

出國報告(出國類別：其他)

2010 IEEE 國際相位陣列系統與技術研討會 出國報告

服務機關：國防部軍備局中山科學研究院電子系統研究所

姓名職稱：邱榮閔 聘用技正

派赴國家：美國

出國時間：99 年 10 月 10~17 日

報告日期：99 年 11 月 16 日

出國報告審核表

出國報告名稱：2010 IEEE 國際相位陣列系統與技術研討會出國報告			
出國人姓名（2 人以上，以 1 人為代表）		職稱	服務單位
邱 榮 閔		聘用技正	中山科學研究院 電子系統研究所 空用電子組
出國類別	☐ 考察 ☐ 進修 ☐ 研究 ☐ 實習 ☒ 其他 <u>國際會議</u> （例如、國際比賽、業務接洽等）		
出國期間：99 年 10 月 10 日至 99 年 10 月 17 日		報告繳交日期：99 年 11 月 16 日	
計 畫 主 辦 機 關 審 核 意 見	☒ 1.依限繳交出國報告 ☒ 2.格式完整 ☒ 3.無抄襲相關出國報告 ☒ 4.內容充實完備 ☒ 5.建議具參考價值 ☒ 6.送本機關參考或研辦 ☒ 7.送上級機關參考 8.退回補正，原因： ☐ 不符原核定出國計畫 ☐ 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容 ☐ 內容空洞簡略或未涵蓋規定要項 ☐ 抄襲相關出國報告之全部或部分內容 ☐ 電子檔案未依格式辦理 ☐ 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 ☒ 9.本報告除上傳至出國報告資訊網外，將採行之公開發表： ☒ 辦理本機關出國報告座談會（說明會），與同仁進行知識分享。 ☐ 於本機關業務會報提出報告 ☐ 其他_____ 敬會：保防官 ☐ 10.其他處理意見及方式：		
審 核 人	出國人員	初審（業管主管）	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： 其他	3.完成日期： 99.11.16	4.總頁數： 16
5.報告名稱：2010 IEEE 國際相位陣列系統與技術研討會出國報告			
6.核准 文號	人令文號 部令文號	99.10.07 國人管理字第 0990014472 號 99.10.04 國備獲管字第 0990014834 號	
7.經 費		新台幣： 16 萬 1,478 元	
8.出(返)國日期		99.10.10 至 99.10.17	
9.公 差 地 點		美國波士頓	
10.公 差 機 構		IEEE 協會	
11.附 記			

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

2010 IEEE 國際相位陣列系統與技術研討會出國報告 頁數 16 含附件：☐是 ☒否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

中山科學研究院/蘇惠蘭/355850

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

邱榮閔 /中山科學研究院/聘用技正/355851

出國類別：☐1 考察☐2 進修☐3 研究☐4 實習☒5 其他

參加 2010 IEEE 國際相位陣列系統與技術研討會

出國期間：

出國地區：

99.10.10~99.10.17

美國波士頓

報告日期：

99.11.17

分類號/目

關鍵詞：

相位陣列雷達(Phased Array Radar)、合成孔徑雷達(SAR)、雜訊指數(NF)、主動電子掃描陣列(AESA)、氮化鎵(GaN)、發射接收模組(TRM)

內容摘要：

最近 10 年來，由於 MMIC 與數位波束形成器技術之進展，使相列雷達技術快速成長。由於長距離合成孔徑雷達，需要很大之發射功率，如採用傳統發射機(如行波管，TWTa)，除了不易獲得還有散熱之問題。如採用相列雷達技術，將發射機功率分散於數百個收發機模組(T/R Module)，可以提高可靠度又可避免採購高功率發射機之問題。為配合相關模組件技術研發，前往美國參加 2010 IEEE 相列系統與技術研討會，研習、收集最新雷達發展技術資訊，並了解世界各先進國家在這領域之發展現況，尤其是美國在主動相列雷達與合成孔徑雷達系統與微波技術之進展。

目 次

壹、目的.....	(第 5 頁)
貳、過程.....	(第 5 頁)
參、心得.....	(第 15 頁)
肆、建議事項.....	(第 16 頁)

