

真空鍍膜介紹

主講人：林啟松

1. 什麼是真空？
2. 真空區分。
3. 真空鍍膜種類。
4. 真空系統的組成。
5. 電漿濺鍍機介紹。
6. 蒸鍍機介紹

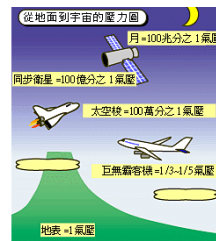
真空到底是什麼？

3

大家都知道宇宙是呈真空狀態的。也都知道在地球表面有大氣層，在平地上大氣的壓力為一個大氣壓。那麼真空是多少大氣壓呢？

◎「真空」的定義

「不是零大氣壓嗎？」可能很多人這麼想。但是並沒有明文規定多少大氣壓以下即為真空。真空的定義是「特定空間中，壓力小於大氣壓力就是真空」。



資料來源:網路

真空區分？

4

氣體的壓力變化導致氣流的形態也隨之改變，一般應用真空時常常將真空度分為幾個不同範圍。

- **粗略真空**
壓力範圍：1000-1 mbar
氣流型態：黏滯流
- **中度真空**
壓力範圍：1-10⁻³ mbar
氣流型態：過渡流
- **高真空**
壓力範圍：10⁻³-10⁻⁷ mbar
氣流型態：分子流
- **超高真空**
壓力範圍：10⁻⁷ mbar以下
氣流型態：分子流

壓力單位介紹與換算

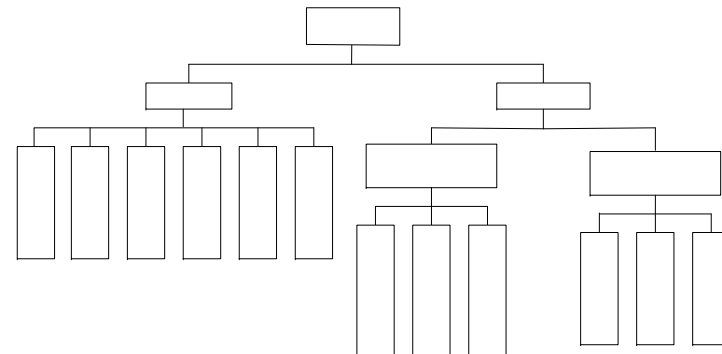
5

壓力單位換算表

kgf/cm ²	lb/in ² psi	Atm	Bar	pa	kpa	Mpa	Torr	mmH ₂ O
1	14.223	0.9678	0.9807	98067	98.067	0.09807	735.56	10x10 ³
0.07031	1	0.06805	0.06895	6895	6.895	6.895x10 ⁻³	51.71	703.1
1.03323	14.70	1	1.0133	101330	101.33	0.10133	760	10332
1.0197	14.50	0.9869	1	100000	100	0.1	750.06	10197
10.197x 10 ⁴	0.145x10 ³	9.896x10 ⁴	0.01x10 ³	1	0.001	1x10 ⁶	7.501x10 ³	0.10197
10.197x 10 ³	0.1450	9.896x10 ³	0.01	1000	1	0.001	7.501	101.97
10.197	145.0	9.869	10	1x10 ⁶	1000	1	7501	101.97x 10 ³
1.3595x 10 ³	0.01934	1.316x10 ³	1.3333x10 ³	133.3	0.1333	133.3x10 ⁴	1	13.595
0.1x10 ³	1.422x10 ³	96.78x10 ³	98.07x10 ³	9.8067	9.8067x10 ³	9.807x10 ⁴	0.07356	1

