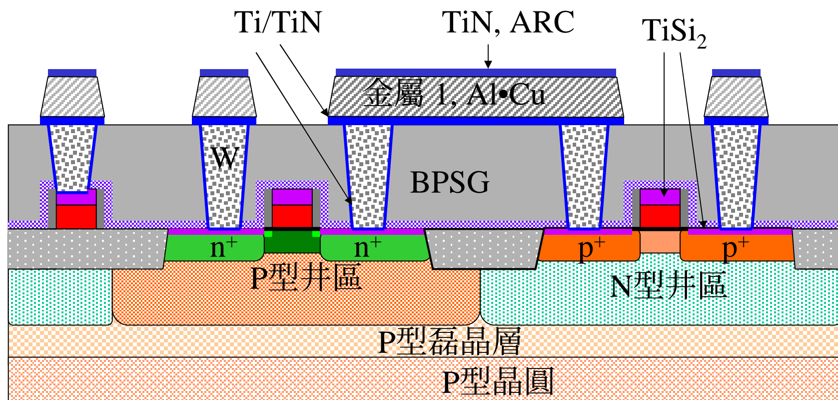
# 未來趨勢: 低-κ 介電質

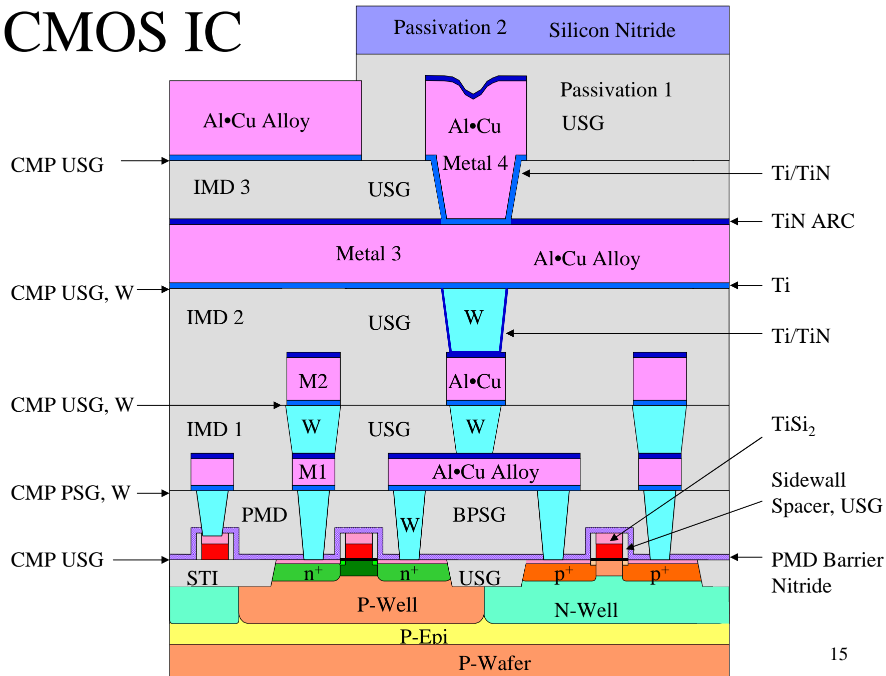
- 必須減少RC延遲
  - 低-κ減少*C* 且銅減少*R*
- 需高的熱穩定性、高的熱傳導性及製程整合能力
  - CVD
    - CSG ($C_xSi_yO$, κ ~ 2.5 - 3.0) 和 α-CF ($C_xF_y$, κ ~ 2.5 – 2.7)
  - 自旋塗佈介電質 (SOD)
    - 氫矽酸鹽類 (HSQ, κ ~ 3.0),
    - 多孔的SOD， 如乾凝膠 (κ ~ 2.0 - 2.5)



# 第十一章 金屬化

## CMOS: 標準的金屬化






# 導電薄膜

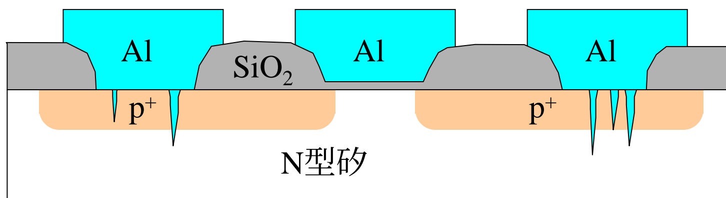
- Poly-Si-gate electrode
- 金屬矽化物 –gate electrode
- 鋁合金-conducting lines
- 鈦金屬- buffer layer
- 氮化鈦-TiN-buffer layer
- 鎢金屬-栓塞
- 銅金屬-栓塞, conducting lines***
- 鉬金屬-gate electrode

