

第五章

電漿基礎原理

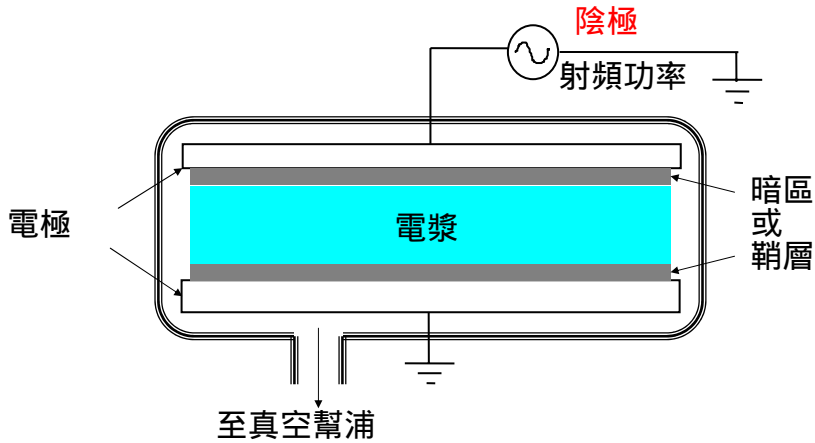
1

電漿的成分

- 電漿是由中性原子或分子、電子(-) 和正電離子所構成
 1. 游離率主要決定於電漿中的**電子能量**
 2. 在大部分的電漿製程反應室中，游離率都低於0.001%
 3. 高密度電漿（HDP）源的游離率就高得多，大約 1%
 4. （太陽中心處的游離率就大約100%）

2

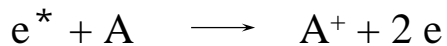
平行板電漿系統



3

離子化

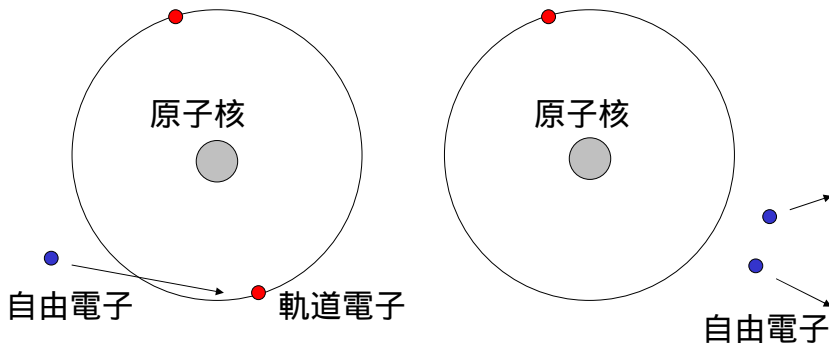
- 在氣體中隨時存在之游離電子在電場下加速獲得能量
- 電子與一個原子或分子相碰撞
- 使一個軌道電子脫離核子的束縛產生更多之電子



- 離子化碰撞產生電子和離子
- 它維持穩定電漿

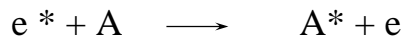
4

離子化的描述



5

激發-鬆弛

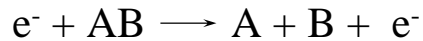


- 不同的原子或分子有不同的軌道結構和能階，因此它們的發光頻率也就不同，這說明了為何不同的氣體在電漿中會呈現出各種不同的顏色
- 電漿發光顏色因氣體成份改變而改變,可被用來作為決定蝕刻和反應室清潔步驟的終端點 (**endpoint**)

6

分解

- 當電子和分子碰撞時，可以打斷化學鍵並且產生自由基：

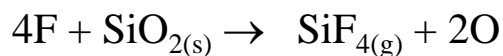
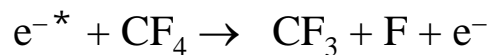


