

出國報告(出國類別：其他(開會))

光電半導體元件與系統應用關鍵計畫-紅外
線元件技術與應用技術
出國報告

服務機關：國防部軍備局中山科學研究院

姓名職稱：李大青 中校技正

派赴國家：澳洲

報告日期：民國 101 年 10 月 30 日

出國時間：民國 101 年 9 月 23 日至 9 月 30 日

國防部軍備局中山科學研究院出國報告建議事項處理表

| | | | |
|------|---|-----------|-----------------------------------|
| 報告名稱 | 光電半導體元件與系統應用關鍵計畫-紅外線元件技術與應用技術 出國報告 | | |
| 出國單位 | 第五研究所 | 出國人員級職/姓名 | 中校技正 / 李大青 |
| 公差地點 | 澳洲臥龍崗 | 出/返國日期 | <u>101.9.23</u> / <u>101.9.30</u> |
| 建議事項 | <p>本院面臨轉型時機，以往以國防科技為發展主軸，對於技術產品化、產品商業化之認知並不足夠，然而在近年來，各級長官耳提面命之督促下，逐漸與業界接觸並實際瞭解市場需求與客戶需要，以便在本院進行技術開發時不至於落入閉門造車的窘境。此次參加2012 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會，較為先進各國已有部分技術產品化，雖然功能上尚未達到可大量應用的階段，但已具有展示功能雛形。因此建議本所在開發關鍵技術的同時能針對未來應用產品可以同步設計，即使是雛形或是概念性的產品，都必須要有能夠實現產品的機會。因此本所開發長波紅外線關鍵組件同時，希望能結合應用廠商進行產品開發且快速切入需求，掌握市場動態，也可以藉由開發產品，瞭解其他配合技術的進展進而可以帶動周邊產業共創雙贏。</p> | | |
| 處理意見 | <p>可請本所產拓室協助本組之關鍵紅外線相關技術，規劃應用領域、情境或場合的產品，結合現有計畫資源以及業者快速開發產品的優勢，使本所在軍民通用的領域中，建立起有別於其他法人以元件或關鍵製程為主的差異化，塑造本院在軍民通用科技發展的優異形象。</p> | | |

國防部軍備局中山科學研究院
101年度出國報告審查表

| | | | |
|--------------|--|--------------|----------|
| 出國單位 | 第五研究所 | 出國人員 級職姓名 | 中校技正/李大青 |
| 單 位 | 審 查 意 見 | | 簽 章 |
| 一級單位 | 一、出國報告內容詳實，對現階段科專計畫執行以及建案規劃具有參考價值。 二、報告內容未涉及本院研發機密。 | | |
| 計 品 會 | | | |
| 保 防 安 全 處 | | | |
| 企 劃 處 | | | |
| 批 示 | | | |
| | | | |

國外公差人員出國報告主官（管）審查意見表

此行派遣李員參加澳洲臥龍崗大學舉辦之 2012 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會，除收集各國在紅外線-兆赫波發展的最新技術，如醫療檢測、元件製程技術、熱像成像技術等之外，更可以熟悉各國學業界對長波長電磁波的發展趨勢及應用範圍，而這些資訊對執行科專光電半導體計畫相當重要，此次所收集的資訊，不論是學界、研究機構或廠商等，對本計畫的執行有莫大的助益。報告中所提到之技術將請本所研究團隊考量，對本所的核心技術是否有進行產品化，提升產業競爭力以及未來可應用，以提供廣續技術發展與建案之規劃。



出國報告審核表

| | | |
|--|--|---------------------|
| 出國報告名稱：光電半導體元件與系統應用關鍵計畫-紅外線元件技術與應用技術出國報告 | | |
| 出國人姓名（2人以上，以1人為代表） | 職稱 | 服務單位 |
| 李大青 | 中校技正 | 國防部軍備局中山科學研究院 |
| 出國類別 | <input type="checkbox"/> 考察 <input type="checkbox"/> 進修 <input type="checkbox"/> 研究 <input type="checkbox"/> 實習 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>開會</u> （例如國際會議、國際比賽、業務接洽等） | |
| 出國期間：101年9月23日至101年9月30日 | | 報告繳交日期：101年 10月 30日 |
| 計畫主辦機關審核意見 | <input type="checkbox"/> 1.依限繳交出國報告 <input type="checkbox"/> 2.格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3.無抄襲相關出國報告 <input type="checkbox"/> 4.內容充實完備 <input type="checkbox"/> 5.建議具參考價值 <input type="checkbox"/> 6.送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 7.送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 8.退回補正，原因： <input type="checkbox"/> 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 <input type="checkbox"/> 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 <input type="checkbox"/> 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 <input type="checkbox"/> 電子檔案未依格式辦理 <input type="checkbox"/> 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： <input type="checkbox"/> 辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。 <input type="checkbox"/> 於本機關業務會報提出報告 <input checked="" type="checkbox"/> 其他 <u>本報告已於10月12日辦理知識分享</u> <input checked="" type="checkbox"/> 10.其他處理意見及方式：報告內容不涉機敏，資訊可公開。 敬會 保防官及保防督導官 | |
| | 保防官 | 保防督導官 |
| 審核人 | 出國人員 | 初審 |
| | | 機關首長或其授權人員 |

說明：

- 一、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 二、審核作業應儘速完成，以不影響出國人員上傳出國報告至「政府出版資料回應網公務出國報告專區」為原則。