真空鍍膜種類

6



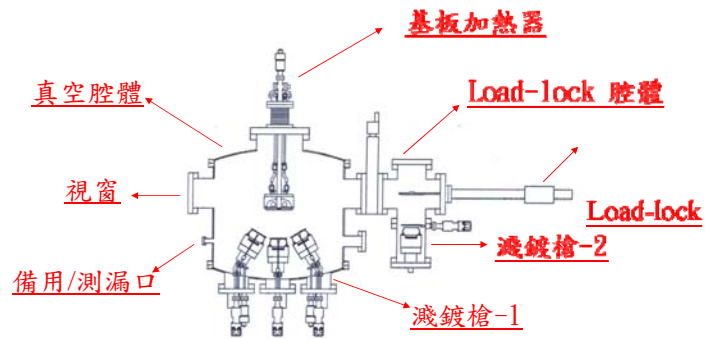
本教材的重點在於物理氣相沈積的熱蒸發蒸鍍法及電漿濺鍍法

資料來源:網路

真空系統的組成-1

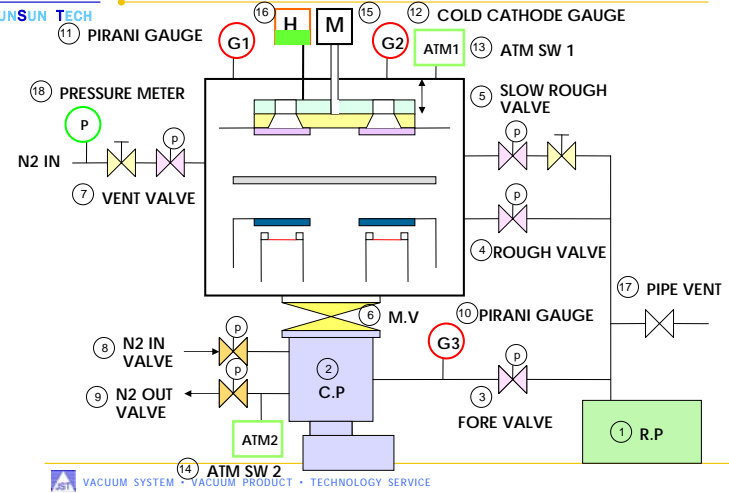
7

濺鍍系統組成範例 (外部)



真空系統的組成-2

8



各元件說明

9

(1)R.P : ROTARY PUMP

(2)C.P : CRYO PUMP

(3)F.V : FORE VALVE

(4)R.V : ROUGH VALVE

(5)S.R.V : SLOW ROUGH VALVE

(6)M.V : MAIN VALVE

(7)N2 VENT VALVE

(8)C.P N2 IN VALVE

(9)C.P N2 OUT VALVE

(10)C.P PIRANI GAUGE

(11)CHAMBER PIRANI GAUGE

(12)CHAMBER COLD CATHODE
GAUGE

(13)ATM SWITCH 1

(14)ATM SWITCH 2

(15)SUB. MOTOR

(16)PIPE VENT VALVE

各種真空領域的代表性真空計與幫浦

10

領域	壓力範圍	流性	使用幫浦	使用
低真空	760~1	黏性流	迴轉幫浦 吸收幫浦	水銀壓力計 熱電偶真空計 Pirani真空計
中度宜空	$1 \sim 10^{-3}$	過渡領域	迴轉幫浦 吸收幫浦	熱電偶真空計 Pirani真空計 McLeod真空計
高宜空	$10^{-3} \sim 10^{-7}$	分子流	擴散幫浦 渦輪分子幫浦 離子幫浦 昇華幫浦 冷凝幫浦	離子真空計 Pening真空計
超高真空	10^{-7} 以下	分子流	渦輪分子幫浦 離子幫浦 昇華幫浦 冷凝幫浦	BA離子真空計

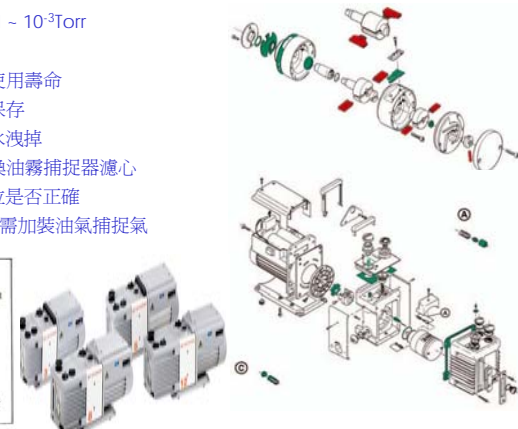
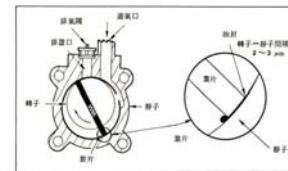
低真空幫浦

- 油迴轉式真空幫浦
Oil Rotary Vacuum pump
- 渦卷式真空幫浦
Scroll Vacuum Pump

高真空幫浦

- 油擴散式真空幫浦
Diffusion Oil Vacuum Pump
- 渦輪分子式真空幫浦
Turbo Molecule Pump
- 冷凍式真空幫浦
Cryo Vacuum Pump

- 壓力操作範圍：ATM ~ 10^{-3} Torr
- 保養注意事項：
 - 定時更換油可延長使用壽命
 - 不用時需更換新油保存
 - 定期打開洩油閥將水洩掉
 - 定期維修保養及更換油霧捕捉器濾心
 - 經常的檢視油的液位是否正確
 - 有油氣污染之問題，需加裝油氣捕捉氣

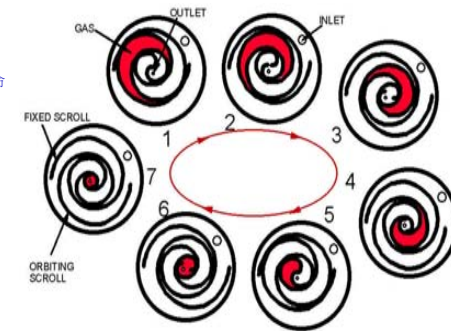


油迴轉式真空幫浦相片



渦卷式真空幫浦 Scroll Vacuum Pump

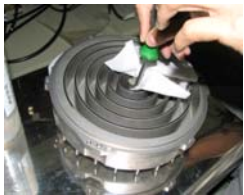
- 壓力操作範圍：ATM ~ 10⁻³Torr
- 保養注意事項：
 - a. 定期更換TAPESEAL可延長使用壽命
 - b. 需避免粉塵進入
 - c. 需注意停電時氣體會逆流回腔體
- 無油氣污染之問題



