

## 第二章 實驗細節



### 2.1. 矽晶片六角形凹槽薄膜的製作

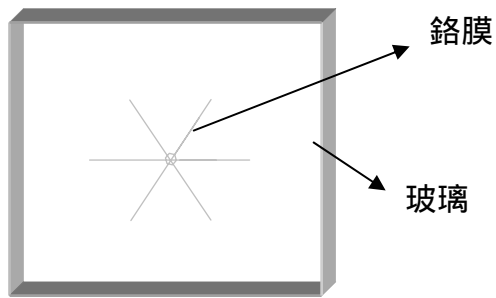
我們利用微影蝕刻技術製作磁性流體薄膜所需的六角形凹槽基座，下面將逐步說明薄膜的製作過程，並輔以圖 2-1 加以說明。

首先，使用掃描式電子束顯微鏡來進行光罩的製作。將 SU8 光阻旋轉塗佈 (Spinning coating) 在鍍有鉻膜的玻璃上，再放入烘箱烘乾。接著用掃描式電子束顯微鏡蝕刻，經過顯影及清洗後，得到我們要的光罩模型，如圖 2-1(a)。

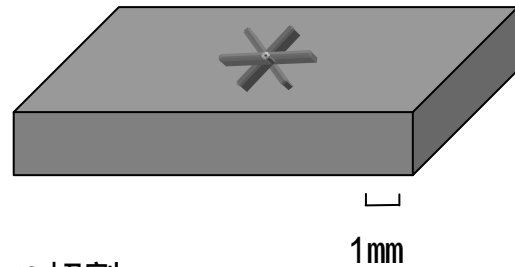
取一乾淨的矽晶片，在上面塗佈 AZ5214 光阻，如圖 2-1(b)，並且放入烘箱烘乾。接著，使用光罩對準機，進行曝光，如圖 2-1(c)。顯影後，再利用電感耦合式反應離子蝕刻系統(ICP-RIE) 蝕刻矽晶片，如圖 2-1(d)。最後，將光阻用丙酮將光阻去除，繼而用晶圓切割機切下我們要的模型大小，便完成我們要的薄膜基座，如圖 2-1(e)。圖 2-2 展示使用 3-D 表面分析儀(Zygo, new view 5020)測量薄膜基座的圖形及大小。

值得注意的是凹槽底部及邊界的平整度，直接影響磁性流體的有序結構的形成。所以，在製作凹槽基座的品質上，要求很高。由圖 2-2(b)可知，矽晶片上之凹槽的邊界非常陡峭。

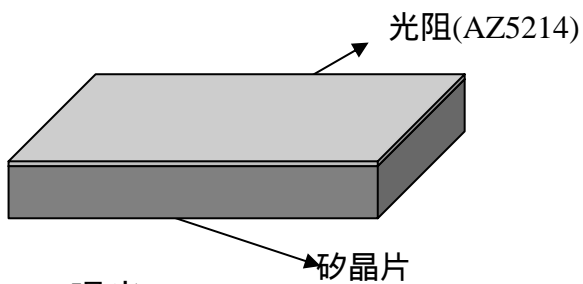
(a)光罩圖 (Top View)



