

行政院國家科學委員會專題研究計畫 期中進度報告

光電式同調連續波 THz 輻射束及其應用之研究(1/3)

計畫類別：個別型計畫

計畫編號：NSC91-2215-E-009-063-

執行期間：91年08月01日至92年07月31日

執行單位：國立交通大學光電工程研究所

計畫主持人：潘犀靈

報告類型：精簡報告

報告附件：出席國際會議研究心得報告及發表論文

處理方式：本計畫可公開查詢

中 華 民 國 92 年 5 月 21 日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫

成果報告 期中進度報告

光電式同調連續波 THz 輻射束及其應用之研究(1/3)

Optoelectronic Generation of CW Coherent THz Radiation and Applications

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 91-2215-E-009-063

執行期間： 91 年 08 月 01 日至 92 年 07 月 31 日

計畫主持人：潘犀靈 教授

共同主持人：趙如蘋 教授

孫啟光 教授

計畫參與人員：劉子安、郭威宏、林世軒

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：國立交通大學光電工程研究所

中 華 民 國 91 年 05 月 21 日

一·前言：

有鑒於高效率,寬頻可調之連續波 THz 輻射器已成為下一世代 THz 感測,通訊,顯像等應用不可或缺的前瞻組件,我們將建立一個緊緻(~幾公分見方大小)室溫狀態下同調 THz 輻射源與偵測器,預期輸出輻射功率達 1mW 等級,可調頻寬達 10THz

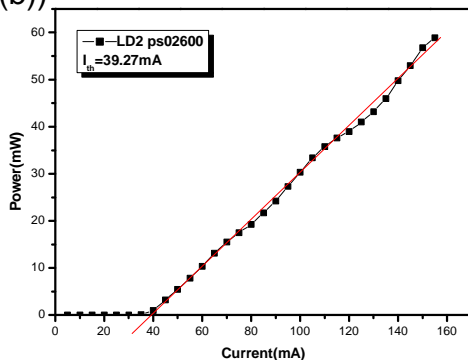
二·工作進度：

本計劃本年度進行中的工作包括：

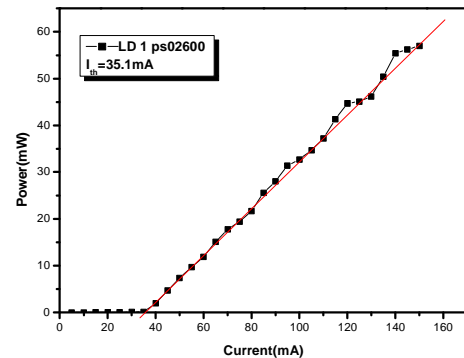
1. 雙波長雷射系統

我們將採用光激發的方式產生 THz 輻射. 為了產生連續波窄頻(~<1GHz)可調(0~幾個 THz)之 THz 輻射源,我們需要建立一個緊緻且連續波雙波長可調的雷射系統來激發. 並以光混頻的機制來產生 THz 輻射. 而此雙波長雷射亦需有夠高的功率,頻率穩定,高同調性(窄頻寬),寬的波長調整範圍等特性

因此我們找了兩顆 DBR 雷射, 波長約在 785nm, 最高功率為 50mW(圖一(a),(b))。

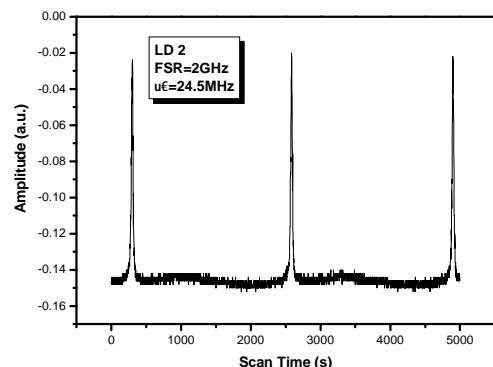
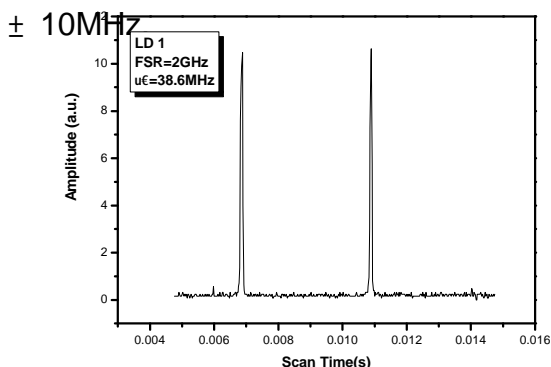


