

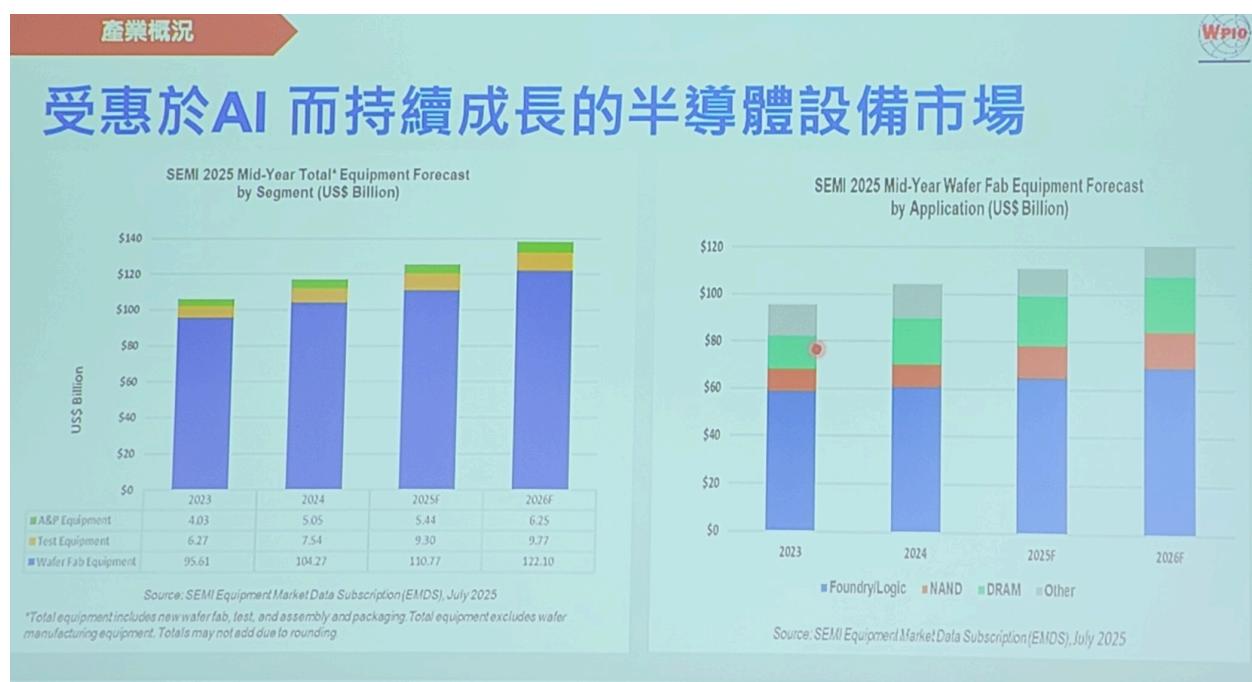
半導體電漿電源的演進應用與設計關鍵

日期：2025/10/07

講者：洪再和 總經理

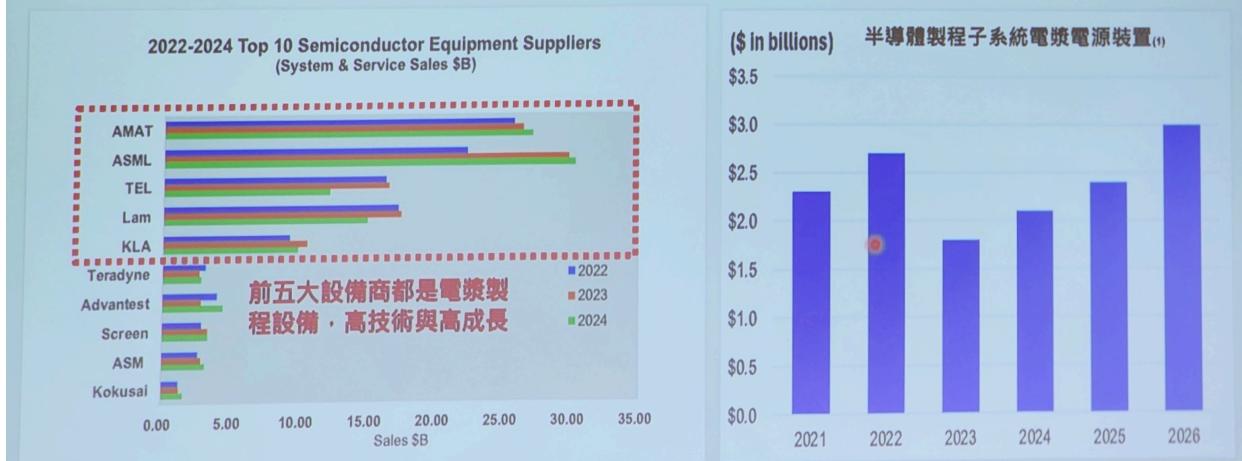
產業概況

設備市場

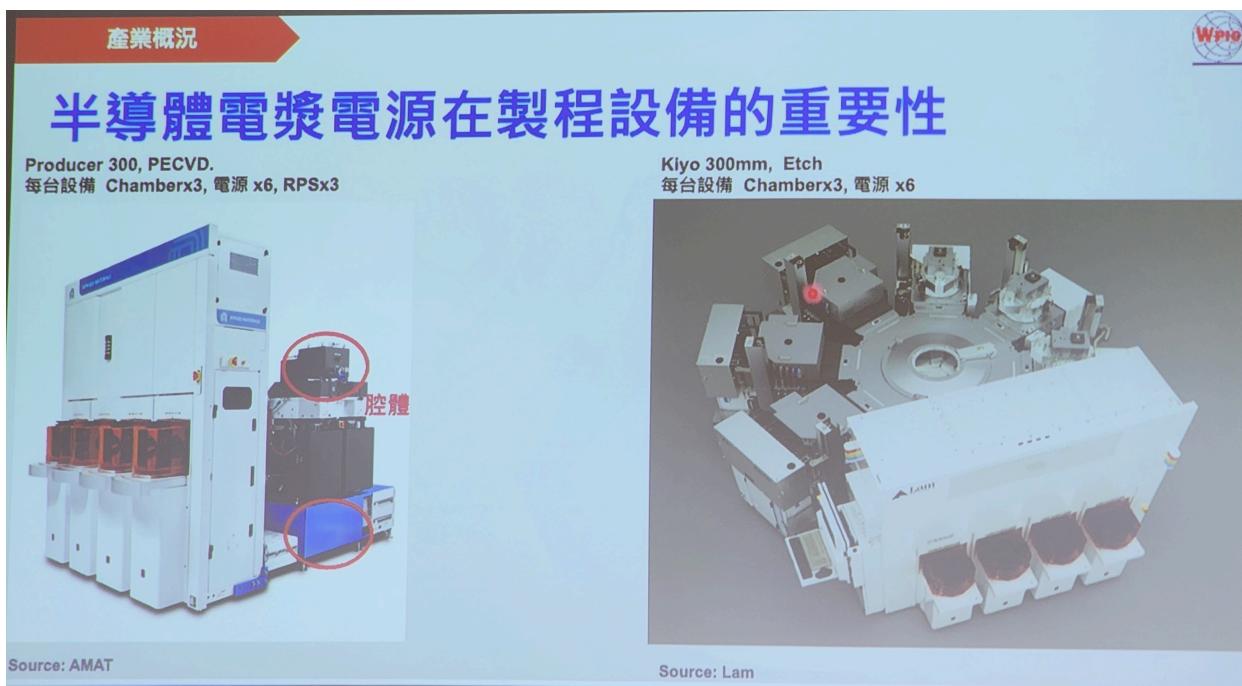


設備商

前10大半導體設備商營收及電漿電源市場趨勢



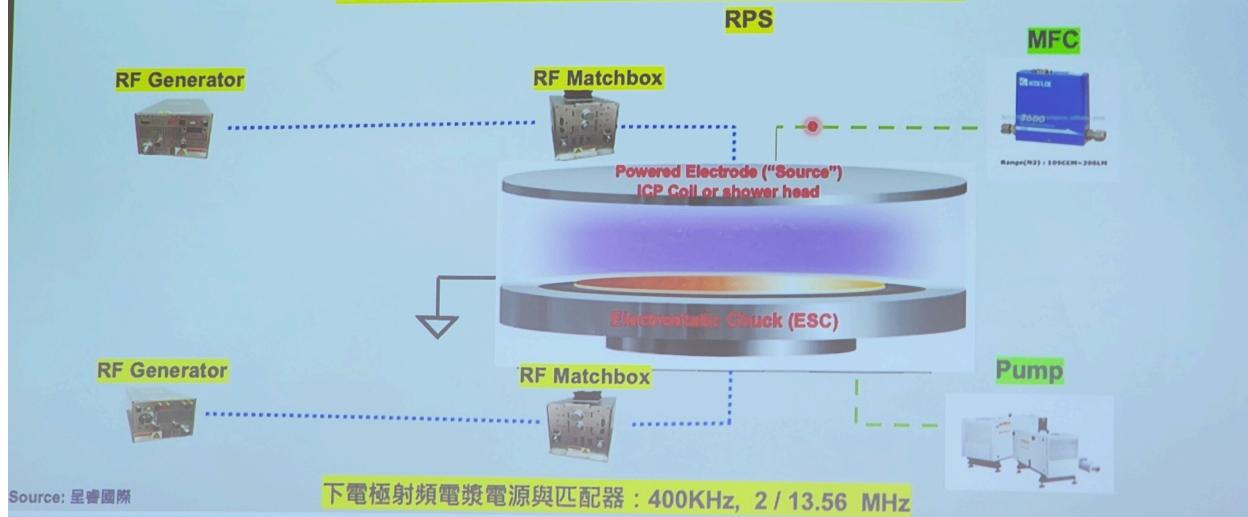
製程設備



電漿電源

電漿電源：半導體設備中最複雜及高技術的零組件

上電極射頻電漿電源與匹配器: 400KHz, 2 / 13.56/27/60 MHz

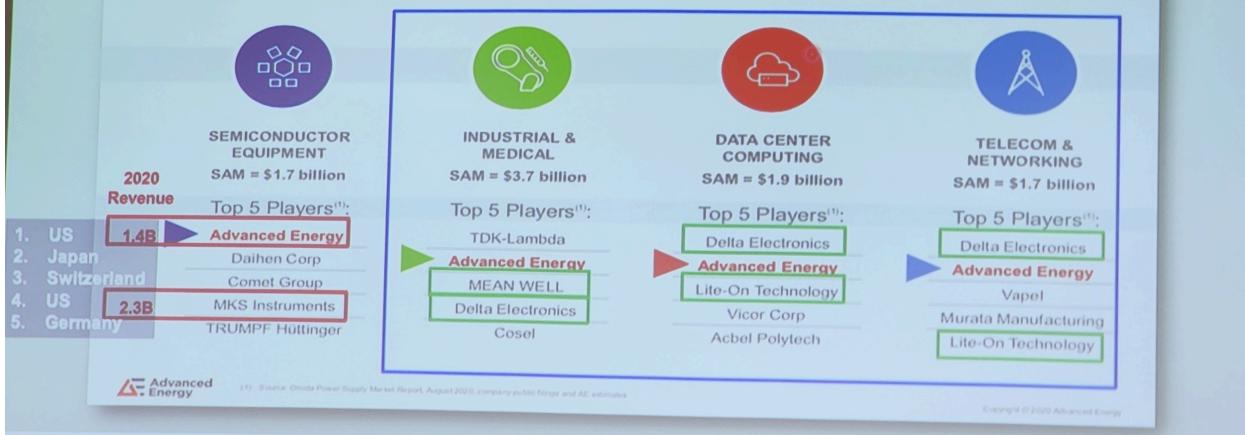


- 特殊應用

- 半導體設備
- 工業與醫療
- 資料中心
- 電信網路

電漿電源：電源領域最特殊的應用-非線性負載，射頻，真空