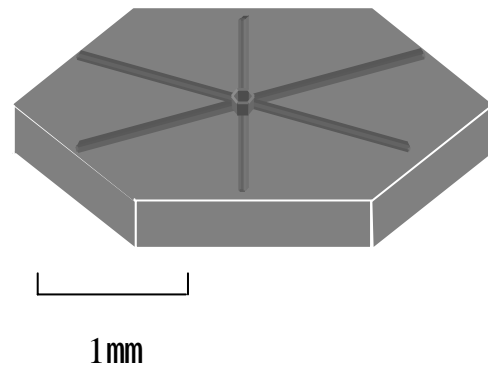
(e)完成品



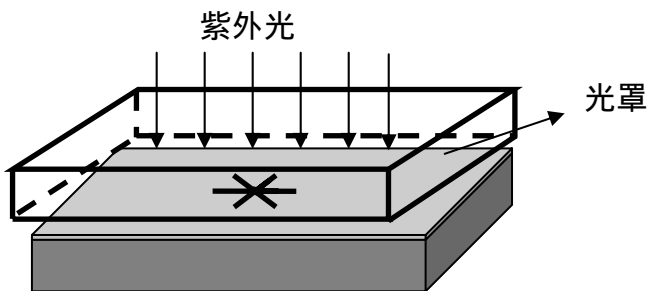
(b)塗佈光阻



(f)切割



(c)曝光



(d)蝕刻

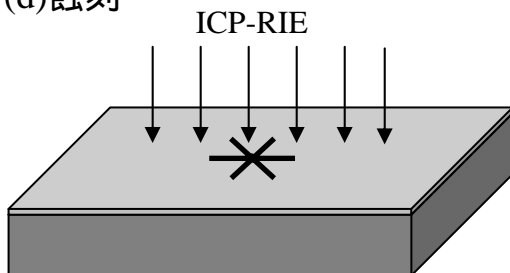
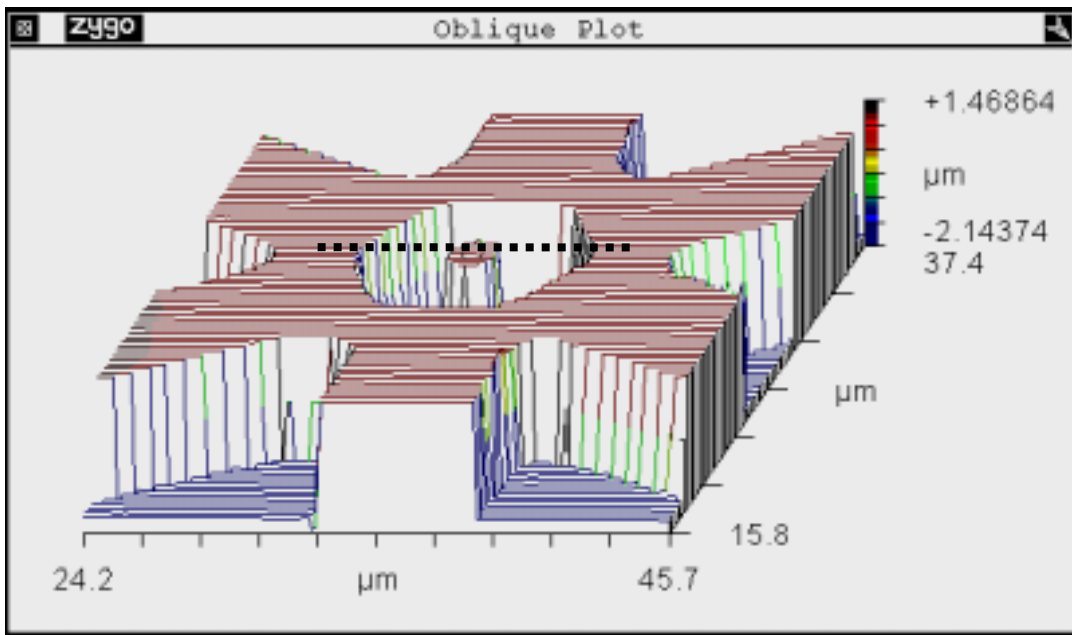


圖 2-1. 矽晶圓片薄膜製作流程圖。(a)製作光罩；(b)矽晶圓塗佈光阻；(c)紫外線曝光；(d)利用 ICP-RIE 蝕刻；(e)完成蝕刻；(f)切割後的磁性流體薄膜基座。

(a)



(b)