報 告 資 料 頁

| | | | |
|---|----------|---------------------------------|---------|
| 1. 報告編號： | 2. 出國類別： | 3. 完成日期： | 4. 總頁數： |
| CSIPW-101Z-H0007 | 其他(開會) | 101.10.30 | 22 |
| 5. 報告名稱：光電半導體元件與系統應用關鍵計畫-紅外線元件技術 與應用技術出國報告 | | | |
| 6. 核准 文號 | 人令文號 | 101.09.5 國人管理字第 1010011685 號 | |
| | 部令文號 | 101.8.29 國備科產字第 1010013075 號 | |
| 7. 經 費 | | 新台幣：71,863 元 | |
| 8. 出(返)國日期 | | 101.09.23 至 101.09.30 | |
| 9. 公 差 地 點 | | 澳洲臥龍崗(Wollongong) | |
| 10. 公 差 機 構 | | 臥龍崗大學(University of Wollongong) | |
| 11. 附 記 | | | |

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：光電半導體元件與系統應用關鍵計畫-紅外線元件技術與應用技術出國報告
頁數 22 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

國防部軍備局中山科學研究院/李大青/357073

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

李大青/國防部軍備局中山科學研究院/第五研究所/中校技正/357073

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他(開會)

出國期間： 出國地區：

101年9月23日至101年9月30日 澳洲

報告日期：

101年10月30日

分類號/目

關鍵詞：

紅外-兆赫波、紅外線影像、材料檢測。

內容摘要：(二百至三百字)

2012 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會是目前全球重要之紅外線-兆赫波研究成果發表會，研究主題從光源的製作、元件製程至影像成像之外，對於系統的零組件成本如何降低等亦有相當多技術的探討。而本文中則針對計畫所需的紅外線以及成像相關技術著墨較多，另外對廠商應用的產品亦介紹兩家大廠產品現況。由此次參訪心得，對照本院發展光電技術以及產品化的規劃，作為後續建案以及本院發展光電技術的參考。

目 次

| | |
|-------------|------|
| 壹、目的..... | (9) |
| 貳、過程..... | (10) |
| 參、心得..... | (21) |
| 肆、建議事項..... | (22) |

光電半導體元件與系統應用關鍵計畫-紅外線元件技術 與應用技術出國報告

壹、目的

本組執行經濟部科專計畫「光電半導體元件與系統應用關鍵計畫」,因此參加「2012 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會」,赴澳洲臥龍崗大學收集最新研究趨勢以及參展廠商市場脈動資訊,可作為本計畫後續應用規劃。本計畫「紅外線元件技術與應用技術」分項計畫,主要開發的內容為室溫紅外線影像,以商業用途如車輛安全、醫療等為主要應用領域,為了拓展應用領域,特地參加以長波長紅外線為主要應用領域之研討會,收集相關應用範圍以及發展技術,作為規劃參考。長波長之紅外線輻射介於遠紅外線及微波之間的電磁波,所以具有紅外線與微波的雙重功能,可穿透紙張或衣服等物質,作為非破壞性檢測的強力工具。IRMMW-THz 研討會是目前致力於長波長(紅外線、毫米波、兆赫波)最久以及最重要的國際研討會,研討會所涵蓋的應用範圍包括微米及奈米尺度結構觀察物理特性,到大尺度的加速器等,從能源、通訊、影像應用領域中探討物理特性、化學及材料性質。

此次研討會討論的議題相當廣泛,從生物、醫學、光學、材料、物理以及微觀的奈米現象等。主要包括下列議題:

1. 生物以及醫學應用;
2. 太空及大氣科學應用
3. 國土安全及國防應用
4. 工業應用
5. 氣體及液體分析光譜應用
6. 模組及分析技術
7. 未來及市場應用

因時間有限,因此將報告與計畫執行有相關之議題。

貳、過程

2012 年 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會於澳洲臥龍崗大學舉行，在五天的研討會中，共有數十位受邀貴賓、學者報告紅外線的最新領域及研究發展趨勢，另外亦有數十餘場研討會，研討會主題涵蓋生物、醫學應用、太空及大氣科學應用、國土安全及國防應用、工業應用氣體及液體分析光譜應用等多個技術議題。除此之外，參展廠商共計有 NEC、QMC、EKSPLA、Menlo Systems、NTT Electronics、SYNVIEW、emcore 等十餘家廠商參展，因此除了可得知長波長的最新技術外，亦可從廠商資訊中擷取市場趨勢的敏感進行分析。以下就針對此次研討會中，對技術逐一報告：

一、 大會資訊

今年舉辦之 2012 年 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會，為第 37 屆由位於新南威爾斯州的臥龍崗大學主辦，如圖一、二，五天中吸引近十餘家廠商和來自世界各地的紅外線及兆赫波研究單位及業者，展覽與會議並行舉辦，主辦單位提供了涵蓋紅外線及兆赫波領域的技術展示。雖然紅外線及兆赫波在相關領域中並不像其他光電產業的規模，但從參與研究單位皆是相當知名的大學，例如哈佛大學、馬里蘭大學、俄羅斯核子物理學院、京都大學、哥倫比亞大學、雪梨大學以及國內台灣大學及新竹清華大學、交通大學。其中中國大陸所發表的論文數，已超過數十篇，參與的人數亦相當多，這代表中國大陸的學、研界在兆赫波及紅外線領域重視的程度並不亞於我國。演講場次區分為大會演講者共有十場，主題從紅外線到兆赫波的工程應用、自旋特性、生醫研究、奈米尺度材料的微觀等，另外在每日的研討會中亦有數場的受邀學者發表技術的發展趨勢，其發表的議題則是更貼近技術的共通趨勢。



