

高能量脈衝式等離子磁控
濺射技術

High Power Pulsed Plasma
Magnetron Sputtering
(HPPMS) Technique

Mr. Allen YICK, Man Lung

Associate Consultant, Surface Technology

Smart Manufacturing & Mainland Business Division

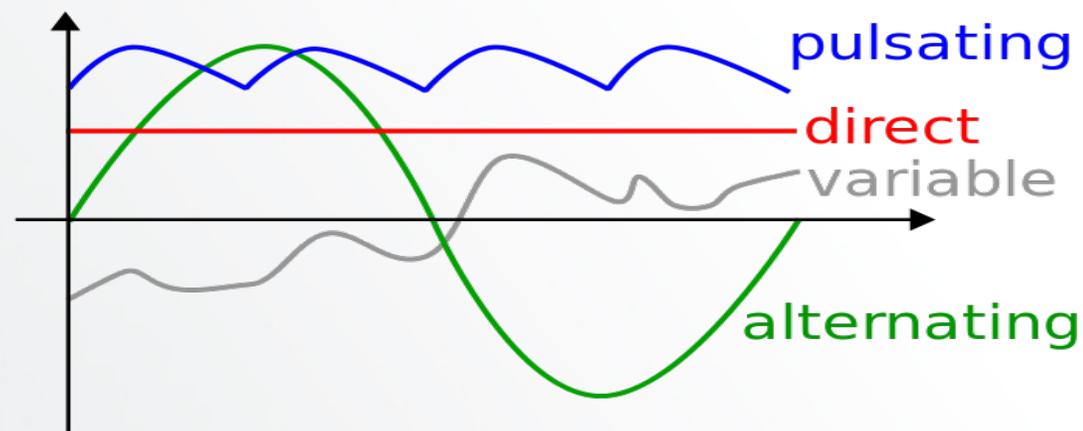
July 22, 2019

概述

- HPPMS技術簡介；
- HPPMS系統構建；
 - 脈衝電源（ pulsed power supply ）；
 - 偏壓電源（ bias ）；
- 工藝控制（ Process control ）
 - 脈衝波形（ Pulse waveform ）；
 - 氣體流量（ Gas flow ）；
 - 偏壓（ bias ）；
- 樣品測試（ sample characterization ）
 - 球磨儀（ Ball Crater ）測厚度；
 - 原子力顯微鏡（ AFM ），掃描電子顯微鏡（ SEM ）；
 - 硬度（ hardness ），耐磨測試（ Abrasion test ）；
- 結論

磁控濺射

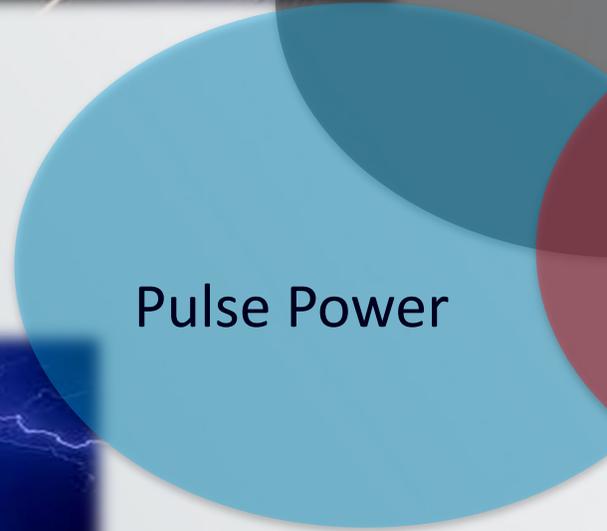
- 電源 (Power supply)
 - 直流 (DC);
 - 中頻 (Mid Frequency);
 - 射頻 (RF);
 - 脈衝直流 (pulsed DC);
 - 脈衝 (pulse);
- 工藝 (Process)
 - 非反應式磁控濺射 ;
 - 反應式磁控濺射 (Reactive Sputtering).



