

# 2025.10.07 <半導體電漿電源的演進應用與設計關鍵>

—— 呈睿國際股份有限公司 總經理暨創辦人 洪再和博士

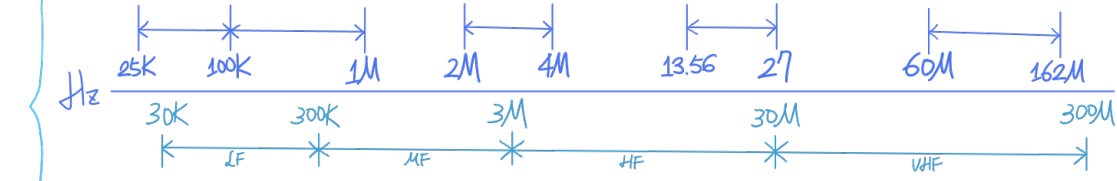
△ 從2023年起半導體設備產值超過100Billion  
絕大部份在先進製程(晶元製造)

△ 前五大設備商(AMT, ASML, TEL, Lam, KLA)皆為電漿製程設備 → 高技術高成長

△ 電漿電源: 電源領域最特殊之應用 — 非線性負載, 射頻, 真空



△ 半導體高频電漿電源的種類與特性:



規格 { 功率: 以1500w射頻電漿電源為例  
解析度: 0.1w, 0-10Vdc = 1500W, 0.01Vdc = 1.5W, 0.01Vdc = 0.15W  
精準度:  $\pm 1\%$  of set point or  $\pm 0.25W$ , whichever is greater  
重現性:  $\pm 0.5\%$  for same generator,  $\pm 1.0\%$  generator to generator  
同-台電源測試第一次第二次第三次酌誤差值

※ 3nm 客戶要求 ← 台積電  
• 0.1w  
• 0.1w  
• 0.1%

△ 半導體蝕刻電漿系統: 控制方法 × RF頻率混和 × 負載特性

[ Cex control: 同頻率不同相位角度精準控穩電漿  
Pulsing Control: 高频正弦波下的方波開關導通控制

△ 現行高频電漿電源三大瓶頸 {  
1. 電力品質: 諧波失真率最低卡在30%(因為單一機台供電給多台RF電漿電源)  
2. 效率 → 矽元件電漿電源轉換效率: 仍有30%的提升潛力  
5kw真空管的電漿電源效率低於30%, 啟動就耗電12kw  
(廠務供電(1700W) = 損失(1200W) + 輸出(5000W))  
效率 = 輸出 / 輸入 =  $5000W / 1700W = 29.4\%$   
損失 = 輸入 / 輸出 =  $1700W - 5000W = 1200W$  (熱損失)  
3. 能耗

△轉換效率問題: 30%的改善空間

↳ 各負載狀況下整機效率: 歐製 > 美製四代 > 美製二代 > 陸製 > 美製一代  
← 高 低

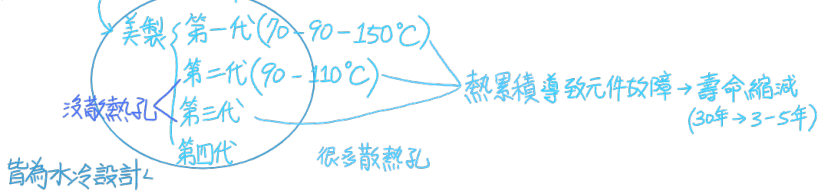
△電力品質問題: 30%是現行電流諧波天花板

↳ 各負載狀況下電流總諧波失真率: 陸製 > 歐製二代、美製四代 > 美製一代、美製二代、美製三代  
(滿載 < 5%) (輕載、重載維持 30%) (輕載節奏高, 達 80%)  
← 最好 差

△電壓壓降問題: SEMI F47 Voltage Sag 規範遠遠不足應付現實

↳ 若未降到 50% 以下, 需維持在 0.2 秒 (ex. 208V → 104V)  
30% 以下, 需維持在 0.5 秒  
20% 以下, 需維持在 1 秒  
⇒ 若跳掉就代表有問題  
壓降很誇張 / 停電 → 裝 UPS

△電源散熱問題: 熱累積導致故障及重大工安隱憂



△老舊的功率量測技術: 良率的隱形殺手

電路耦合量測技術 → VSWR (阻抗比) > 4 就失真  
⇒  $P_{\text{forward}} = (V_f)^2 / 50\Omega$   
 $P_{\text{reflected}} = (V_r)^2 / 50\Omega$

△RF Pulsing { 提升先進蝕刻製程良率的關鍵優勢

{ 挑戰 AC/DC 電源模組的臨界極限 (ex. 陸製 → PSRR & NOISE REQUIREMENTS ⇒ 不適用通勤)  
歐製 → 反應時間跟不上

△新舊電源模組的性能比較

1. 壓降改善 > 500% (不超過 50% 都不會跳掉)
2. 效率提升 15-50%
3. 諧波改善 90%
4. 符合安規 (舊版皆不符合)