

崑山科技大學電子工程系

畢業專題報告

GaN 的非線性光學量測與
其自動化量測系統的建立

班級：電子四 A

學生：金俊德 C880K011

指導老師：羅 光 耀 老師

中華民國九十年一月

目錄

目錄.....	2
第一章 簡介	
1.1 研究動機.....	3
1.2 研究目的.....	4
第二章 GaN 材料之非線性光學理論探討	
2.1 GaN 材料探討.....	5
2.2.1 P-wave 雷射光入射之分析	7
2.2.2 S-wave 雷射光入射之分析	9
2.3 介面的非線性光學貢獻.....	10
第三章 光電自動化量測系統介紹	
3.1 光電自動化量測系統之簡介.....	12
3.2 光學量測系統.....	15
3.3 自動化量測系統.....	19
3.3.1 閘門積分器 (Gated Integrator)	20
3.3.2 RS-232 切換器.....	26
3.3.3 訊號切換器.....	29
3.3.4 步進馬達驅動器.....	32
3.3.5 LabView 人機介面程式.....	35
第四章 實驗結果與討論.....	37
參考書目.....	39

第一章 簡介

1.1 研究動機：

在科技發達的現代，電子科學的發展非常快速，而我們的電子設備也正朝著更快的速度邁進，如此的要求以至於現在普通的電子零件都已經無法達成，因為 III-V 族半導體具有較小的電子質量可以用在快速元件上而廣泛地被使用，且具有直接能隙可以作為發光元件，自 GaN 被成功地發展成為藍光光源的材料，使得三原色 RGB 終於都已經具備了，而白光的光譜就可完整的涵蓋了。

而在大部份的量測技術中，如要量測樣品都是要破壞樣品才能夠取得到想要的資料，光學量測提供了非破壞性的量測方法，本研究是利用非線性光學的方式來探討 GaN 在 Sapphire 上成長的情況。因 lattice mismatch 的原因，所以必須在 Sapphire 上成長一層 amorphous GaN 來降低 dislocation 因此介面會有 stress 的形成，這將會反應出其非線性光學量測的差異。

為配合量測 GaN 所以學生就自行架設了一套自動化量測系統，來幫助學生量測數據，使資料處理的過程簡單化，此套自化量測系統是以電腦做主控可控制各個週邊依序的動作，配合自製的多項儀器來完成整個量測過程。

1.2 研究目的：

利用金屬有機氣相沈積方式在 Sapphire 基板上長 GaN 元件時，為防止 Sapphire 與 GaN 之間因晶格不匹配及熱擴散係數不同所造成的錯置，必須在中間加入緩衝層，將 GaN 與 Sapphire 之間成長所造成的錯置由三度空間轉變成近似二度空間。而緩衝層可用低溫成長的 α -GaN 來改善 GaN 結晶的品質。

目前關於 GaN 非線性光學的研究主要在探討其薄膜的品質及厚度，對於 GaN 與 Sapphire 之間的 buffer layer 並沒有討論。由於 lattice mismatching 的材料所形成的介面有 stress 的產生。

本實驗將利用反射式二次諧波來研究 GaN crystal、buffer layer 與 Sapphire 介面的成長條件，並配合理論上的推導來檢驗實驗量測出來的資料做比對，進而可量測出不同製程參數的差異，最後控制製程參數，使得以 MOCVD 或是 MBE 所長出來的樣品可以更好。

第二章 GaN 材料之非線性光學理論探討

2.1 GaN 材料探討：

GaN 是屬於直接能隙的材料，其 energy gap 為 3.47eV，所發光的區域為藍光區。GaN 是 wurtzite 晶格結構($a=3.14\text{Å}$ ， $c=5.169\text{Å}$ 及 $u=0.3768\text{Å}$)，選擇適當的基板是相當重要。但由於所選的基板無法達成 lattice match，所以關於製程方面的研究一直被廣泛地被討論。

實驗所要量測的樣品為單面拋光的 Sapphire (0001)，以 MOCVD 的方式先以 600°C 成長 25nm 的 α -GaN 再用 1040°C 成長 GaN。因為 Sapphire 為非拋光面，所以穿透光至 Sapphire 底部將散射開來，可視 Sapphire 為無窮厚，在 Sapphire 基板上長 GaN 元件時，為防止 Sapphire 與 GaN 之間因晶格不匹配及熱擴散係數不同所造成的錯置，必須在中間加入緩衝層，將 GaN 與 Sapphire 之間成長所造成的錯置由三度空間轉變成近似二度空間。而緩衝層可用低溫成長的 α -GaN 來改善 GaN 結晶的品質。

GaN 是屬於 $C_{6v}(6mm)$ 對稱結構，其有效的二階光學矩陣為：

$$d_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & d_{15} & 0 & 0 \\ d_{31} & d_{31} & d_{33} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

為求得有效的反射二次諧波強度必須將雷射來源與輸出光及樣本做空間分析才可以找出變量的關係。

在進行 GaN 材料的量測時我們必須把所謂的實驗室坐標、樣品坐標、晶格坐標做一系列的對應，這樣我們才能知道輸入的雷射光在晶格上的強度，求出相對應的反射二次諧波的分量。

以三維座標而言令實驗室座標為 x 、 y 、 z ，樣品座標為 x' 、 y' 、 z' ，晶格座標為 x'' 、 y'' 、 z'' ，先假設樣品座標和晶格座標是一樣的，即樣品在切割時和晶格是夾 0 度角都是 (0001)。

現在假設實驗室座標和樣品座標如圖 2-1 所示夾一個 φ 角：

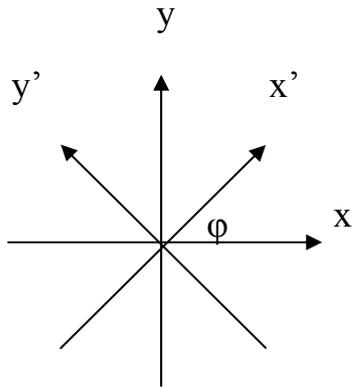


圖 2-1 實驗室座標和樣品座標之相對圖。

在式 2-1、式 2-2、式 2-3 中 $A_{x'}$ 、 $A_{y'}$ 、 $A_{z'}$ 分別為樣品的 x 分量大小、y 分量大小、z 分量大小。

$$A_{x'} \hat{x}' = A_x \cos \varphi \hat{x} + A_y \sin \varphi \hat{y} \quad 2-1$$

$$A_{y'} \hat{y}' = -A_x \sin \varphi \hat{x} + A_y \cos \varphi \hat{y} \quad 2-2$$

$$A_{z'} \hat{z}' = A_z \hat{z} \quad 2-3$$

$$\begin{bmatrix} E_{x'} \\ E_{y'} \\ E_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_x \\ E_y \\ E_z \end{bmatrix} \quad 2-4$$

即 $E' = R[\varphi]E$

其中 $R(\varphi)$ 稱為轉移矩陣：

$$R[\varphi] = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad 2-5$$

2.2.1 P-wave 雷射光入射之分析：

接下來要考慮雷射光輸入與反射二次諧波的輸出的極化共有 P-in/P-out、P-in/S-out、S-in/S-out、S-in/P-out 等四種因為雷射光進來的極化不同所以理論上的推導就不同，現在先針對 P-in 的雷射光做推導，樣品和雷射光的對應圖如圖 2-2 所示，假設雷射光的能量為 E_0 與樣品的法線 (z) 夾一個入射角 θ 。

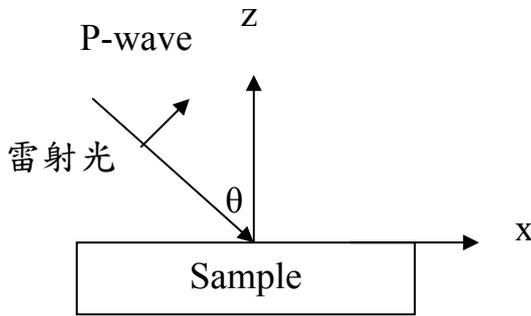


圖 2-2 實驗室座標和 P-wave 雷射光之相對圖。

$$E_x = E_0 \cos \theta \quad 2-6$$

$$E_z = E_0 \sin \theta \quad 2-7$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} E_{x'} \\ E_{y'} \\ E_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_0 \cos \theta \\ 0 \\ E_0 \sin \theta \end{bmatrix} \quad \text{樣品座標與實驗室座標轉換} \quad 2-8$$

$$\Rightarrow \begin{bmatrix} E_{x'} \\ E_{y'} \\ E_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_{x''} \\ E_{y''} \\ E_{z''} \end{bmatrix} \quad \text{晶格座標與樣本座標轉換} \quad 2-9$$

$$E_{x''} = E_0 \cos \varphi \cos \theta \quad 2-10$$

$$\therefore E_{y''} = -E_0 \sin \varphi \cos \theta \quad 2-11$$

$$E_{z''} = E_0 \sin \theta \quad 2-12$$

式 2-10 到 2-12 就可以找到雷射光對晶格的影響，再來是因為 GaN 具有 C_{6v} (6mm) 對稱形式，存在的二階介電係數為：

$$\chi_{zzz}^{(2)}, \quad \chi_{xzx}^{(2)} = \chi_{zyy}^{(2)}, \quad \chi_{xxz}^{(2)} = \chi_{yyz}^{(2)}, \quad \chi_{xxx}^{(2)} = \chi_{yyy}^{(2)} \quad 2-13$$