圖一 大會入口處



圖一 會場報到處

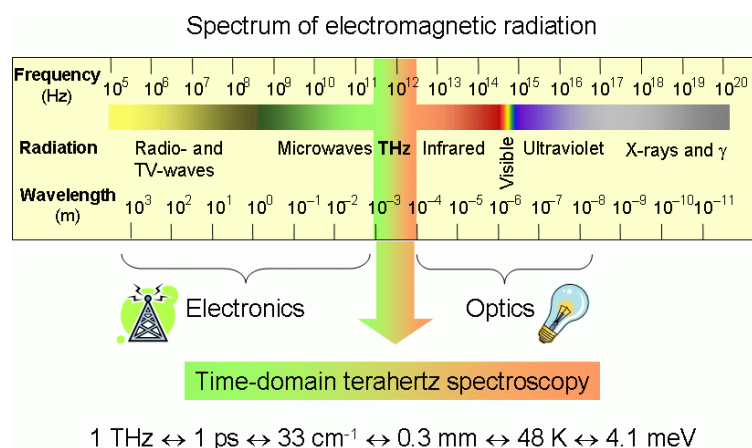
任務執行日程表

| 國防部軍備局中山科學研究院出國人員工作計畫表 | | | | | | |
|------------------------|----|----|-----|--------------------|---|-----------|
| 日期 | 星期 | 行程 | | 公差地點 | 工作項目 | 備考 |
| | | 出發 | 抵達 | | | |
| 101.09.23 | 日 | 桃園 | | | 去程 | 夜宿 |
| 101.09.24 | 一 | | 臥龍崗 | 澳洲 新南威爾斯 臥龍崗 | 1. 前往研討會場報到。 2. 參加紅外線在醫學應用會議，以及新型紅外線光源技術研討會。 | 夜宿 臥龍崗 |
| 101.09.25 | 二 | | | 澳洲 新南威爾斯 臥龍崗 | 1. 參加先進紅外線新型元件技術會議，做為計畫開發光源參考依據。 2. 參觀紅外線應用於工業及安全廠商展覽，蒐集最新產品之發展資訊。 | 夜宿 臥龍崗 |

| | | | | | |
|-----------|---|-----|--------------------|--|-----------|
| 101.09.26 | 三 | | 澳洲 新南威爾斯 臥龍崗 | 1. 參加研討會舉辦之活動。 3. 參觀主辦單位臥龍崗大學教學及研究設施。 | 夜宿 臥龍崗 |
| 101.09.27 | 四 | | 澳洲 新南威爾斯 臥龍崗 | 1. 參加紅外線技術在工業以及對固體研究應用技術研討會。 2. 參加研討新型元件技術會議，做為開發高解析度影像之參考。 3. 參觀紅外線影像等廠商展覽。 | 夜宿 臥龍崗 |
| 101.09.28 | 五 | | 澳洲 新南威爾斯 臥龍崗 | 1. 參加新型成像技術研討會議。 2. 參加紅外線對醫學及國防、安全等應用技術會議，有助計畫開發不同市場技術。 3. 綜合討論。 | 夜宿 臥龍崗 |
| 101.09.29 | 六 | 臥龍崗 | | 回程 | 夜宿 |
| 101.09.30 | 日 | | 桃園 | 回程 | |

二、 研討會議題

紅外線至微波波段，其頻率含蓋部分毫米波段(~0.1 THz)到遠紅外線區(~25 THz)的一段電磁頻譜，稱之為兆赫波(Tera Hertz)，如圖三。在物理的研究中，兆赫波是一個研究材料特性相當重要的一段頻譜；主要是因為許多材料特性的重要能階，如半導體中光激子(exciton)、施體(donor)及受體(acceptor)等之鍵結能(binding energy)等，都與兆赫波的能量相當，因此可以藉由兆赫波檢測相關材料特性。其他如電子-聲子散射、穿隧機制、分子的轉動或振動能階、大都與兆赫波區域重疊。而隨著高速資訊時代，元件操作頻率日益增加，也使得以兆赫波研究高速元件益形重要。發現兆赫波的應用領域雖具有重大意義，但是相關研究，卻受到波源及相關的元件開發的影響遲遲未能有快速進展，而紅外線-兆赫波段的研究及應用，推廣及應用上似乎不如預期，主要是因為欠缺穩定以及成本夠低的紅外線-兆赫波波源元件。因此研討會中有相當多的論文在探討如何產生穩定的遠紅外線之兆赫波。



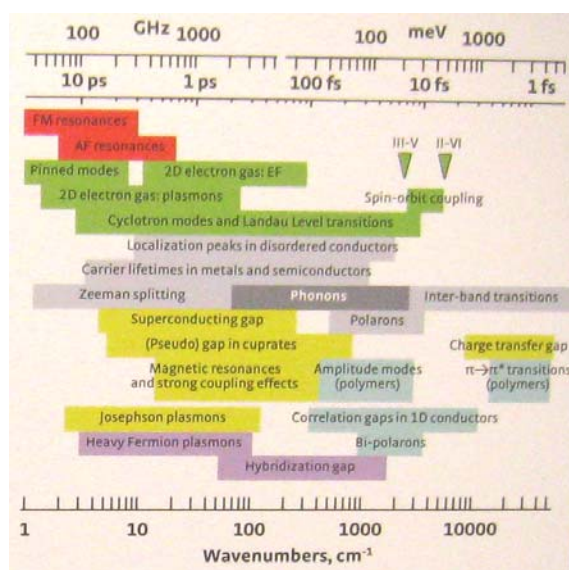
圖三 紅外線-兆赫波頻譜圖

若要成爲可以商業化的波源，必須能涵蓋所需頻譜、足夠功率以及可調性與穩定性，目前尚缺乏上述的有力產品。在電磁頻譜靠近紅外光的一邊，爲 1600K~2000K 之黑體輻射源，此類的輻射源可由近紅外至遠紅外邊有足夠強度，但信號的相干性 (coherence) 則不佳。在靠近微波之另一邊亦存有半導體及行波管等微波及毫米波波源，但介於此兩者之間的次毫米波段，則欠缺連續可調之振盪器。傳統上能包含兆赫頻譜之波源，首推自由電子雷射。但自由電子雷射雖具有高頻寬與高功率之優點，卻十分昂貴且難以維護，因此在普及性上十分欠缺。而以上這些方法皆無法用作高時間解析(即時間解析在 ps 以下，此爲一般凝態系統中散射或穿隧機制之典型時間尺度)時域量測的波源。因此兆赫波段動態時域量測，一直需等到兆赫輻射現象之發現後，才有長足的進步。

