

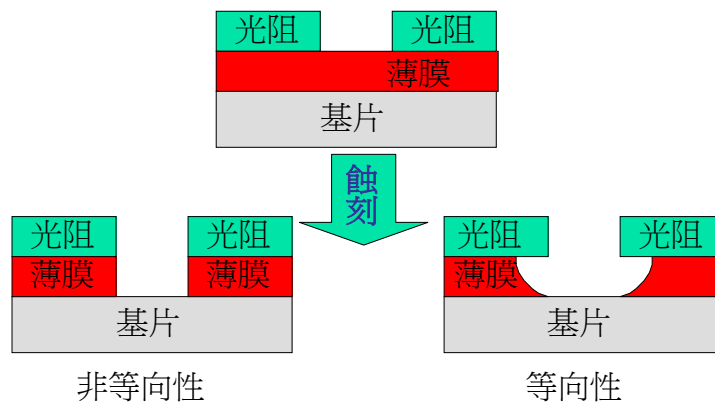
Ch9 Etching

Introduction to Semiconductor Processing

1

蝕刻 (Etching)

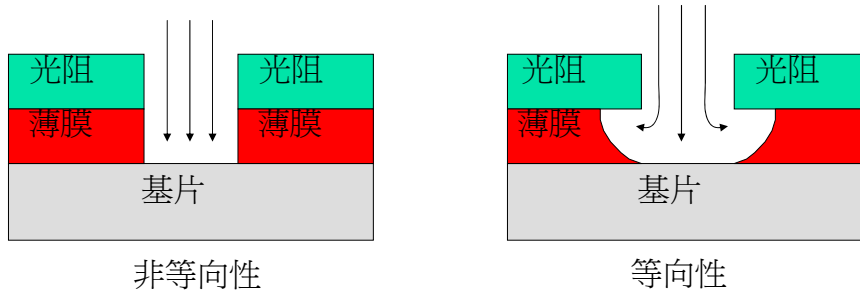
- 表面物質去除化的製程: 化學蝕刻、物理蝕刻、複合蝕刻
- 選擇性蝕刻或整面全區蝕刻
- 選擇性蝕刻將 IC 光阻上的設計圖形轉移至晶圓表面層
- **Major Concern: Rate, selectivity, and uniformity**



2

蝕刻輪廓

Physical vs. chemical
Ions vs. radicals
Directional vs. non-directional



3

蝕刻速率

蝕刻速率是測量在蝕刻製程中物質被移除的速率有多快的一種參數。



$$\text{Etching Rate} = \frac{\Delta d}{t} \text{ (Å/min)}$$

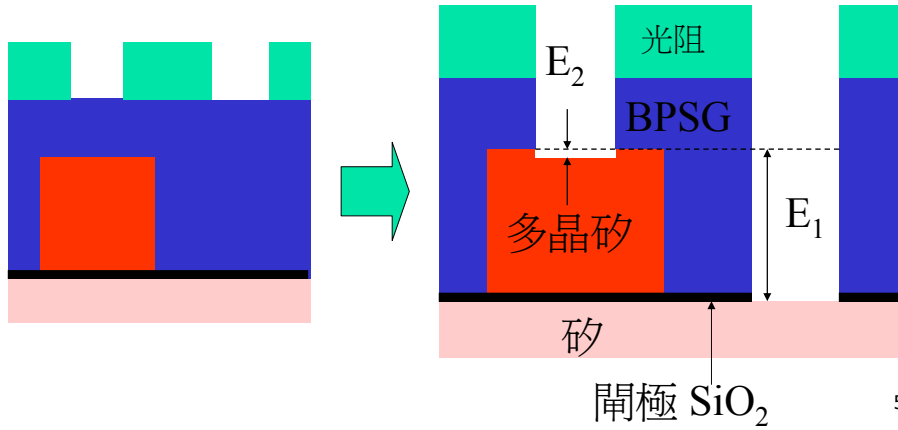
$$\Delta d = d_0 - d_1 \text{ (Å) 厚度改變量 ; } t \text{ 蝕刻時間 (min)}$$