圖一(a). LD 1 的 L-I curve



圖一(b).LD 2 的 L-I curve

此兩顆雷射的線寬從 Fabry-Perot 的量測,可知約為 38.6MHz 及 26.5MHz(圖二(a),(b)). 而兩顆雷射間的頻率相對漂移量約為 ± 50 MHz. 而經過穩頻後,可達約

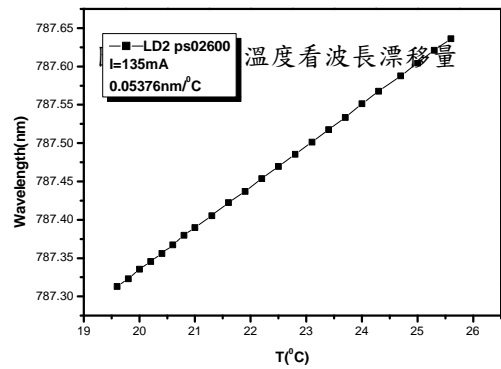
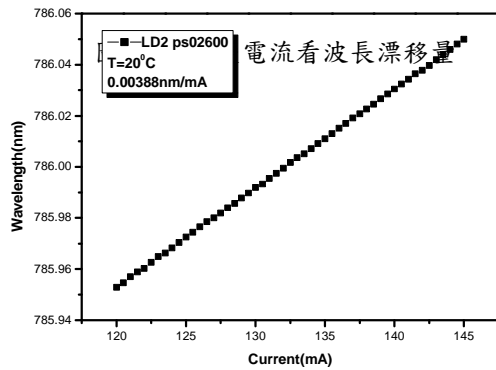
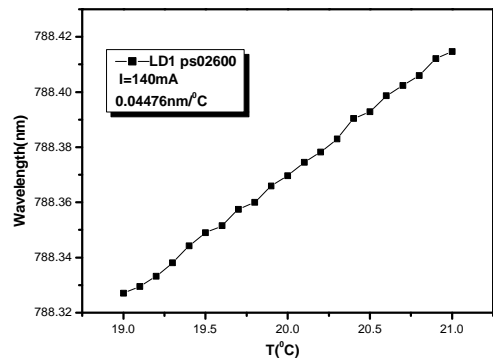
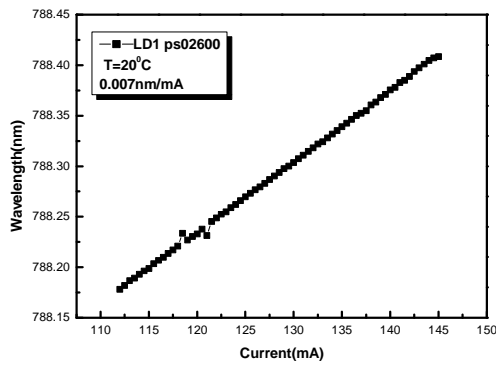


± 10 MHz

圖二(a).LD 1 的 F-P 量測

圖二(b). LD 2 的 F-P 量測

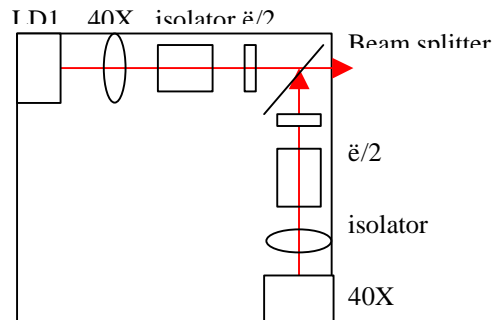
利用控制雷射的操作溫度及電流，可以微調兩顆雷射的中心波長(圖三(a),(b),(c),(d))，當電流操作在約 130mA，溫度約在 19°C 時，兩顆雷射的波長差可調範圍約為 0~2nm。