而所量到的二次諧波為：

$$P_i^{(2)}(2\omega) = \chi_{ijk}^{(2)} E_j(\omega) E_k(\omega) \quad 2-14$$

所以可以展開成三項：

$$P_{x'} = \chi_{xzx}^{(2)} E_{z'} E_{x'} + \chi_{xxz}^{(2)} E_{x'} E_{z'} = 2\chi_{xzx}^{(2)} E_{x'} E_{z'} \quad 2-15$$

$$P_{y'} = \chi_{yyz}^{(2)} E_{y'} E_{z'} + \chi_{zyy}^{(2)} E_{z'} E_{y'} = 2\chi_{yyz}^{(2)} E_{y'} E_{z'} \quad 2-16$$

$$P_{z'} = \chi_{zzz}^{(2)} E_{z'} E_{z'} + \chi_{zxx}^{(2)} E_{x'} E_{x'} + \chi_{zyy}^{(2)} E_{y'} E_{y'} \quad 2-17$$

以樣品座標來表示實驗室座標且夾角還是一樣為 φ 且 $P' = P''$ ：

$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{x'} \\ P_{y'} \\ P_{z'} \end{bmatrix} \quad 2-18$$

$$P_x = P_{x'} \cos \varphi - P_{y'} \sin \varphi \quad 2-19$$

$$P_y = P_{x'} \sin \varphi + P_{y'} \cos \varphi \quad 2-20$$

$$P_z = P_{z'} \quad 2-21$$

所以 P-wave 輸出就是 $P_x + P_z$ ，S-wave 輸出就是 P_y 。最後根據上列的推導可以得到：

$$P_x + P_z = 2\chi_{xzx}^{(2)} E_o^2 \cos \theta \sin \theta + \chi_{zzz}^{(2)} E_o^2 \sin^2 \theta + \chi_{zxx}^{(2)} E_o^2 \cos^2 \theta \quad 2-22$$

$$\begin{aligned} P_y &= 2\chi_{xzx}^{(2)} E_o^2 \cos \theta \sin \theta \cos \varphi \sin \varphi - 2\chi_{yyz}^{(2)} \cos \theta \sin \theta \cos \varphi \sin \varphi \\ &= 0 \end{aligned} \quad 2-23$$

理論的推導上 P-in/S-out 是不為零，P-in/P-out 為零且都與 azimuthal angle φ 無關。

2.2.2 S-wave 雷射光入射之分析：

S-wave 雷射光入射時式 2-8 更改為：

$$\begin{bmatrix} E_{x'} \\ E_{y'} \\ E_{z'} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ -\sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ E_o \\ 0 \end{bmatrix} \quad 2-24$$

$$\Rightarrow E_{x'} = E_o \sin \varphi \quad 2-25$$

$$E_{y'} = E_o \cos \varphi \quad 2-26$$

根據公式 13 到 21 可以求得 P-wave 輸出 $P_x + P_z$ ，S-wave 輸出 P_y ：

$$P_x + P_z = 0 + \chi_{zxx}^{(2)} E_o^2 = \chi_{zxx}^{(2)} E_o^2 \quad 2-27$$

$$P_y = 0 + 0 = 0 \quad 2-28$$

理論上 S-in/S-out 為零，S-in/P-out 有值且也與 azimuthal angle φ 無關。
上面的貢獻是屬於 GaN 的體電偶極矩。

2.3 介面的非線性光學貢獻：

(a). 介面應變力

對於 GaN buffer layer 的成長在製程上有助於降低 dislocation 情況，但是太厚又會影響結晶的品質。由於 buffer layer 的作用使得 GaN 與 Sapphire 之間的應變力減少，而且隨著 buffer layer 厚度的增加而減少。因應變力而產生的介面電偶極層 χ_{IH}^D

$$\chi_{IH}^D \propto 4 \int \chi^D \cdot e^{-[\alpha(2\omega) + \Gamma]z} dz \quad 2-29$$

其中 χ^D 為 GaN 的 bulk 電偶極層， $\alpha(2\omega)$ 為吸收係數及 $(\frac{1}{\Gamma})$ 晶格型變的厚度。這項電偶極矩層的貢獻對於反射二次諧波是 isotropic，所以改變 azimuthal angle 是無法看出其相對的變化。

(b). 介面 depletion region 的內電場

如果 GaN 佈值為 p-type 時，則在 buffer layer 會產生 depletion region 而產生內建電場。將會有倍頻的第三階非線性偏極

$$P^{(3)}(2\omega) = \chi^{(3)}(2\omega; \omega, \omega, 0) : E(\omega)E(\omega)E_{dc} \quad 2-30$$

對於 C_{6V} (6mm) 的晶格，第三階介電係數只有 21 項不為零。由實驗室與幾何座標的轉換，可以求得

$$P_{S-P}^{(3)}(2\omega) = (\chi_{zxx}^{(3)} + \chi_{zxx}^{(3)} + \chi_{zxx}^{(3)}) E_0^2 E_{dc} \quad 2-31$$

$$P_{S-S}^{(3)} = 0 \quad 2-32$$

此項的貢獻與 azimuthal angle 無關。

對於實驗上所量到的反射二次諧波主要來自 GaN 的體電偶極矩，由於它的強度較介面的貢獻大很多，因此要找出介面的影響需對樣品成長的控制很重要。

第三章 自動化量測系統介紹

3.1 光電自動化量測系統之簡介：

光電自動化的量測系統可如圖 3-1 所示，在這個自動化系統中可分為兩個部份，一個是光學量測系統的部份，另一個是把光訊號轉為電的訊號而處理電子訊號的部份，在處理電子訊號時我們將有辦法以自動化的方式來達成，在光學量系統中讓樣品（Sample）轉動的馬達也是由電子訊號來控制，所以也就納入了自動化系統中的一部份。

在第三章中，學生將完整的介紹這套自動化量測系統的流程與原理說明，包括從光學量測系統的擺設、閘門積分器（Gated Integrator）的原理與功能、RS-232 切換器的原理與功能、訊號切換器的原理與功能、步進馬達驅動器的原理與功能、最後是 LabView 人機介面的程式介紹等。

圖 3-2 為光電自動化量測系統的左側俯面照，在右邊即為閘門積分器和電腦所在位址，中間的為黑箱子，左邊為脈衝雷射。圖 3-2-a 右側俯面照。

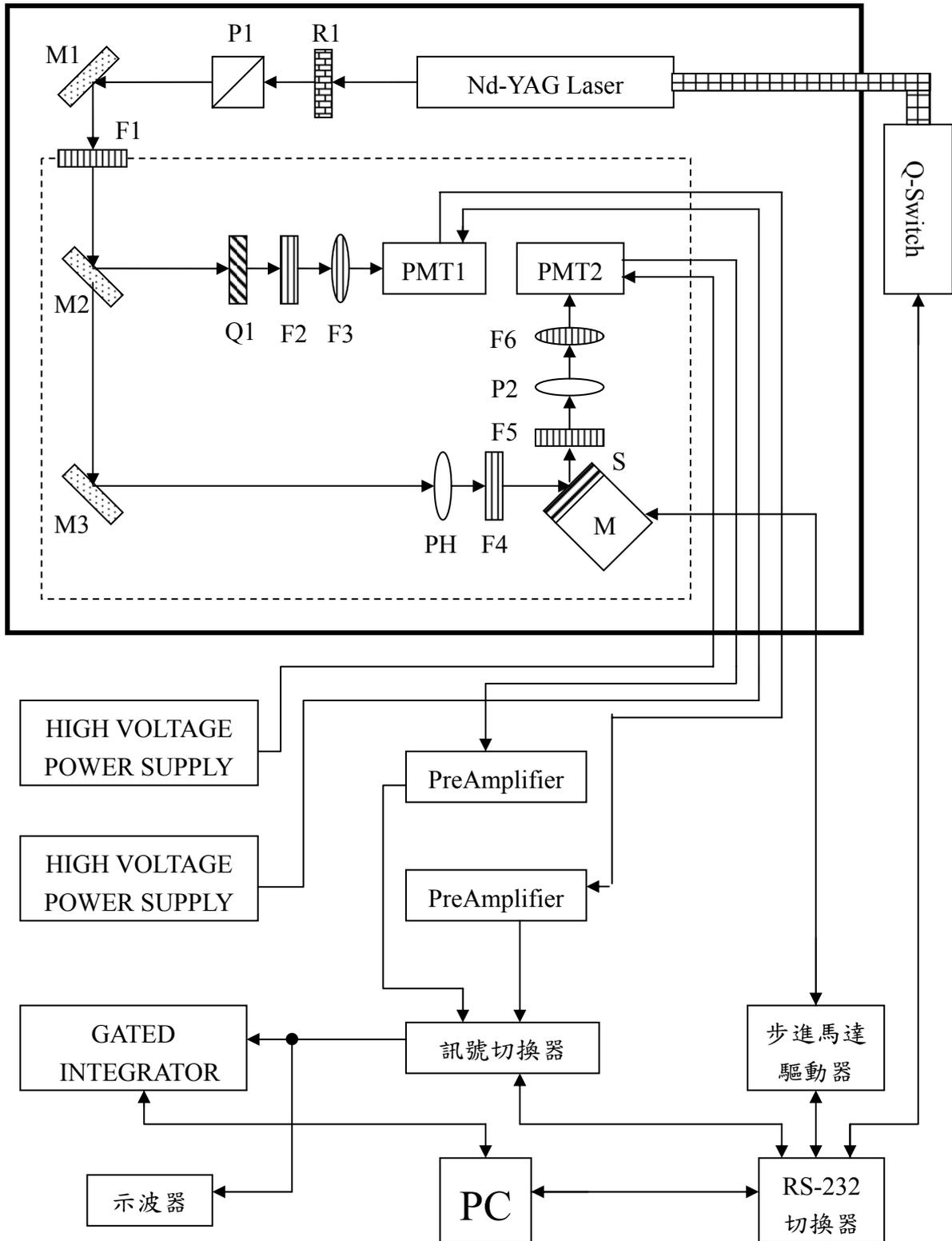


圖 3-1 光電自動化量測系統之架構圖。



圖 3-2 光電自動化量測系統左側俯面圖。



圖 3-2-a 光電自動化量測系統右側俯面圖。

3.2 光學量測系統：

光學量測系統如圖 3-2 上半部所示，粗黑色的實線為光學桌之大小，細黑色的虛線為黑箱子的大小，而黑箱子的作用在於阻隔實驗室中任何光的干擾，因為在做實驗時我們只希望只有由我們的雷射所產生的光打在樣品上，而不要有額外的任何光線打在樣品上，而影響我們所量測到的數據。