4

PE-TEOS PSG 薄膜的蝕刻速率為 6000 Å/min,
 矽的蝕刻速率為 30 Å/min, PSG 對矽

$$\frac{6000}{30} = 200:1 \quad S = \frac{E_1}{E_2}$$

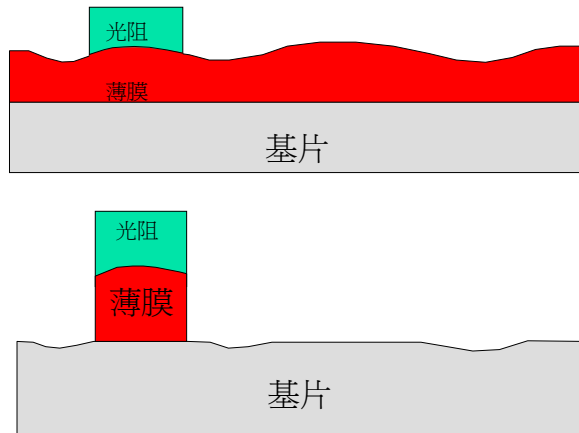
■ BPSG 對多晶矽之選擇性:



5

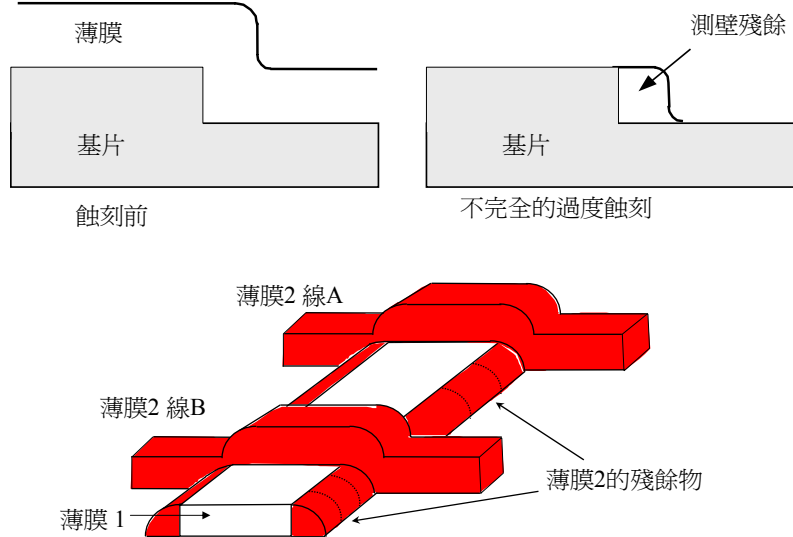
過蝕刻

- 薄膜厚度和蝕刻速率並不完全均勻
- 過蝕刻：移除剩餘薄膜
- 蝕刻膜與基片的選擇性



6

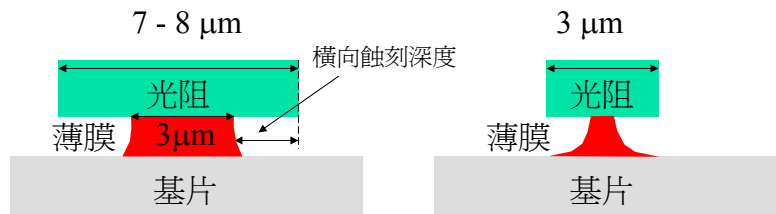
不完全的過蝕刻



7

濕式蝕刻

- 化學溶液溶解晶圓表面上的物質
- 副產物為氣體、液體或可溶於蝕刻劑的固體
- 三基本步驟：蝕刻、沖洗、旋乾



- 對於小於 $3\ \mu\text{m}$ 尺度之蝕刻並不適用
- 在處理圖案化蝕刻時，電漿蝕刻逐漸取代濕式蝕刻

8

濕式蝕刻的應用

- 濕式蝕刻不可在當CD < 3 μm時進行圖像蝕刻
- 高選擇性

二氧化矽的濕式蝕刻

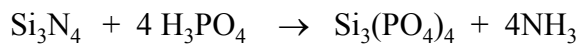
氫氟酸 (HF) 溶液

通常稀釋在緩衝液或去離子水以減緩蝕刻速率



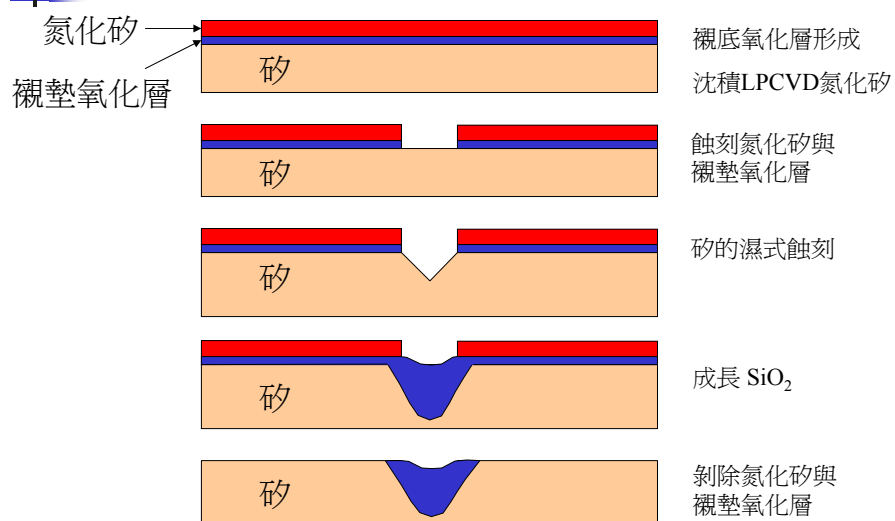
氮化矽的濕式蝕刻