Movement of gas in a scroll mechanism

渦卷式真空幫浦相片

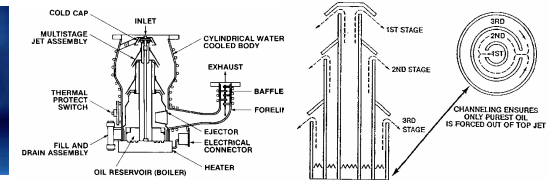
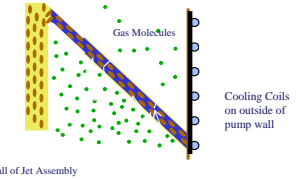
15



油擴散式真空幫浦 Diffusion Oil Vacuum Pump

16

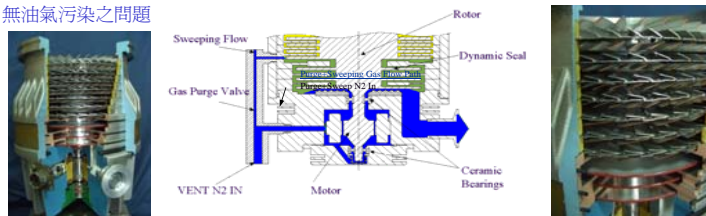
- 壓力操作範圍： $10^{-2} \sim 10^{-9}$ Torr
- 保養注意事項：
 - a. 定時更換油可確保真空度
 - b. 冷卻水的水質控管
 - c. 定期確認冷卻水流量
 - d. 定期維修保養
 - e. 經常的檢視油的液位是否正確
 - f. 預防氣體回流
- 有油氣污染之問題，需加裝Cold Trap以降低污染程度



渦輪分子式真空幫浦 Turbo Molecule Pump

17

- 壓力操作範圍： $10^{-2} \sim 10^{-10}$ Torr
- 保養注意事項：
 - a. 啟動壓力必須確保在 10^{-2} Torr以下
 - b. 注意防止粉塵的進入
 - c. 冷卻水的水質控管
 - d. 使用時需注意冷卻水流量及溫度
 - e. 預防氣體回流
 - f. 啟動後需注意是否有異聲
- 無油氣污染之問題



冷凍式真空幫浦 Cryo Vacuum Pump

18

- 壓力操作範圍： $10^{-2} \sim 10^{-10}$ Torr
- 保養注意事項：
 - a. 啟動壓力必須確保在 10^{-2} Torr以下
 - b. 定期更換活性炭
 - c. 冷卻水的水質控管
 - d. 需使用5N以上的氮氣
 - e. 經常的檢視氮氣的壓力是否正確
 - f. 預防氣體回流
- 無油氣污染之問題



常用的真空計

19

粗略真空及中度真空: 1000 to 10⁻³ Torr

- 電容式真空計
- 熱偶式真空計
- 派藍尼真空計

高真空及超高真空: 10⁻³ to 10⁻¹¹ Torr

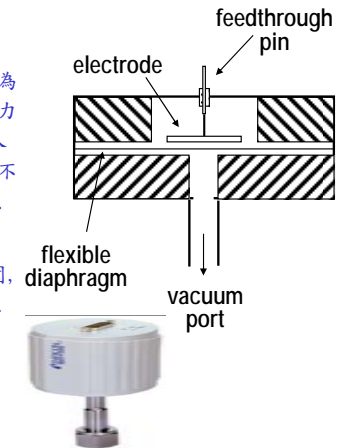
- 熱陰極式真空計
- 冷陰極式真空計

電容式真空計 (Capacitance Diaphragm Gauge)

20

原理:

- 再真空計內部放一隔膜分離成兩邊, 一邊為參考真空另依邊為待測壓力, 當兩邊壓力不同時, 中間隔膜就會偏折, 利用電極通入驅動載波, 而隔膜的偏折電容改變使電橋不平衡, 載波振幅的大小與待測壓力成正比.
- 分成: 絕對壓力式和相對壓力式
- 選購時需了解系統所要的真空量測值範圍, 量測範圍依據選購的真空值往下數4位數.
- 例如: 選購 1TORR的真空計,
量測範圍: 1~0.0001 Torr
電壓輸出: 10~0V



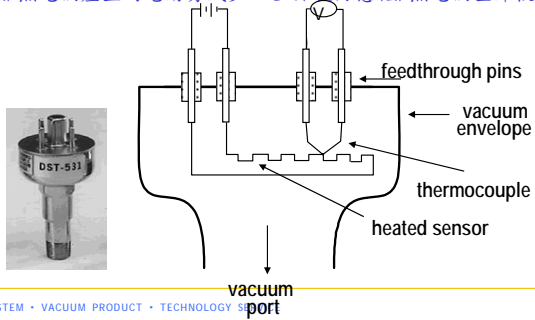
熱電偶真空計

1-10⁻³ Torr (Thermocouple Vacuum Gauge)

21

• 原理:

- 利用熱電偶測量發熱體在真空中的溫度變化所產生的電動勢造成熱電偶電路中電流流動, 經校正後以壓力顯示.
- 壓力愈高, 則氣體分子數目愈多, 帶走的熱量也愈多. 因此發熱體的溫度愈低, 熱電偶產生的電動勢減少. 反之, 壓力愈低, 熱電偶壓降較大.