脈衝式磁控濺射



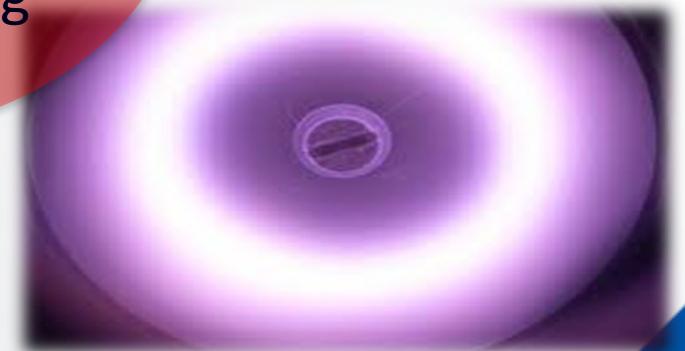
Energetic
Deposition



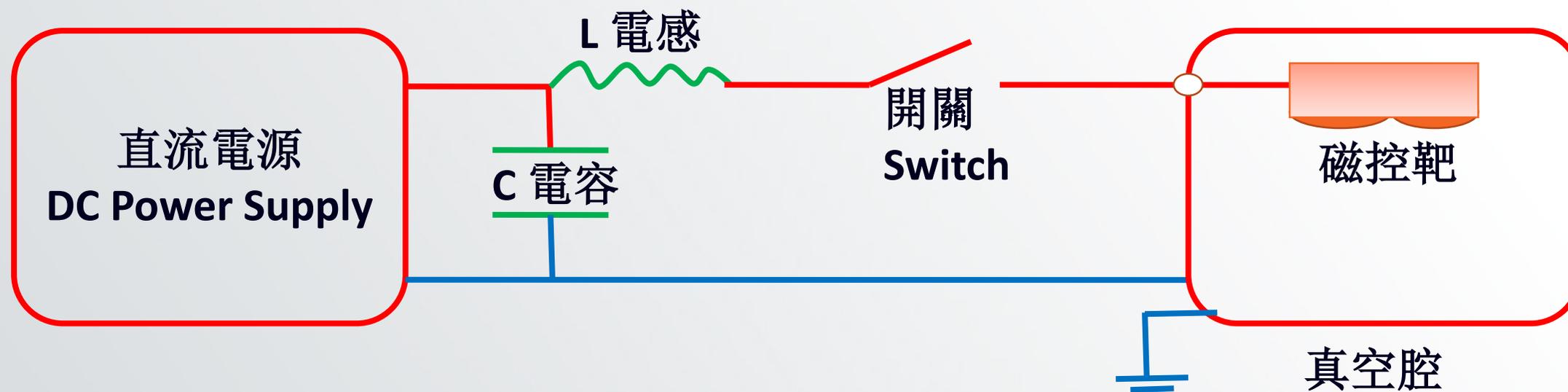
Pulse Power

Magnetron
Sputtering

HPPMS



脈衝式磁控濺射



脈衝式磁控濺射系統示意圖

脈衝式磁控濺射的特點

- 優點

- 等離子體溫度相對較低；