- 熱 (150 到 200 °C) 磷酸溶液
- 對二氧化矽有高選擇性
- 使用在氮化物剝除



9

隔絕氧化物之形成



10

金屬的濕式蝕刻

鋁的濕式蝕刻

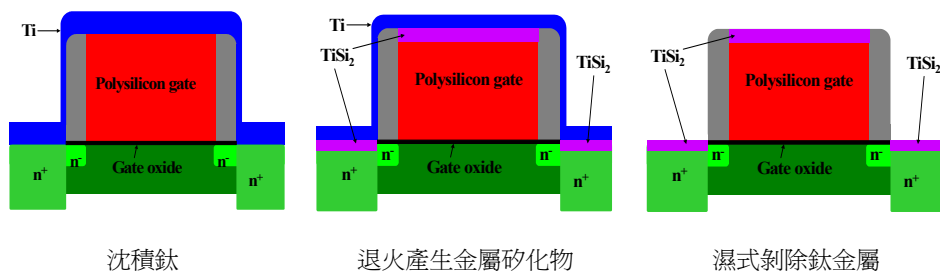
- 加熱的 (42到45°C) 溶液
- 範例: 80% 磷酸、5% 醋酸、5% 硝酸及 10% 水
- 硝酸氧化鋁金屬而磷酸同時移除氧化鋁
- 醋酸減緩硝酸的氧化力

鈦的濕式蝕刻

- 過氧化氫 (H_2O_2) 及硫酸 (H_2SO_4) 1:1 混合
- H_2O_2 氧化鈦金屬以形成 TiO_2
- H_2SO_4 和 TiO_2 反應並同時地將它移除
- H_2O_2 氧化矽與矽化物以形成 SiO_2
- H_2SO_4 不會和 SiO_2 反應
- Selectively remove Ti, but not touching SiO_2 and Ti/Si

11

鈦金屬矽化物自我對準製程



TiSi₂: better contact and better electrical properties

12



Pros and Cons

濕式蝕刻的優點

- 高選擇性
- 儀器成本低
- 批式，產量高

濕式蝕刻的缺點

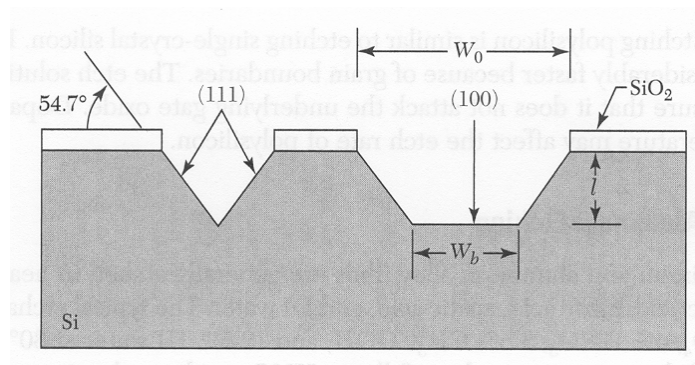
- 等向性的蝕刻輪廓
- 不能處理小於 $3\mu\text{m}$ 的圖案
- 高度化學物之使用
- 高操作成本(化學品之使用)

