

### 第三章 實驗及分析設備

#### 3-1 雙離子槍濺鍍系統

本論文使用雙離子槍濺鍍系統製作樣品，如圖 3-1 所示，系統主要分成製備薄膜的主腔體(Main chamber)及裝料腔(Loading chamber)兩個部分，主腔體中有濺鍍槍(deposition gun)以及輔助槍(assistance gun)，濺鍍槍能將 Ar 離子化並轟擊靶材表面以製備薄膜樣品，輔助槍則能提供 Ar、N、O 的離子源，用來改善薄膜樣品的性質。靶材座能同時裝載四個靶材(4 吋或 5 吋)進行多層膜的結構堆疊，而樣品座(sample holder)則能自轉來提高薄膜均勻度，並且能將基板加熱至 500°C 做升溫製程，並且在樣品座前方有一個石英震盪片能做樣品厚度的即時監控。

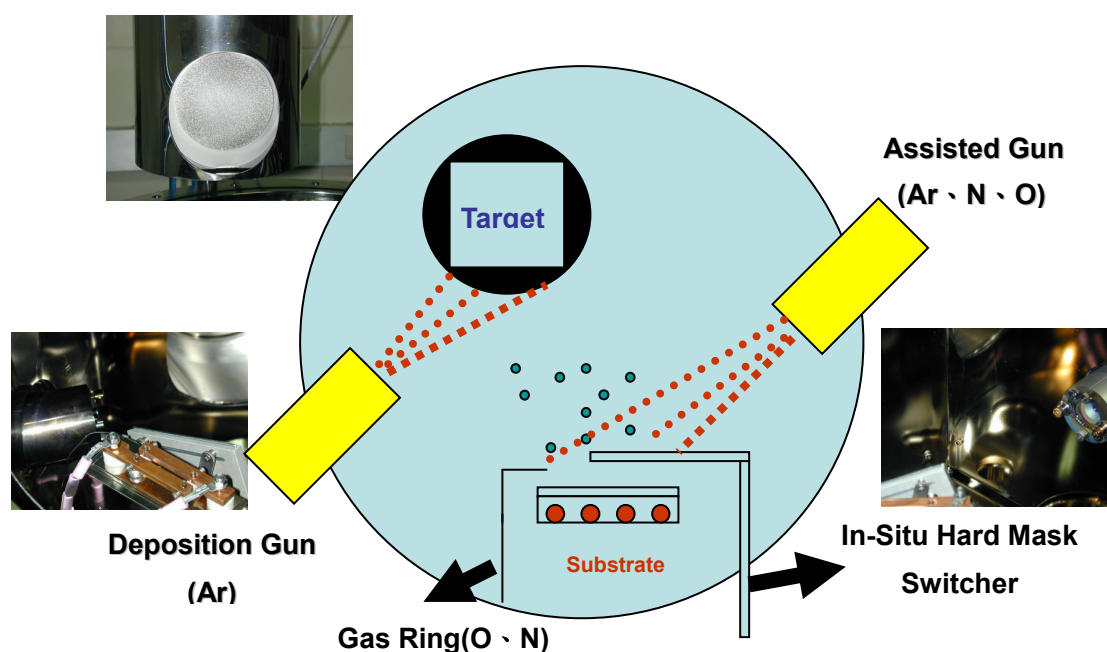


圖 3-1 雙離子槍濺鍍系統示意圖

由於離子槍激發離子入射靶材的能量比其他製程系統高，能降低製程溫度是一大優點，所以本實驗力求在室溫下製備出結構優良的氧化鋅薄膜，避免高溫製程帶來的擴散問題影響氧化鋅性質的結果。鍍膜是使用反應式濺鍍的方法，如圖 3-2 所示，在純度 99.995% 的四吋純鋅靶上貼鈷片做為摻雜的來源，並在工作時通入氧氣使鋅及鈷原子做氧化。嘗試使用不同的基板和調整電源供應器的能量來控制鍍膜速率以及調變工作氧流量等製程參數。