- **自由基**至少有一個未成對電子，化學上非常活潑
- 增進化學反應速率
- 對**蝕刻製程**和**CVD**來說非常重要

7

電漿蝕刻

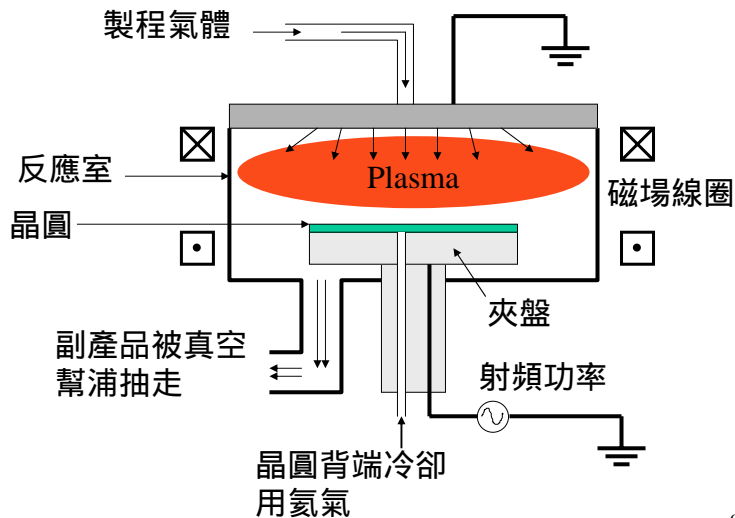
- CF_4 氣體在電漿中分解，產生氟自由基以進行氧蝕刻製程



- 增進蝕刻化學反應

8

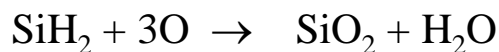
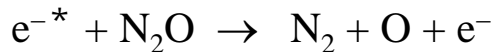
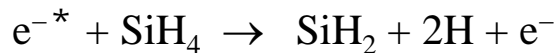
電漿蝕刻反應室的示意圖



9

Plasma-enhanced chemical vapor deposition (PECVD) 電漿增強化學氣相沈積法

- PECVD 使用 SiH_4 和 NO_2 (笑氣)



- 電漿增強化學反應
- PECVD 可以在較低的溫度下達到較高的沈積速率

10

平均自由路徑 (MFP) 粒子和粒子碰撞前能夠移動的平均距離

- 壓力的影響:

$$\lambda \propto \frac{1}{p}$$

- 越高壓，MFP越短，電子碰撞頻率高，能量低
- 越低壓，MFP越長，電子碰撞頻率低，能量高
- 在電漿中電子總是移動得比離子快很多，為主要之主動碰撞粒子;

11

熱速度

- 電子溫度

$$\text{K.E.} = 3/2 k T_e; 2 \text{ eV} = 1.5 \times 8.62 \times 10^{-5} \times T_e$$