13



Special Topic: KOH Etching of Si

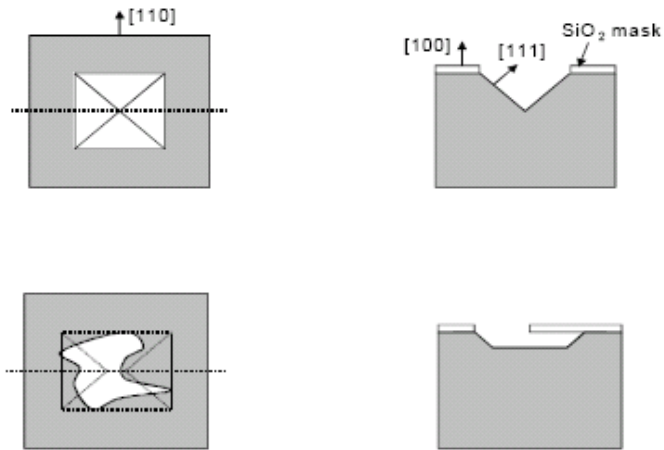
Etching Rate for KOH etching of Si:
(100):(110):(111)=100:16:1



14



KOH Etching



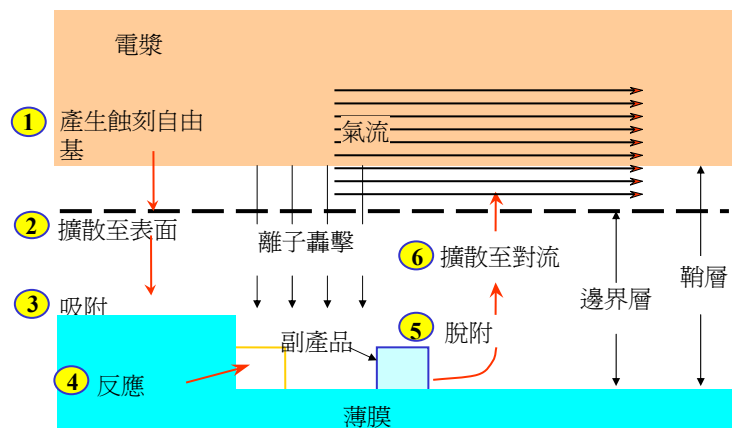
15



電漿蝕刻流程

Critical Steps:

- 1.
- 2.



16

	濕式蝕刻	乾式蝕刻
橫向蝕刻深度	在 3 μm 以下製程不可接受	極小
蝕刻輪廓	等向性	可控制從非等向性到等向性
蝕刻速率	高	尚可，且可控制
選擇性	高	尚可，且可控制
設備用費	低	高
產量	高 (批量)	尚可，且可控制
化學藥品使用量	高	低

17

離子轟擊

- 所有接近電漿的皆會受到離子轟擊
- 對濺鍍非常重要，RIE及PECVD
- 主要由 RF功率決定
- 幫助達到非等向性蝕刻輪廓

18



Chemical and Physical Etching

化學蝕刻

- 自由基蝕刻純化學反應
- 高選擇性; 等向性蝕刻

物理蝕刻

- 用鈍性離子如 Ar^+ 進行轟擊
- 從表面物理性地移除物質
- 非等向性輪廓; 低選擇性
- 範例: Ar濺鍍蝕刻

19

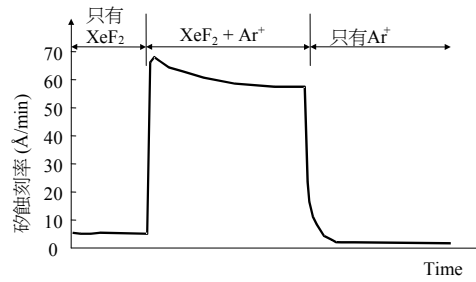
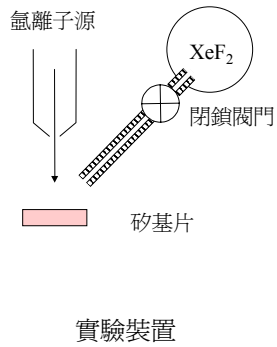