LEADING MARKET POSITIONS ACROSS OUR VERTICALS



世代演進



2000年進入數位電源時代，加入 error code 與監控功能等等。

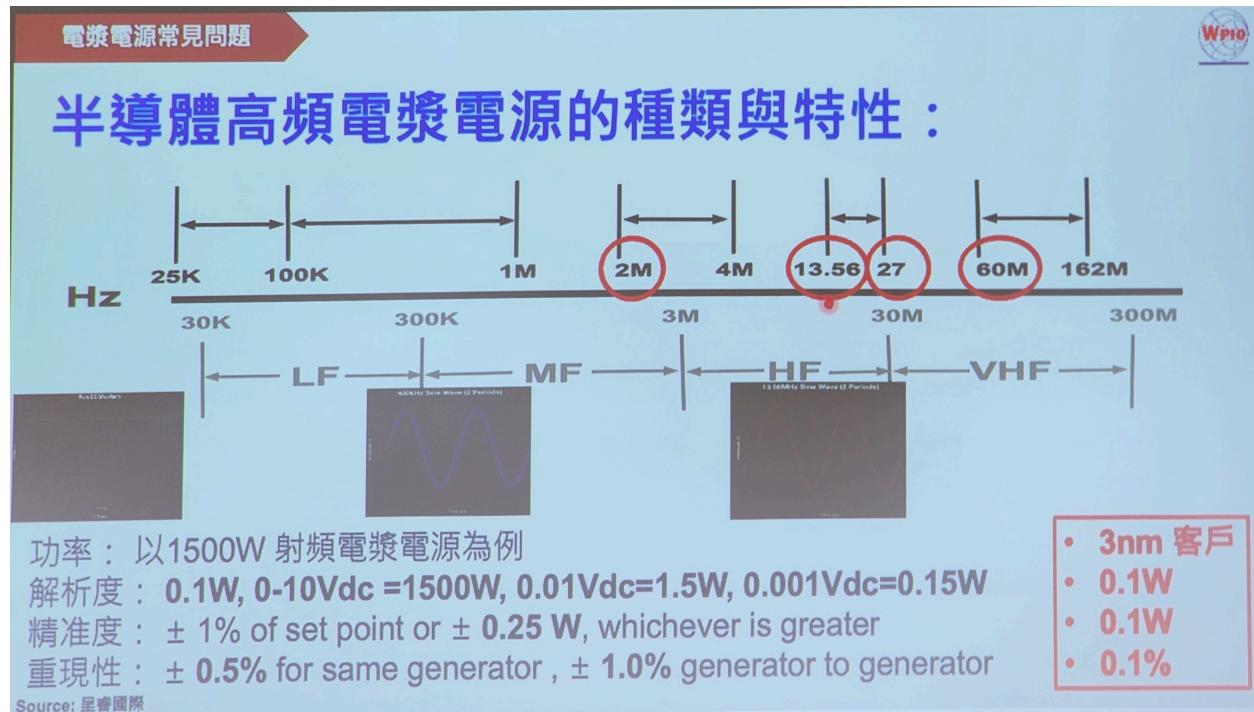


電漿電源

種類與特性



高端客戶要求嚴格10倍



蝕刻電漿系統



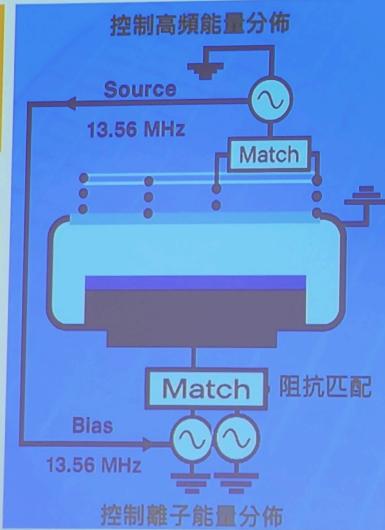
cable 也對系統影響很大

半導體 蝕刻電漿系統：控制方法 × RF頻率混合 × 負載特性

CEX Control:
同頻率，不同
相位角度精準
控穩電漿

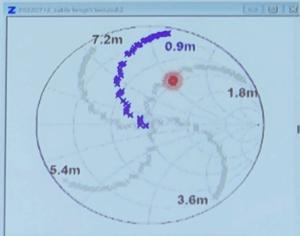
Pulsing Control
高頻弦波下的
方波開關導通
控制

Mix RF Frequency
Source: 2+27+60
Bias: 13+60
Source: 星睿國際

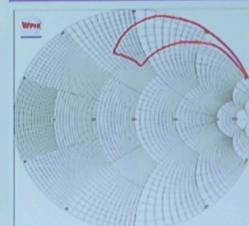


Coaxial cable effect

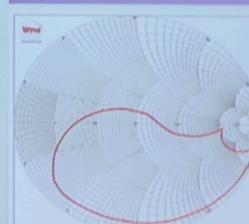
RFG 到 Matchbox 之間：



Inductive load



Capacitive load



電力品質問題

- 電力品質
 - 諧波率失真率最低卡在30%
- 效率
 - 仍有30%的提升潛力
- 能耗
 - 5kW真空管電源效率低於30%



諧波會累加

現行高頻電漿電源三大瓶頸：電力品質，效率，能耗

- 電力品質：諧波失真率最低卡在 30%
- 硅元件的電漿電源轉換效率：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(17000W) = 損失(12000W) + 輸出 (5000W)
效率 = 輸出/輸入 = $5000W/17000W = 29.4\%$
損失 = 輸入-輸出 = $17000W - 5000W = 12000W$ (熱損失)