- 高離化率（>90%）；
- 靶材利用率高，薄膜均勻；
- 對複雜底材形狀效果較傳統方法好；
- 可基於現有的機型升級獲得；

- 缺點

- 脈衝電源價格較為昂貴；
- 薄膜沉積速率較低（相同功率下比較）。

應用前景



汽車零配件



鐘錶



工具保護塗層



消費電子



裝飾品

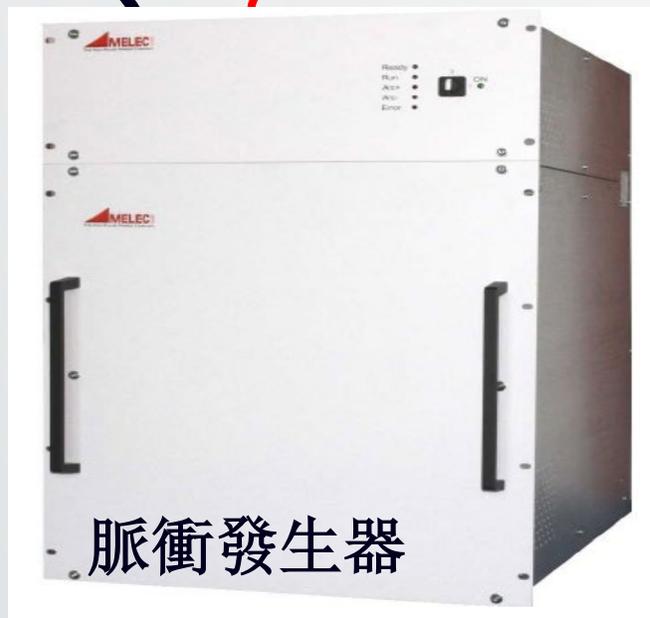
HPPMS 硬件連接