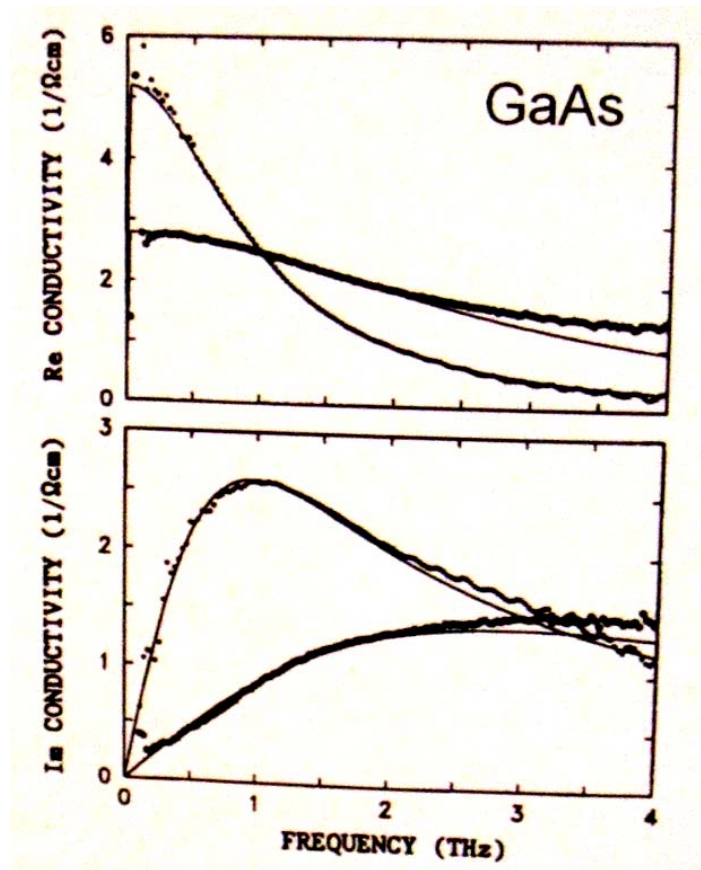
以下就分別針對這次研討會中最多討論的議題作報告，期望能拋磚引玉，作爲下階段思考方向以及建案規劃。

1. 對先進材料的檢測分析：

由於紅外線-兆赫波的能量在分子轉動以及自旋能量之間，因此對於部分的材料以及元件，將可監測到特殊的能量以及行爲，如圖四。例如對於電子在半導體材料內部的電子遷移率(mobility)傳輸行爲，尤其是與頻率有關時就顯得相當重要，由紅外線-兆赫波與材料內部的交互作用下，可以由 Fresnel 方程式與 Drude 模型將材料導電性進行模擬，以砷化鎵爲例可以得到近似霍爾效應(Hall effect)的結果如圖五。

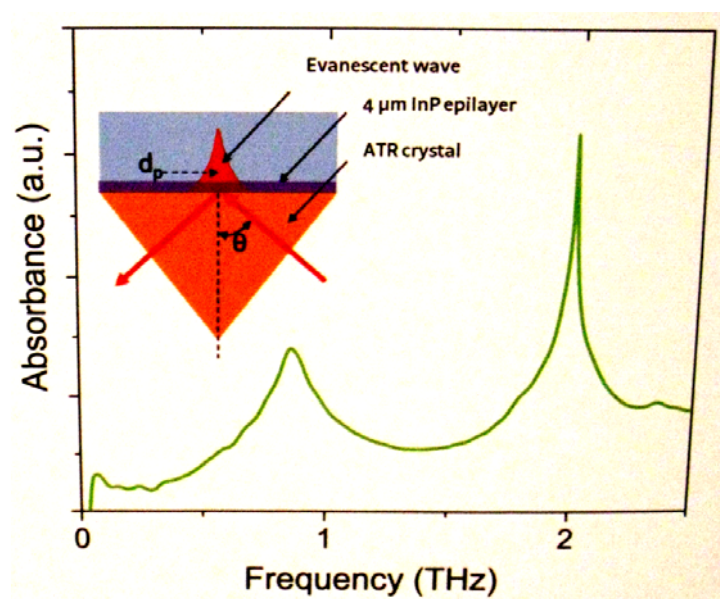


圖四 紅外線-兆赫波頻譜對應之材料及特性



圖五 砷化鎵材料之頻率與導電率關係圖

另外紅外線-兆赫波對於高導電率之大面積石墨烯(graphene)材料，在進行熱退火後的導電率亦可量測出近似 Drude 行爲的導電特性，可以依照紅外線-兆赫波的頻率而改變導電率，如圖六，這在半導體以摻雜物及濃度、位置而改變導電率特性的概念中，發現石墨烯可以運用紅外線-兆赫波頻率的變化改變電性的特性，將可以運用此特性應用在元件的開發。



圖六 石墨烯電子傳輸行為

紅外線-兆赫波對於 GaAs/AlGaAs 高遷移率電晶體在閘級的交流作用下，因為具有全電子式、室溫量測以及快速(<1 ns)的特色，可以偵測出在場效電晶體通道內，電子與電漿共振頻率下的螺旋狀態如下圖。左圖是在不同的閘級電壓、紅外線兆赫波頻率為 1.1THz 的條件下，偵測到左右迴旋的狀態。這可以了解電子在 HEMT 元件運作下的電子螺旋狀態，有助於元件的開發。