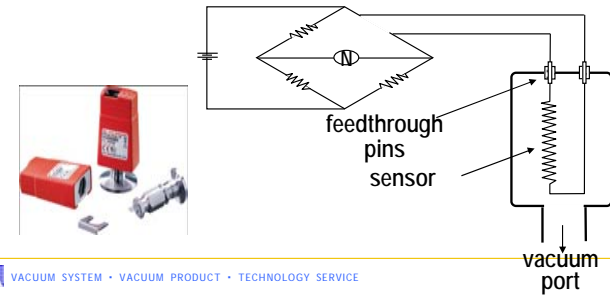
派藍尼真空計

1 ATM-10⁻³ Torr (Pirani Vacuum Gauge)

22

• 原理:

- 係利用一高電阻溫度係數的材料製成燈絲, 當作發熱體, 此燈絲的電阻會隨著壓力而變化, 將此燈絲連接至惠斯登電橋的一支, 當壓力變化時燈絲的溫度隨之變化, 結果其電阻變化使電橋的電流不平衡, 直接從電流計去校正成壓力讀值, 而可得到測定的壓力值.

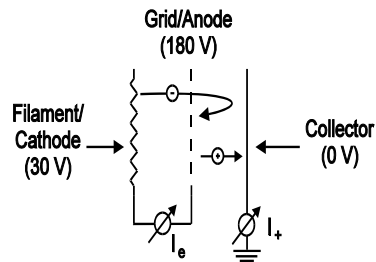


離子真空計 (Hot Ionization Gauge)

23

• 原理:

- 利用燈絲加熱板射出電子, 將燈絲設為陰極, 而陽極製成柵極(Grid)形狀, 則電子從陰極放射出被吸往陽極, 被加速後的電子碰撞氣體分子而離子化.
- 正離子被集極(Collector)收集, 其所造成之電流大小與分子數目多少, 即系統壓力成比例關係, 由電流之量測以校正為壓力的指示值.

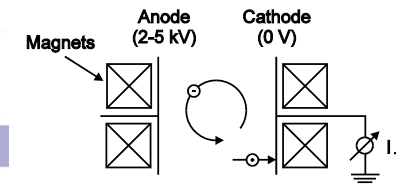


冷陰極離子真空計 $10^{-2} \sim 10^{-7}$ Torr (Cold Cathode Ionization Vacuum Gauge) or (Pinning Gauge)

24

• 原理:

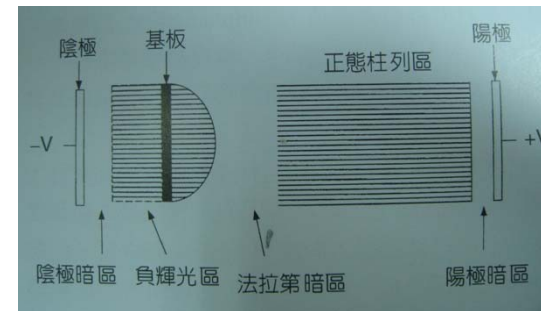
- 於陰陽兩極間加以高電壓 (約1,000 ~ 3,000伏特)使陰極發射電子, 電子在永久磁鐵的強磁場下, 作螺旋狀運動而增加與氣體分子碰撞之機會, 氣體分子被電子碰撞而游離, 產生的正離子被吸往陰極, 測定此離子電流經校正後, 轉換為壓力讀值.



何謂電漿

- 氣體分子因光、放射線、電子等具有能量的粒子衝撞而激發、離子化(電子衝撞所致氣體激發及離子化的現象稱為放電)，因放電而激發及離子化的氣體 (ionized gas) 中，有中性分子、原子、各種離子、電子，此為「電漿狀態」。像這樣「氣體被離子化後所產生的物質狀態」與傳統的物質三態（即固、液、氣態）明顯不同，被科學家稱為物質的第四態