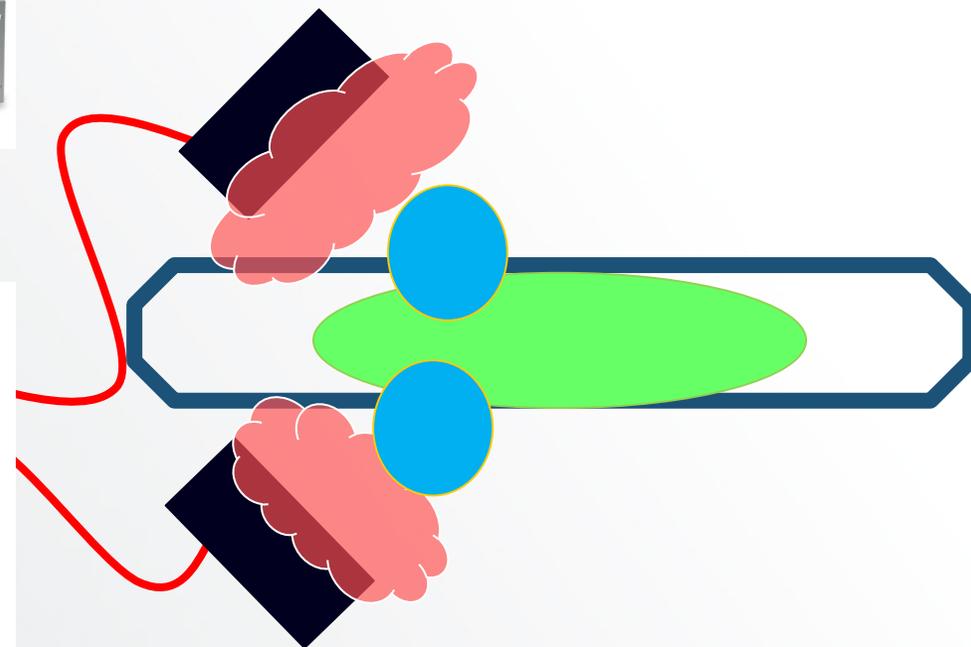
控制電腦



直流電源

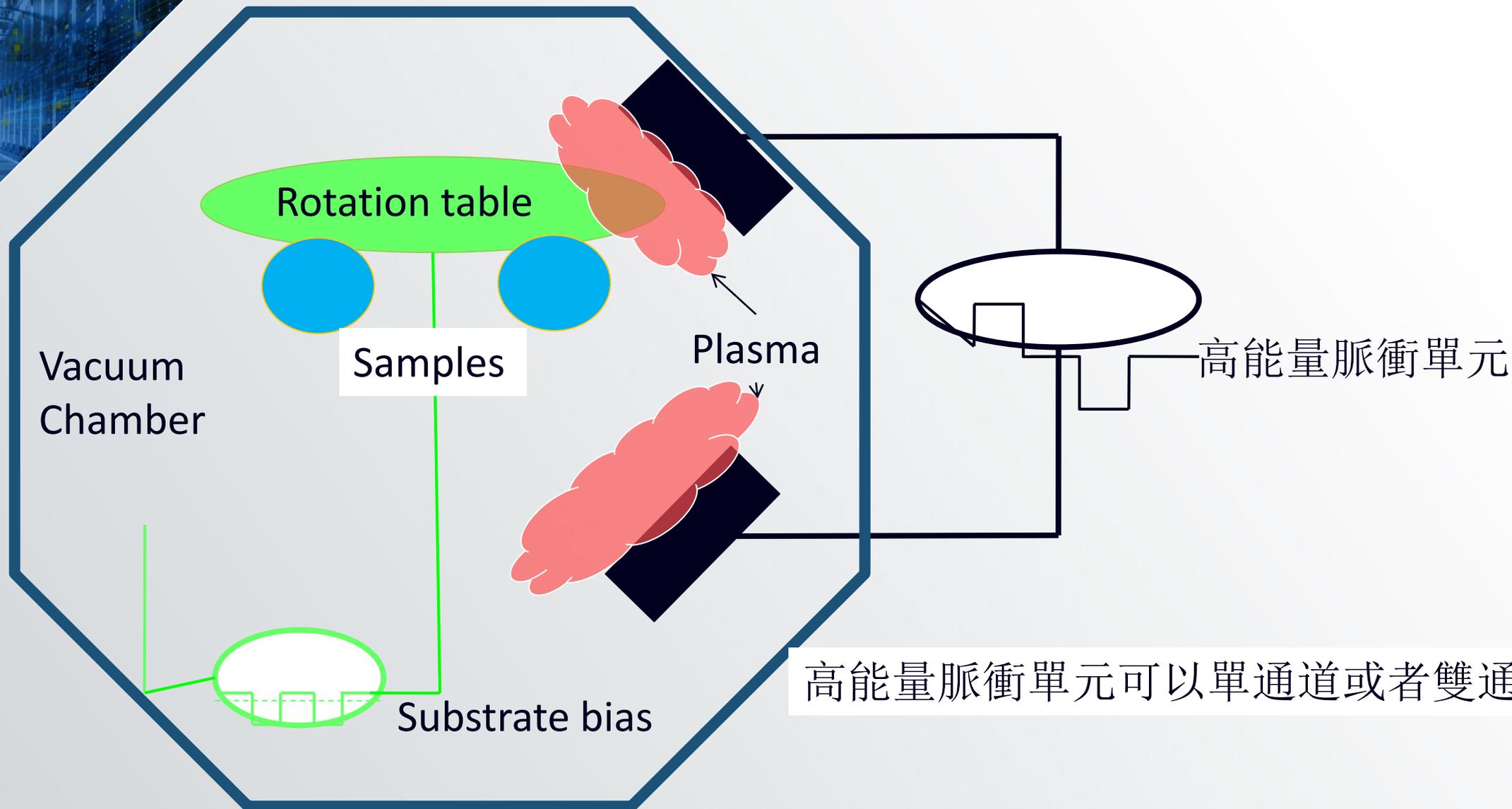


脈衝發生器



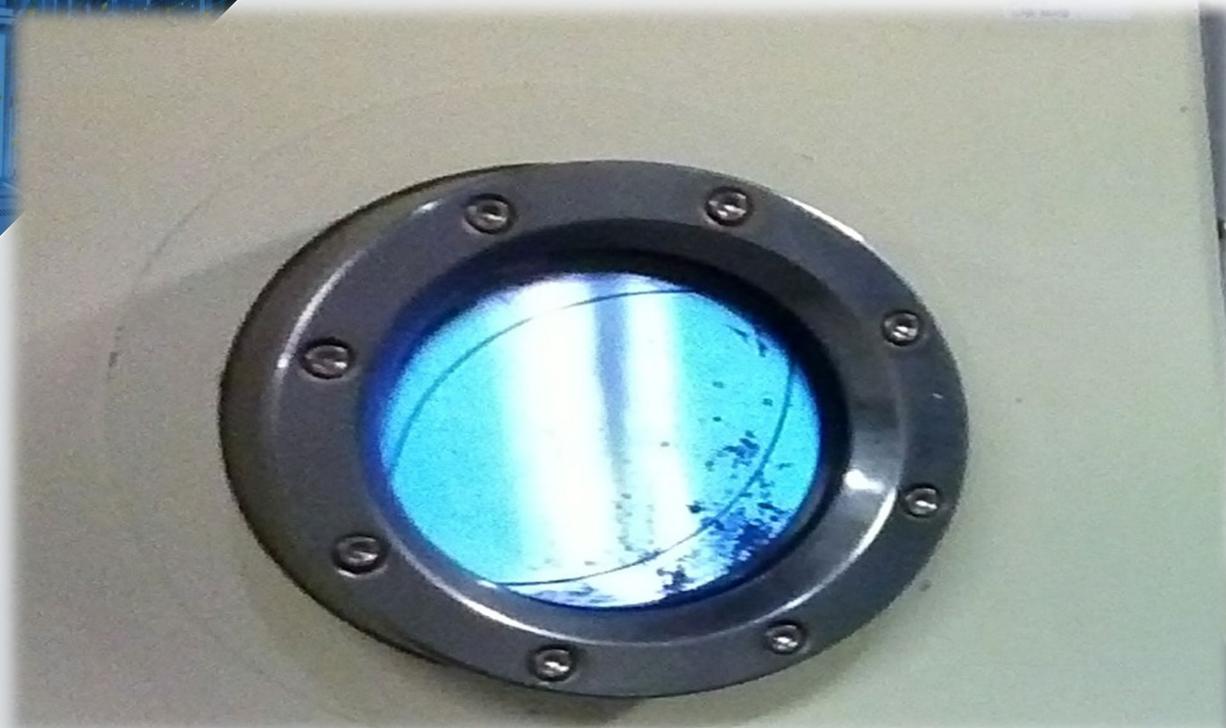
真空腔體

HPPMS系統構建



高能量脈衝單元可以單通道或者雙通道輸出。

系統運行



System works properly!