2010 IEEE 國際相位陣列系統與技術研討會

壹、目的

美國在合成孔徑雷達的技術發展上居世界首位，相關的軟硬體發展相當成熟，但對整套系統輸出設有種種輸出限制，故必須積極獲得相關模組件技術，以利合成孔徑雷達研發需求，建立開發能量與降低研發風險。最近 10 年來，由於 MMIC 與數位波束形成器技術之進展，使相列雷達技術快速成長。由於長距離合成孔徑雷達，需要很大之發射功率，如採用傳統發射機(如 TWT)，除了不易獲得還有散熱之問題。如採用相列雷達技術，將發射機功率分散於數百個 T/R 元件，可以提高可靠度又可避免採購高功率發射機之問題。為配合相關模組件技術研發，前往美國參加 2010 IEEE 相列系統與技術研討會，收集美國最新雷達發展資訊，並參觀雷達關鍵元組件產品之展示，了解收發模組(T/R Module)、及信號產生器與處理器(WFG、ADC/DAC、DSP/FPGA)等相關技術問題及經驗交換。

.

貳、過程

10 月 11 日到達麻州波士頓機場，然後搭乘計程車到旅館(Extended Stay Hotel at Waltham)約 30 分鐘之車程，下榻之旅館是在研討會場(在 Westin Hotel)之隔壁，當天下午便步行到 Westin Hotel 了解研討會場附近之環境。

10 月 12 日早上 7:30 報到，8:00 開始教育訓練課程(一)“相位陣列雷達擇優；性能導向規格、簡易快速計算之性能評估”(Phased Array Radar Trade-Off; Performance-Driven Specifications; and “Back-of-the-Envelope” Performance Estimation)，訓練課程於 12 點結束，本課程之講師 Thomas W. Jeffrey 為 Raytheon Integrated Defense Systems(IDS)資深工程會員，具有 30 年以上雷達系統設計開發經驗，相關之著作有論文數十篇以及專書“Phased Array Radar Design- Application of Radar Fundamentals”一本，課程內容包括下列三部分。(1) 相位陣列雷達系統設計考量，此部分包括頻率選擇以符合雷達功能如搜

索、追蹤、目標辨識等，以及雷達操作環境之差異(如 Clear，Clutter)，與任務之不同(如早期預警、防空、飛彈防禦)，此外還有波型之選擇與接收機參數之設計考量。(2)雷達性能需求導向訂定各次系統規格之設計流程，首先介紹以雷達距離公式導出需求參數，如發射機峰值功率需求、收發天線之增益、與雜訊指數(Noise Figure)；緊接著介紹工作於不同環境下之需求，如工作於乾淨的，或是受限於雜波、干擾之環境(clear，clutter, and interference-limited environments)；此外也描述波型有關之系統設計如 A/D 取樣頻率與匹配濾波器之需求。(3)以快速簡易之計算法(Back-of-the-Envelope)評估雷達性能，快速之雷達性能預估方法，是支援初期候選雷達設計之性能預測所須，此範圍包括系統層面性能量尺例如偵測、追蹤、干擾緩和以及雜波消除等。

研討會會場 (Eden Vale Ballroom of Westin Hotel, Waltham-Boston)

12:30 學員用午餐(研討會提供)之後，下午 1:30~5:30 大會論文發表議程於 Eden Vale Ballroom 演講聽開始進行。

大會第一場報告是科羅拉多大學教授 Zoya Popovic 之研究報告“以微機電技術製造之相位陣列天線同軸饋線(Micro-Coaxial Micro-fabricated Feeds for Phased Array Antenna)”，研究結果使用於主動發射陣列以縮小體積，由微同軸線製成之寬頻 Wilkinson 分功器其頻率範圍 2~22 GHz，報告中並展示由微同軸線組合成之 20 W 發射機。