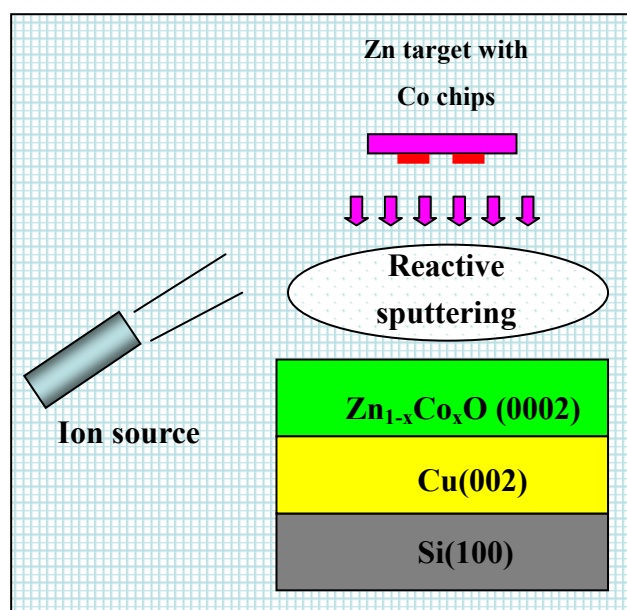


圖 3-2 反應式濺鍍製備氧化鋅薄膜示意圖

### 3-2 樣品振盪磁測計(Vibrating Sample Magnetometer, VSM)

量測原理是根據法拉第定律，由磁通量變化產生的電動勢作為偵測樣品磁化量的訊號，樣品座為石英玻璃棒，依設計不同可量測垂直膜面、水平膜面及轉角度的功能，樣品座上端有一個標準試片(磁化量為已知)，而下方則黏貼待測樣品，量測時兩者以相同頻率做振動，標準試片及待測樣品可視為兩個小磁鐵並且因振動導致兩者在測試線圈(detect coils)以及參考線圈(reference coils)貢獻出磁通變化量，磁通變化量的大小與磁化量成正比，訊號經由電動勢輸出並與標準樣品的比值可得知待測樣品的磁化量大小，示意圖如圖 3-3。VSM 有升降溫系統，能在 $-150^{\circ}\text{C}$ ~ $300^{\circ}\text{C}$ 之間做不同溫度的磁滯曲線，並且可偵測到  $5 \times 10^{-5} \text{erg/Oe}$  的訊號，最大的磁場可加至 2Tesla。

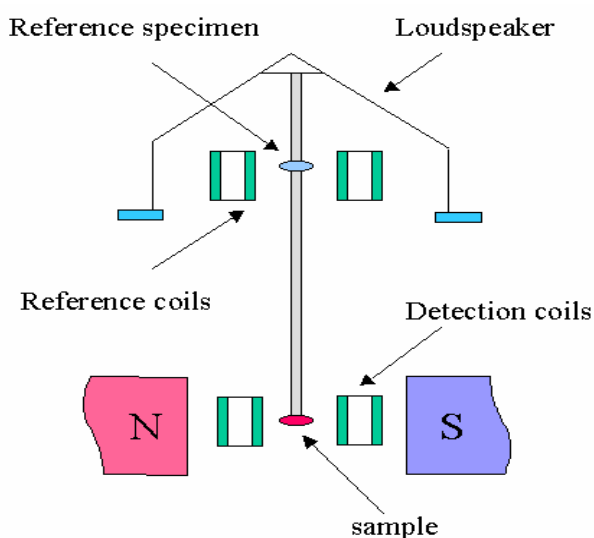


圖 3-3 樣品震盪磁測試儀設備圖

### 3-3 X 光繞射儀(X-ray diffractometer, XRD)

利用 X 光的繞射現象做結構分析，以單波長 X 光入射樣品表面，部分 X 光被吸收以熱能的方式散出；大部分 X 光則符合反射定律在入射線的另一端沿著相同入射角大小的方向反射出。在特定的散射角由於入射 X 光與材料的結晶平面符合布拉格定律(Bragg's law) 也就是光程差為波長的整數倍( $2d \sin \theta = n\lambda$ )時會產生建設性干涉，但是要得到繞射峰除了必須符合布拉格定律的充要條件之外，還要滿足結構因子不為零的必要條件才能得到繞射峰值。

如圖 3-4 所示，掃描時，入射光源以每秒  $\Theta$  角的速度轉動，而記數器則同步以  $2\Theta$  的速度跟著轉動，由於不同的結晶平面有各自對應的繞射角度，所以此種掃描方式對於多晶(poly-crystalline)的樣品可以觀察到多個繞射峰值，然而對於單晶的樣品則只能觀察到同一個平面族產生的繞射峰，然而不管樣品的晶體結構為何，此種掃描方式只能得到結晶面平行於樣品表面的繞射峰。



### 3-4 原子力探針顯微鏡(Atomic Force Microscope, AFM)

機器的操作方法可分為三種模式:接觸式(contact mode)、輕敲式(tapping mode)以及非接觸式(non-contact mode),而探針又可依照材料不同做各種力行為表現的表面分析,如探針表面塗覆鐵磁薄膜可做磁力影像分析、較硬的鑽石探針可做摩擦力影像分析。本實驗利用輕敲式 AFM 分析薄膜厚度做為校正鍍膜速率的依據,並且利用磁性探針分析樣品表面的磁力影像。

AFM 的操作原理是固定在懸臂樑(cantilever)上的探針與樣品表面原子之間的交互作用力,偵測力量的變化做為訊號來源,在懸臂樑旁有一個壓電陶瓷能讓探針做三度空間的移動,並使探針得以固定高度並在樣品表面做定區域的掃描。由於樣品高度軸相上的變化會造成探針與樣品表面原子之間有不同大小的交互作用力,掃描時紀錄此訊號,並經由轉換後可得樣品表面的高度影像,如圖 3-5 所示。