DC: 2~6kW

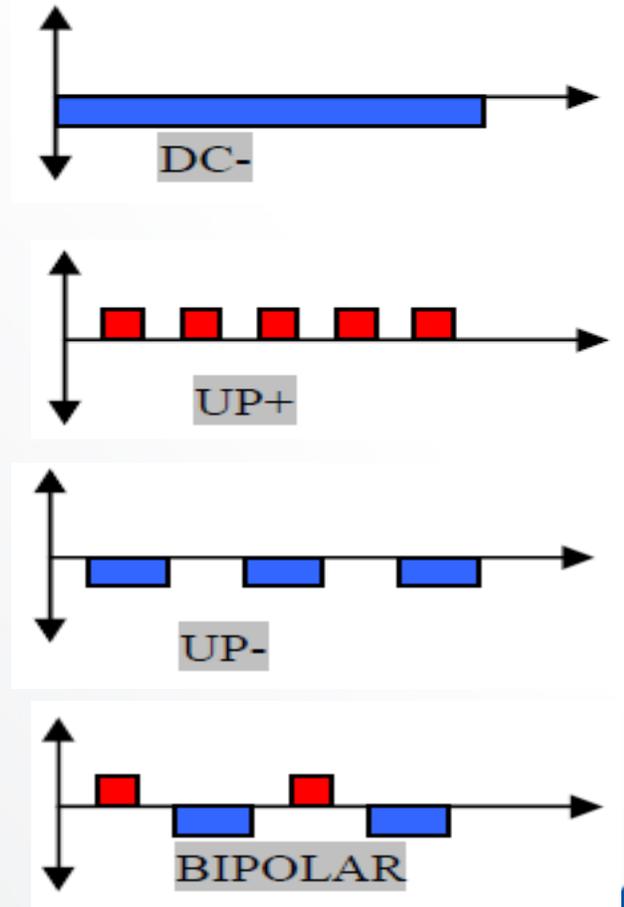


工藝控制 (Process Control)

- 參數優化
 - 濺射功率 (sputtering power) ;
 - 脈衝波形 (脈衝寬度、占空比) ;
 - 氣體流量控制 ;
 - 底材偏壓 ;
 - 沉積時間 ;
- 非反應式 (Non-reactive) 與反應式 (reactive) 離子電鍍。

