

# 一、實驗方法與架設

## 1.1 儀器介紹

### 1.1.1 隨機訊號產生器

由於實驗上無法產生真正的隨機訊號，只能使用偽隨機訊號產生器 (Pseudo Random Bit Sequence, PRBS)，儀器型號為 Anritsu 的 MP1763C，可以產生 0.5 至 12.5 Gb/s 的訊號。偽隨機訊號實際上為週期訊號，會重複出現特定的隨機序列，其週期可以調整，為了達到最接近隨機的效果，我們選擇使用最長的隨機序列，一個週期內共有  $2^{31} - 1$  的隨機位元。

我們實驗上實際使用的頻率為 10 GHz（或 10 Gb/s），每秒能產生  $10 \times 10^9$  個隨機位元，以示波器去測量該訊號的眼圖 (eye diagram) 則可以知道訊號的品質，量測結果如下：

# 待放圖片

圖 1.1: 隨機訊號眼圖

可見實際訊號與理論（圖）有蠻大的差異，有著相對大的上升與下降時間，圖形上下也不太對稱，這都會影響到展頻與壓縮的效果，造成實驗與理論的誤差。

### 1.1.2 電光調製器

電光調製器 (Electro-Optic Modulator, EOM) 可使用電訊號對光進行調製，一般而言可以分成三種，分別為振幅、相位與偏振的調製，在我們的實驗中需要調製的是相位。使用的儀器為 EOSPACE 的 SN73717 與 SN73718，分別為頻譜的窄寬與壓縮用。

相位調制器由鈮酸鋰 ( $LiNbO_3$ ) 雙折射晶體製成，因泡克耳斯效應 (Pockels effect)，外加電場能線性的改變快軸上的折射率，進而達到改變相位的效果，且我們稱能將 45 度線偏旋轉至 -45 度的電壓為  $V_\pi$ 。

由上介紹可知，實際使用上需優化進光的偏振以及電訊號的振幅，以達到預期的相位調製效果。

我們使用半波片 (half-wave plate) 調整入射 EOM 偏振的方向，若偏振方向不對的話，調製效果會不佳，如圖，所以實驗上優化的方式，看著調製後的頻譜，將偏振調整到最接近理論模擬時的角度。

# 待放圖片

圖 1.2: 偏振角度不對

### 1.1.3 高頻電訊號放大器

由於我們使用的隨機訊號產生器僅能輸出 0.2 至  $2 V_{pp}$  的訊號，EOM 的  $V_{\pi}$  為 2.3 V，需再經過放大器才能提供足夠的電壓去進行相位調製。同樣的，也用示波器去測量眼圖，看放大後的訊號品質，如下圖

# 待放圖片

圖 1.3: 放大後的隨機訊號眼圖

由於兩台放大器連接 EOM 使用的 SMA 線的材質與長短不同，會有不一樣的頻率響應與耗損，使兩個訊號無法互補，這會對頻譜壓縮與還原的效果造成負面的影響。

### 1.1.4 法布立－培若干涉儀

古典光可以用法布立－培若 (Fabry-Perot) 干涉儀來掃出頻譜，我們使用的儀器為 THORLABS 的 (型號)，FSR 為 10 GHz。此干涉儀主體為一個共振腔，由兩面高反射率的鏡子所組成。當光垂直入射腔體時，須滿足以下共振條件的光才能會有建設性干涉，能透射共振腔：

$$2nL = m\lambda \quad (1.1)$$

$n$  為共振腔的折射率， $L$  為腔長，頻率與透射率做圖，其中  $\nu_F$  稱為 FSR (Free Spectrual Range)，此參數決定了這個干涉儀適用的掃頻範圍

圍，調整腔長  $L$  的大小能改變允許透射的頻率，所以若在其中一面鏡子黏上 Piezo，輸入電壓即可微調腔長，達到掃頻的效果。

# 待放圖片

圖 1.4: Fabry-Perot 干涉儀透射頻率

此外，另一個重要的參數為  $F$  (Finesse)，為精細度，定義如下：

$$F = \frac{\pi R^{1/2}}{1 - R} \quad (1.2)$$

掃頻的解析度  $\delta\lambda$  與  $F$  成反比，所以鏡面反射率越高，解析度越好，此次實驗使用的干涉儀解析度約為 30 MHz。

## 1.1.5 Etalon 干涉儀

與 Fabry-Perot 干涉儀為相同的原理，只是共振腔使用的鏡子反射率較低，所以線寬較大（約為 60 MHz），若固定腔長  $L$ ，則可做為濾波器使用，僅讓頻率寬度在 60MHz 這區間內的光通過，中心頻率則可以由溫度  $T$  改變腔長  $L(T)$  來調整。

補上型號，確定共振腔的物質，與偏振的關係

## 1.2 單光子光源製備

雙光子的產生機制為 SPDC，入射一道波長 397.5 奈米的藍光雷射進入 PPKTP 晶體，產生 Type-II 的時間 - 能量糾纏光子對，波長為 795 奈米。實驗上會讓雙光子對經過 PBS 分光，做  $G^2(\tau)$  的測量。

若調整入射光的頻率與 PPKTP 晶體的溫度，則可改變單光子的頻率。

G2 簡介與放上 G2 圖

## 1.3 光路架設

### 1.3.1 古典光量測

古典光源為 Toptica 的半導體雷射，可產生波長 795 nm 的窄頻雷射。

#### 1.3.1.1 雷射頻譜量測

測量雷射頻譜的架設如圖，在兩台 EOM 都關閉的狀況，可以用 Fabry-Perot 掃出入射光頻譜。只開啟第一台 EOM 可以看到頻譜被展寬；兩台 EOM 同時開啟時能將頻譜壓窄。

設光行經兩台 EOM 的時間差為  $\Delta t_p$ ，兩個電訊號抵達 EOM 的時間差為  $\Delta t_{RF}$ ，只有在  $\Delta t_p = \Delta t_{RF}$  時才能對光進行反向的調製，所以要在其中一邊的電路放上電訊號相位延遲器 (型號) 以調整  $\Delta t_{RF}$ 。

# 待放圖片

圖 1.5: 雷射頻譜量測光路圖

## 1.3.1.2 鉀原子吸收譜量測

若要測量鉀原子的吸收譜，則要把光路加上鉀原子氣體館，如圖：

# 待放圖片

圖 1.6: 原子吸收譜量測光路圖

## 1.3.2 單光子量測

單光子量測的實驗架設如圖：

雙光子在產生出來後會先進 PBS 將訊號分為 signal 和 idler，以 idler 做為觸發訊號，讓 signal 經過 EOM 進行相位的調製。由於單光子無法用 Fabry-Perot 掃頻，所以要在光路的最後加上 Etalon，只允許 60MHz 內的光通過，用來確定被壓縮回來的頻寬有在 60 MHz 之內。

# 待放圖片

圖 1.7: 單光子量測光路圖