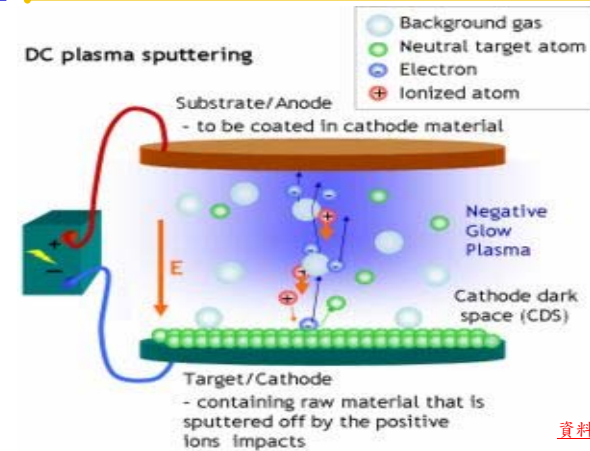
輝光放電



電漿濺鍍(Plasma Sputtering) 27

- 電漿濺鍍(Plasma Sputtering)是物理氣相沉積(PVD)中的一項重要技術,1852年Grove發現濺鍍沉積方法後,這個方法就一直被不斷的使用及改進,一直延續到今天。
- 電漿電鍍(Plasma Sputtering)主要的原理,是在一個真空腔體內通入氬氣(Argon),施加大電壓,氬氣將發生弧光放電(arc)而變成電漿狀態。電漿中的氬氣離子(Ar+)會以高速衝向陰極,然後將陰極的鈹材原子撞出,鈹材原子因為氬離子撞擊,飛向正極的基板,然後在基板上,濺鍍出一層鈹材材料的膜層,不同於熱能的蒸發方法,電漿狀態的氬離子衝撞及濺鍍鈹材材料是主要的機制。
- 因為氬離子相對於鈹材原子的顆粒,也是一個重量很重的粒子,高速的衝擊,將可使得鈹材粒子獲得充分的動能,鈹材粒子也高速衝向基板,並且大力的嵌入基板中,因此有很好的膜層附著力。它的膜質密度甚至比蒸鍍還好。

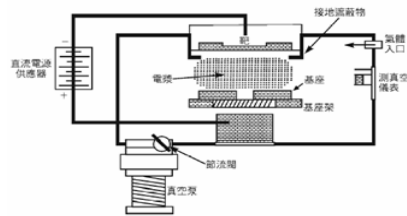
電漿濺鍍(Plasma Sputtering) 28



資料來源:網路

直流DC濺鍍

將鍍膜鈹材當成陰極，
被鍍物基板當成正極。
將腔體抽到真空度10-3Pa
加入氬氣氣體，施加高電壓
就會形成電漿狀態。
電漿中帶正電的離子
將被加速射向陰極，
撞擊鈹材後，濺出鈹材原子飛向基板。因為
DC濺鍍使用鈹材當成陰極，所以鈹材必需是
金屬物質，它無法濺鍍氧化物的介質膜材
料。

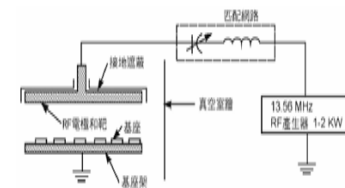


用於導電性濺鍍的靶
鍍率較RF sputter快

資料來源:網路

射頻RF濺鍍

在DC濺鍍中，因為正電荷會累積在陰極(鈹材)
附近，造成鈹材原子飛向基板的屏障，因此需
要施加高電壓，幫助鈹材原子衝破這些屏
障。但是施加高電壓又容易引起電弧放電
(arc)，或者高電壓也容易傷害鈹材及生成膜的
表面。1955年，發明了交換式電流，以
13.56MHz的頻率，不斷的更換電流的正負極
電壓(就是交流電，因為腔體陰極部位，會瞬間
改變成正極(同理，陰極也會改變成正極)。電
荷不會累積在鈹材附近。因此就沒有屏障需
要衝破，也就因此不需要高電壓。而濺鍍工
作可以在較低電壓的狀況下，持續的工作。

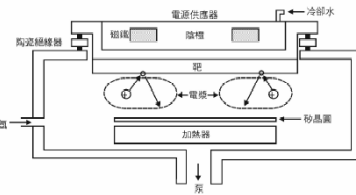


用於介電質濺鍍的靶
鍍率較DC sputter慢

資料來源:網路

磁控濺鍍(Magnetron Sputtering)

在系統內多增加一個磁場,電子因為磁力線的影響,而螺旋性的前進。這樣可以大幅的增加氬氣氣體的離子密度以及碰撞機會。離子密度將會增加,因此,鍍率可以大幅度的提高。同時這樣的系統,同時也可以用在DC,RF,雙陰極濺鍍中。磁控濺鍍系統的溫度可以不用太高,同時可以用在連續生產線中。



資料來源:網路

電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

優點

- 1.面對面濺鍍控制成膜
- 2.聚焦式濺鍍控制成膜
- 3.濺鍍角度調節
- 4.濺鍍距離自由調整
- 5.濺鍍速率穩定
- 6.反應式濺鍍
- 7.低溫式濺鍍成膜
- 8.低速率濺鍍
- 9.低溫成膜
- 10.更換靶材容易
- 11.耗材費用便宜
- 12.維修保養容易
- 13.全自動排氣控制
- 14.設備體積小



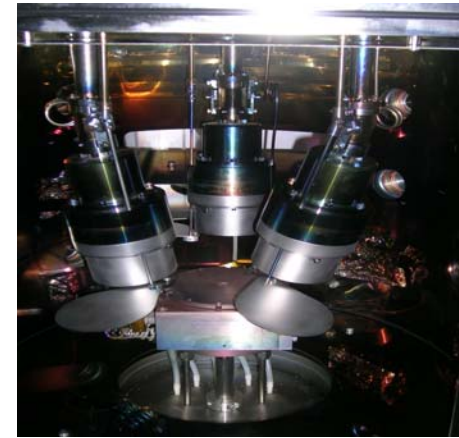
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