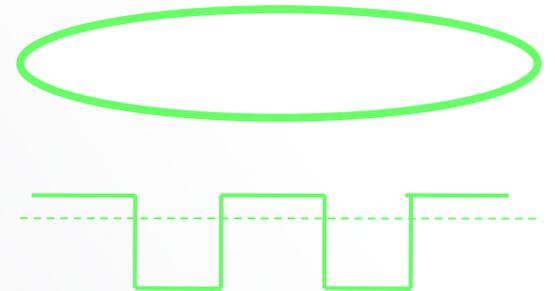
高功率脈衝波形 (waveform)

- 功率
 - 平均功率 → 濺射速率、 ;
 - 峰值功率 (Peak Power) → 離化率;
- 占空比 (Duty Cycle)
 - 直接影響峰值功率 (峰值電流) ;
 - 對於HPPMS通常低於10%;
- 脈衝寬度
 - Charge and Discharge;
 - 與占空比共同決定峰值功率。

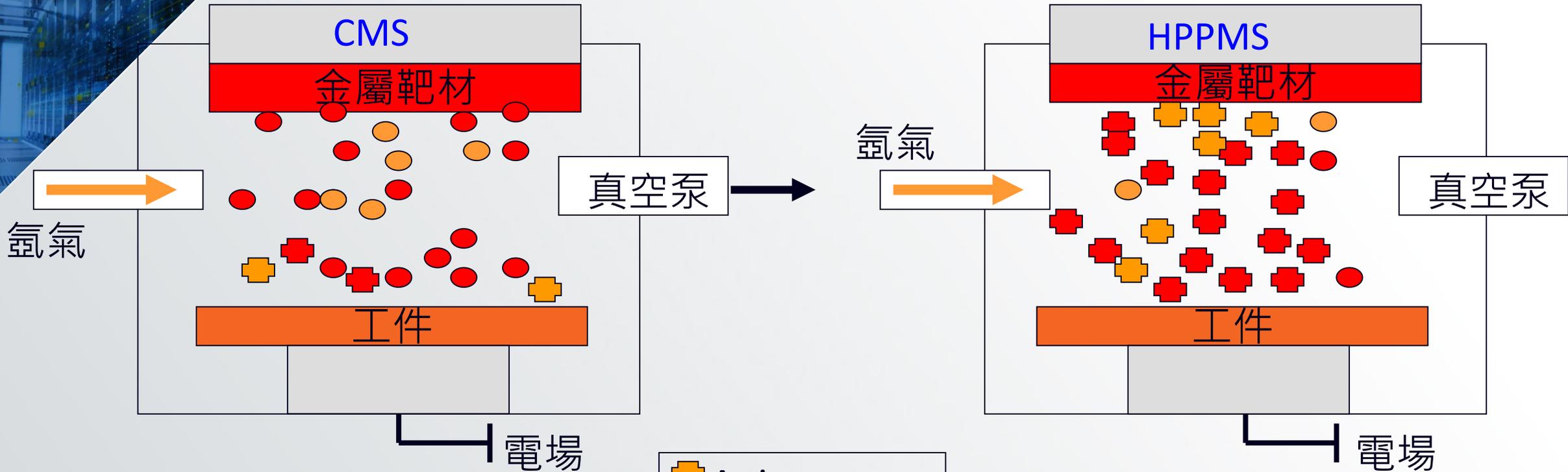


底材偏壓 (bias)

- 增強粒子電離、增加離子轟擊能量、清潔底材表面；
- 脈衝直流 (pulsed-DC) 偏壓
 - 頻率 (Frequency) ；
 - 電壓 (voltage) 或者電流 (current) ；
 - 占空比 (Duty Cycle) ；
 - 脈衝寬度 (Pulse Width) 。