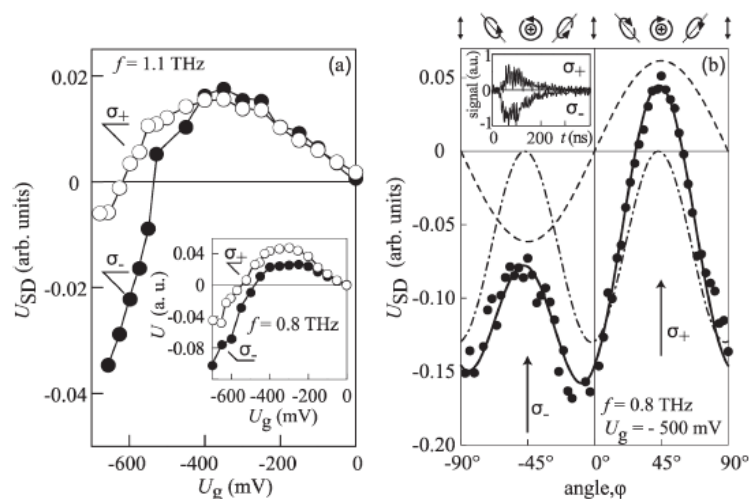
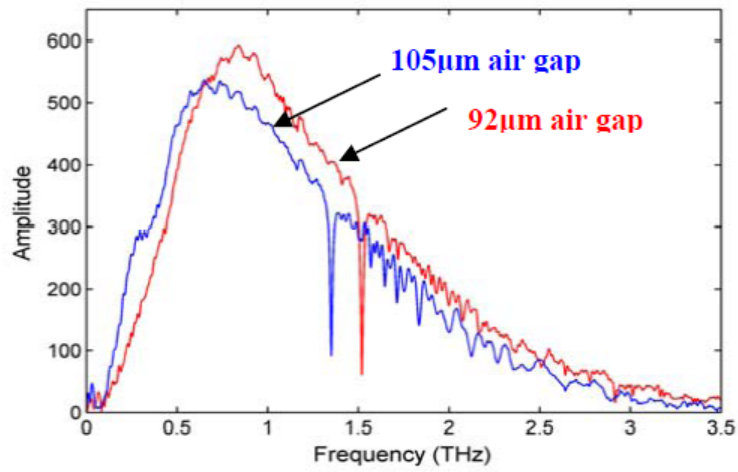


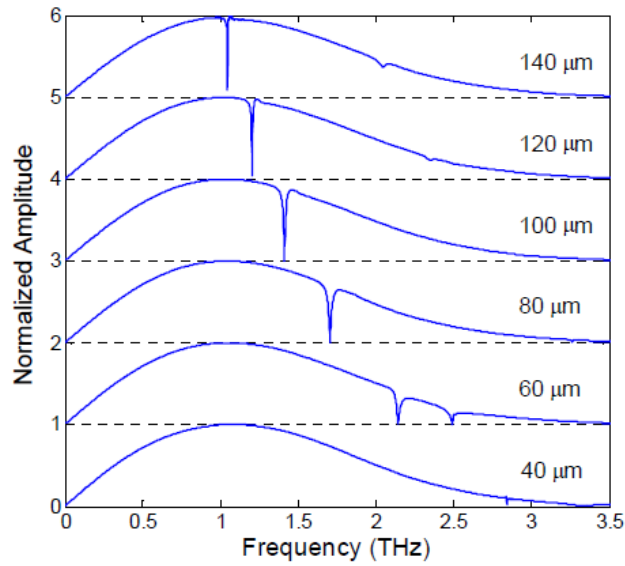
Fig. 1: Photoreponse of GaAs HEMT due to variation of gate voltage (a) and polarization state (b).

圖七 高電子遷移率電晶體對兆赫波自旋影響圖

由於紅外線-兆赫波的頻率特性，近乎微波(電磁學)以及光學之間，因此如何將紅外線-兆赫波進行濾波以符合需要。南韓 Maritime 大學提出以金屬閘研究紅外線-兆赫波，頻率為 0.78THz 時於平行金屬間的傳播行為，進而提出 notch 濾波器的研究成果。當閘極氣隙改變時對於輻射的頻率及強度震幅有明顯改變，頻率差異可達到 0.168THz，如圖八。另外中心頻率也會因氣隙的改變而同步變化，如圖九。