33



電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

34



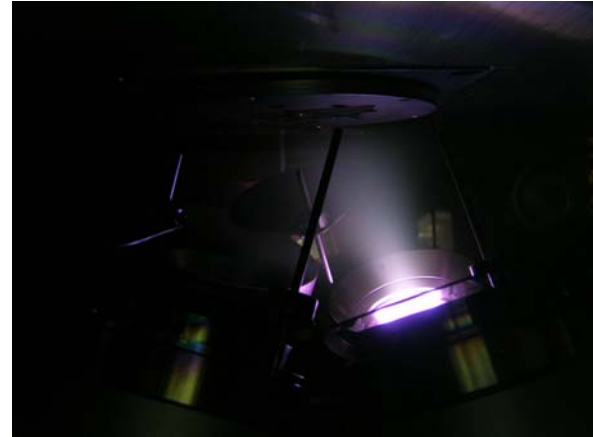
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

35



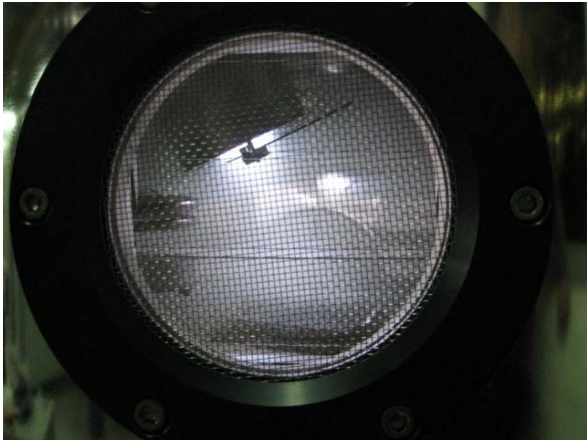
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

36



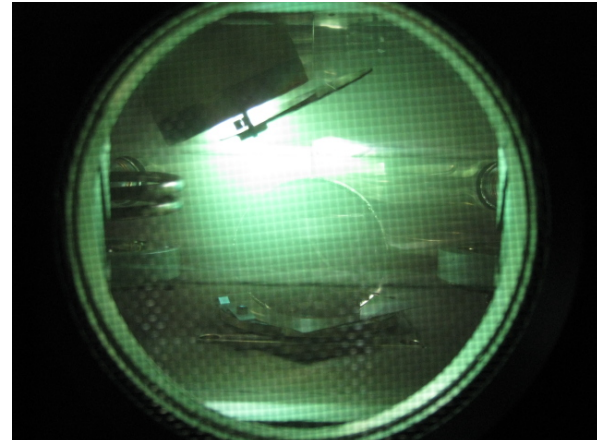
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

37



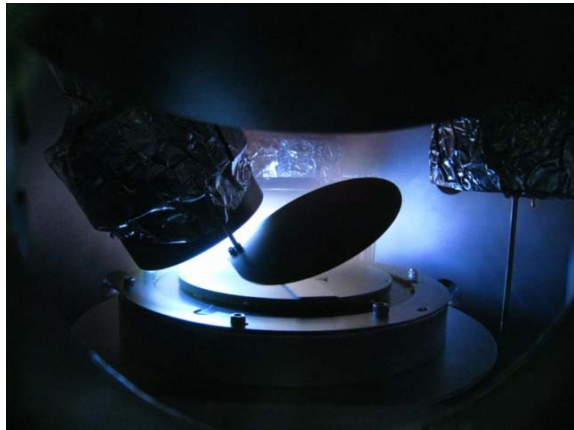
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

38



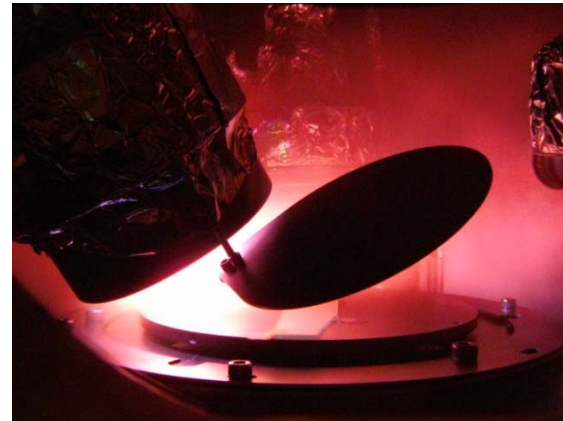
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