# 鋁

- 最常使用之金屬
- 導電度最佳的前四種金屬
  - 銀 1.6 μΩ·cm
  - 銅 1.7 μΩ·cm
  - Gold silver 2.2 μΩ·cm
  - 鋁 2.65 μΩ·cm
- 在1970中葉以前已被作為閘極使用



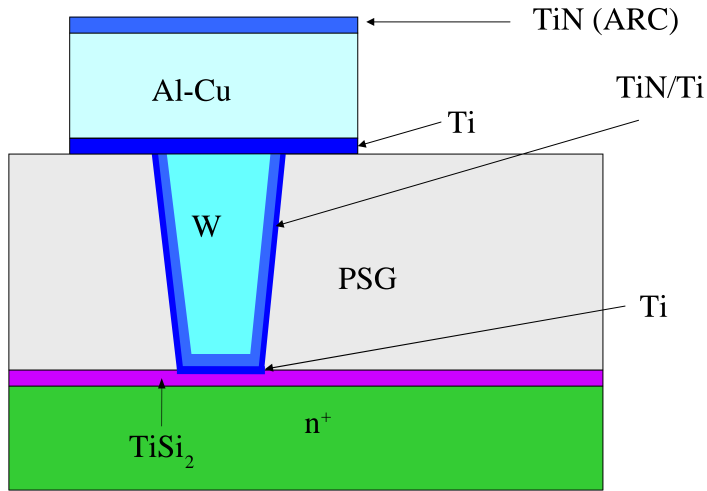
# 接面尖凸




# 電遷移效應

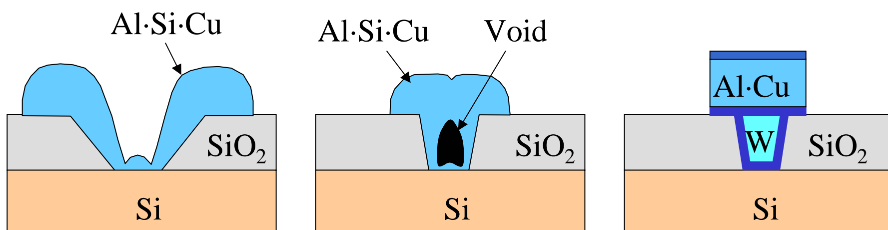
- Al-Si-Cu 合金被使用
- Al-Cu (0.5%) 較普遍

# 鈦之應用






# 接觸窗金屬化製程的演變




大開口的接觸窗

PVD 金屬可填入

小開口的接觸窗

PVD 金屬填入
產生空洞

小開口的接觸窗

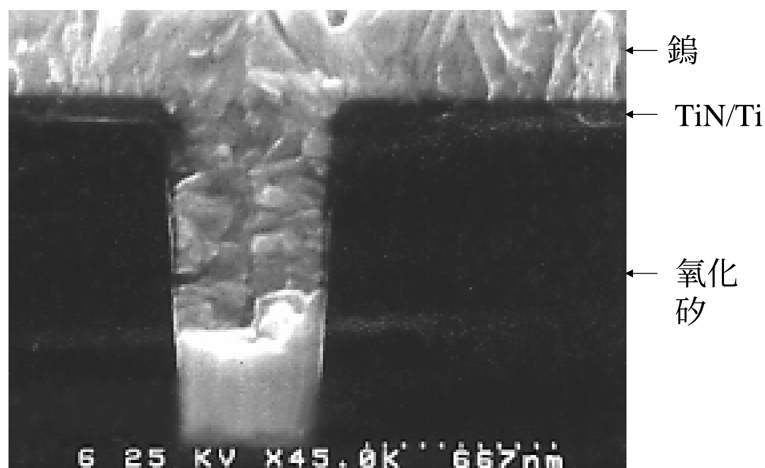
CVD鎢填入

# 鎢 CVD

- $WF_6$ 為鎢的先驅物
- 和 $SiH_4$ 反應形成成核層
- 和 $H_2$ 反應作為巨量鎢的沈積
- 需要一 TiN層以附著在氧化物上



# W 栓塞及TiN/Ti 阻擋層/附著層



# 銅

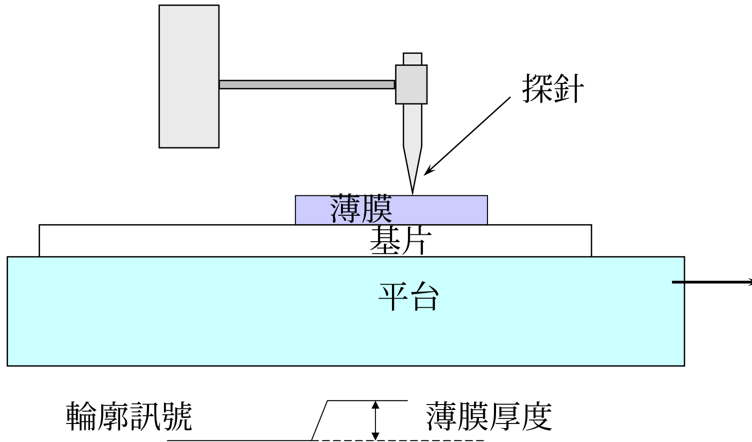