圖三(c).改變電流看波長漂移量

圖三(d).改變溫度看波長漂移量

兩顆雷射的架法如圖四所示，將兩顆雷射由 40X 的物鏡聚焦後，再經過光束阻隔器防止反射，及用半波片使得光打到分光片時偏振方向一樣。



圖四.雷射光源的架設裝置圖

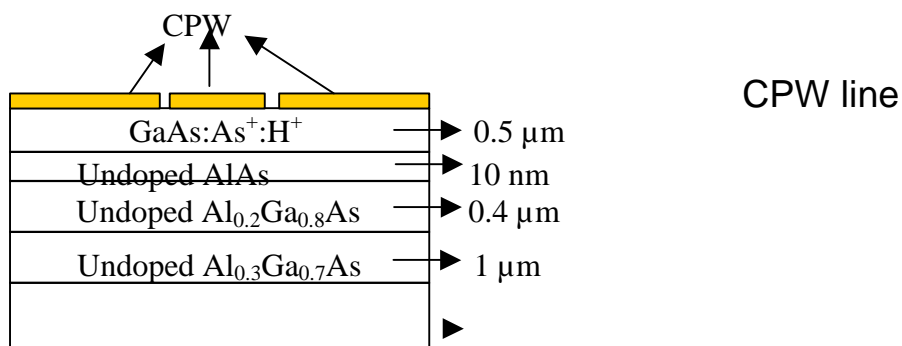
因此我們已建立雙波長雷射系統並檢查產生頻率可調 THz 輻射產生與量測系統。實驗所用的雷射功率約 50mW，頻寬約 20~30MHz，以調整溫度或電流的方法,預期可調的雙波長差約 0~2nm 相當於 0~1THz. 此種架構已可初步拿來產生 CW THz 輻射.

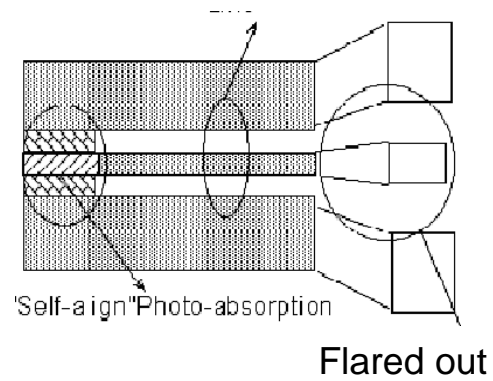
2. THz Photomixer 的研製

在 THz 輻射產生器方面，我們將如上的雙波長雷射打入光導元件(THz photomixer)，產生混頻之 THz 頻率電流，並藉天線結構輻射到自由空間. 我們將研究兩種 THz 輻射器:一種是著重在 THz 頻寬的光偵測器上(type I)，一種是著重在輻射架構上(type I).

2a. Type I THz photomixer:

我們將製作半導體-金屬-半導體 行進波光偵測器(MSM TWPD) 與 slot antenna 結合的微米 THz 輻射產生元件，因 MSM TWPD 之吸收深度深(因為是側向激發)有偵測效率高,頻寬寬等優點, MSM TWPD 的結構如圖五所示:

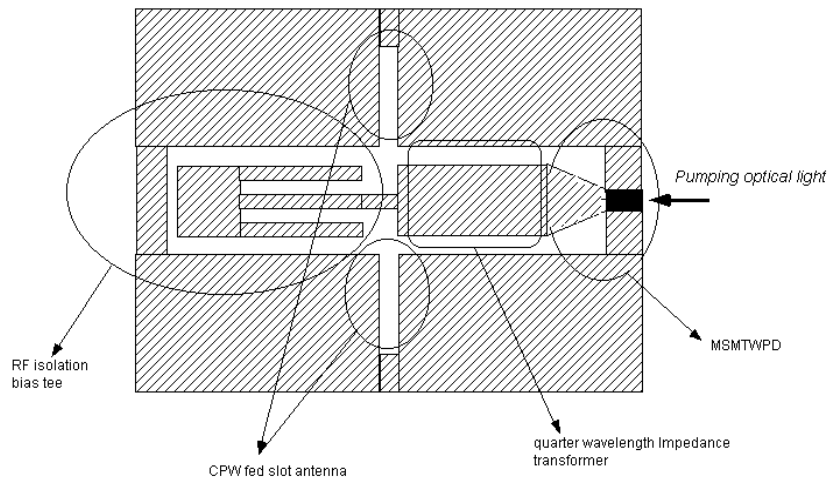




(a) (b)
圖五 MSM TWPD 之(a)側視與(b)俯視圖

其中(a) 部份已幾乎完成,剩下最上層之砷離子加質子之離子佈值與退火製程,因質子質量較輕,可打入較深的區域,增加超短生命期載子的深度,改善只有用砷離子佈值做 TWPD 層度較薄的問題. 接著即可送到台大做元件, 然後再與 slot antenna 結合做成 THz 輻射源