實驗所使用的 Nd-YAG Laser 為 Brilliant 所製作的氣冷式 Pulsed Nd-YAG Laser 其 Repetition rate 為 20Hz，Energy per pulse 為 350mJ、Pulse Duration 為 5ns、雷射光輸出超過 90%是 Horizontal Polarization，雷射本身的雷射光波長為 1064nm，且可以再加入 HGM (Harmonic Generator Module) 使得雷射光可以產生 2ω 、 3ω 、 4ω 的雷射光，而學生實驗室現有的為 2ω 的 HGM，所以波長就可以變成 532nm 即綠光，但學生本身作實驗時仍以 1064nm 波長的光為主，而在 Q-Switch 與雷射之間的管子是有水、高電壓和一些控制線路在其中，且 Q-Switch 有一個 Remote Control Box 可以調整雷射的輸出能量，控制雷射打出單一雷射光、或是連續打出 20Hz 的雷射光，另有一個 RS-232 接頭，在此量測系統中學生就有利用電腦經由 RS-232 來控制 Q-Switch。

因為實驗所使用的雷射在瞬時功率相當大，每一個 pulse 有 70MW 所以就必須要作光路的衰減，而圖 3-2 中的 R1、P1 就是用來達成光路的衰減，R1 為 Half Waveplates 且架在一個可 360 度旋轉的 Mount 中，P1 為 Glan Laser Polarizers 其作用為不論輸入光為何種極化輸出都可以成為 P 或 S 極化，如圖 3-3 為實驗所使用的 Polarizers 的資料。

在完成光路的衰減之後就要讓我們的雷射光進入黑箱子打在樣品上了，所以 M1 為反射鏡，作用為將雷射導引至黑箱子中，而在進入黑箱子之



圖 3-3 Glan Laser Polarizers 之
詳細規格。

前經過一片濾光片 F1，此濾光片只讓 1064nm 波長的光通過其它波長光則隔絕在外，進入黑箱子之後我們會加入一個 M2 的分光鏡，其中 10% 的反射光將往 Q1 的方向前進，剩下的 90% 的穿透光會往 M3 的方向前進，而分成兩個光路的主要原因是：一個光路將一直收集雷射光的能量以監控雷射光輸出的穩定性，另一個則將雷射光打在樣品上作為我們所量測到的數據，所以數據的可靠性可以藉著雷射光的穩定性來加以肯定。

Q1 是一個石英晶體，當 1064nm 的光打在石英晶體時會產生諧波，而 F2 為 532nm 的 Bandpass 濾光片，F3 為圓形的 532nm 的 Bandpass 濾光片，這個濾光片是裝在 PMT1 的裡面，即 PMT1 只會收到 532nm 波長的光，其它波長的光都不會收到，而這條經過分光鏡而剩下 10% 雷射光的路徑所取得之電訊號我們就稱做 Ref.。

M3 是和 M1 為同一形號的反射鏡，將雷射光再反射一次送到後面的路徑，PH 是一個 Iris 中心的空洞為直徑固定 3mm 的圓，其作用是要讓雷射光邊邊比較弱的光去掉且可讓雷射光點變的較圓，F4 為 1064nm 的濾光片因為雷射光在經過 Iris 之後可能會產生諧波，所以就加入一個濾光片，濾掉諧波，因為我們希望打在樣品的雷射光就只有 1064nm 波長的光，S 就是樣

品所在處，而 S 是裝在 M 上的、M 是在裝在一個可以微動的台子上，所以就可以使樣品做 X、Y、Z 軸的微調校正。

F5 為 532nm 的濾光片將樣品所產生的兩次諧波予以通過，其它則隔絕掉，P2 為圓形的極化片且裝在一個可以 360 度旋轉的 Mount 上，經由角度的旋轉可以選擇輸出為 S 或 P 極化，F6、PMT2 的組合與 F3、PMT1 的組合功能一模一樣裝設也一樣，而實驗所使用的二支 PMT 收集光源的地方皆在側邊為 Side-on Type。

圖 3-4 為脈衝雷射和光衰減組合部分最後就反射進入了黑箱子中，圖 3-5 為黑箱子中左邊的架設，圖 3-6 為黑箱子中右邊的架設，圖 3-6-a 為 Nd-YAG 脈衝雷射側面照。



圖 3-4 光學桌架設圖。

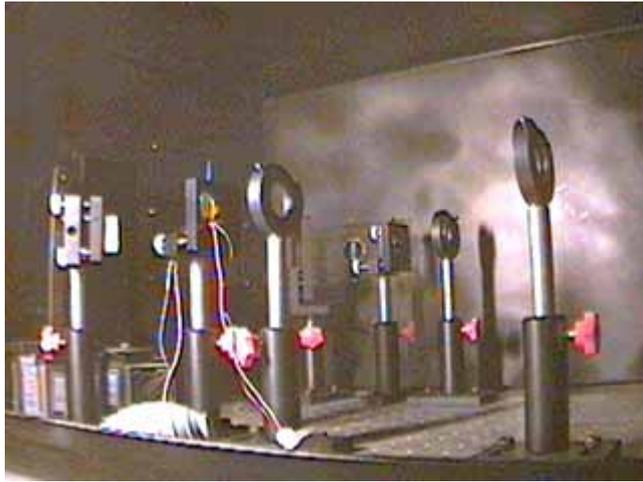


圖 3-5 黑箱子中左邊架設照。

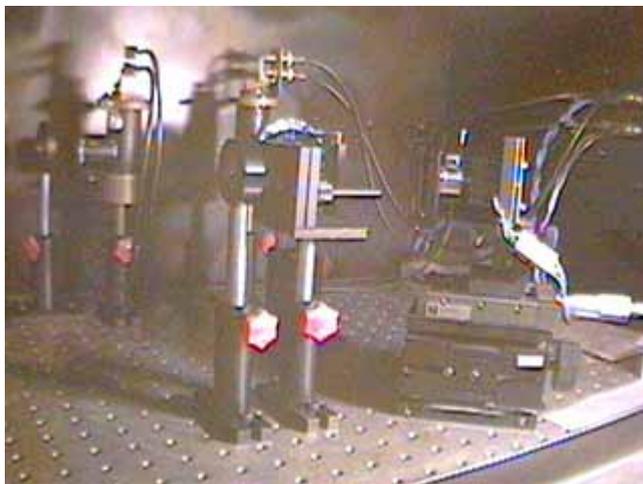


圖 3-6 黑箱子中右邊架設照。



圖 3-6-a Nd-YAG 脈衝雷射側面照。

3.3 自動化量測系統：

來自 2 個 PMT 出來的訊號將經過由學生自行架設的自動化量測系統做處理，圖 3-7 為示波器和訊號切換器之照片，圖 3-8 為 Q-Switch、RS-232 切換器、步進馬達驅動器之照片。

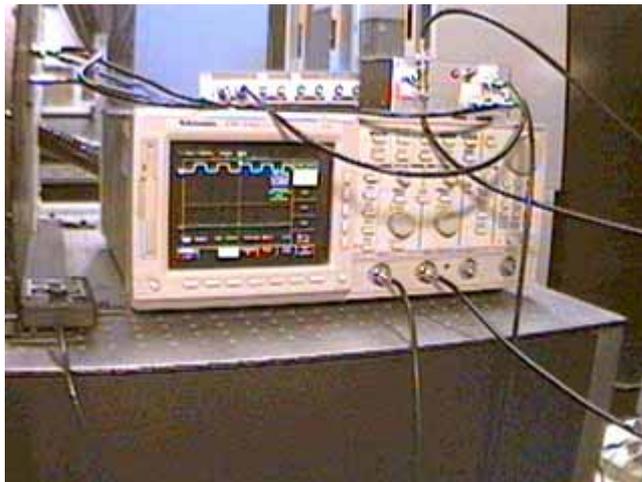


圖 3-7 自動量測訊號切換器。

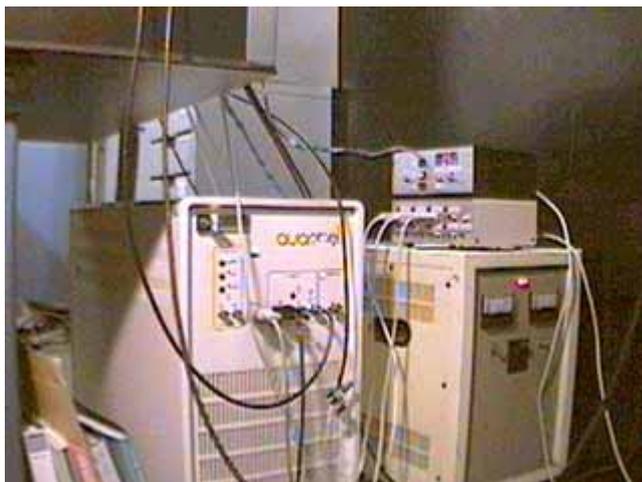


圖 3-8 自動量測之 Q-Switch。

3.3.1 閘門積分器 (Gated Integrator) :