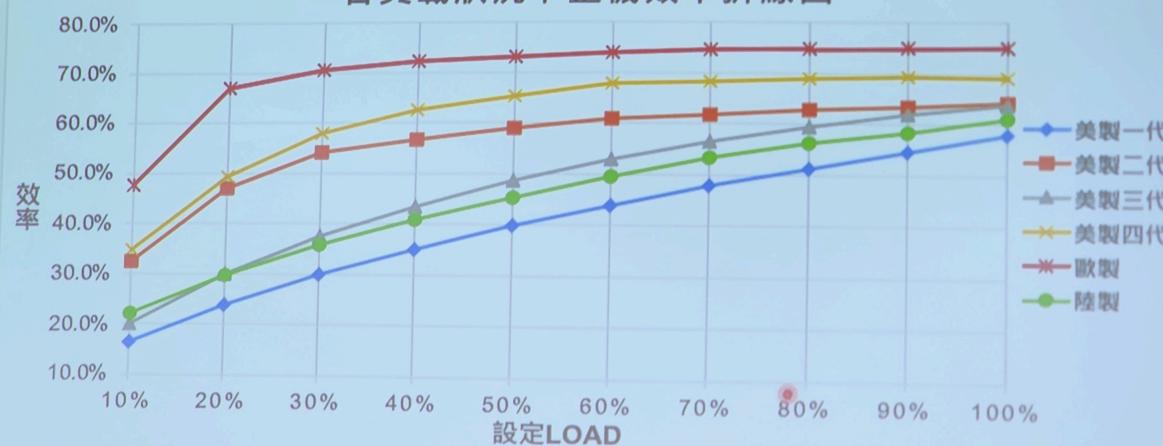
Source: 星睿國際

電漿電源問題

轉換效率

轉換效率問題：30% 的改善空間

各負載狀況下整機效率折線圖

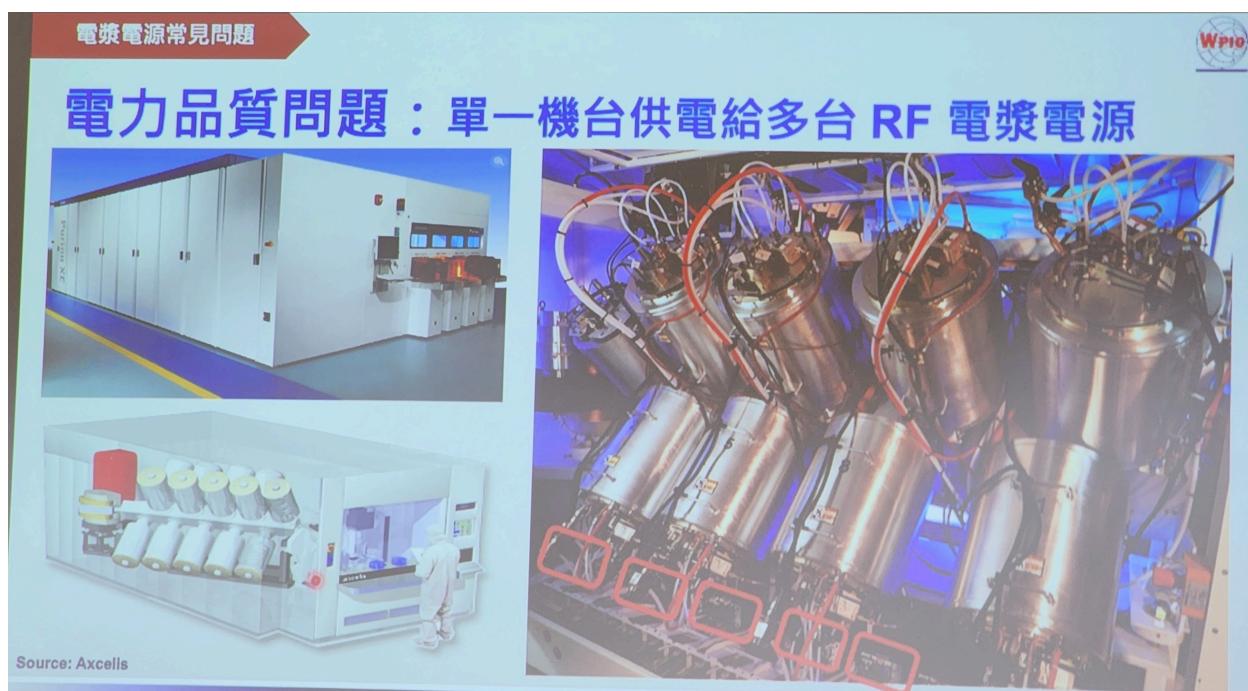
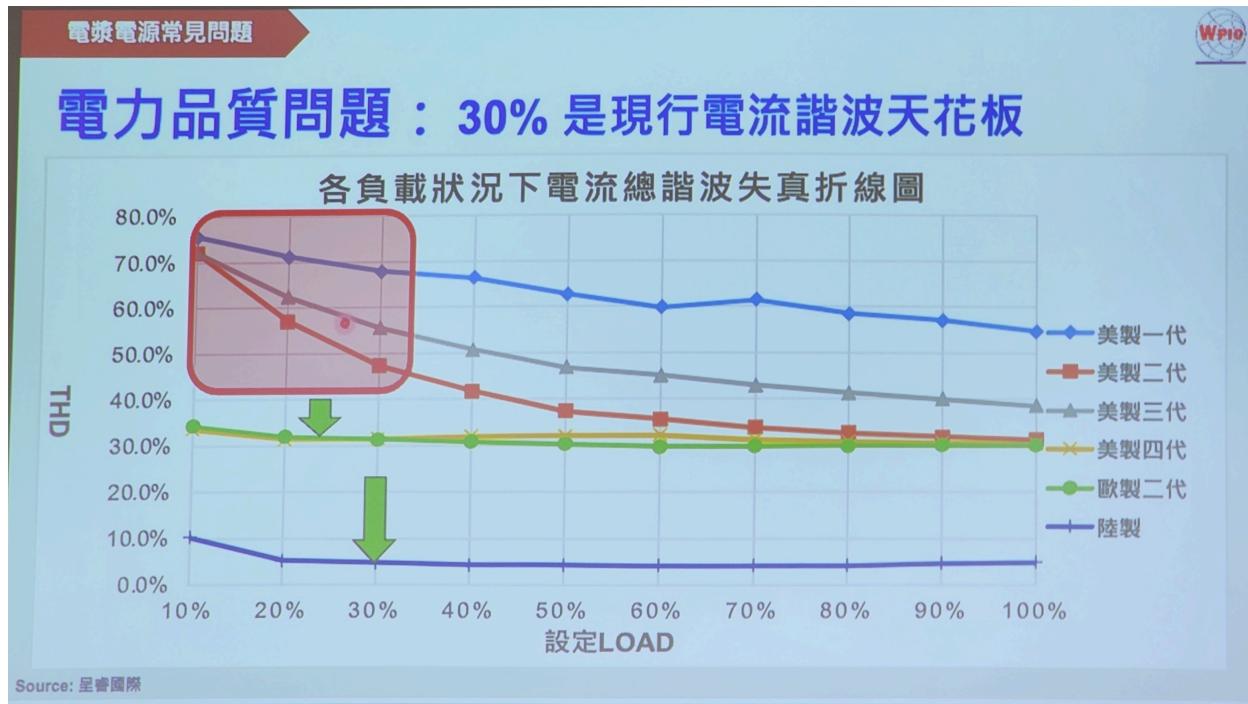