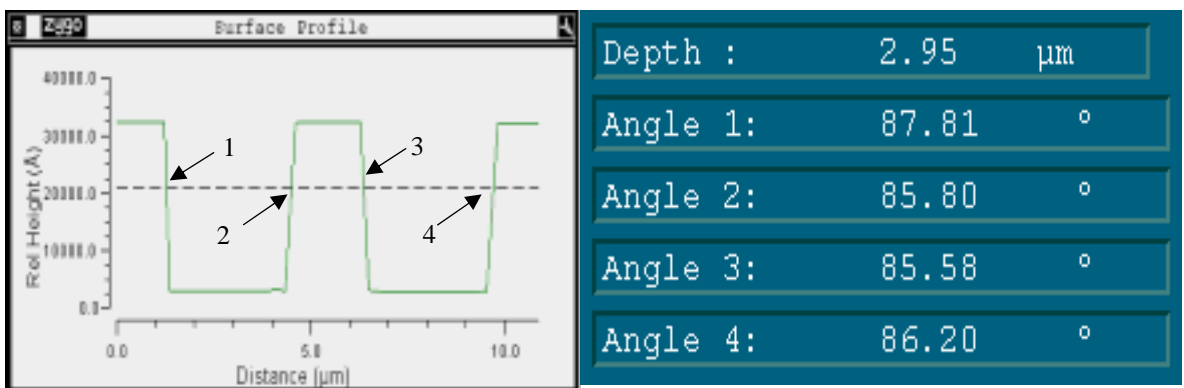


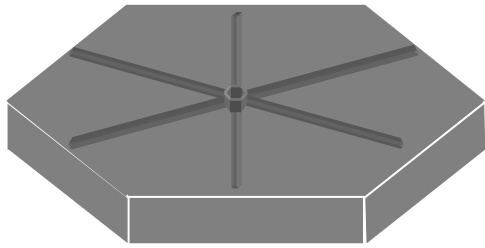
圖 2-2. 矽晶片六角形凹槽基座(含點缺陷)之(a)三維圖像及(b)橫切面圖。

## 2.2 磁性流體薄膜樣品的製備

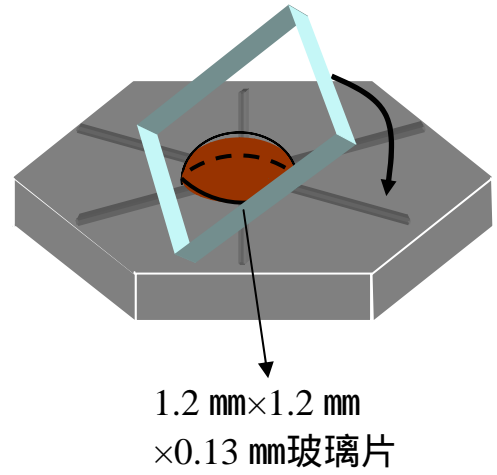
在封裝磁性流體之前，必須先清洗凹槽基座，共分為四個步驟。第一步，將基座放入丙酮溶液中，利用超音波震盪器清洗。第二步，換入鹽酸溶液中，同樣震盪清洗。第三步，換去離子水清洗。第四步，再換到丙酮溶液中，利用超音波震盪器清洗乾淨。最後，拿出基座，利用氮氣吹乾，利用光學顯微鏡觀察表面是否乾淨，若不乾淨，重覆以上四個步驟，直到乾淨為止。薄膜基座的清潔與否，會影響我們封裝磁性流體的品質，進而影響磁束結構的形成的有序度。

將清洗乾淨的薄膜基座放置平穩的桌子上，取極少量的磁性流體滴在薄膜上，如圖 2-3(b)。接著用面積  $1.2\text{ mm}\times 1.2\text{ mm}$  大小，厚度  $0.13\text{ mm}$  的乾淨且平整玻璃，覆蓋其上，如圖 2-3(c)。為使實驗時磁性流體的濃度維持不變，我們在玻璃和薄膜接合處，塗上 AB 膠，如圖 2-3(d)。待膠乾了之後，即完成磁性流體薄膜之封裝。

