

一、實驗結果與討論

1.1 相位調製對光強的影響

我們先以兩種方式去確認相位調製對光強的影響，第一種是用功率計 (power meter)，去分別測量兩台 EOM 都開啟與關閉時的光強，再將兩個數值相除得到變化率；另一種方法是透過 Fabry-Perot 測量頻譜，比較相位調製前後的總面積大小，測量結果如下。

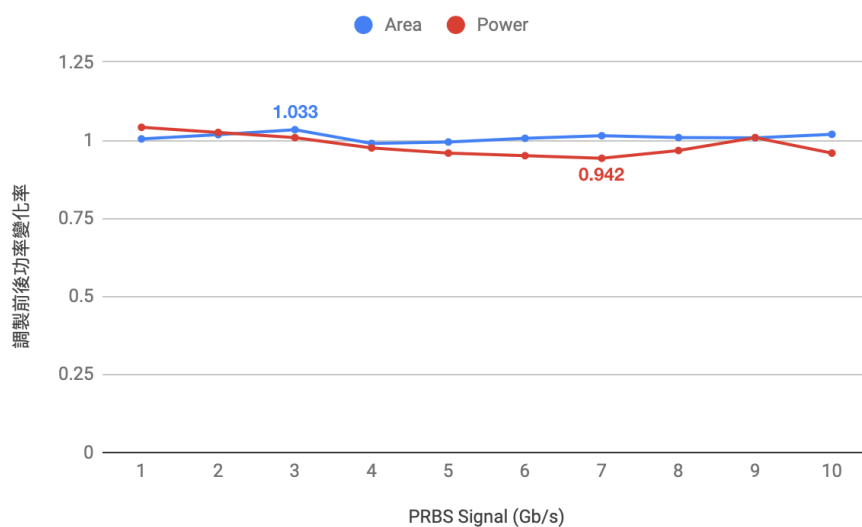


圖 1.1: EOM 開啟前後之功率變化率

從隨機訊號 1 Gb/s 到 10 Gb/s 的調製，看不出有特定的變化趨勢，可見展頻與壓縮只會影響頻率的分佈，不會明顯改變光強度。

1.2 古典光量測

1.2.1 展頻與壓縮

此實驗部分的實驗使用（光路圖）的架設，若只開啟第一台 EOM，在 10 Gb/s 隨機訊號的調製下可將窄頻雷射光的頻譜展至 10 GHz 寬，但由於我們的使用的 Fabry-Perot FSR 僅 10 GHz，無法涵蓋完整的頻率區間，要想掃出完整展開的頻譜需使用 FSR 20 GHz 以上的才能看到，所以下面會先用 2 Gb/s 的訊號來測試，展頻的結果是否符合理論模擬。

1.2.1.1 入射光之頻譜

在兩台 EOM 都關閉的情況下，可以測到波長 795 nm 窄頻雷射的頻譜，結果如下圖，以此 Fabry-Perot 的解析度掃出的雷射頻寬約為 30 MHz。

待放圖片

圖 1.2: 窄頻雷射頻譜

1.2.1.2 5 Gb/s 隨機訊號之相位調製

先以 5 Gb/s 隨機訊號進行相位調製，只開啟第一台能將頻譜展至 $\pm 5\text{GHz}$ ，如下圖。

待放圖片

圖 1.3: 5 Gb/s 訊號之展頻頻譜

頻譜的形狀大致上與理論相符，但在 $\pm 5\text{GHz}$ 的位置有一個突起的訊號，這是由於隨機訊號的上升與下降時間不夠快所致，若在數值模擬中把隨機訊號加上約 30 ps 的上升與下降時間（如圖），則會出現類似的結果，如圖：

待放圖片 待放圖片

(a) caption_1

(b) caption_2

此外，還可看出該頻譜的包絡線有週期振盪的訊號，其原因為我們使用的隨機訊號實際上是個重複出現的週期訊號，每個週期有 $2^{31} - 1$ 個位元，若把單位週期的位元數調為 $2^{15} - 1$ 做可看到週期更小的震盪週期，如圖：

待放圖片 待放圖片

(a) caption_1

(b) caption_2

當兩台 EOM 同時開啟時，理論上要能將展寬的頻譜還原成調製前的狀態，但從（圖）的實驗結果可以看出，壓縮回來的頻寬較寬，若只計算中心頻率甫進 500 MHz 的頻率區間，與調製前的強度相比僅 70%，造成壓縮效果不佳的可能原因為兩個隨機訊號的形狀不同，上下也不夠對稱，導致無法將相位做反向的調製，使訊號完美還原成最初的狀態。

1.2.1.2.1 10 Gb/s 隨機訊號之相位調製

1.2.2 鉀原子吸收譜

為了確定相位調製對於鉀原子吸收的影響，我們調整入射光的頻率，掃出整個吸收譜，如下圖黑線。接著將第一台相位調製器打開，將頻寬從 30MHz 調至 10GHz，結果如上圖藍線，可見頻譜展寬之後，光能大部分透射鉀原子氣體不被吸收。若同時將兩台開啟，則能再次看到光被吸收，但吸收率卻明顯降低，原因如上一小節所述，可能為訊號不夠好影響壓縮品質所致。

1.3 單光子量測

1.3.1 展頻與壓縮

以（光路圖）的架設，先不要放 ^{87}Rb 原子氣體管，讓單光子直接通過 60 MHz 寬的 Etalon 濾波器。若兩台相位調製器都沒開的話，窄頻的單光子能完全通過， $G^2(\tau)$ 的量測結果如圖。此時若開啟第一台相位調製器，將頻譜展至 10 GHz 寬，則量子光僅有極低的機率能通過 Etalon，如圖。若將兩台相位調製器都開啟，互補的隨機訊號能互相抵銷相位的變化，使頻譜還原至窄頻，如此就能再次通過 Etalon，如圖。

1.3.2 ^{87}Rb 吸收

同上一小節的光路架設，但把 ^{87}Rb 原子氣體管放回光路上。兩台相位調製器都不開的話，單光子幾乎全部被吸收，如圖。若開啟第一台相位調製器將單光子頻譜展寬，雖光子能幾乎不被吸收，但由於 Etalon 的過濾，探測器仍測不太到光子。若將第二台相位調製器也開啟，則能把單光子的頻譜壓縮，再通過 Etalon，如圖。

單獨將圖與圖拿出來比較如下，同樣是測量展頻再壓縮回來的光，有測量