39



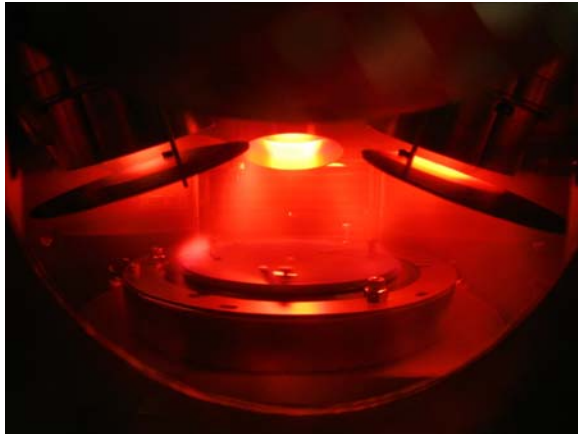
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

40



電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

41



電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

42



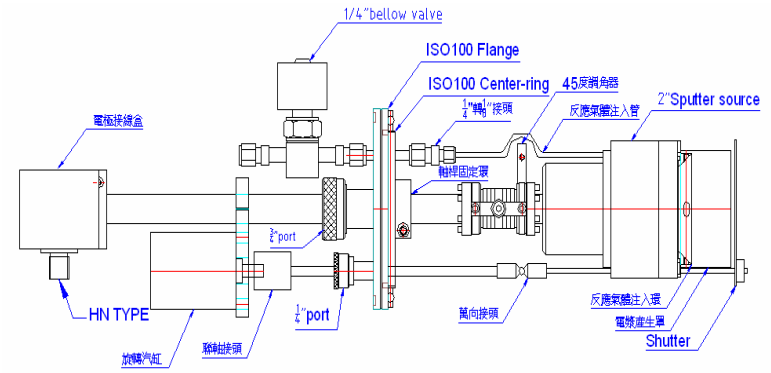
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

43



電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

44



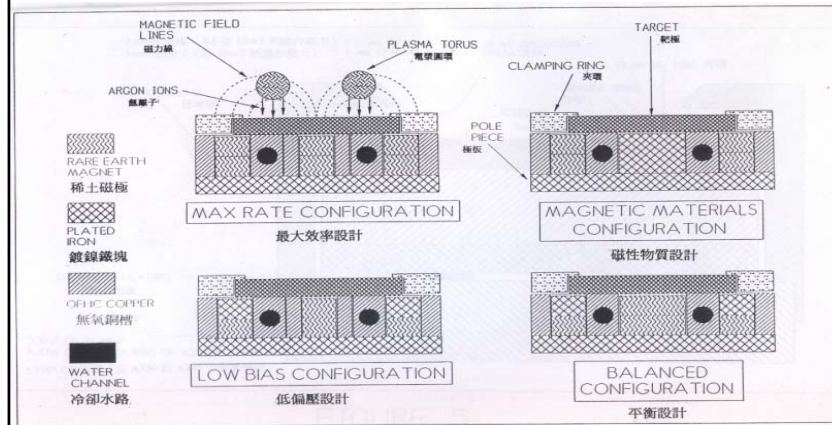
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

45



電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

46



電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

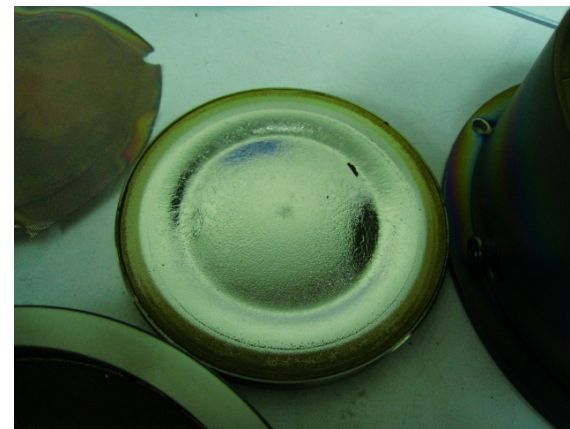
47

無法產生電漿

- SOURCE 短路
- 靶材毒化
- 靶材問題
- 真空度

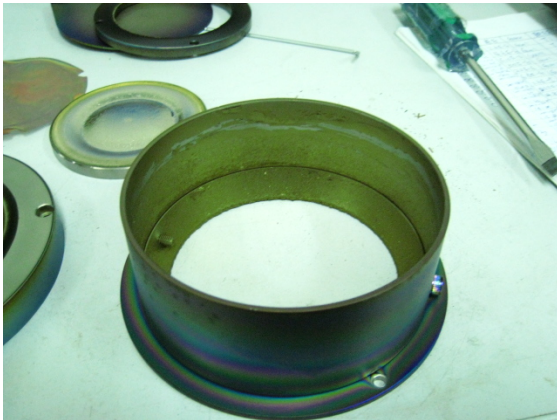
電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

48



電漿濺鍍(Plasma Sputtering)

49



電漿清洗(Plasma Clean)

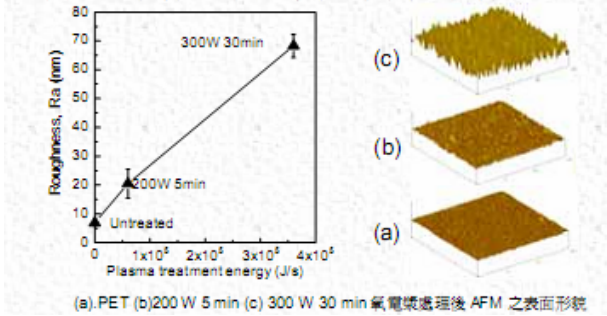
50



電漿清洗(Plasma Clean)