實驗目前所使用的閘門積分器為 SRS(Stanford Research Systems, Inc.) 所生產的，其原理和功能說明如下：

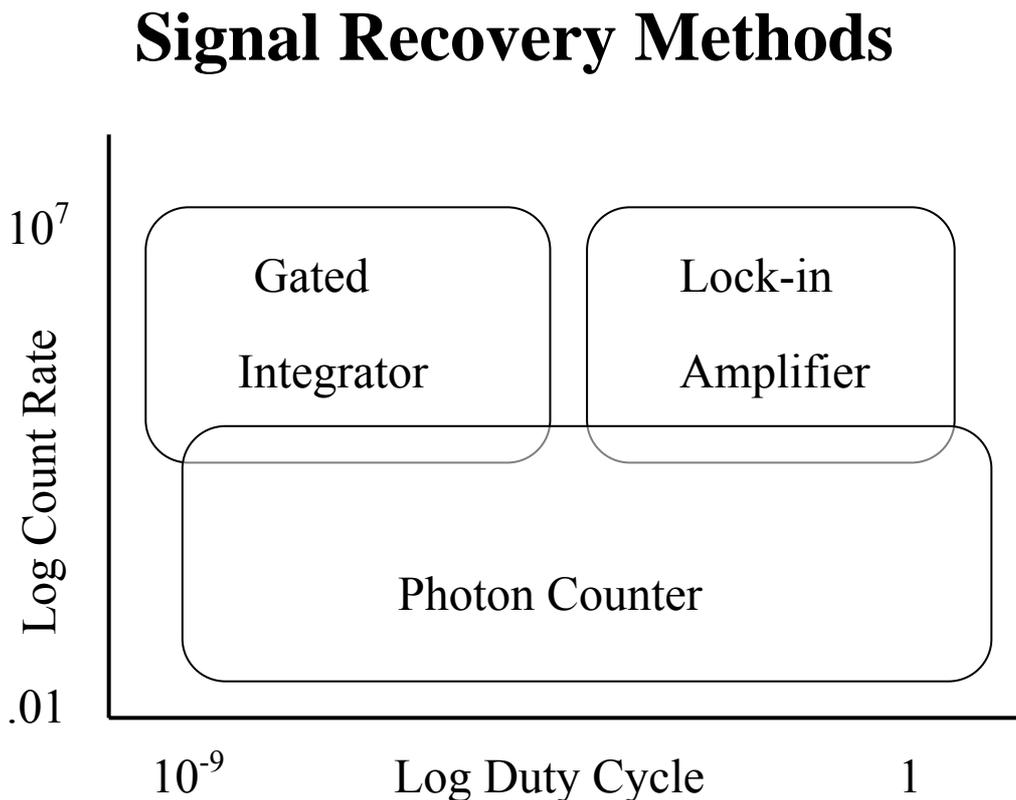


圖 3-9 訊號回復方法。

通常哪一種儀器比較適合去偵測從 PMT 出來的訊號呢？這個答案是關係著許多的因素，包括訊號強度、訊號的時間和頻率分佈、不同的雜訊來源和它們的時間相依性和頻率分佈。

通常，在 boxcar averaging (gated integration) 和 lock-in detection (phase sensitive detection) 作選擇是根據訊號的時間行為，如果訊號在頻率上是固定為 50% 的工作週期時，lock-in detection 是最

適合的。這種類形的實驗通常都使用 chopper 來調變訊號在較低的頻率。光子訊號發生在任一時間且在 chopper 為”開”的時候。Lock-in 偵測 “開”時的訊號和 “閉”時的背景訊號的平均差異量。

如果使用 boxcar averager 在相同的實驗將會花更長的時間，50%工作週期的閘門使得光子可以在”開”時到達任一個地方。因為 gated integrator 是在整個閘門中收集雜訊，所以訊號很容易被雜訊壓倒。為了改正這個，active baseline subtraction 將被使用在一個相等寬度閘門來測量 chopper “開”時的訊號，減去 “閉”時的背景訊號。這是和 lock-in detection 完全相同的。然而，lock-in amplifiers 是更適合在這方面使用特別是在低頻率（長的閘門）和低訊號強度時。

如果訊號是在非常短的時間中為有限的，在這方面 gated integrator 通常是最適合做訊號回復的。一個這方面的實驗可能是脈衝雷射激發訊號到結束只有很短的時間（100ps 到 1us）而 repetition rate 為 1Hz 到 10KHz。訊號的工作週期多為小於 50%。藉由使用窄閘門去偵測訊號只有在它出現的時候，在其它時間出現的雜訊都被排除掉了。如果閘門開的太長則沒有訊號被測量到，但是偵測到的雜訊將會增加。因此，50%的工作週期閘門是不適合作訊號回復的所以 lock-in detection 是不適合的。

Photon counting 能夠用來作 lock-in 或是 gated 模式。使用 photon counting 需要非常低的訊號強度，或使用脈衝高度鑑別器來排除雜訊，結果是為了要增加訊號雜訊比（SNR）。

如圖 3-9 所示，在 analog detection 和 photon counting 的區域是非常不清楚。在非常低的計數率時，photon counting 能夠工作的很好，因為輸入的鑑別器實際上排除了類比裡的雜訊。在比較大的計數率時，analog detection 工作的很好，因為類比偵測器的輸入沒有像計數器那樣容易飽和。在中間的立場時，做選擇時應該以 SNR 為條件。可獲得最好的 SNR 是藉由 Poisson

計數分佈的統計雜訊來定義。類比儀器由於輸入的雜訊而降低了 SNR。

因為實驗使用的為脈衝雷射，且訊號強度都還滿大的，所以使用的訊號回復儀器就為 boxcar averager (gated integrator)。

在此實驗中因為只有一台閘門積分器，所以我們才需要製作一台訊號切換器讓參考訊號和樣品訊號交叉的送入閘門積分器就處理，所以學生有另外在製作一台數位式三通道閘門積分器，其實就是三台閘門積分器，且與電腦溝通的部份也做在裡頭了，目前可容許的積分寬度為 800ns 還有改善的必要，如圖 3-10 為單一個閘道積分器的電路，圖 3-11 為與電腦溝通的電路且包括 A/D，圖 3-12 為單一個閘道積分器成品之面板，圖 3-13 為閘道積分器之內部照，可以發現在有些電阻、電容是焊在切換開關上的，是因為讓高頻損失越低越好，這樣儀器的誤差才能夠降低。