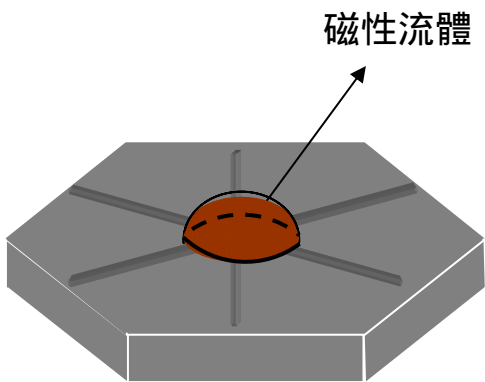
(a)清洗乾淨的薄膜座基



(c)蓋上玻璃片



(b)滴上少量磁性流體



(d)以 AB 膠封裝

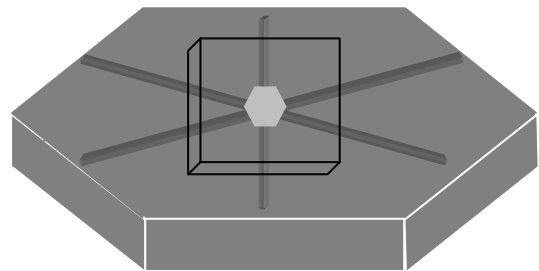
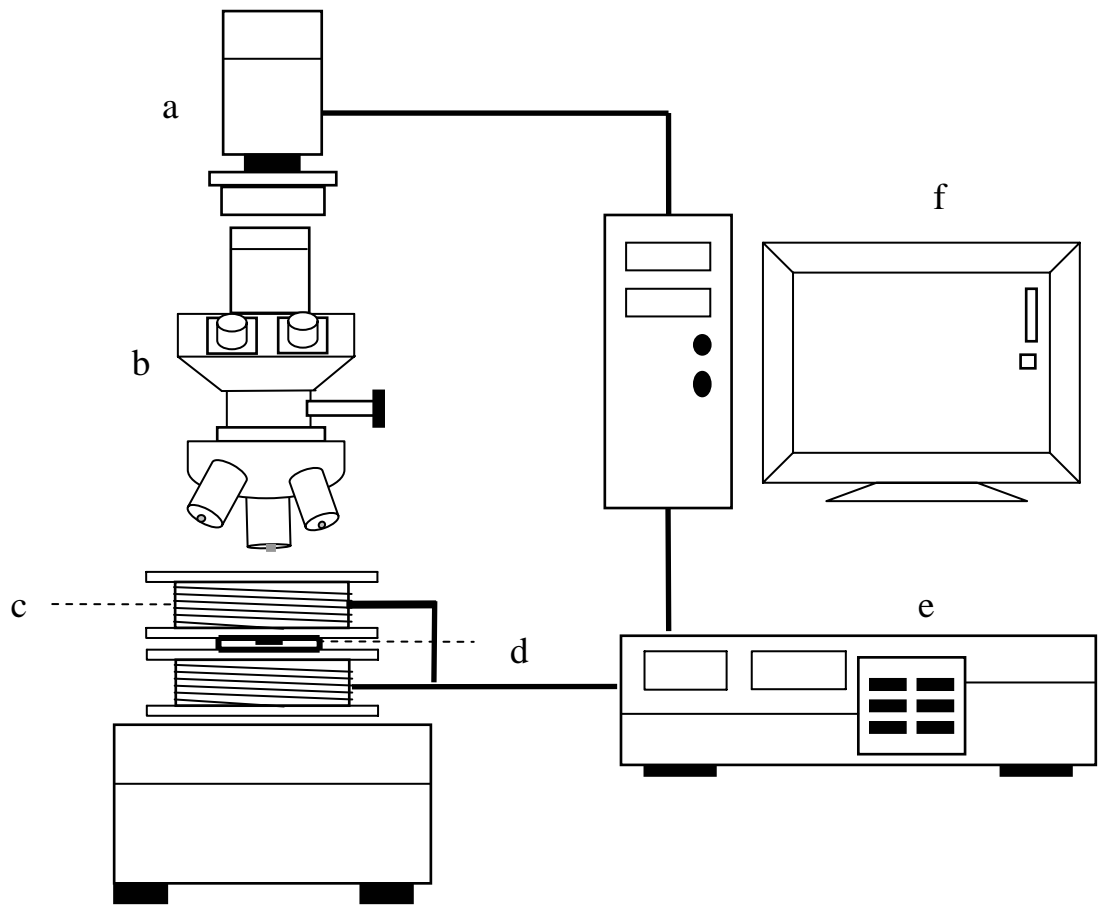