非接觸式 AFM 的探針不與樣品表面接觸,不損害樣品表面是其優點,然而訊號來源屬於超距力所以解析度是三種模式中最差的;接觸式 AFM 的探針會與樣品表面接觸,破壞樣品表面是其缺點,然而直接接觸造成探針與樣品的排斥力,所以對力量及高度的變化非常敏銳,是三種模式中解析度最佳且比較容易得到原子級影像。綜合以上兩種模式的優缺點發展出輕敲式的 AFM,此模式是使探針盡量靠近

樣品表面，並利用探針的振幅使探針向下振動時可接觸樣品表面。

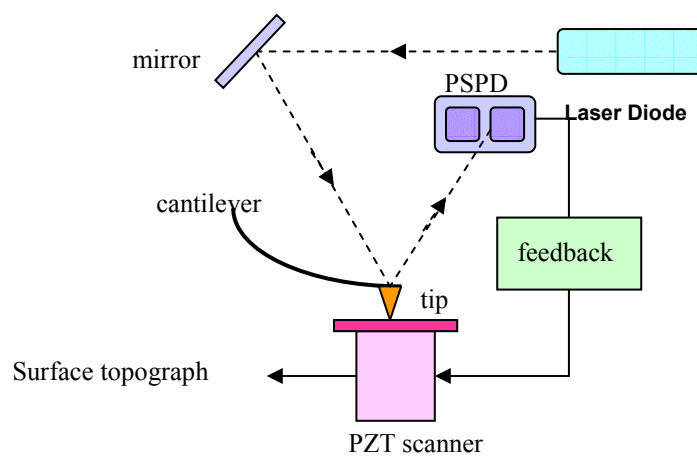


圖 3-5 原子力顯微鏡掃瞄示意圖



### 3-5 超導量子干涉儀(SQUID)

超導量子干涉儀(Superconducting Quantum Interference Device, SQUID)分為直流(dc SQUID)(圖 3-6)以及高頻(rf SQUID)(圖 3-7)兩種，原理的設計都相同，是利用經過環內磁通量總合是外加磁通量  $\Phi_e$  以及在環上流動的超導電流產生的磁通量  $\Phi_s$  之和  $\Phi = \Phi_e + \Phi_s$ ，由於外加磁通量是非量子化的而總通量必須維持量子化的值，所以必須適當地調整超導電流來維持。

可以發現高頻式只需要一個約瑟芬結，而直流式有兩個，所以直流式排除雜訊會比高頻來的好，基本上電子電路的設計都相同，兩者的差異只在偵測元件的部分，一般 SQUID 的量測精度可以達到  $1 \times 10^{-8} \text{emu}$ 。

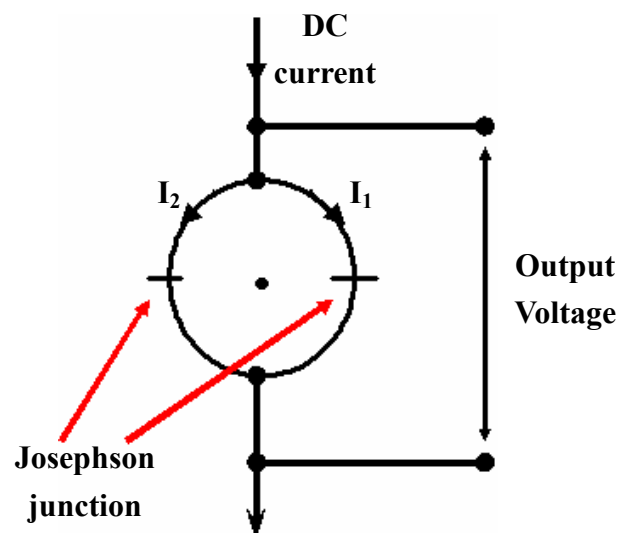


圖 3-6 直流超導量子干涉儀示意圖



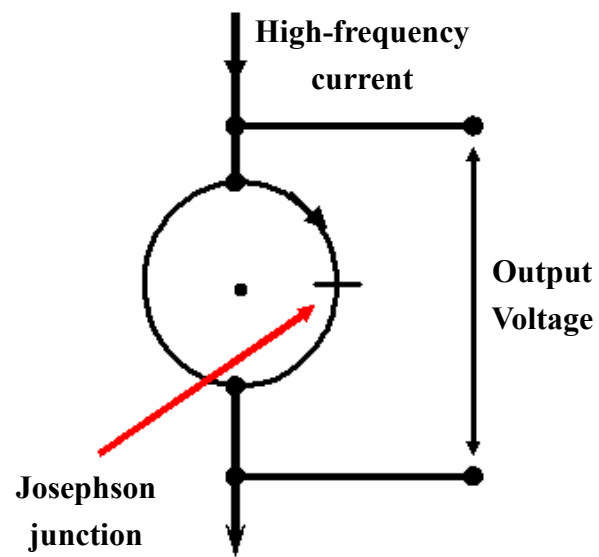


圖 3-7 高頻超導量子干涉儀示意圖