Digital Process

2000 / 08 / 15

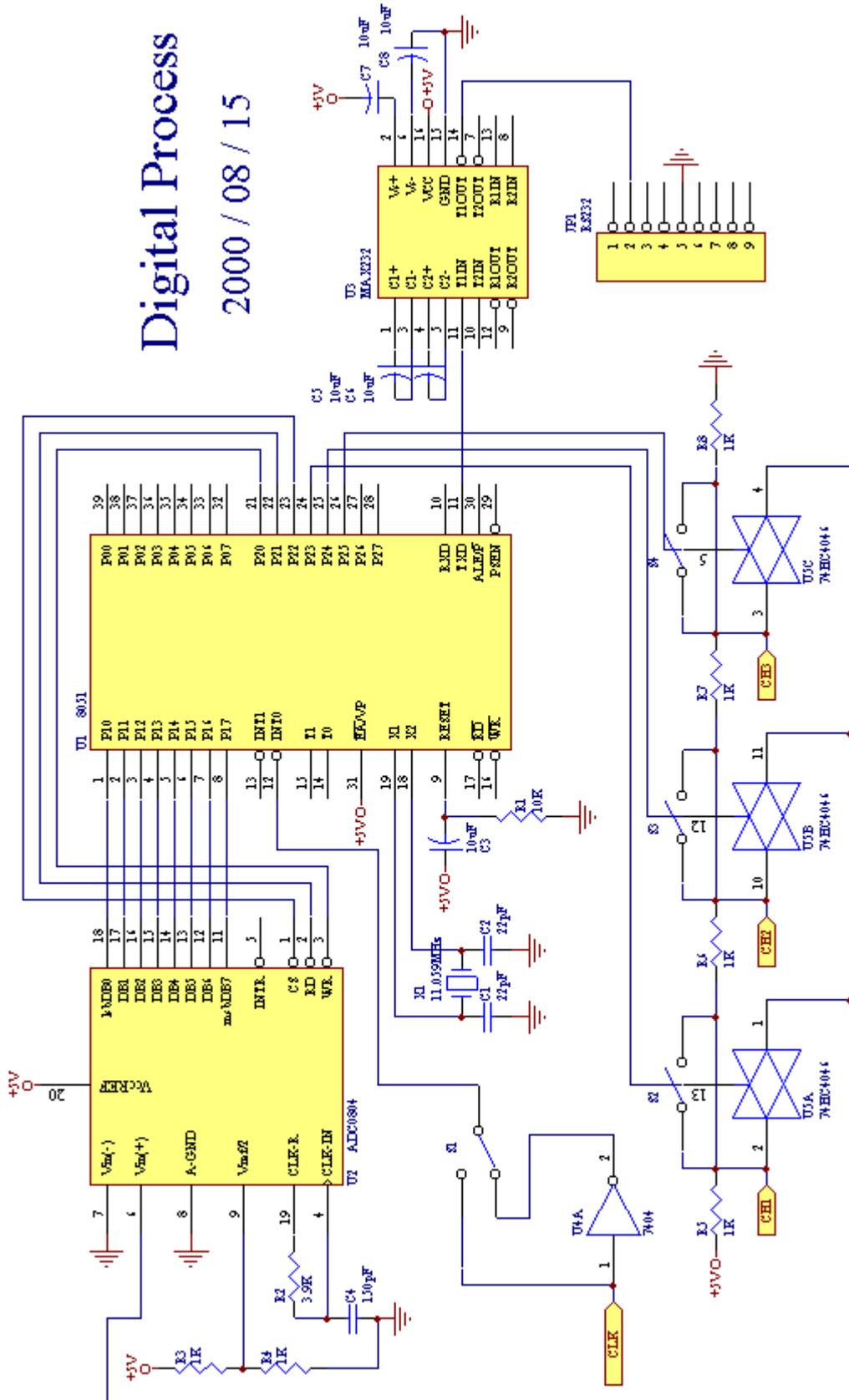


圖 3-11 數位處理電路圖。



圖 3-12 閘門積分器面板照。

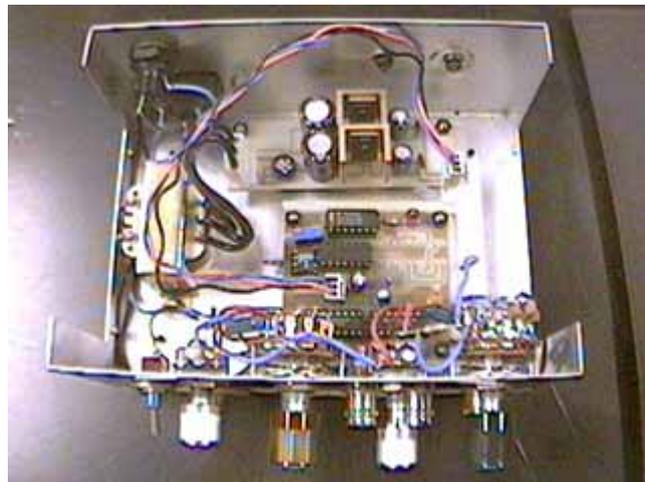


圖 3-13 閘門積分器的頂視圖。

3.3.2 RS-232 切換器：

RS-232 切換器之作用在於電腦控制週邊的 RS-232 介面的儀器多於一個以上就要有個切換器來做切換的功能，使得電腦可和許多儀器作溝通，目前的切換器為 1 對 8 的切換器，這對學生的需求已經足夠了，如需更多的話可將電路更改而變成 1 對 16,777,216 的切換器，而 RS-232 切換器是由一個 89C51 來作控制，所以學生就對要選擇的通道加以編碼來增加方便性，如圖 3-14 為 RS-232 的資料格式：

Start Bit	Bit0	Bit1	Bit2	Bit3	Bit4	Bit5	Bit6	Bit7	Stop Bit
-----------	------	------	------	------	------	------	------	------	----------

圖 3-14 RS-232 資料格式。

如圖 3-14 所示 Bit7 為最高位元，當 Bit7 為 HI 時代表要進行通道的切換，否則就什麼資料進來就什麼資料輸出，而 Bit3 到 Bit0 所組成的二進制數字為通道的號碼，如 0001 為通道 1、0010 為通道 2、0011 為通道 3 以此類推，圖 3-15 為 RS-232 切換器的線路圖，圖 3-16 為 RS-232 切換器之正面照可看到一個通道就有一個 LED 指示燈，圖 3-17 為儀器內部俯面照。

RS232 切换器

2000 / 05 / 09

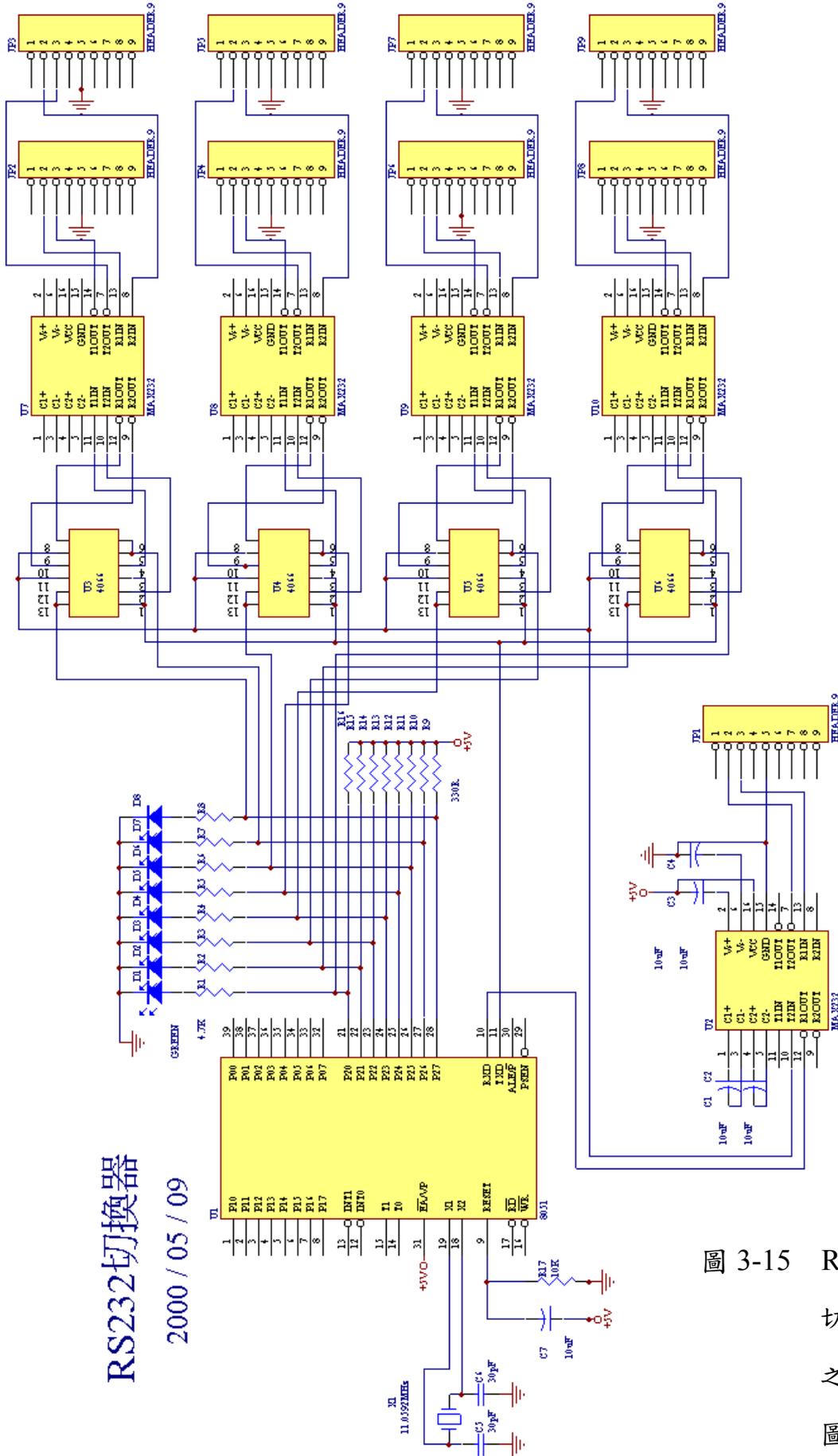


圖 3-15 RS-232 切换器之電路圖。



圖 3-16 RS-232 切換器的面板照。

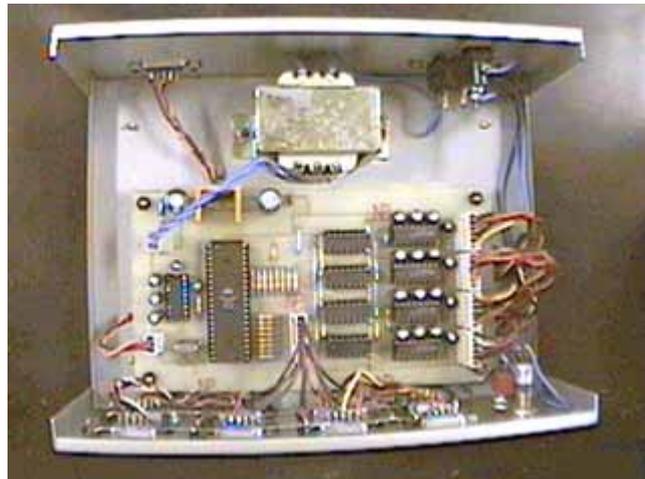


圖 3-17 RS-232 切換器的頂面照。

3.3.3 訊號切換器：

訊號切換器為切換光學系統中兩支PMT同時所產生的訊號成交叉的傳送，再送給閘門積分器做處理，但因為理論上同時得到2個電訊號就應該分別的做處理，實際上因為限於實驗設備之不足只有一台閘門積分器，所以就必須一次處理PMT1的訊號、一次處理PMT2的訊號如此交叉處理，是以現有的設備中最能將實際量測上的誤差減至最低的方法。

訊號切換器有1個Trig.輸入、2個訊號輸入、1個訊號輸出，且由89C51來控制，再經由內部的JUMP可以改為測試狀態，只要有Trig.進來，輸出就會是1.6V和3.2V的直流交叉輸出如圖3-18所示，CH1為輸出訊號，因為是2個訊號交錯的輸出，所以頻率只剩下Trig.頻率的一半為10Hz，CH2即為Trig.訊號。