Source: 星睿國際

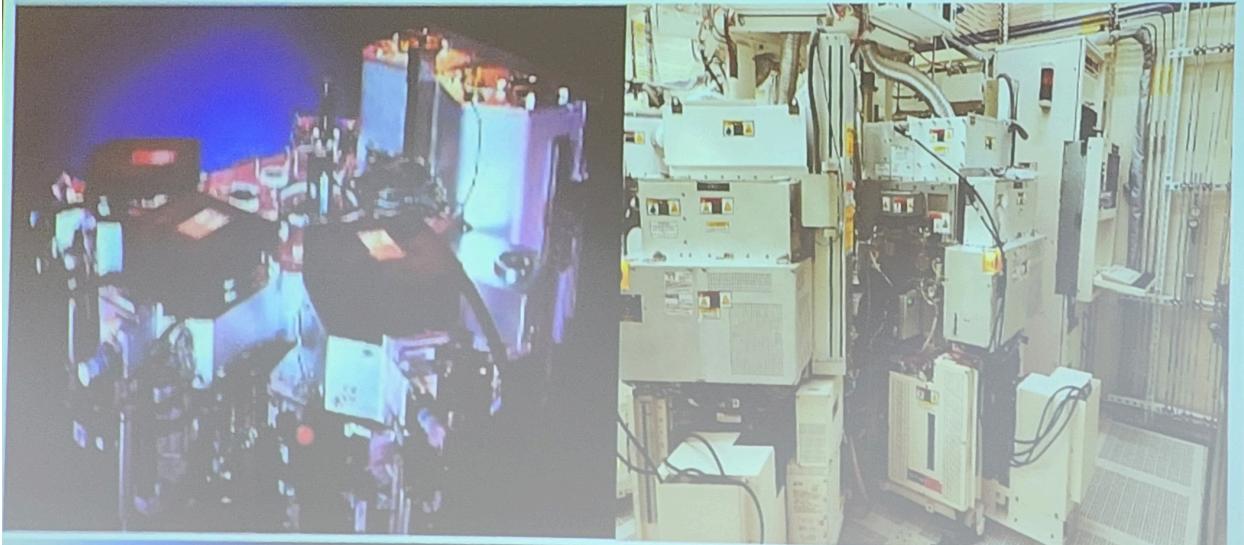
電力轉換



諧波疊加



電力品質問題：單一機台供電給多台 RF 電漿電源



電源壓降



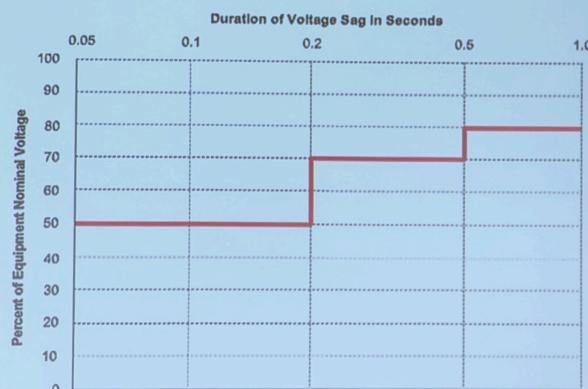
表格表示下降多少%，要hold住幾秒

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



Table 1 Voltage Sag Duration and Percent Deviation from Equipment Nominal Voltage

VOLTAGE SAG DURATION			VOLTAGE SAG	
Seconds (s)	Milliseconds (ms)	Cycles at 60 Hz	Cycles at 50 Hz	Percent (%) of Equipment Nominal Voltage
<0.05 s	<50 ms	<3 cycles	<2.5 cycles	Not specified
0.05 to 0.2 s	50 to 200 ms	3 to 12 cycles	1.5 to 10 cycles	50%
0.2 to 0.5 s	200 to 500 ms	12 to 30 cycles	10 to 25 cycles	70%
0.5 to 1.0 s	500 to 1000 ms	30 to 60 cycles	25 to 50 cycles	80%
>1.0 s	>1000 ms	>60 cycles	>50 cycles	Not specified



NOTE: Equipment must continue to operate without interrupt during voltage sags above the line.