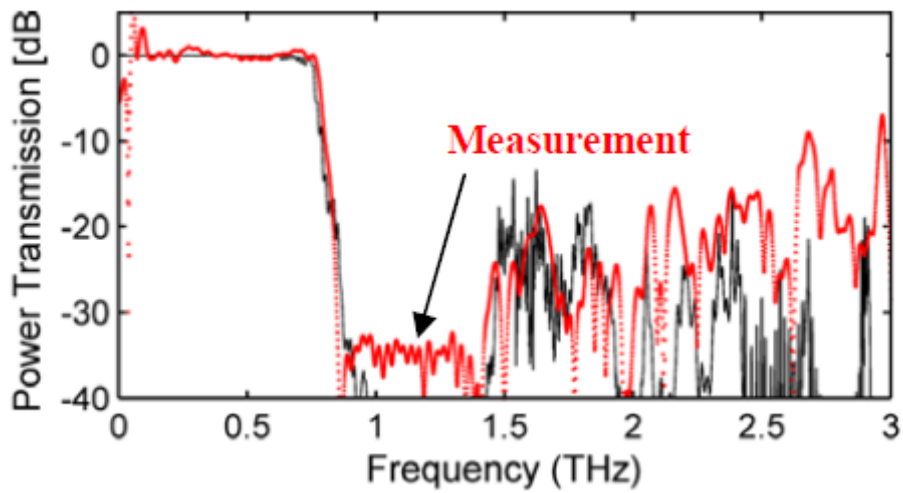


圖八 金屬閘極氣隙與頻譜圖



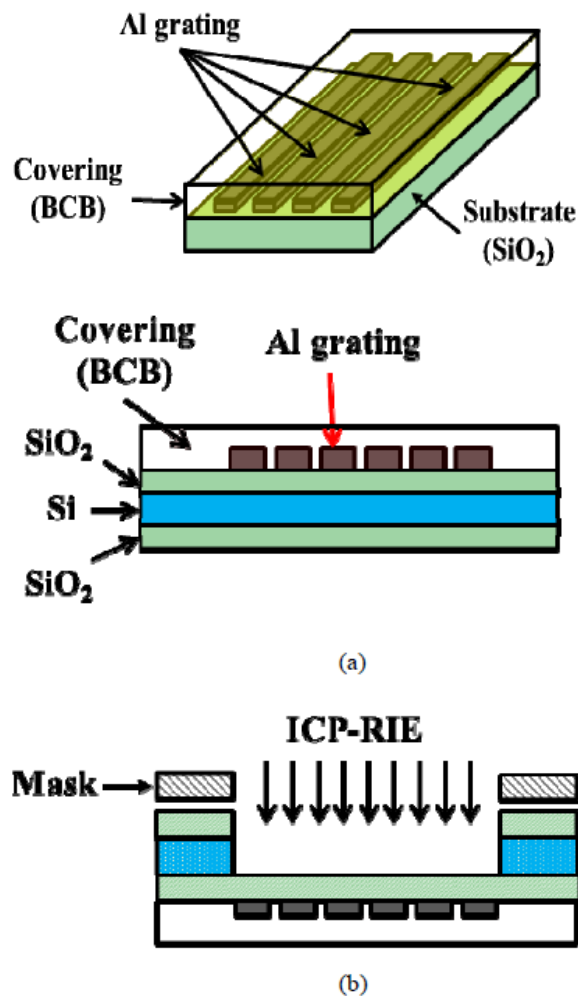
圖九 金屬閘極氣隙與中心頻率變化圖

透過設計金屬閘極的氣隙，下圖是針對 notch 模擬以及實驗結果，可發現功率傳導截止範圍約在 35dB，導通及截止頻寬約在 68GHz，此部分與模擬結果相當接近。



圖十 notch濾波器結果

閘極電極的製作一向相當複雜，因為需要克服 Fabry-Perot 效應，使得基板的厚度必須小於 75um，這在需要大量製造、低成本的要求下較難做到，因此需要以半導體製程完成此高標準的要求。香港中文大學提出微製作技術，其製程程序如圖十一。



圖十一 金屬閘極元件製程

欲取得紅外線-兆赫波的實際影像，以焦平面陣列(Focal Plane Array, FPA)的架構，可以比單點偵檢器縮短影像擷取時間，法國 CEA 及 Leti 研究機構提出以天線耦合室溫熱像的方式，實現了以 320 x240 像素，1.5-3.5THz 的影像，除此之外亦能夠以反射方式分析吸收較強的物體材料，下圖十二產品示意圖及外觀圖，圖十三是將 bolometer 經過均質化後的影像，圖十四是展示 40x60 mm²的高解析度影像。

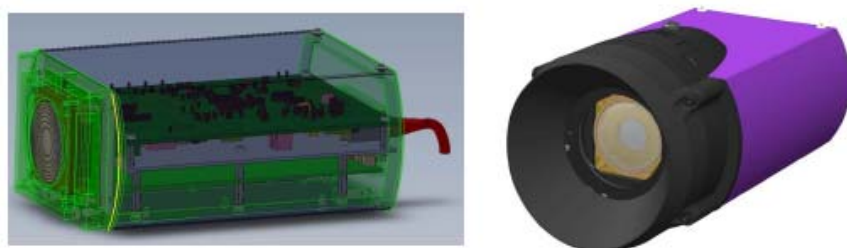


Fig. 4. THz imaging sensor and electronics embedded in camera box

圖十二 產品示意圖及外觀圖

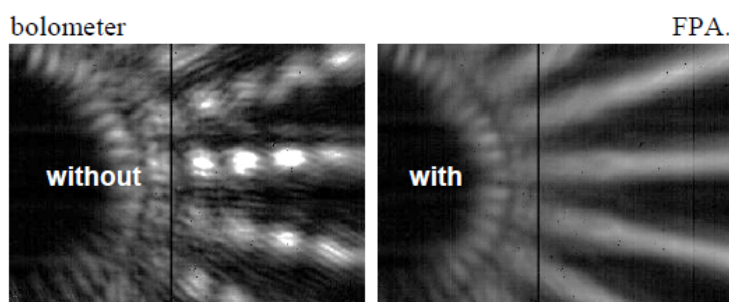
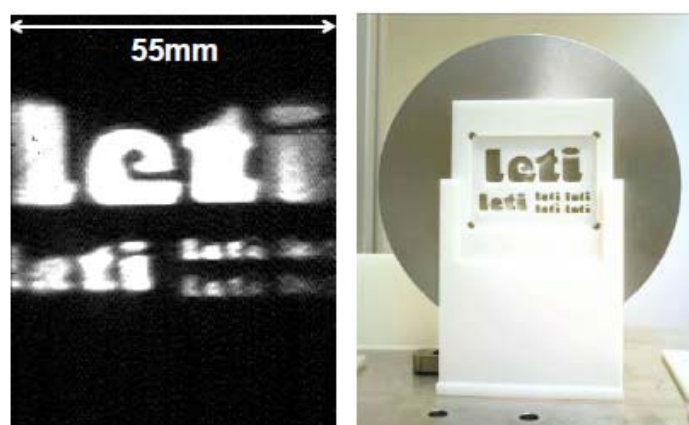