反應離子蝕刻 (Reactive Ion Etching)

- 結合化學與物理蝕刻
- 電漿製程，離子轟擊加自由基
- 誤導的名字，應該稱做離子輔助蝕刻 (IAE,)
- 高的及可控制的蝕刻速率
- 非等向性及可控制的蝕刻輪廓
- 良好的及可控制的選擇性
- 在8吋廠中，所有圖像蝕刻皆為 RIE製程

20

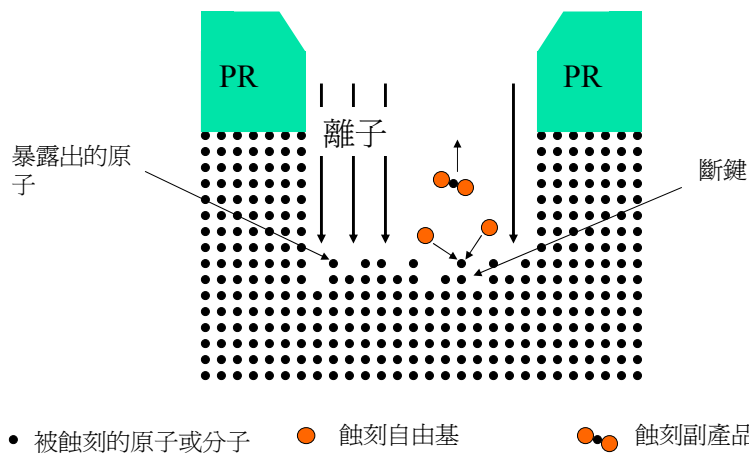
RIE 實驗



實驗結果

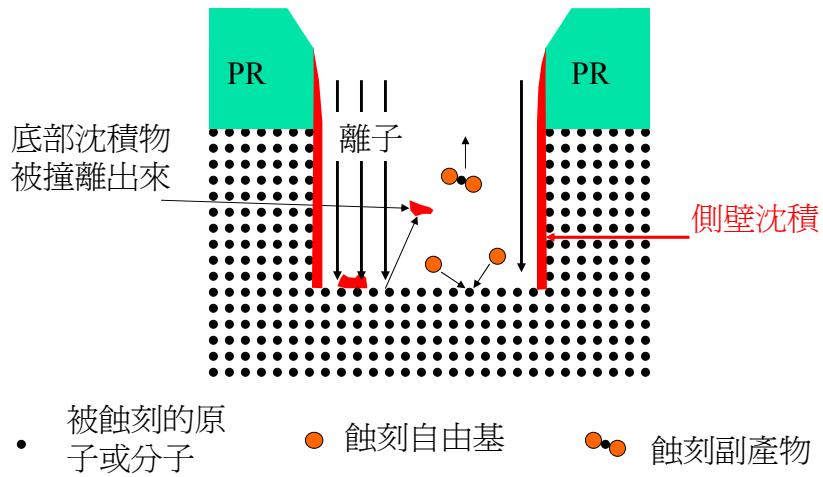
21

損傷機制 (Damage)



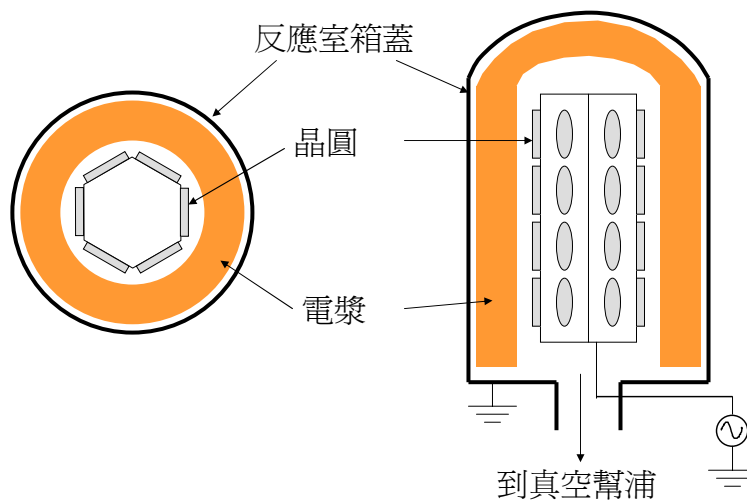
22

阻絕機制 (passivation)