圖 2-3. 封裝磁性流體的流程圖示。

## 2.3 磁性流體薄膜中有序結構之觀察

磁性流體在外在磁場下的有序結構觀察實驗中。我們使用 Helmholtz Coil 以提供一外加垂直均勻磁場，實驗設置如圖 2-4。線圈的電流由 KIETHLEY 228 電流源(Voltage/Current Source)所提供，並且經由電腦控制。

將磁性流體薄膜放置於線圈中間，利用 OLYMPUS BH2-UMA 光學顯微鏡再經由 CCD(Charge coupled device video camera)攝影照相機將影像輸出至電腦，進行影像數據之分析。



a: CCD 攝影照相機

e: 電流源

b: 光學顯微鏡

f: 個人電腦

c: 螺線管

d: 磁性流體薄膜

圖 2-4. 磁性流體薄膜之有序結構實驗設置圖。

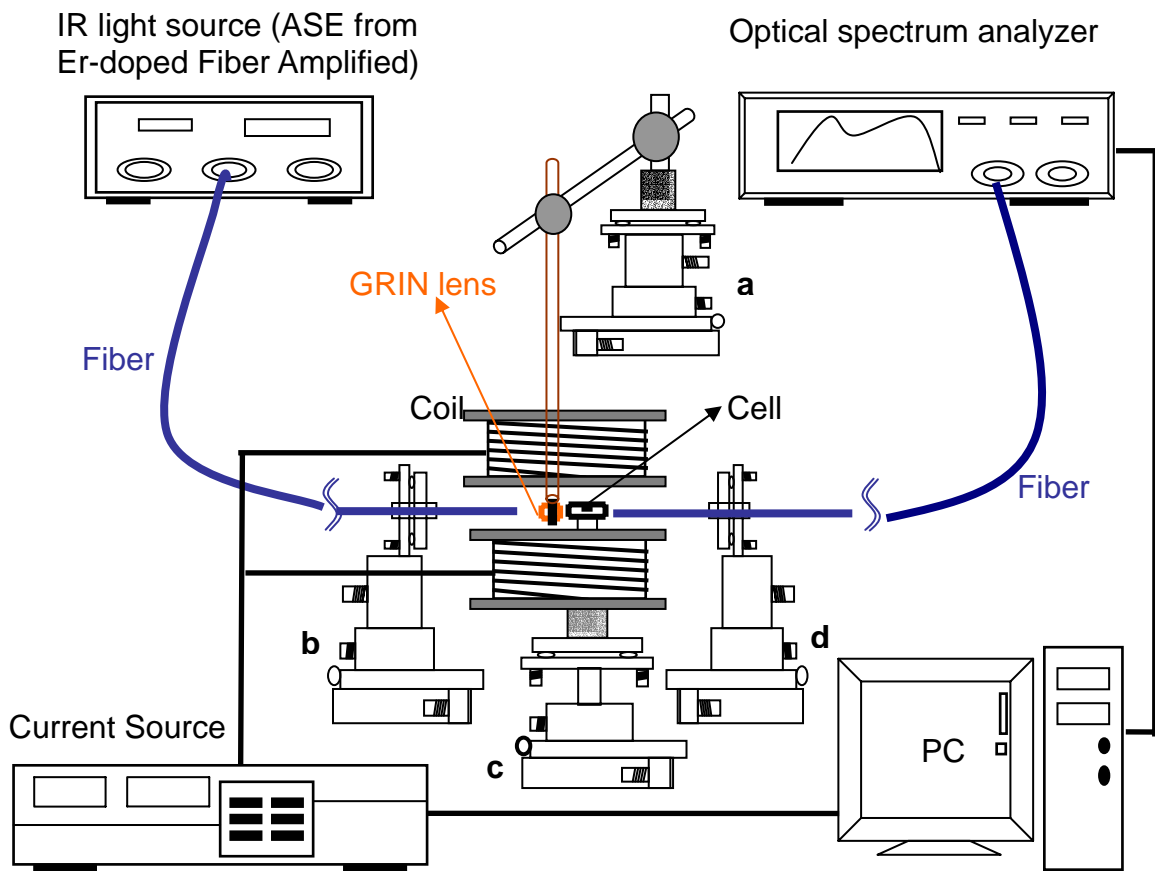
## 2.4 穿透光譜量測系統之架設

本實驗,我們使用能發出波長由 1520 nm 到 1580 nm 的 ASE (Amplified spontaneous emission) Light Source 當作光源,將光導入單模光纖。利用固定光纖器具(Fiber holder)將光纖固定在我們的精密平移台上,如圖 2-5 的示意圖。a、b、c、d 為精密平移台,其中 a 為控制 GRIN lens 的精密調整裝置,包括了 x / y / z / 方向的精密平移及旋轉裝置、水平/傾斜(tilt)角精密調制裝置; b 及 d 分別為調制及固定入射端光纖和接收端光纖位置及光軸的精密平移台,包括 x / y / z / 方向的精密平移及旋轉裝置、水平/傾斜(tilt)角精密調制裝置; c 為放置磁性流體薄膜的調整裝置,包括 x / y / 方向的精密平移及旋轉裝置、水平/傾斜(tilt)角精密調制裝置。所有精密裝置均架設在防震光學桌(Optical Tables with Vibration Isolation System)上。