Fig. 6. Homogenization of the QCL illumination

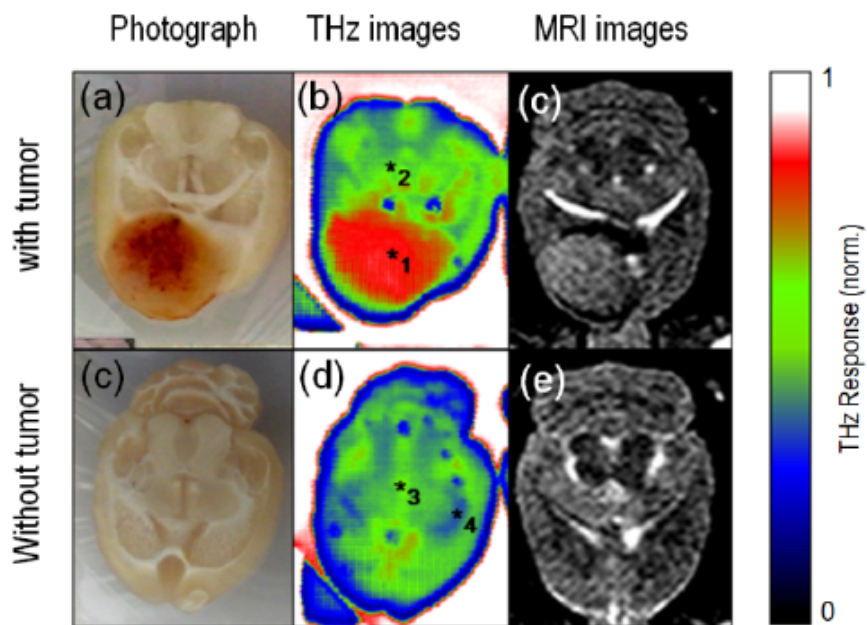
圖十三 均質化影像



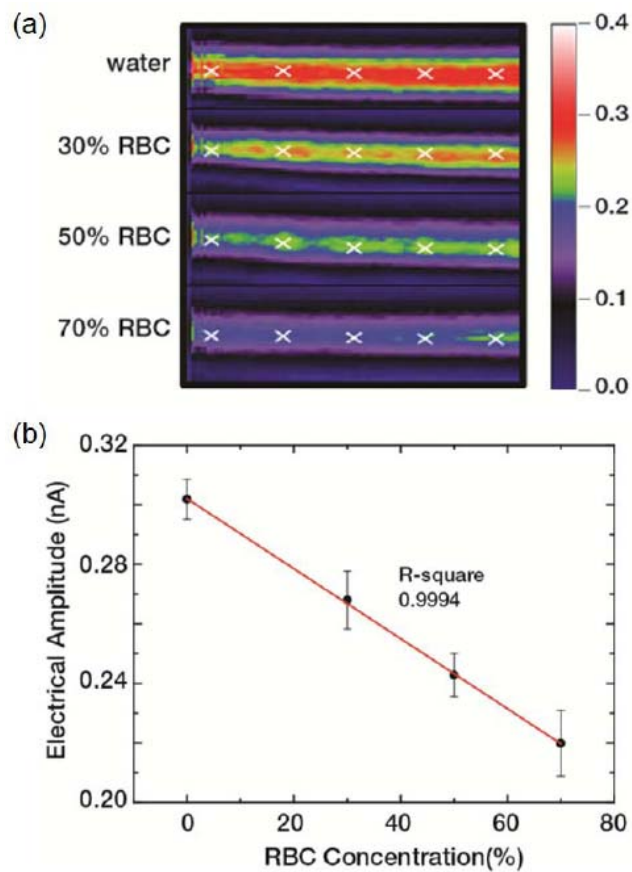
圖十四 40x60 mm²的高解析度影像

2. 在醫療用途方面：南韓 Yonsei 大學亦發表以紅外線-兆赫波影像技術檢測生物體的腫瘤狀況，稱之為兆赫波分子影像技術(THz Molecular Image, TMI)，相較於核磁共振成像(MRI)技術，因為沒有強磁場以及射頻致熱效應的影響，安全性更高。圖十

五即是以患有腫瘤的老鼠進行 TMI 以及 MRI 進行影像比對，圖(a)和(c)是屬腦的視覺影像，(b)和(d)則是(a)和(c)的 TMI 影像，(c)和(e)則是 MRI 影像。另外，TMI 技術亦可監控血液中紅血球比例如圖十六，此種非侵入式檢測將是未來的發展趨勢。



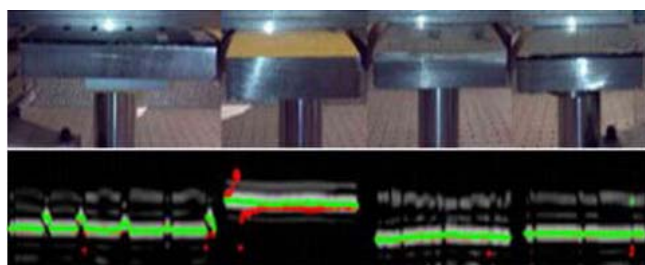
圖十五 腫瘤以 MRI 及 TMI 影像造影照片



圖十六 血紅素影像照片

3.在參展廠商方面：此領域的廠商並不像太陽能或 LED 光電領域，屬於小眾市場，但是與光電產業最大不同之處，是廠商之間的共同性相當低，亦即不是以大量製造、壓低成本為主要競爭手段；因此所研發的設備都相當先進。其中有以下幾位業者值得介紹：