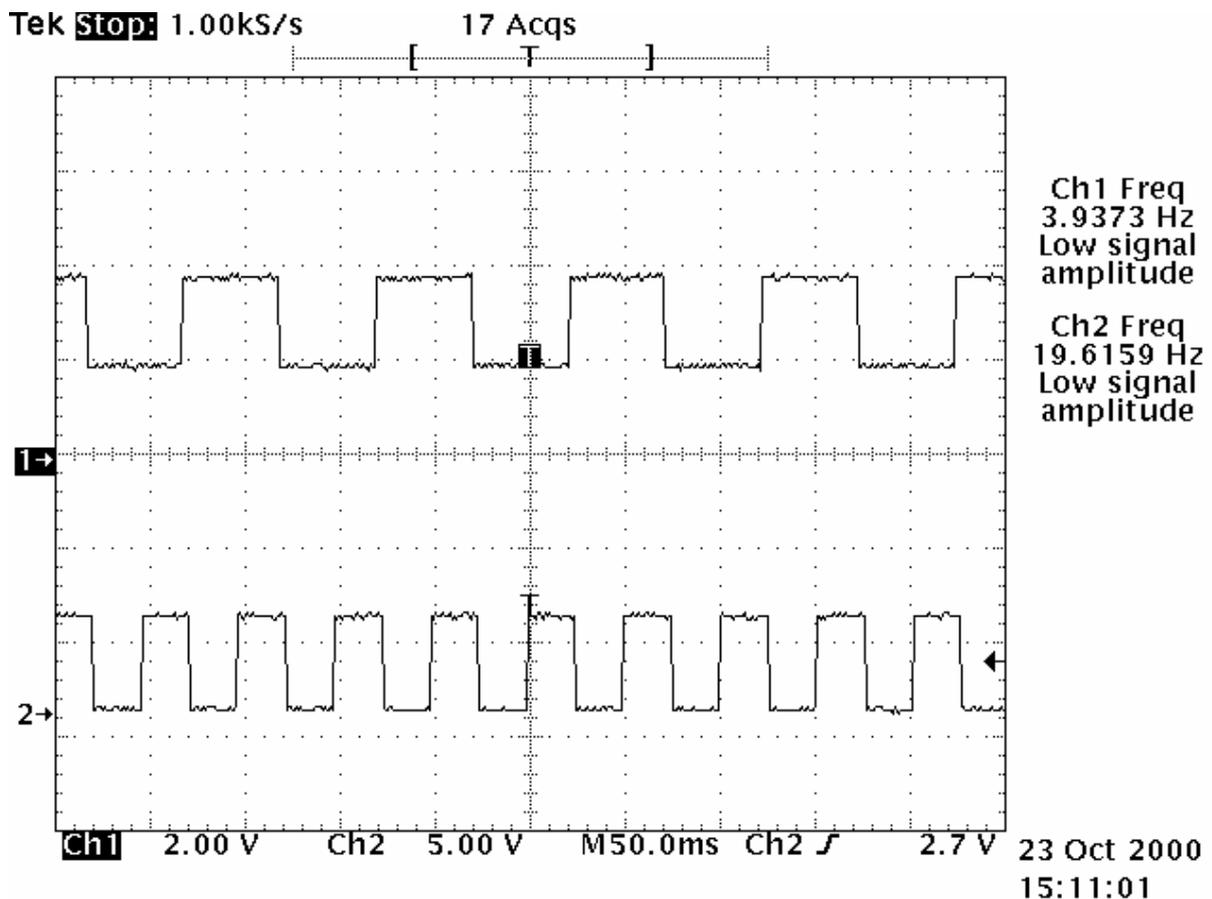


圖 3-18 訊號切換器之輸出與輸入波形。

圖 3-19 為訊號切換器的電路圖，圖 3-20 為訊號切換器的面板照，圖 3-21 為訊號切換器的頂視照。

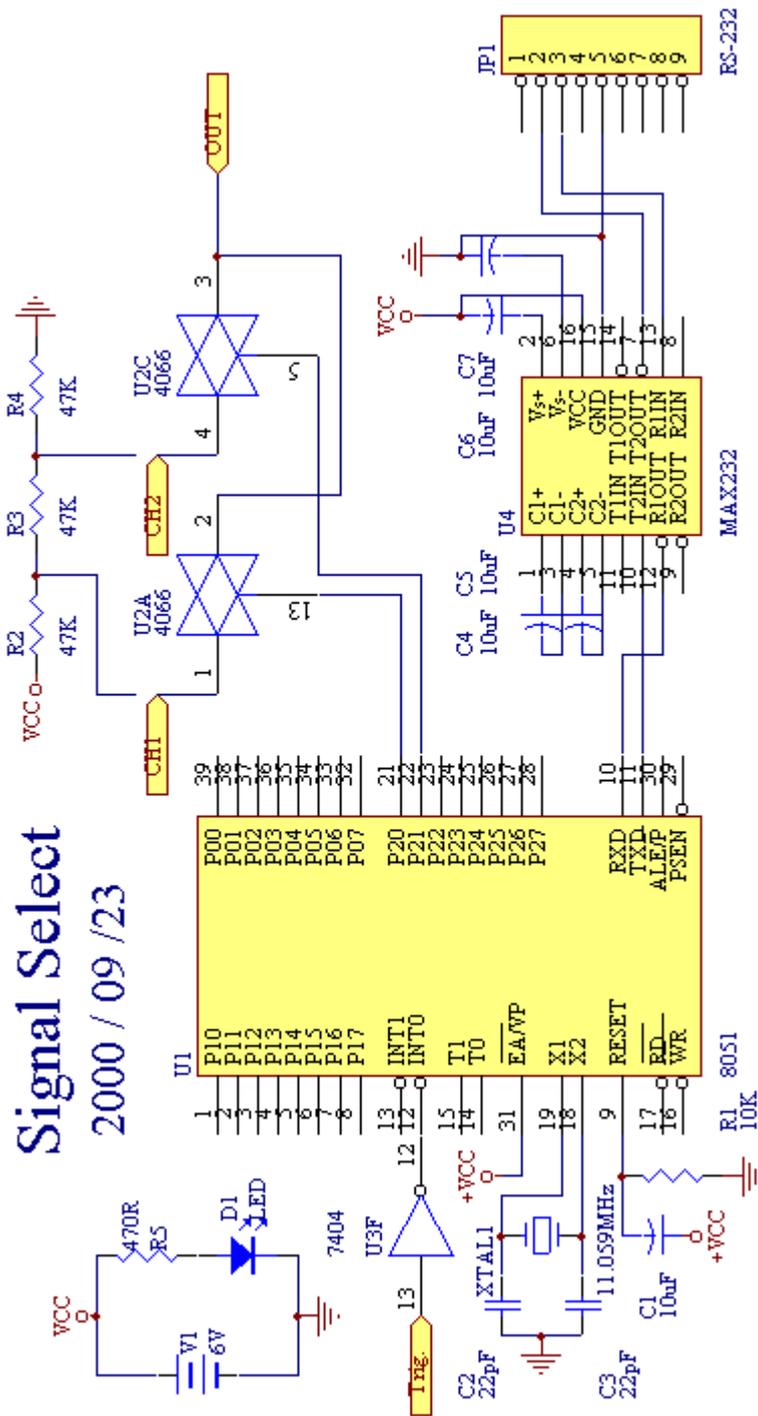


圖 3-19 訊號切換器之電路圖。



圖 3-20 訊號切換器的面板照。

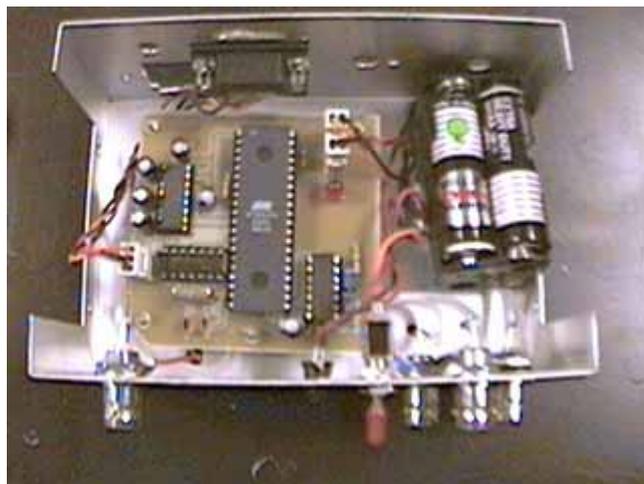


圖 3-21 訊號切換器的頂視照。

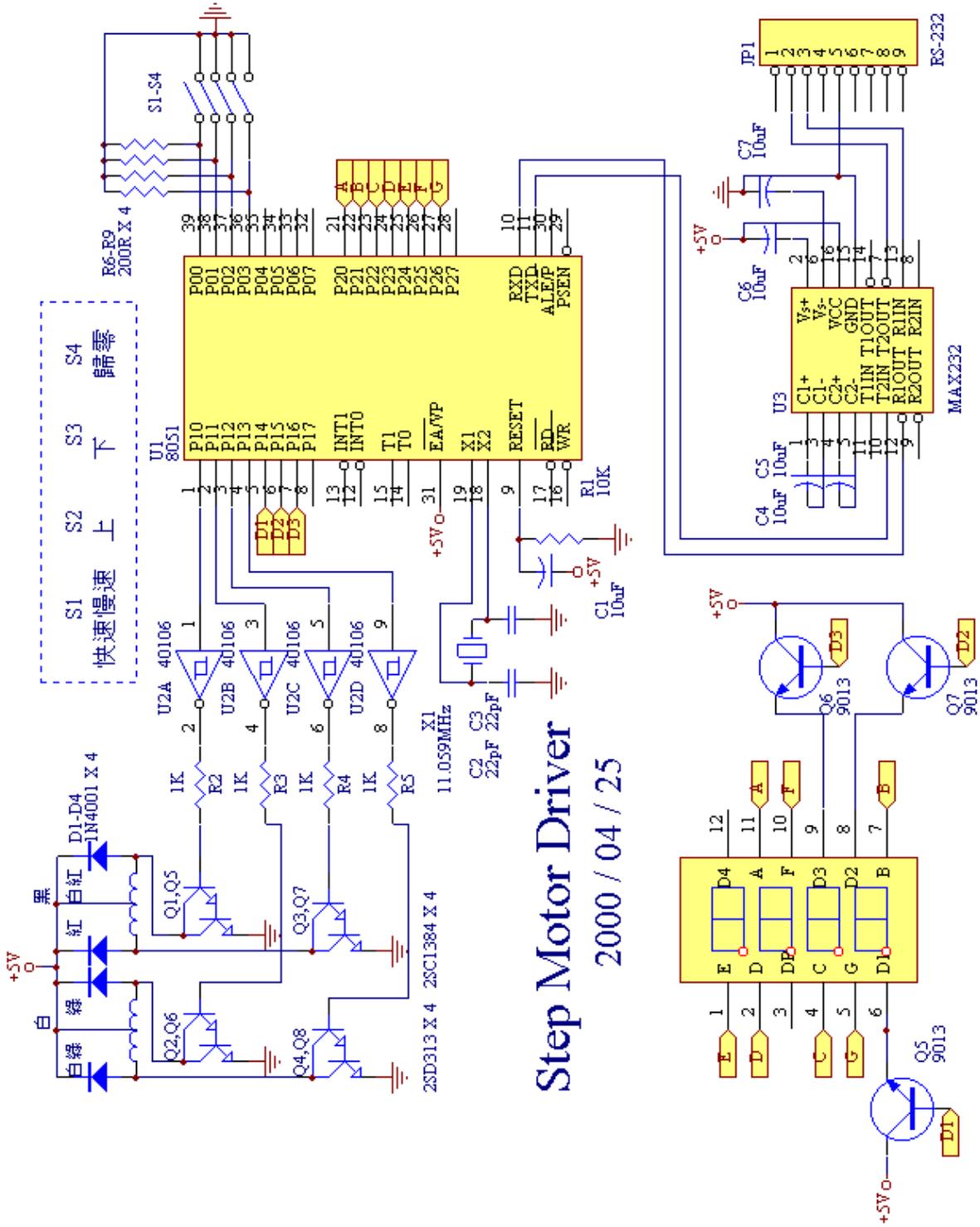
如圖 3-21 可以看到訊號切換器是以電池供電的，因為其功能只為單晶片的控制，並無大電流的驅動，所以使用電池是方便又穩定的方法。

3.3.4 步進馬達驅動器：

為了轉動我們的樣品作 360 度的旋轉，所以學生採用步進馬達來轉動樣品，所使用的是一般的一圈 200 步的馬達，為了使馬達轉動學生就自行製作了一台步進馬達驅動器，功能有正轉、反轉、有步數計數功能用七段顯示器來顯示、計數歸零、連續轉動、單一轉動、與電腦連線等，目前這些功能均已滿足學生目前所需要的使用範圍。

用一般的馬達一步約轉動為 1.8 度，只要加入齒輪組利用齒輪比來增加精細度，即可做更精密的光學量測，且無需更換步進馬達驅動器。