傳統磁控濺射(CMS)與HPPMS之差異

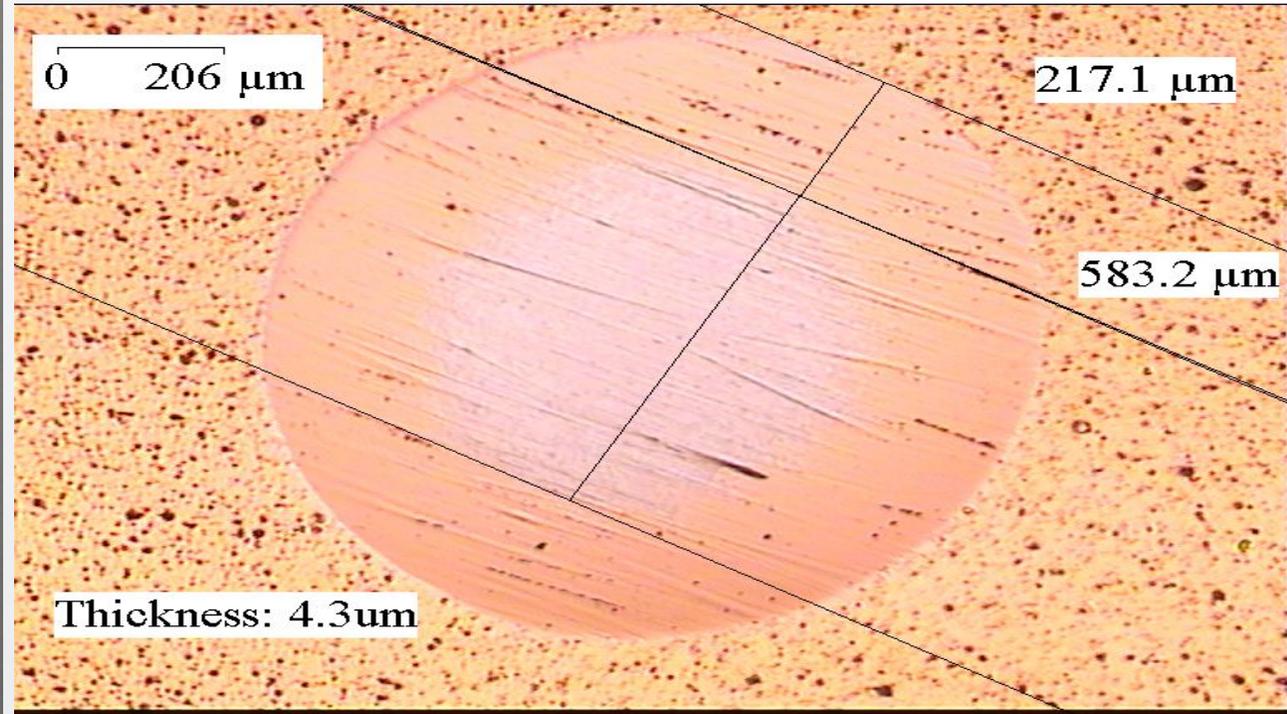


1. 低等離子體密度($\sim 10^{16} \text{cm}^3$)
2. 低電離比率 (< 0.1)
3. 中性粒子為主 ● ○
4. 較難被電場控制

- Ar ion
- Ar neutral
- Metal ion
- Metal neutral

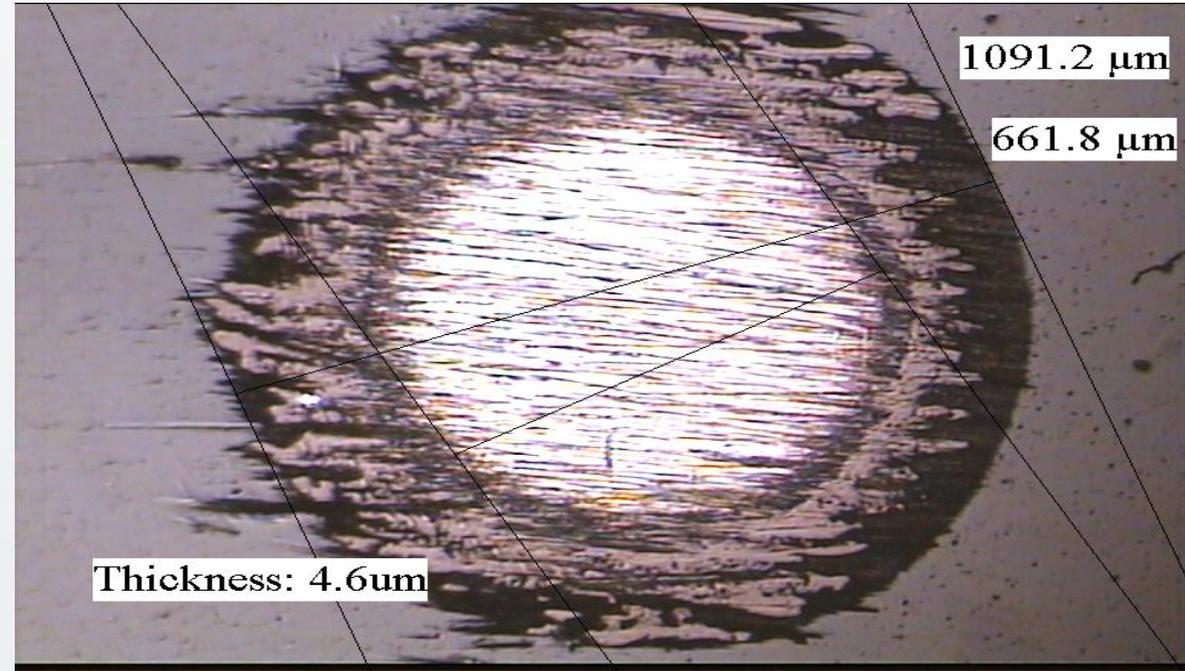
1. 高等離子體密度($\sim 10^{19} \text{cm}^3$)
2. 高電離比率(0.5-0.7)
3. 金屬離子為主 ■
4. 較難被電場控制

樣品測試：厚度



4.3um-TiN

樣品測試：厚度



4.6um- Black

HPPMS : TiN 塗層

Duty Cycle = high
Gas, Ar/N₂ = low