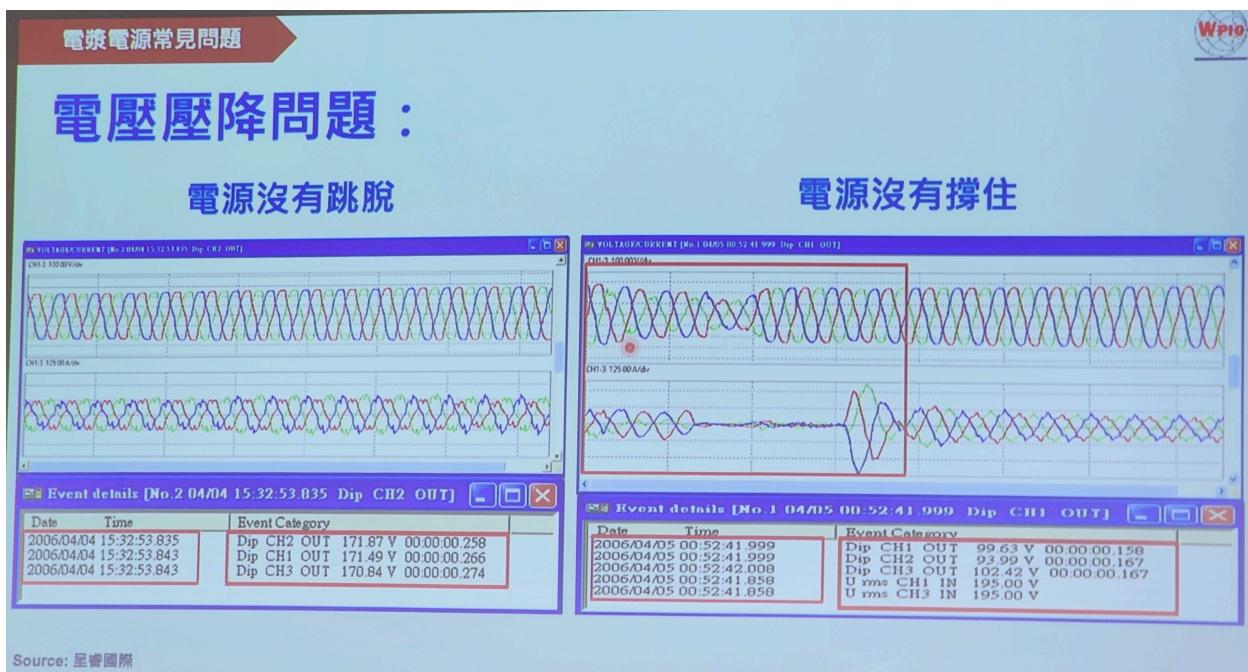
Figure 1

Required Semiconductor Equipment Voltage Sag Ride-Through Capability Curve

Source: SEMI F47-0200

衝擊

- 電源停擺
- 短時間回升 → 高電流



壓降高建議裝UPS

電源散熱

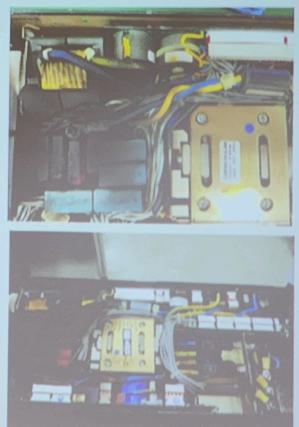
電源散熱：熱累積導致故障及重大工安隱憂

第一代：**70-90-150°C**



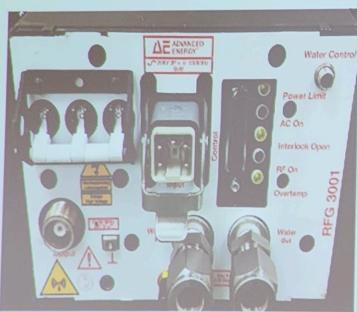
Source: 星睿國際

第二代：**90-110°C**



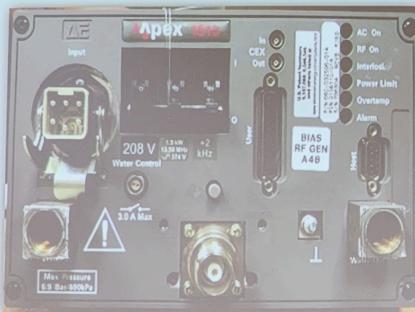
電源散熱問題：美製 2/3 代 沒散熱孔

第二代：

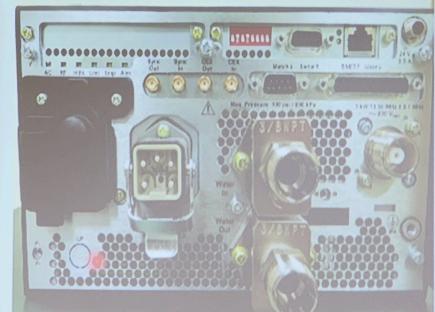


Source: 星睿國際

第三代：



第四代：



熱累積

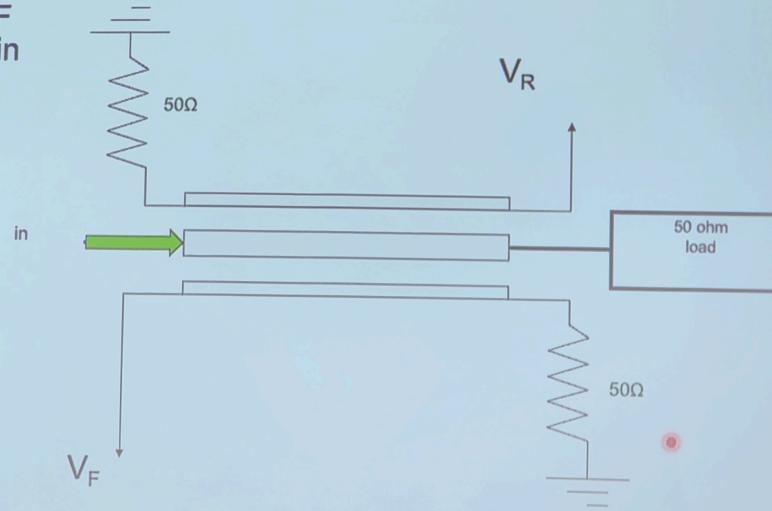
老舊的量測技術

老舊的功率量測技術：良率的隱形殺手

- The power output from an RF generator can be measured in terms of **forward** and **reflected** power.

$$\begin{aligned} P_{\text{forward}} &= (V_F)^2 / 50\Omega \\ P_{\text{reflected}} &= (V_R)^2 / 50\Omega \end{aligned}$$