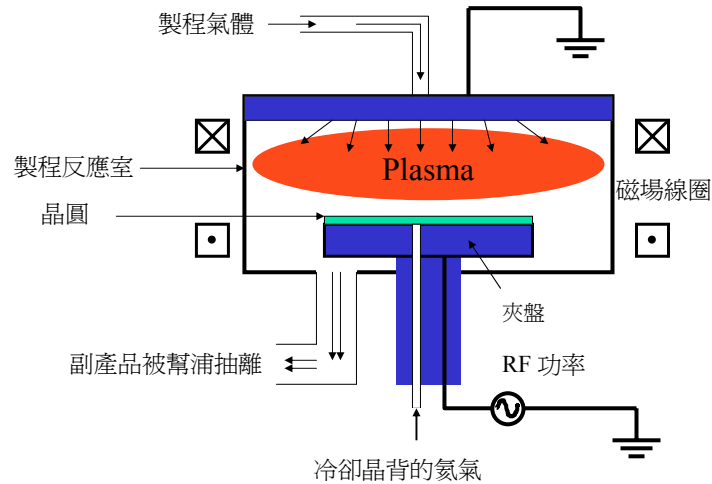
23

批量式RIE系統示意圖



24

單片式RIE系統示意圖



25

Etching Chemistry



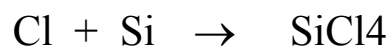
- CF_4 為常用之氟來源
- NF_3 和 SF_6 也被使用

B.P. of SiF_4 :
B.P. of $SiCl_4$:

epi矽蝕刻

- HBr 為主要蝕刻劑; $SiBr_4$

Poly 矽蝕刻



金屬層: TiN/Al•Cu/Ti

Cl_2 為主要蝕刻劑

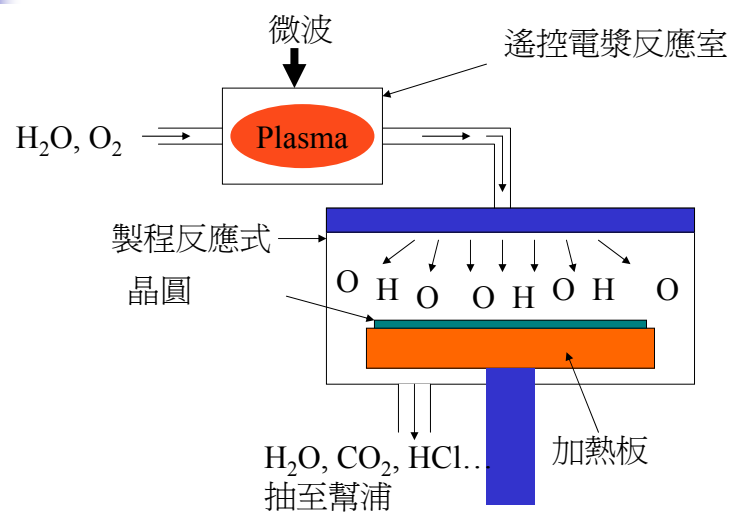
26

Etched Layers

蝕刻名稱	硬式遮蔽層	接觸窗	金屬層接觸窗孔	連接墊片
材料	Si ₃ N ₄ or SiO ₂	PSG or BPSG	USG or FSG	Nitride and oxide
蝕刻劑	CF ₄ , CHF ₃ , ...	CF ₄ , CHF ₃ , ...	CF ₄ , CHF ₃ , ...	CF ₄ , CHF ₃ , ...
底層	Si, Cu, Au,	多晶矽或金屬矽化物	金屬	金屬
終點偵測	CN, N or O	P, O, and F	O, Al and F	O, Al and F