$$T_e = 1.5 \times 10^4 \text{ K!}$$

- 電子熱速度

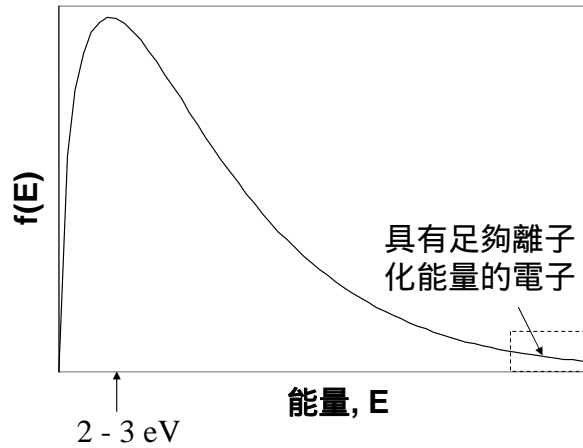
$$v = (2\text{K.E.}/m_e)^{1/2}$$

- RF 電漿, K.E大約為 2 eV

$$v_e \approx 8.4 \times 10^5 \text{ m/sec} \sim 3.0 \times 10^6 \text{ Km/hr}$$

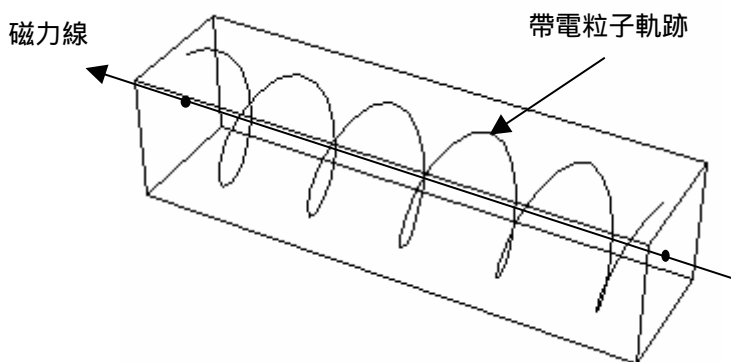
12

波茲曼分佈



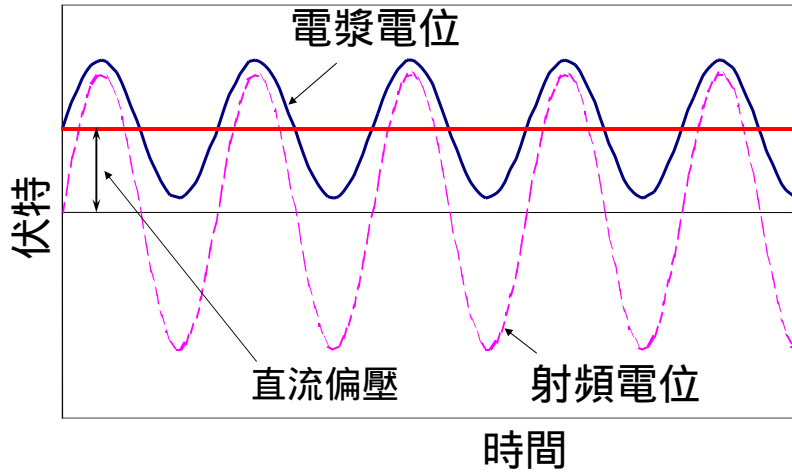
13

螺旋運動:增加電子運動距離及能量
施於帶電粒子上的磁力: $F = qv \times B$



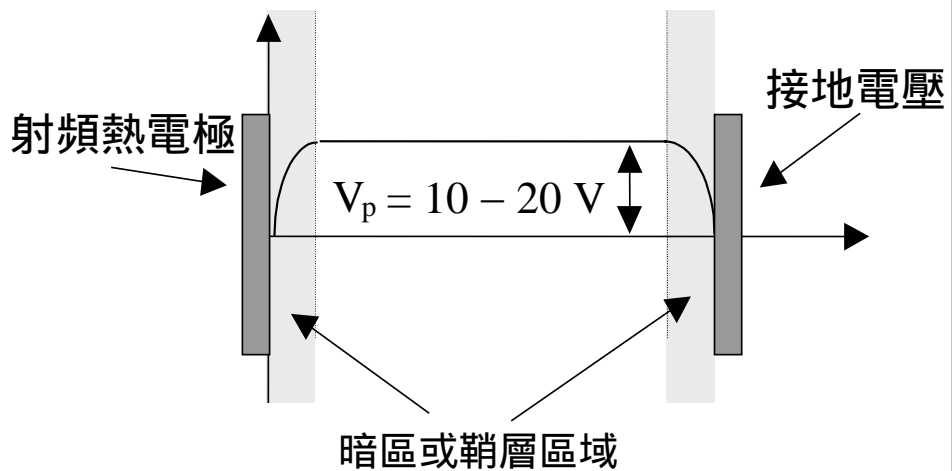
14

直流偏壓與射頻功率關係



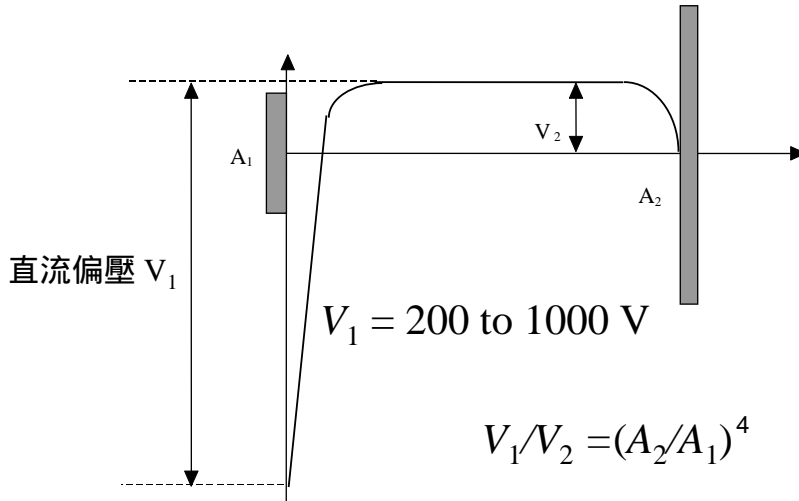
17

CVD反應室電漿的直流偏壓



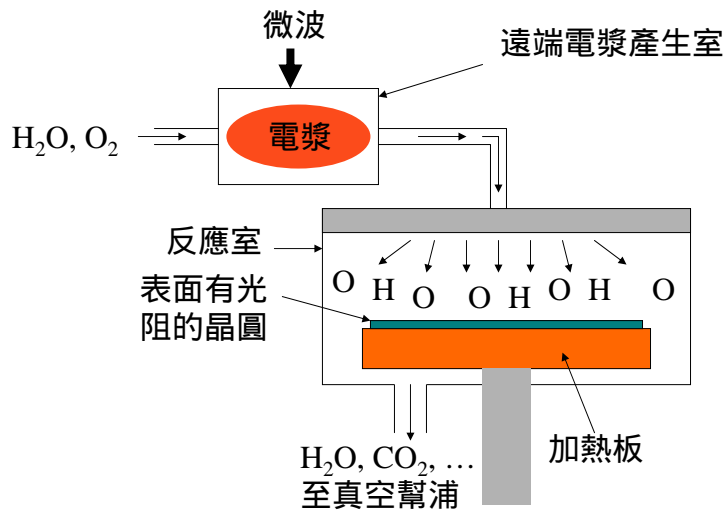
18

非對稱電極系統的電漿電位



19

電漿光阻剝除系統圖



20