由於將光線打入我們的磁性流體薄膜並從另一端接收穿透光訊號,必須高精準微調機制操作,所以在放置薄膜處及固定接收訊號端光纖的部分,同樣架設精密平移台機構。再由接收光訊號端的光纖再連接到我們的光譜分析儀(Optical Spectrum Analyzer),並由電腦擷取到我們所要的光譜強度資料來作分析。

為了在磁性流體薄膜上外加垂直磁場,我們使用線圈(Helmholtz Coil),並且利用電源供應器(Current Source)供應電流,當作外加均勻磁場之用。當磁性流體薄膜置於均勻垂直磁場中,磁性流體薄膜中的磁性粒子將沿著磁場方向聚集成圓柱狀的磁束,排列成有序結構。





a、b、c、d：精密平移台，包括 x / y / z / 方向的精密平移及旋轉裝置、水平/傾斜(tilt)角精密調制裝置。

圖 2-5. 光子晶體穿透光譜量測系統示意圖。

當封裝好磁性流體薄膜後，就可以放入我們架設好的光學量測機構，進行對光的動作。由圖 2-6 可以清楚說明實驗中光纖對光的流程圖。首先，進行光纖對光纖的對光動作，我們利用光強度計(Power sensor)量測強度，調整各個精密軸向機制，讓光強度調整至最強時，表示光入射的光軸軸向已對好，即入射光有打入接收的另一端光纖；接著，將 GRIN LENS 調入光軸內，如圖 2-6 (A) 之步驟，同樣調制 GRIN LENS 的精密平移裝置，直到入射光完全打入接收端的光纖。最後擺入我們的樣品，調整至光軸最佳化(光強度最強)，如圖 2-6 (B)之步驟，使紅外光的入射光能如我們預期地打入磁性流體薄膜內。