而台大亦做同上的元件結構, 但最上層 0.5um 改為 LT- GaAs. 已完成 MSM TWPD 結構, 並與 slot antenna 結合, 成為一個 THz emitter, 結構如圖六所示



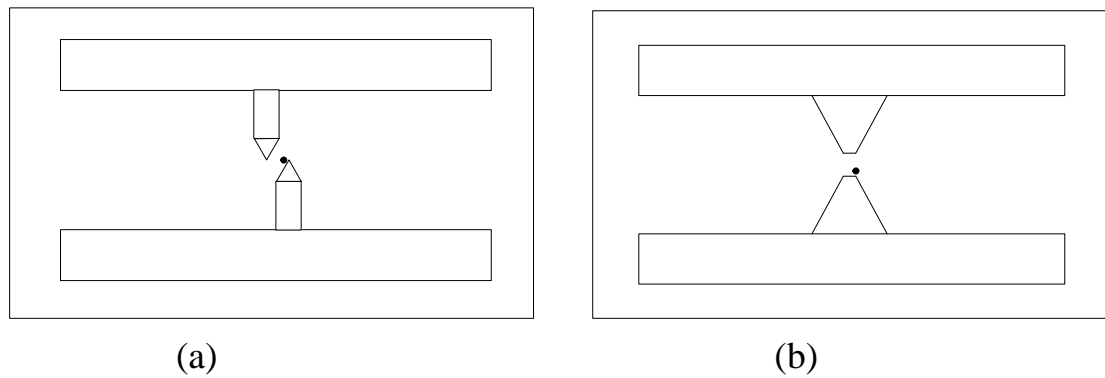
圖六 結合 MSM TWPD 與 slot antenna 之高效率 THz 輻射源

接下來就要用我們的雙波長雷射激發此元件,觀察產生 THz 輻射之特性,並可用光纖通訊波段(~155nm)為激發光源, 將來將通訊光源與 MSM-TWPD 用半導體製成做在一起,形成一個更緊緻的 CW THz 輻射源系統

2b. Type II THz photomixer:

第二種光混頻器為一般的 THz 光導輻射器. 我們將製作超高頻寬,高輻射增益的 dipole antenna , sharp and laterally offset electrode antenna 與 bow tie antenna , 結構

如圖七所示:



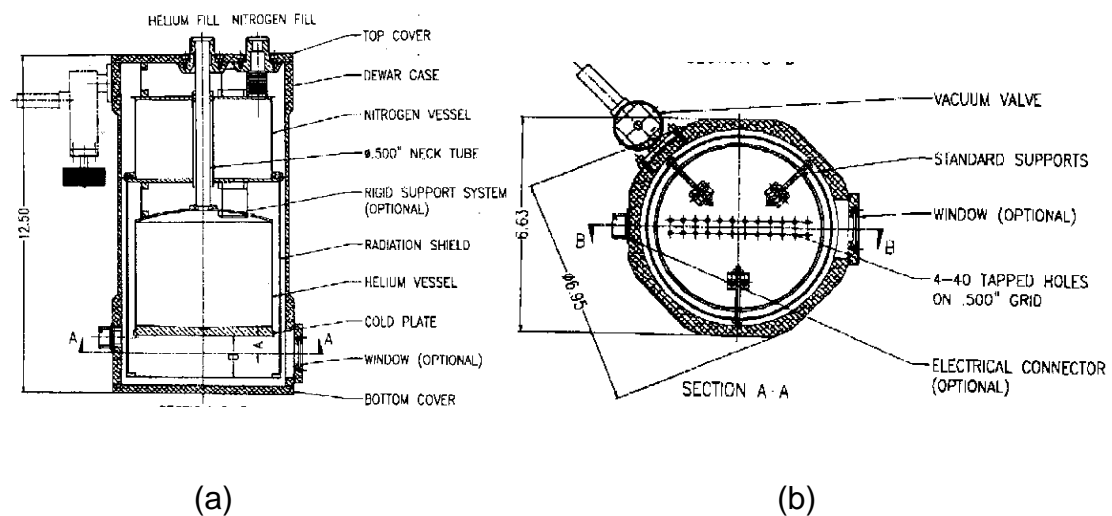
圖七 (a) sharp and laterally offset electrode dipole 與 (b) bow tie 之天線結構

我們設計以上的天線結構, gap~5um, 天線長度 30um, 雙波長雷射光強聚焦(用 40 倍物鏡)在正極附近使其效率提高. 基版材料仍為砷離子加質子之離子佈值砷化鎵. 如今材料已完成, 剩下做元件部分. 如果完成將可產生高功率的 THz 輻射