- 低電阻 (1.7 μΩ·cm),
  - 低功率損耗及較快之IC速率
- 高電遷移阻力
  - 較佳的可靠度
- 對二氧化矽的附著力較差
- 非常難進行乾式蝕刻
  - 銅-鹵素化合物揮發性低



# 銅之沈積

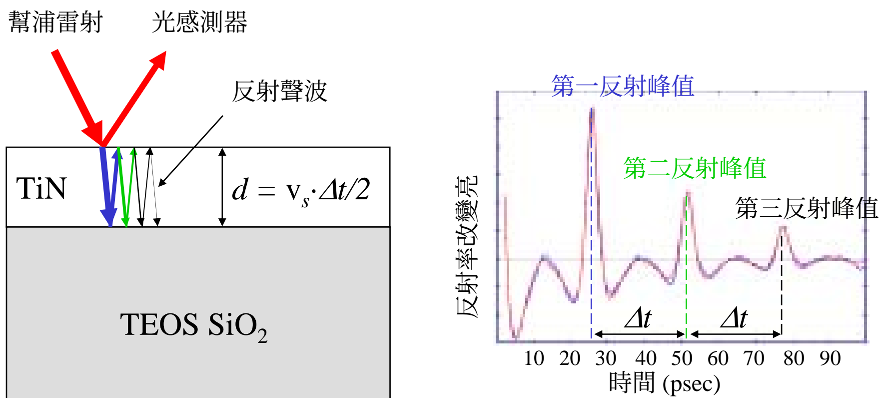
- PVD 種晶層
- ECP 或 CVD 巨量沈積層
- 在巨量銅沈積後進行加熱退火
  - 增加晶粒尺寸
  - 改進導電度

# 輪廓量測器示意圖

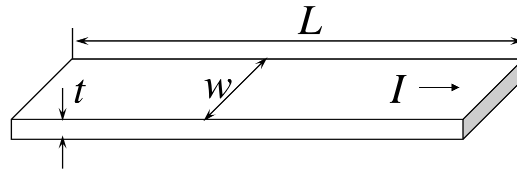





# 聲學量測金屬薄膜



# 薄片電阻

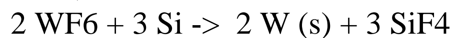


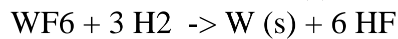

施加電流 $I$ 並測量電壓 $V$,
電阻: $R = V/I = \rho L/(wt)$
對一正方形薄片, $L = w$, 所以 $R = \rho/t = R_s$
$R_s$單位: 每平方歐姆 (Ω/□)