27

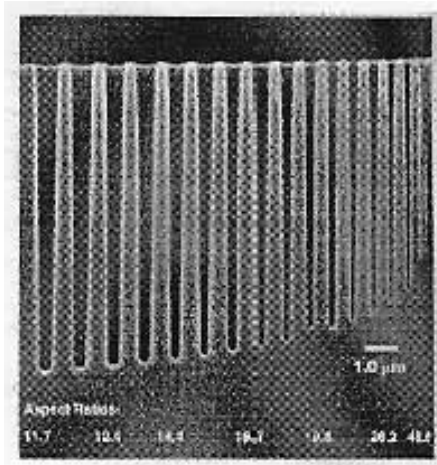
光阻剝除製程



28



Challenges – Aspect Ratio Dependent Etching

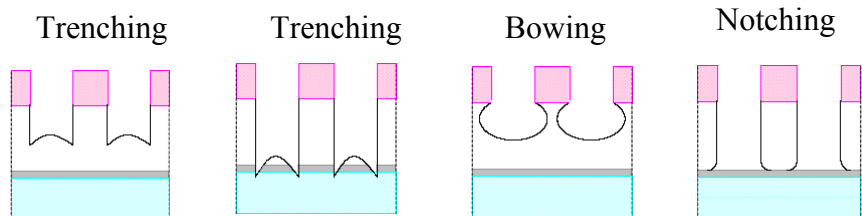


Reductions of the ions and neutrals to the feature bottom

29



Challenges – Etching Profiles Non-Ideality

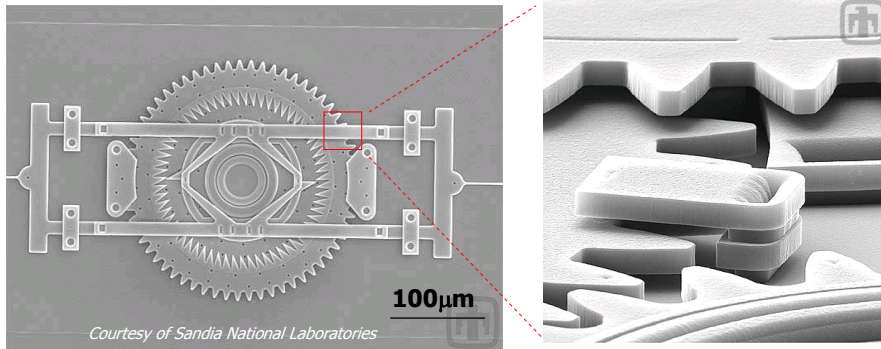


F. F. Chen and J. P. Chang, "Principles of Plasma Processing: A Lecture Course"

30



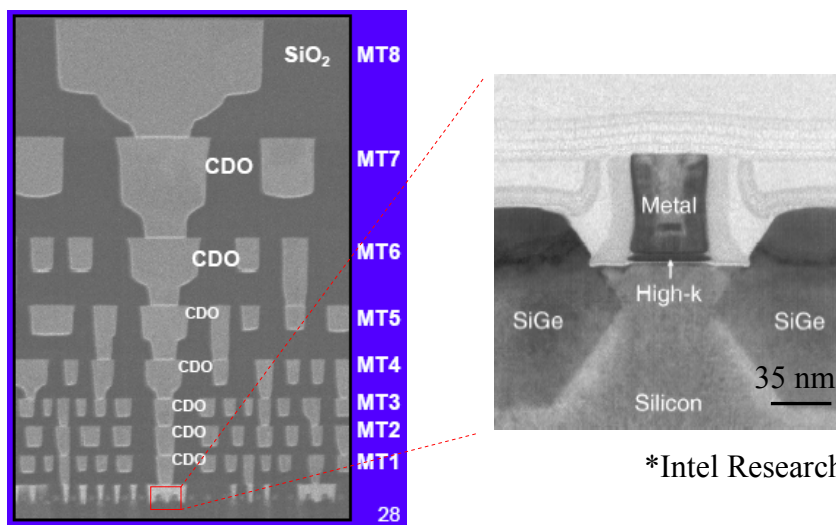
Innovation beyond Imagination....



31



Innovation beyond Imagination....



32