3. Device Characterization and Diagnostics

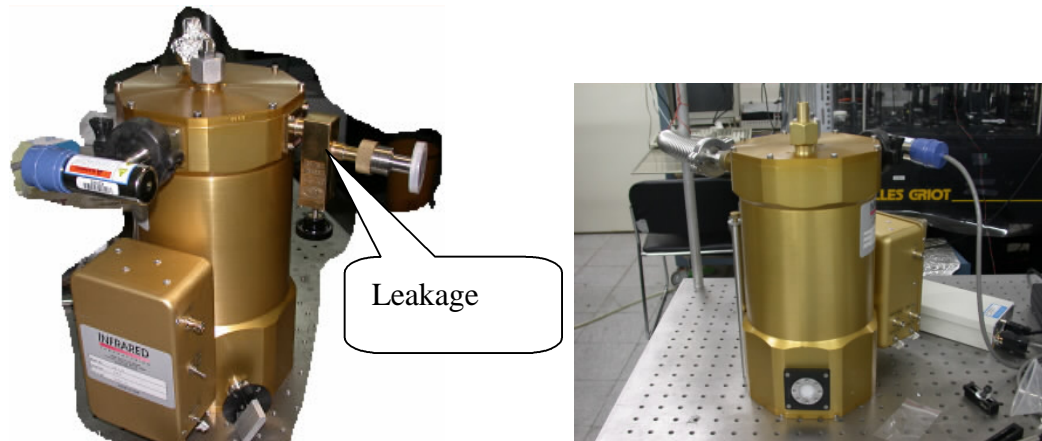
3a Bolometer

在偵測元件特性方面, 我們為了量測元件光激發後產生的 THz 輻射功率, 已購買一個熱偵測器(Composite Si Bolometer), 示意圖如圖八



(a)

(b)



(c)

圖八 Composite Si Bolometer 示意圖(a) 側視圖,(b)俯視圖, (c)實體照片

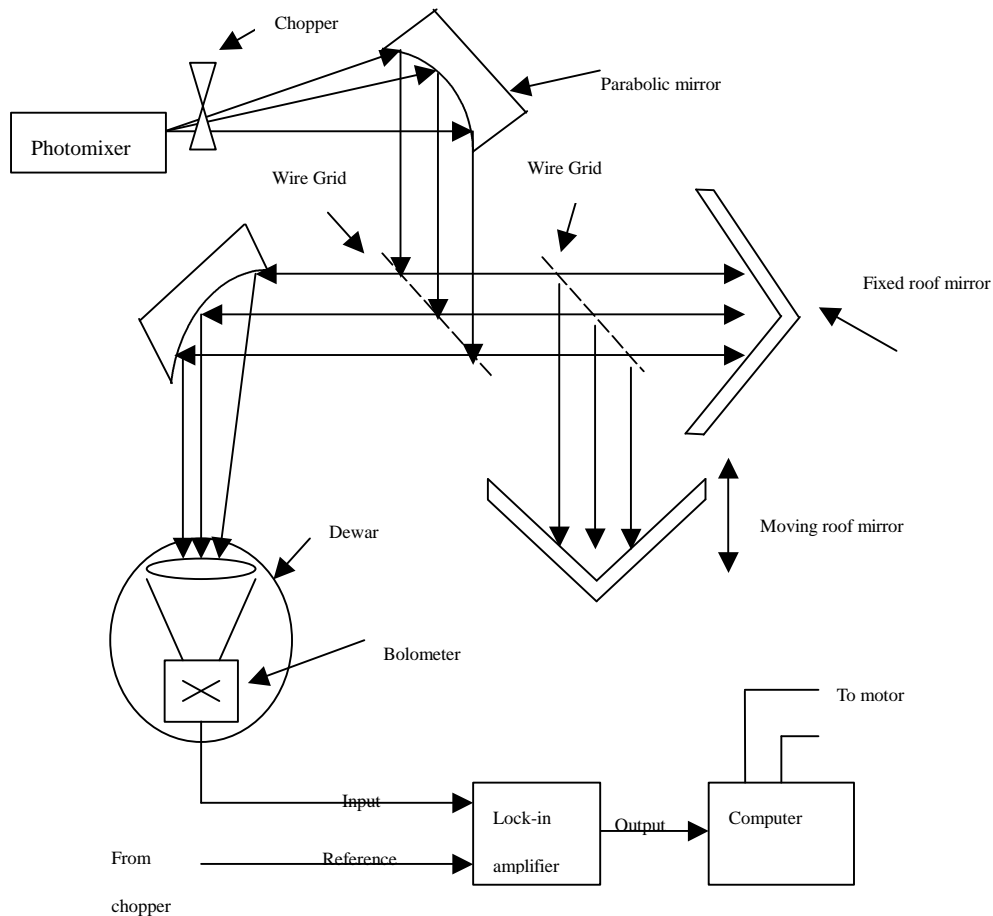
實體照片(右)中下面白色孔為偵測器之 Teflon window.