51

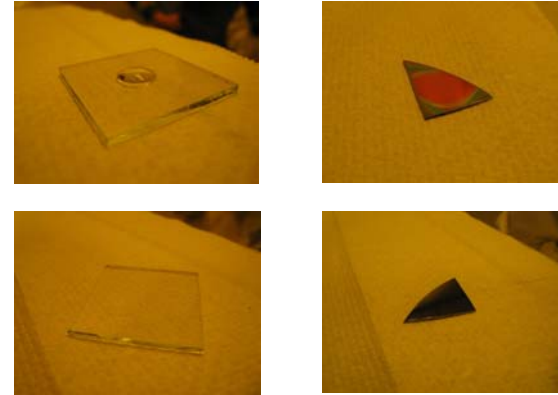
■ 高分子基材氧以電漿改質後表面粗糙度之分析



資料來源:網路

電漿清洗(Plasma Clean)

52



熱蒸鍍 Thermo Evaporation

53

熱蒸鍍技術原則上利用高溫來熔融靶材,由固態直接昇華到氣態。氣態的靶材原子或分子,因加溫而被加速通過真空腔體,在基板上凝結沉積成薄膜。在這個過程中,真空是一個很重要的因素。若是腔體中充滿了空氣分子,將會使靶材原子在行進時,被氣體分子不斷的碰撞,會撞離該行進的方向。如此,大多數的靶材原子將無法到達基板的表面,也就沒辦法生成薄膜了。

熱蒸鍍 Thermo Evaporation

54

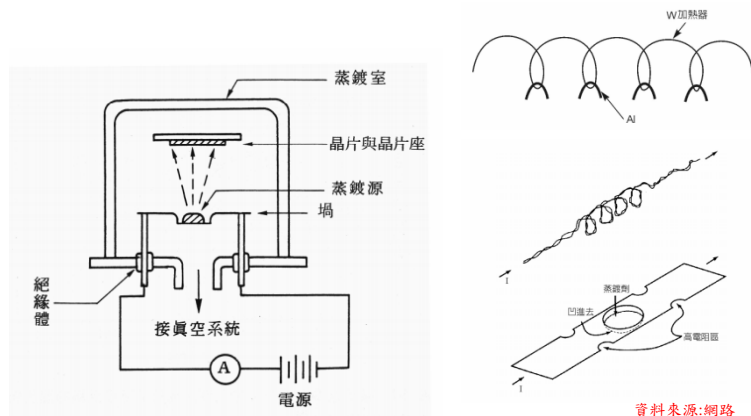
- 熱阻式加熱法: 利用大電流通過一個連接著靶材材料的電阻器,將產生非常高的溫度,利用這個高溫來昇華靶材材料。鍍膜機的製造者通常使用鎢(W $T_m=3380^{\circ}\text{C}$), 鈹(Ta $T_m=2980^{\circ}\text{C}$), 鉬(Mo $T_m=2630^{\circ}\text{C}$), 高熔點但是又能產生高熱的金屬,做成電阻器。

電阻器可以依被鍍物工件形狀,擺放方式,位置,腔體大小,旋轉方式,而作成不同的形狀。鍍膜主要的考量因素,是讓靶材的蒸發分布均勻,能讓工件上面的沉積薄膜厚度均勻,鍍膜成品才能得到一致的光學功能。細絲狀的金屬靶材(Al, Ag, Au, Cr...)是最早被熱蒸鍍使用的靶材形式,後來則依不同需要,發展出舟狀,籃狀等各種形狀的電阻器。



熱蒸鍍 Thermo Evaporation

55



資料來源:網路

熱蒸鍍 Thermo Evaporation

56



熱蒸鍍 Thermo Evaporation

57



熱蒸鍍 Thermo Evaporation

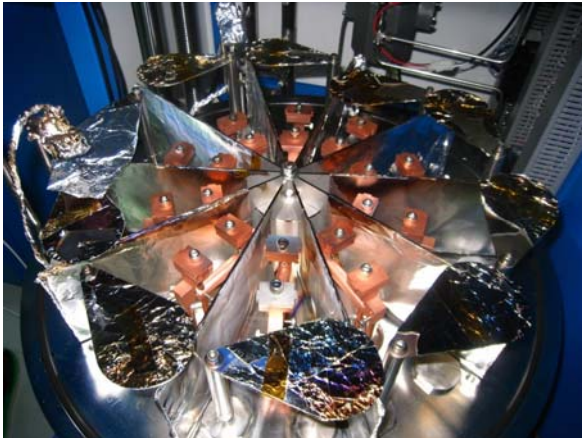
58





熱蒸鍍 Thermo Evaporation

61



熱蒸鍍 Thermo Evaporation

62





Open
Discussion
&
Thank You !