如圖 3-22 為步進馬達驅動器之電路圖，圖 3-23 為步進馬達驅動器的面板照，圖 3-24 為步進馬達驅動器的後板照，在左側的為大功率的穩壓 IC 為了面對各種不同耗電流量的步進馬達所以學生把自製的步進馬達驅動器的電流量額度開至最高，可面對耗電流為 2A 以下的步進馬達，圖 3-25 為步進馬達驅動器的頂視圖。



Step Motor Driver

2000 / 04 / 25

圖 3-22 步進馬達驅動器之電路圖。



圖 3-23 步進馬達驅動器的面板照。



圖 3-24 步進馬達驅動器的後板照。

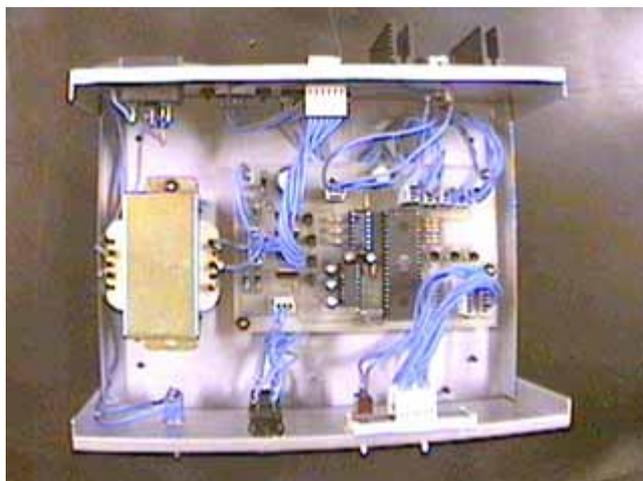


圖 3-25 步進馬達驅動器的頂視照。

3.3.5 LabView 人機介面程式：

學生所建立的自動化量測系統，是由 PC 所掌控所有週邊，而 PC 能夠掌控所有週邊就是用 LabView 這套軟體來達成，透過人機介面可以輕易的下達指令且完成交付的工作，再經由程式的撰寫使得量測過程只要按一個開始鍵就可以了，圖 3-26 為 LabView 之人機介面，藉著面板的開關控制即可進行自動化量測，圖 3-27 為自動化量測系統之軟體流程圖，其中 i、j、k 均可輸入任意值。