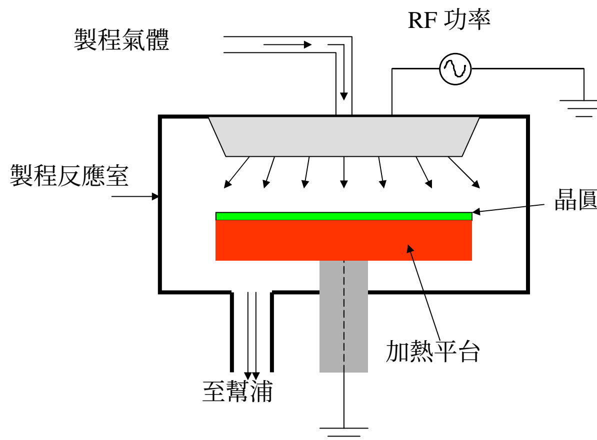


金屬 CVD

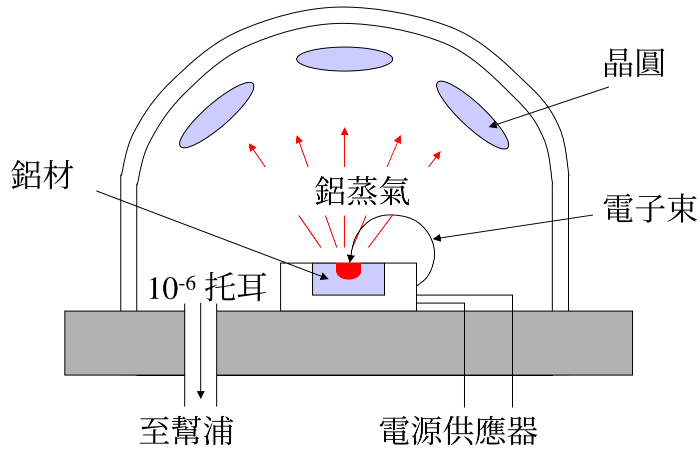
例如,


2 WF6 + 3 Si -> 2 W (s) + 3 SiF4


WF6 + 3 H2 -> W (s) + 6 HF

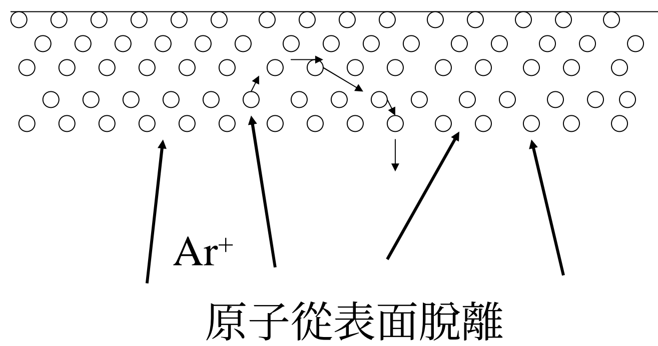


# 電子束蒸鍍器

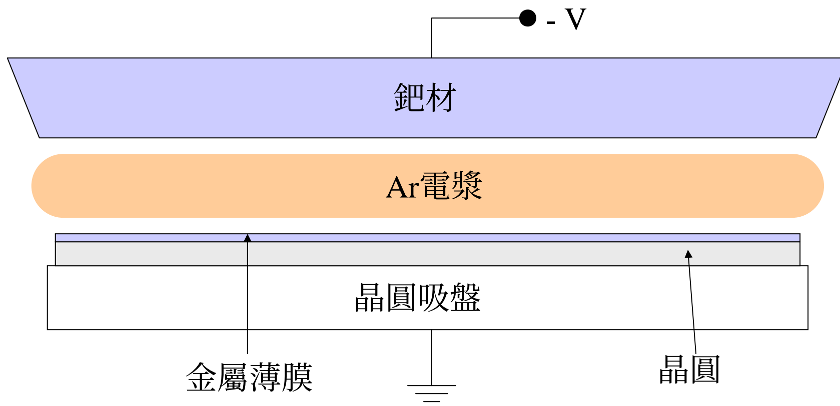





# 濺鍍



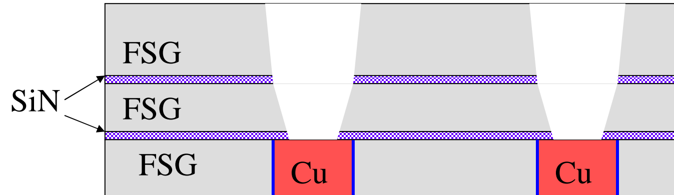
# DC 或 RF 二極體濺鍍





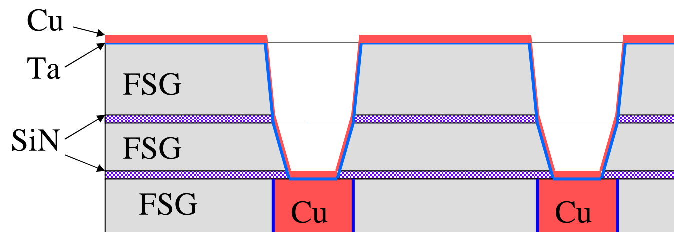

# Endura® PVD 系統

# 蝕刻溝槽與空洞

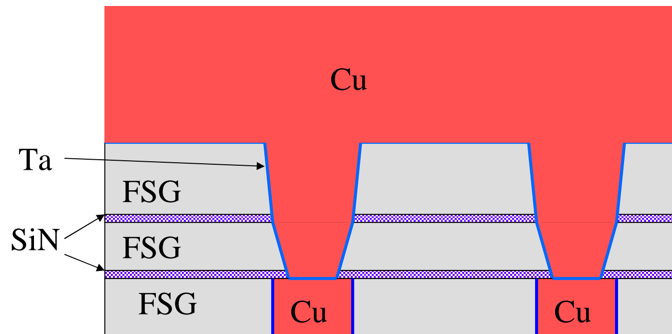





# PVD沈積Ta阻擋層與銅種晶層



# 電化學鍍銅






# 銅與鉭CMP製程, CVD 氮化矽