此偵測器規格為：頻率響應： $2\mu\text{m}\sim 5000\mu\text{m}$ ($\leftrightarrow 0.06\text{THz}\sim 150\text{THz}$), 需工作溫度： $0.3\text{K}\sim 4.2\text{K}$. 增益(gain): $1.6\times 10^{-5}\text{ W/K}$, 組抗: 10M ohm , 靈敏度: $S=2.5\times 10^5\text{ V/W}$, 雜訊功率(NEP)= $1.23\times 10^{-13}\text{ W/Hz}^{1/2}$,

目前經測試結果發現在抽真空時有漏氣的現象, 已測漏儀檢測發現上圖(c)箭頭所指處有漏氣, 因此叫廠商換一個, 現在貨已到, 正在測試中. 如果完成真空測試後, 進一步灌液氮與液氮冷卻偵測器溫度到 4.2K , 即可測量 THz 輻射之功率

3b. FTIR

為了量測高同調性的 THz 輻射波形以及實現材料的全譜量測, 我們將架設一個以 Martin-Puplett 偏振式干涉儀為基本架構的傅立葉轉換遠紅外光譜儀(FTIR), 系統如圖九所示:



圖九 傅立葉轉換遠紅外光譜儀(FTIR) THz 輻射干涉儀系統 (Martin Puplett 架構)

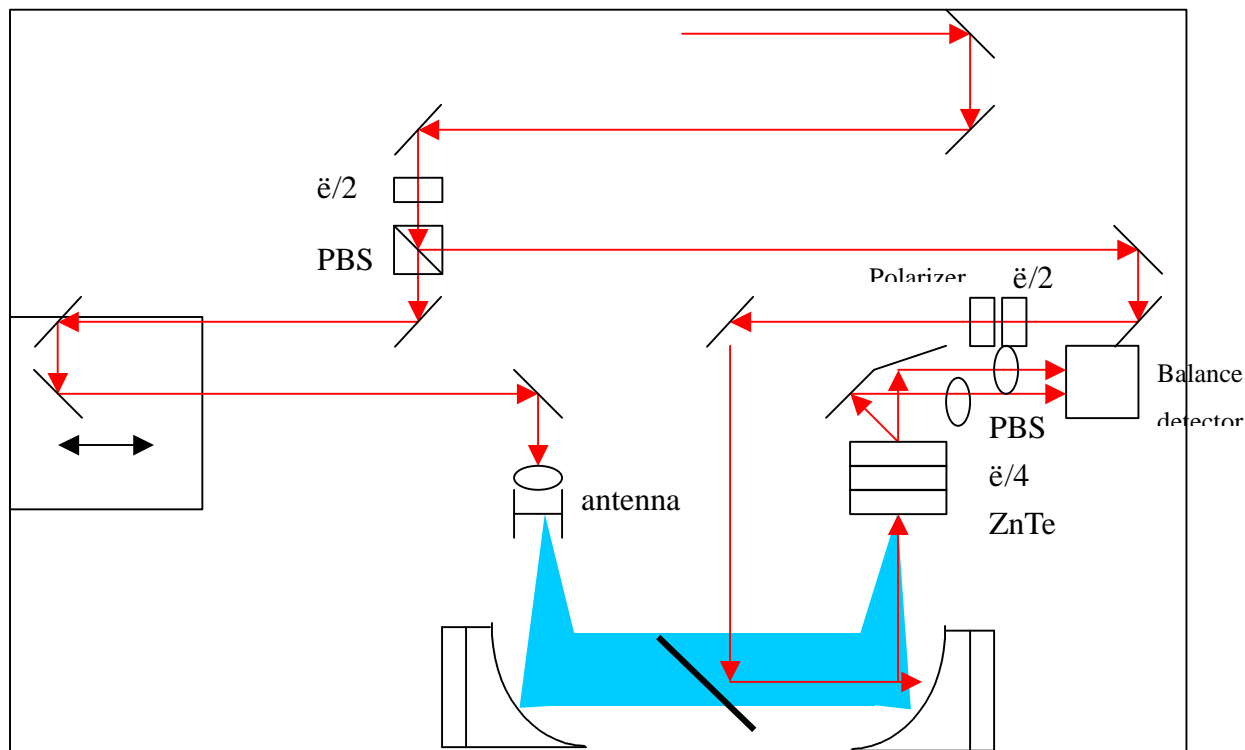
其規格為：頻寬由 wire grid beam splitter 線距 12.5um 限制, =>60GHz~18THz. 解析度由移動平台總長決定: 30cm=>500MHz, (而移動平台一步距 5um=>可達 30THz 之頻寬)