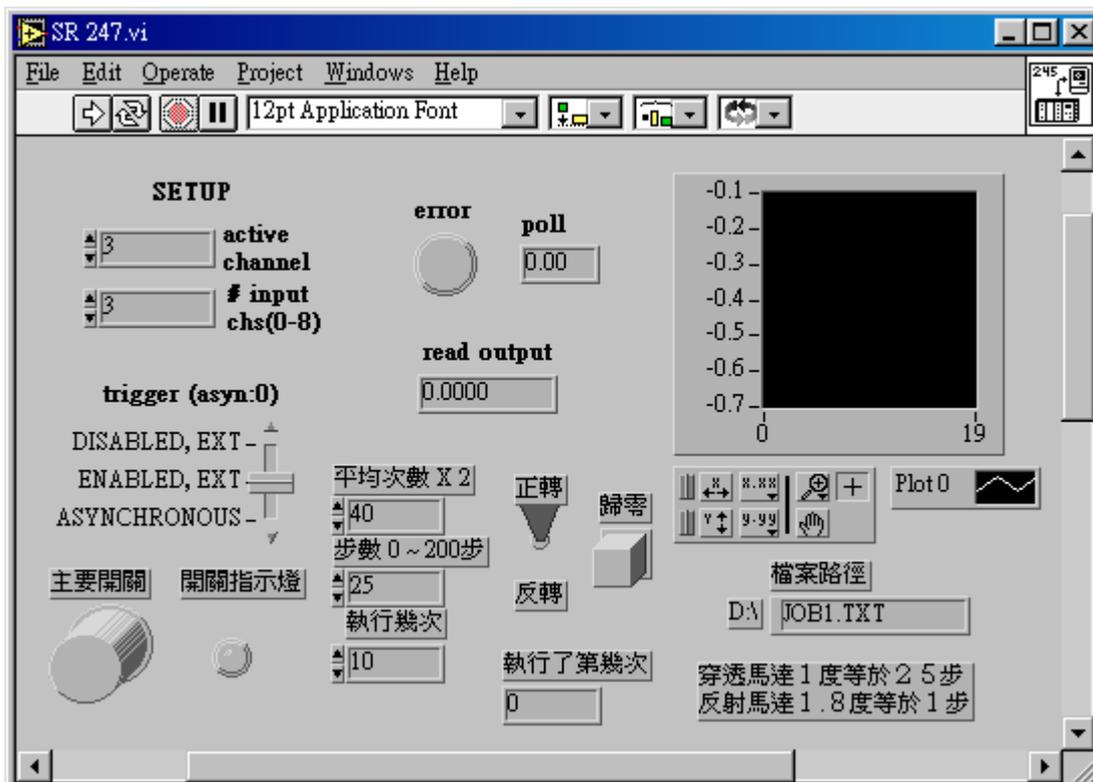


圖 3-26 自動化量測系統之人機介面。

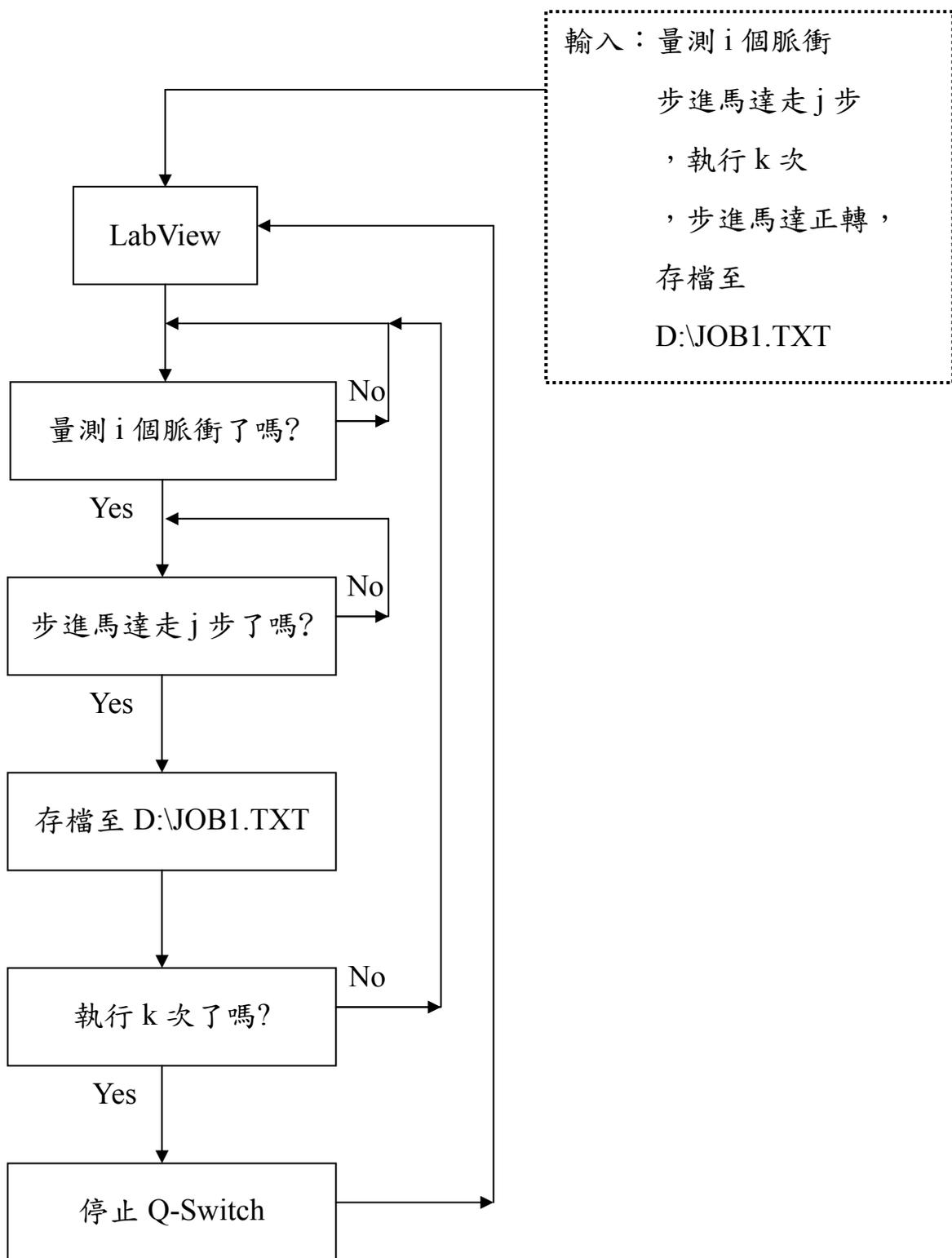


圖 3-27 自動化量測系統之軟體流程圖。

第四章 實驗結果與討論

本次實驗所使用的樣本為單面拋光的 Sapphire (0001)，以 MOCVD 的方式先以 600°C 成長 25nm 的 α -GaN 再用 1040°C 成長 GaN。經由第二章的理論推導可以看到強度與 azimuthal angle φ 無關但實際量測出來的結果如圖 4-1 所示，顯示出 onefold anisotropy 的情況。這是因為晶體晶格 miscut 而造成些微差異，可導入 miscut 修正矩陣 $M(\alpha)$

$$M(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos\alpha & 0 & -\sin\alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\alpha & 0 & \cos\alpha \end{bmatrix} \quad 4-1$$

以 $R(\varphi, \alpha) = R(\varphi) M(\alpha)$ 來取代 $R(\varphi)$ 。

根據理論推導 s-in/s-out 為零，經由實驗的認證的確也為零。

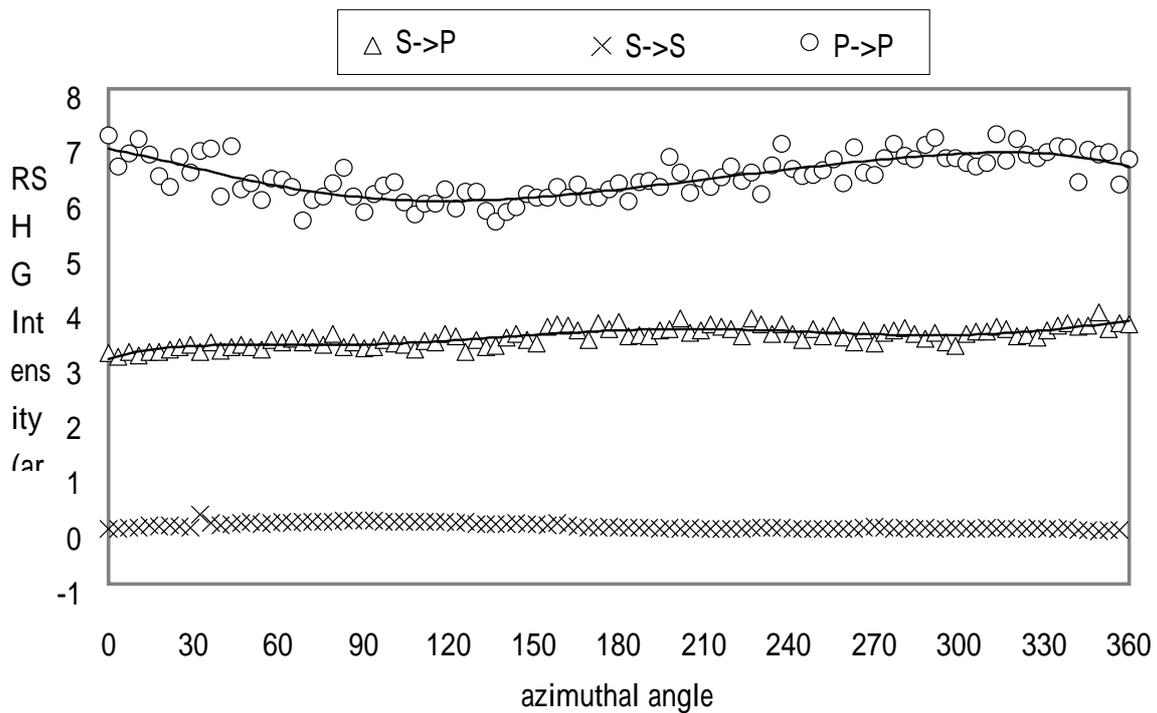


圖 4-1 GaN 材料量測結果。

從實驗結果與以上的討論可以知道因為GaN是屬於 C_{6v} (6mm) 結構，改變azimuthal angle並沒有辦法求出stress大小與內建場大小的關係，這是因為GaN (0001) 本身也是與azimuthal angle無關且其電偶極矩大很難分辨出這兩個效應。有關這方面仍可繼續研究提出新的方式來解決。對於43m結構GaAs heterojunction的介面分析可以用這種方式來研究heterojunction所形成之depletion region中電荷累積所造成的電場，因為它所形成第三階非線性偏極光是isotropic，相對於GaAs高anisotropic情況能夠分析出，並可藉由此判斷heterojunction 的厚度。

由於供給樣本的實驗室對於製程的參數還在測試，如果要看出介面的非線性貢獻必須在製程做改變以找出差異量，這個方面將配合他們的進度一起突破。

參考書目

- [1].I. V. Kravetsky and I. M. Tiginyanu, Ralf Hildebrandt and Gerd Marowsky
D. Pavlidis and A. Eisenbach, H. L. Hartnagel, Appl. Phys. Lett. 76 (2000)
810.
- [2].W. E. Angerer, N. Yang, and A. G. Yodh, Phys. Rev. B 59 (1999) 2932.
- [3].J. Miragliotta, D. K. Wickenden, T. J. Kistenmacher and W. A. Bryden,
J. Opt. Soc., Am. B 10 (1993) 1447.
- [4].Katsuyoshi Yamasaki, Aki Tanaka, Tomoko Kimura, and Okitsugu
Kajimoto, Rev. Sci. Instrum. 66 (1995) 4395.
- [5].R. E. Neuhauser, B. Ferstl, C. Haisch, U. Panne, and R. Niessner,
Rev. Sci. Instrum. 70 (1999) 3519.
- [6].A. W. Sloman, Rev. Sci. Instrum. 66 (1995) 3057.
- [7].F. Fuso, E. Arimondo, M. Zielinski, Rev. Sci. Instrum 66 (1995) 3507.
- [8].書名：Introduction to Modern Optics, 著者：Grant R. FOWLES,
出版者：開發圖書有限公司, 出版日期：中華民國 66 年。
- [9].書名：Applied Nonlinear Optics,
著者：Frits Zernike, and John E. Midwinter,
出版者：國興出版社, 出版日期：中華民國 75 年 2 月。
- [10].書名：Fundamentals of Engineering Electromagnetics,
著者：David K. Cheng,
出版者：偉明圖書有限公司, 出版日期:中華民國 83 年 4 月。
- [11].書名：光電子學-原理、元件與應用, 著者：林螢光,
出版者：全華科技圖書有限公司, 出版日期：中華民國 89 年 4 月。
- [12].書名：精選類比實用電路集, 著者：蘇奕肇
出版者：全華科技圖書有限公司, 出版日期：中華民國 85 年 7 月。

- [13].書名：高頻電路設計技術，著者：王捷輝、苗福偉、黃忠英，
出版者：全華科技圖書有限公司，出版日期：中華民國 84 年 12 月。
- [14].書名：高頻電路設計與製作，著者：鈴木憲次，
出版者：全華科技圖書有限公司，出版日期：中華民國 84 年 9 月。
- [15].書名：LabVIEW 基礎篇，著者：Lisa K. Wells, and Jeffrey Travis,
出版者：高立圖書有限公司，出版日期：中華民國 87 年 9 月 30 日。
- [16].書名：LabVIEW 進階篇，著者：蕭子健、儲昭偉、王智昱，
出版者：高立圖書有限公司，出版日期：中華民國 88 年 6 月 10 日。