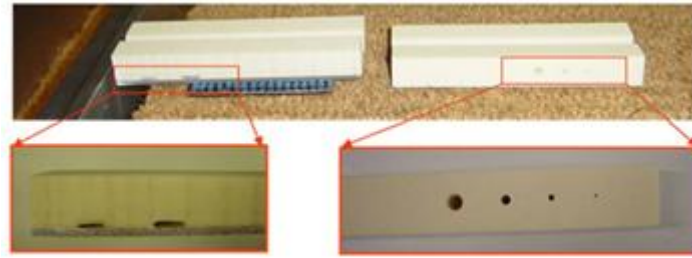
SynView 公司專注在紅外-兆赫波的檢測，包括工業檢測以及製程控制等，例如在薄膜控制系統上，透過紅外-兆赫波的檢測技術，其鍍膜的精度可以控制在達到 100 微米(um)，如圖十七，這對於本所進行太陽電池真空濺鍍技術，以及相關抗反射膜的監控上也許能更精準的控制。另外在包裝檢測中，可以看出包裝內容物，由下圖中可以看到 DVD 盒內的 DVD、手機、剪刀、VHS 影帶內的膠卷等等，所以作為安全檢測的非接觸式檢測相當理想，如圖十八。在檢測材料內部氣泡的技術中，可以測出氣泡 3D 的訊息，對製程改善有相當大的助益，如圖十九。



圖十七 監測薄膜厚度影像圖



圖十八 非侵入式影像圖

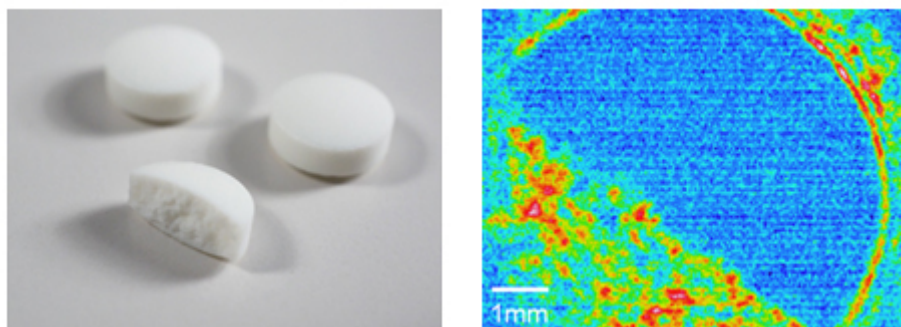


圖十九 材料內部氣泡圖

在紅外-兆赫波成像方面，以日本 NEC 公司所提供室溫熱像系統為參展展品，由於日本對此技術輸出相當敏感，因此僅能獲得系統的規格，對於內部的成像機制著墨不多。圖廿即是熱像機外觀，其所用之 FPA 為 320×240 $23.5\mu\text{m}$ pitch，圖廿一為檢測藥物之成像圖。



圖廿 熱像產品圖



圖廿一 藥物成像圖

參、心得

此次參加 2012 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會，對於紅外線-兆赫波尤其是應用在醫療、檢測以及相關工業應用上有更進一步瞭解；同時我們也發現到南韓、中國大陸在這方面議題亦相當投入，主要是因為此技術的未來應用將會

突破現有瓶頸，例如減少 X 光照射破壞，強電、磁場的影響、非破壞性檢測等等，都是相當重要且潛力無窮的關鍵技術。以下針對此次出國提出幾點心得：

一、紅外線技術是本院歷年來研發技術中，具有指標性的關鍵核心技術，因此無論是技術提昇或是產品提昇，都必須以此為基礎持續精進以及開拓新的領域，作法上可以區分為產品深耕以及技術生根。所謂技術生根即是精益求精，在既有核心技術上能夠更將技術領先指標朝向更小、更精、更輕、更快以及更廣的方向前進，以突破現有技術水準為目標。例如本組所開發之低溫紅外線系統，如何提高良率以及影像品質更優質，同時避免技術壟斷，加強技術本土化也是重點之一，這是技術生根的重點；另外此項技術為求拓展應用領域，可朝軍民通用方向發展，擴大產業效益並且協助國內紅外線產業的技術升級，這就是產業深耕的概念，如此才能將一項核心技術以及產品，發揮至極致。

二、此研討會屬於國際性質研討會，邀集相當多歐美亞等國研發單位及學界，亞洲區大學相當活躍，包括日本、韓國及中國大陸，歐美各國以基礎研究為主要研究方向而亞洲各國則是以應用研究為主，韓國及中國大陸皆相當積極，國內亦有清華等校與會。本組第一次參與此研討會，對於紅外-兆赫波有更深入一層的認識，同時將觸角朝向更寬的電磁領域，將有助於發展核心關鍵技術的應用。

三、相對於國外發展紅外-兆赫波的快速發展，本院除持續精進既有的技術外，實應關注其他重要的電磁波技術發展，甚至可以積極參與此類技術研討會，以了解全球的發展進度，為未來應用或是引入技術進行暖身。

肆、建議事項

本院面臨轉型時機，以往以國防科技為發展主軸，對於技術產品化、產品商業化之認知並不足夠，然而在近年來，各級長官耳提面命之督促下，逐漸與業界接觸並實際瞭解市場需求與客戶需要，以便在本院進行技術開發時不至於落入閉門造車的窘境。此次參加 2012 IRMMW-THz 紅外線、毫米波、兆赫波研討會，較為先進各國已有部分技術產品化，雖然功能上尚未達到可大量應用的階段，但已具有展示功能雛形。因此建議本所在開發關鍵技術的同時能針對未來應用產品可以同步設計，即使是雛形或是概念性的產品，都必須要有能夠實現產品的機會。因此本所開發長波紅外線關鍵組件同時，希望能結合應用廠商進行產品開發且快速切入需求，掌握市場動態，也可以藉由開發產品，瞭解其他配合技術的進展進而可以帶動周邊產業共創雙贏。