目前大致上的組件都已具備, 正在架設當中. 完成後將可直接量測 THz 的頻譜及一些在 THz 波段材料的分子光譜(因 THz 頻寬夠窄)

4. CW THz 量測與應用

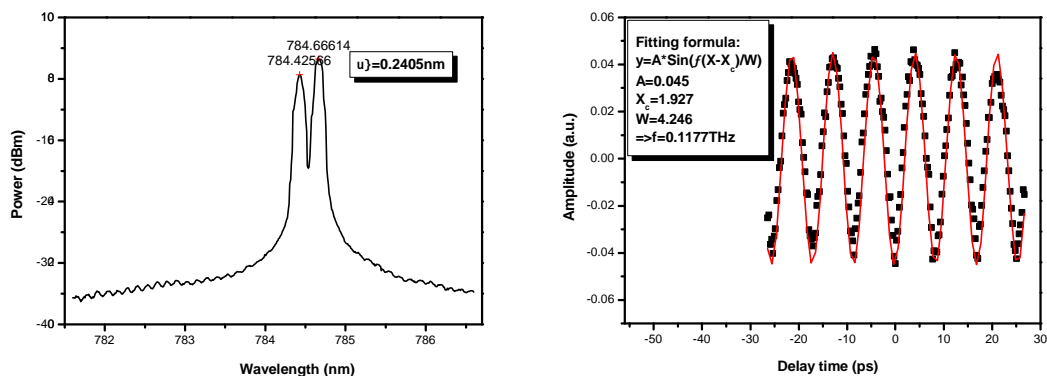
我們實驗室本已有一套同調整光量測系統來偵測寬頻 THz 輻射, 我們將先用此系統來量測雙波長混頻後的 THz 輻射訊號. THz 產生量測系統的架構如圖十所示, 將雷射光經過 PBS 後分成兩束, 激發光束通過一個 delay stage 後, 打到天線上, 天線所發出的 THz 經過聚焦後打到 ZnTe 晶體上, 再用另一束 probe beam 探測, 之後再分成兩束由 balance detector 接收, 再接到 lock-in amplifier

讀取數據。



圖十. THz 產生量測 系統的架構圖

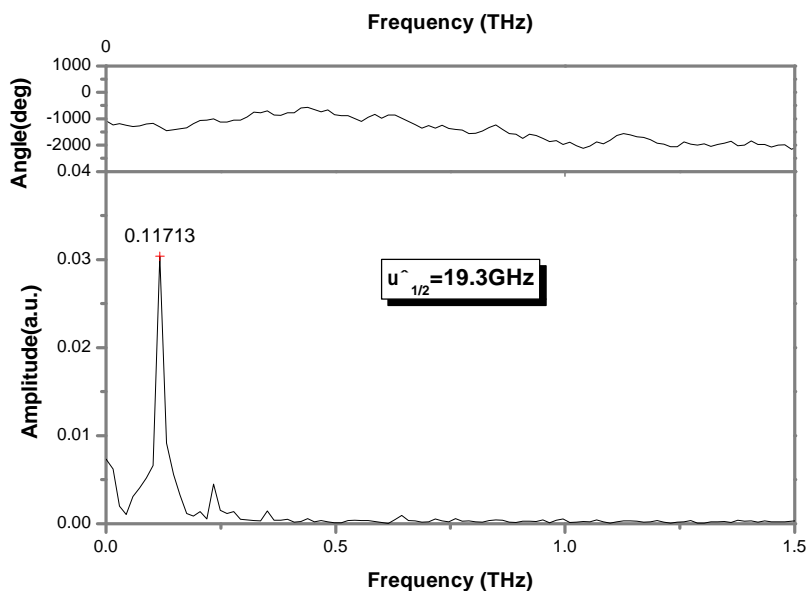
首先讓光源打進 THz 產生量測系統，並把天線拿掉，直接讓兩束光束打到 balance detector，量測這兩顆雷射的相干長度，圖十一(a)是這兩顆雷射的光譜圖，波長差 0.24nm(相當於 0.117THz)，圖十一(b)是所量到的干涉圖形，fit 出來的結果週期是 0.117THz，與光譜儀的計算結果相等。