Duty Cycle = low
Gas, Ar/N₂ = low



Duty Cycle = low
Gas, Ar/N₂ = high



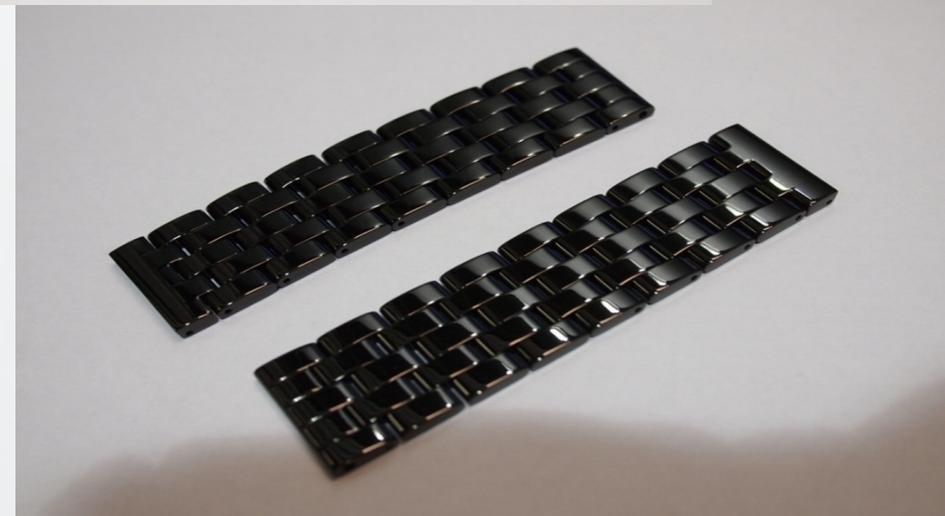
**Nitrogen content increase;
Peak Power decrease.**

結 論

- 與傳統磁控濺射手段相比，高能量脈衝式磁控濺射技術可基於現有設備升級獲得，因其峰值功率高，所以濺射過程具有離化率高、等離子體溫度低、成膜均勻等優點；
- 我們通過高能量脈衝式磁控濺射技術實現了大於4微米的薄膜沉積，測試結果表明薄膜總體性能優異；
- 針對不同的應用和需求，高能量脈衝式磁控濺射技術可優化空間很大。

HKPC 服務提供

- 一站式服務
 - 打板
 - 工藝開發
 - 生產設備
 - 專家評估, 工藝升級
- 政府資助申請



Thank You