另一方面，為了確定 ASE 光源的原始頻譜，我們先將光源出來的入射端光纖直接接入光頻譜分析儀(OSA)中，如圖 2-7 為我們測得的原始頻譜。在確定入射光打入磁性流體薄膜後，我們將『光纖-透鏡-樣品-光纖』光軸對好的接收端光纖接到 OSA 後，所量測到光頻譜圖必須和原本測得的原始頻譜圖一樣。否則，必須再調整光軸的相關機制，直到頻譜一致。若光軸對好時，入射光打入磁性流體薄膜後所量測出來的頻譜圖，對照圖 2-7 的原始頻譜，可以看得出來頻譜是一致的。

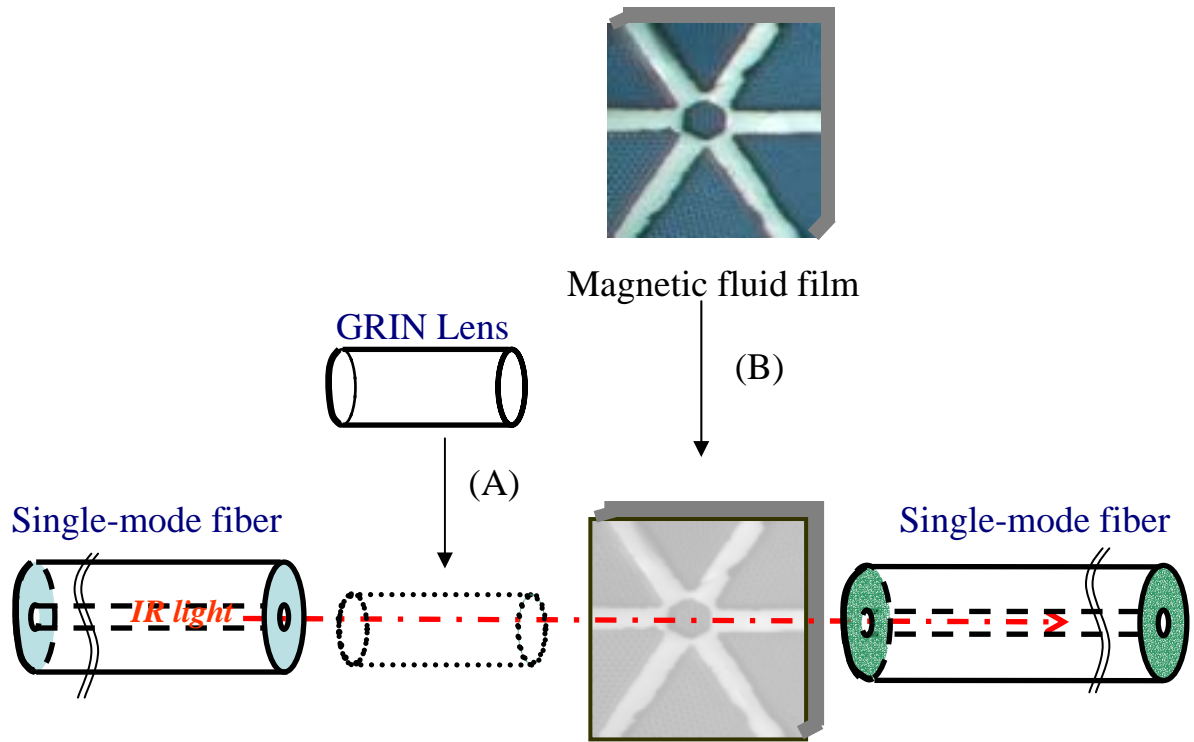


圖 2-6. 光纖-透鏡-樣品-光纖對光流程圖。先將二條光纖光軸對好後，依(A)(B)的步驟，分別加入透鏡及薄膜樣品。

## Original Spectrum

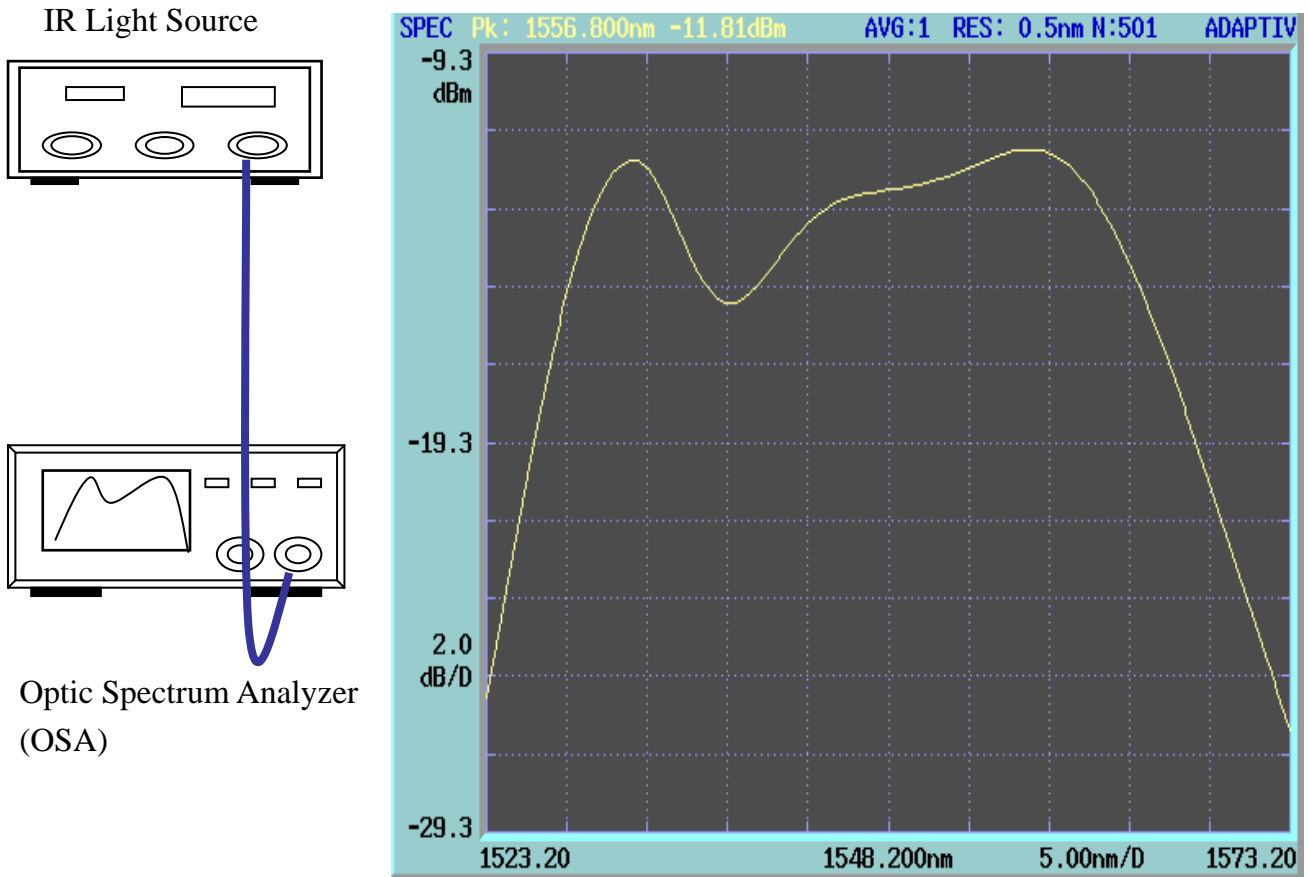


圖 2-7. 由光源直接打光至 OSA 所得的原始頻譜，做為實驗對照圖。