圖十一(a).兩顆雷射的光譜圖

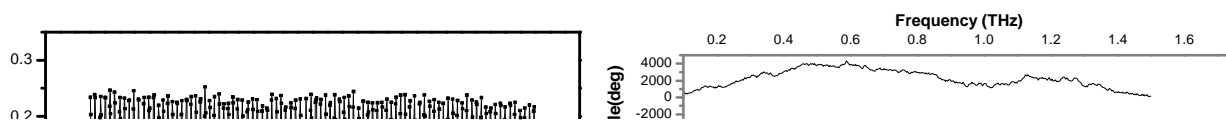
圖十一(b).量測到的干涉條紋

若將干涉條紋經過富利葉轉換後，可以看到所對應的頻譜，從圖十一(c)中可以看到其頻寬約 19.3GHz，會這麼寬是因為所取的干涉條紋太短，所以解析度不夠(約 16GHz)。



圖十一(c) 將干涉條紋做 FFT 之後的結果

因為目前設備能推的最大長度只有約 50mm(解析度 6GHz)，所以在這範圍

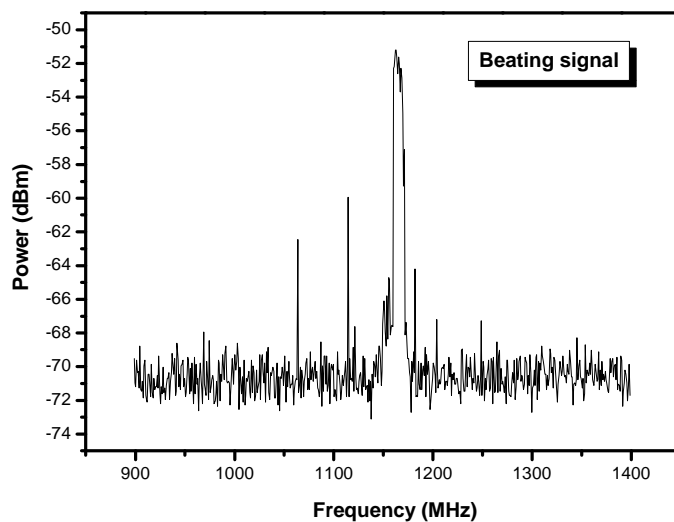


內，所看到的干涉條紋如圖十二所示，其富利葉轉換後所看到的頻寬為 9.66GHz，由干涉條紋可知，這兩顆雷射的同調長度超過 50mm。

圖十二(a).兩顆雷射的干涉條紋

圖十二(b).將干涉條紋 FFT 的結果

將兩雷射光波長差調到很接近後，打到天線，觀察天線上所產生光混頻的電訊號，實驗所用的天線是砷離子佈值砷化鎵光導 dipole antenna，gap 是 5 μ m，將其光電流訊號直接接到頻譜分析儀來觀察，其光混頻的訊號如圖十三所示，因為此時雷射系統沒有穩頻的設計，所以光混頻的訊號跳動的很快，但是這些變化對 THz 而言只是千分之一的變化，穩定性還算好。



圖十三.經過天線的 beating 訊號

因此我們已成功的利用干涉的方法量測到雙波長之干涉的圖形，可調到約 1THz。在移動 50mm(解析度~6GHz)的範圍內，看到干涉條紋的 modulation depth 沒有下降的趨勢，所以此兩顆雷射的同調長度遠大於 50mm。而由較低頻的光混頻訊號也可藉由量測天線上的光電流得知，訊號約比雜訊(SMSR)高 20dB。我們確定有混頻訊號後,接著即將由量測系統觀察混頻電流經天線所輻射出來的 THz 波形或頻譜。並作為 CW THz 輻射源診斷材料之介電係數與吸收係數在此頻率之特性。

總之我們現階段已初步完成雙波長干涉系統之架設,THz 輻射源的部分也幾乎完成而正在測試輻射特性, THz 偵測器(bolometer)與干涉儀也正在架設與測試中. 進度還算在掌控中.