VSWR > 4 就失真



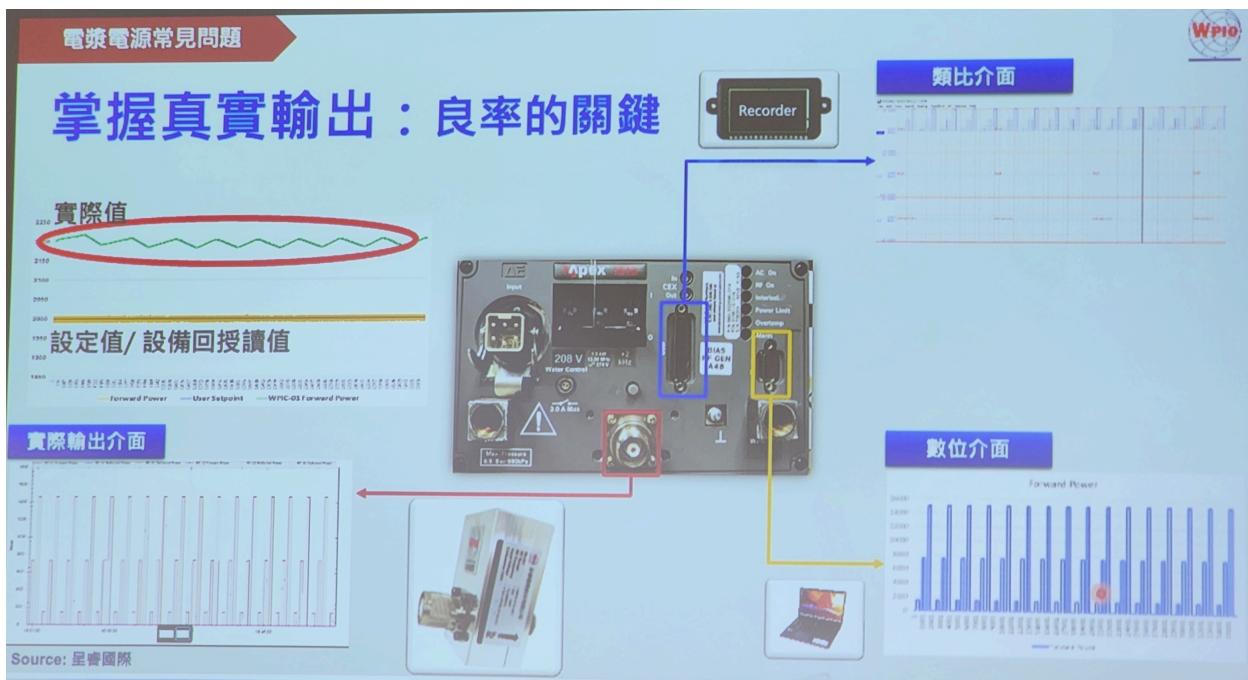
Source: 呈睿國際

- 使用耦合技術
- VSWR 4% → 失真

多介面監測

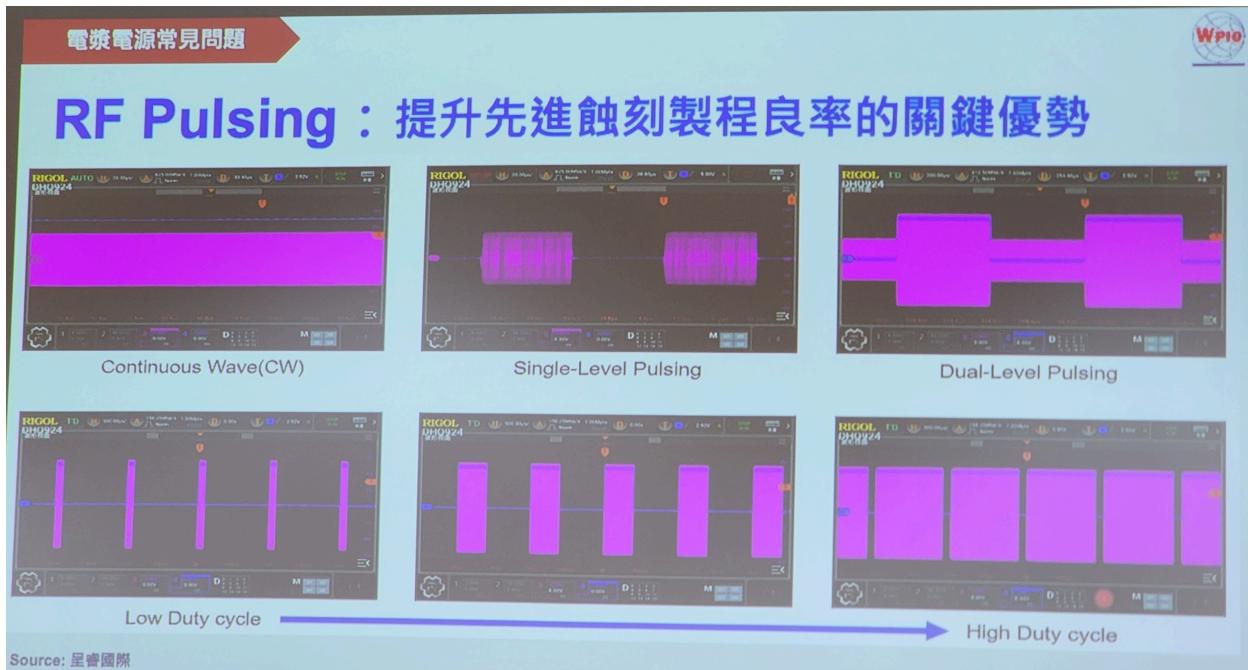


多介面比對，避免在某些特定情況發生測量失真



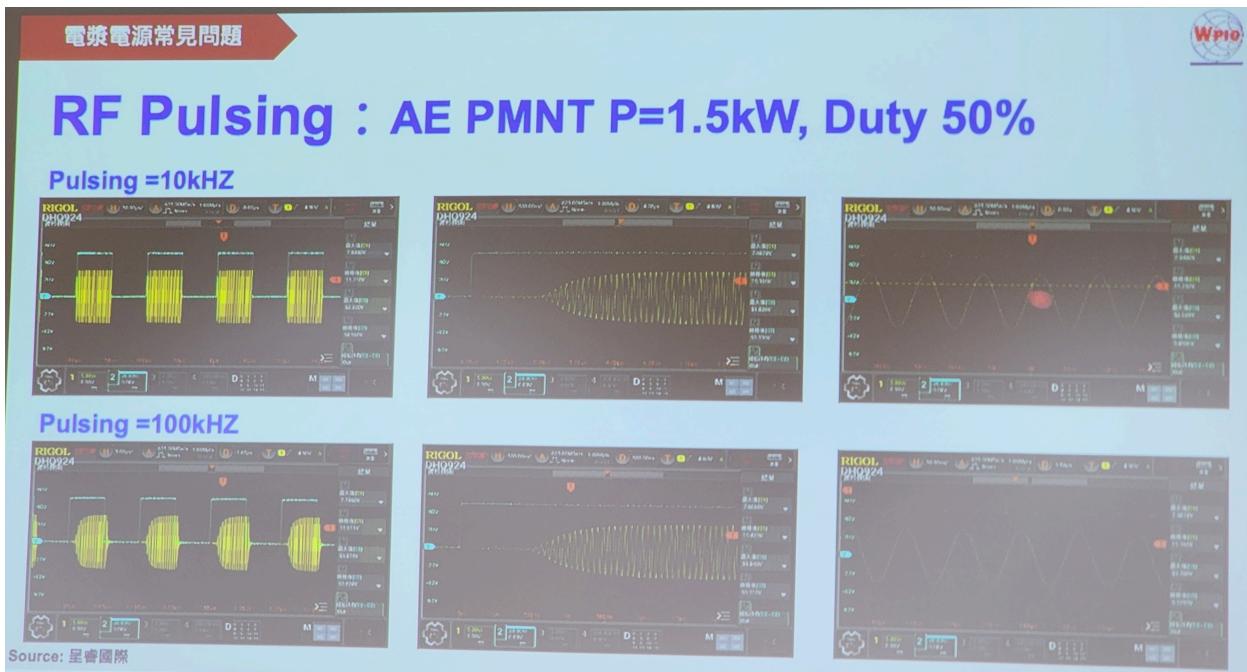
RF Pulsing

- 在 10nm 以下使用
- 3-5nm 使用多接

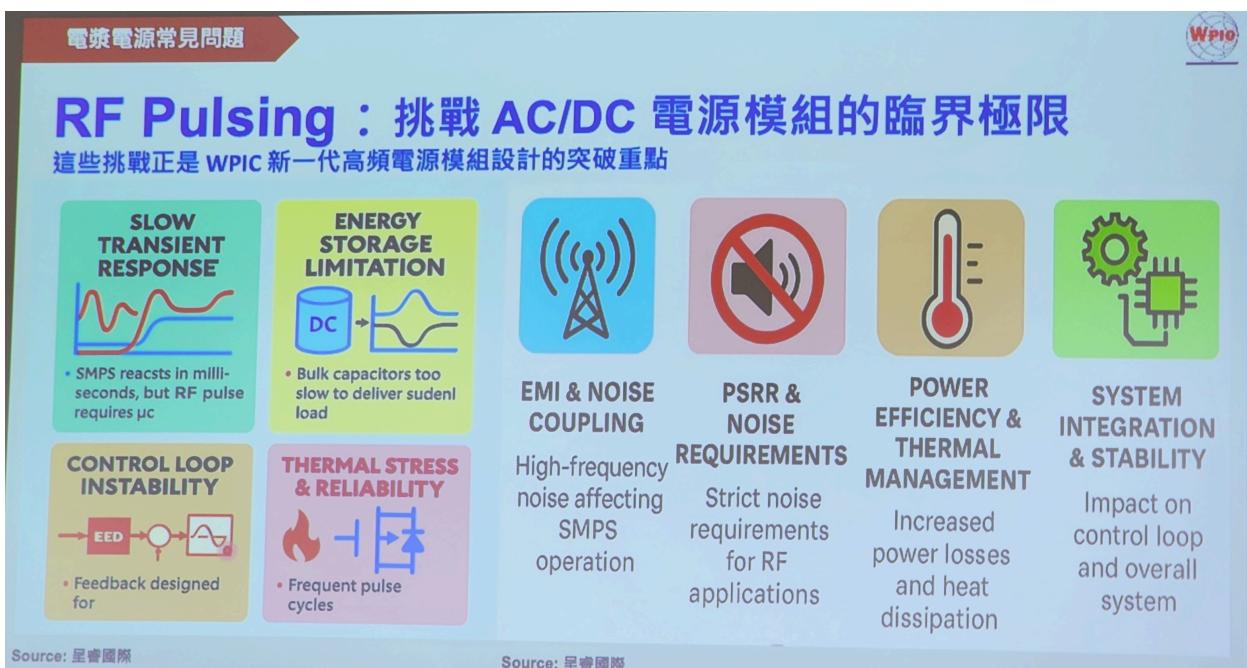


- 10kHz → 沒問題

- 100kHz → 會有延遲



- 使用 RF Pulsing 時
 - 陸製 → 噪音
 - 歐製 → 反應慢



解決方案

解決方案

WPIE

設計契機：13000 案例驗證 + 高效模組新方案

SiC/GaN + 超高開關頻率 150kHz → 500kHz → 輕量化，更高效能 · 高功率密度

第一代: 50VDC/5kW $\eta \sim 97\%$ 模組

- 降溫 60°C
- 減重 18 公斤
- 效率提升 20%
- 諧波改善 >90%

RF Side AC/DC

第二代: 0-210VDC/5kW $\eta \sim 96\%$ 模組

- 降溫 60°C
- 減重 3 公斤
- 效率提升 20%-50%
- 諧波改善 >90%

RF Side AC/DC

新電源架構

解決方案

WPIE

新電源模組的核心架構

呈睿國際 \times VirginiaTech \times 國立虎尾科大

Source: 呈睿國際

性能比較

- 低於50%才跳脫
- 舊款不符合安規