大會第二場報告是“AMSAR-一個用主動陣列雷達法國-英國-德國的成功案例(AMSAR - A France-UK-Germany Success Story in Active-array Radar)”AMSAR 是 Airborne Multirole Solid-State Array Radar 之縮寫，此計畫是由法、英“德三國所創始之雷達計畫，旨在展示主動電子掃描陣列(AESA)之巨大潛力，AMSAR 是由 Thales(法)、SELEX(英)、EADS(德)三家公司合作設計開發之系統。AMSAR 自 1993 年開始，其目標是完成空用 AESA 之展示平台，此系統具有即時處理能力與調適性波束形成器技術(ABF-Adaptive Beam Forming)。此計畫第一個目的是使電子掃描技術成熟，以及展示 AESA 空用雷達所有操作上重要之特性與功能；尤其是在空對空之性能上，包括電子反反制(ECCM)與地面移動目標顯示(GMTI)。AMSAR 展示平台是一具有 1000 個單元之圓形天線 X

波段主動電子掃描調適性雷達，其圓形天線由 1000 個小天線單元所組成，每一個小天線單元連接到高功率低雜訊之發射接收模組(TRM)，每一 TRM 都有相移器與衰減控制。此外，陣列天線還提供 8 個數位通道以支援數位調適性波束形成器。2005~2006 年間，AESA 天線之整合、調整、與性能評估測試，於德國 Ulm 之 EADS 公司國防電子部門進行，並於 2006 / 2007 完成雷達系統整合。之後，在法國密集地做地面測試，測試除了使用模擬之目標與干擾器外，也有實際目標與干擾器之測試。然後，將 AMSAR 系統安裝於 QinetiQ 公司之測試飛機(BAC 1-11)，2008 年，接連在法國、德國、英國一共飛了 22 架次，執行陸面(over land)與海面之測試(over sea)。雷達空對空與空對地模式之性能評估，是以實際目標像 Falcon 20、Tornado、Alpha 等噴射機與地面目標進行驗證。AESA 相較於機械式掃描，其主要優勢在於(1)有快速無慣性之電子掃描、(2)高的平均發射功率、(3)因其多接收通道促使其他進階模式更加容易達成、(4)AESA 易於調整為他種之功能、(5) AESA 為一高可靠度之雷達設計。

大會第三場報告是日本在相位陣列系統之發展進程，由三菱電機 Isamu Chiba 報告，回顧日本在相位陣列天線之研發以及多方面之應用。作者首先報告日本相位陣列天線於雷達、衛星與行動通信之應用，然後介紹相位陣列天線系統之最新應用，包括毫米波相位陣列天線、光學波束形成器、與超寬頻天線單元等之研究。日本於 1960 年代開始相位陣列天線之研究，尤其是防衛廳技術研發局開始研究將相位陣列天線用於雷達系統，第一代實用之雷達是使用被動式相位陣列天線。自 70 年代初，日本開始研發主動式相位陣列天線，以獲得具有高功率與靈敏度之高性能相位陣列天線。主動相位陣列天線不僅使用相移器，還使用功率放大器與低雜訊放大器於每一天線單元。防衛廳技術研發局研製完成第一套實驗用 X 波段全固態主動式相位陣列天線，隨後完成 2-D 平面式主動相位陣列天線之波束操控(beam steering)。基於上述之研發努力所累積之經驗，日本開始研製多種主動相位陣列雷達，包括不同波段(L/S/X-band)及陸海空各種用途。防衛廳技術研發局 1985 年以後，開始研究 conformal 主動相位雷達陣列天線，1991 ~ 1995 年間完成三款不同形狀之 conformal 主動相位陣列天線。每一型約有 600 天線單元與 T/R 模組，於接收機並採用數位波束形成技術可以達到 -40 dB 旁波瓣。三菱電機最近從事

低價位毫米波塑膠相位陣列天線，多波束光學控制波束形成器，與超寬頻尖銳化開槽天線陣列之研究。

大會第四場報告是 SELEX-公司先進之陣列雷達系統和技術，以及新的挑戰(Phased Array Systems and Technologies in SELEX-Sistemi Integrati: State of Art and New Challenges)，SELEX 之 RAT31DL 是基於主動相位陣列天線之固定式 L 波段 3D 雷達，是今日北約長程雷達偵蒐網絡之主要單元。RAT31DL/M 為陸基機動型，RAN40L 則為海軍艦用型，均與 RAT31DL 使用相同技術，TRM 模組已經採用氮化鎵(GaN)固態主動技術，以使天線具有分散式 T/R 設計，提供更有彈性之系統操作模式。分散式 T/R 之設計具較緩和之性能弱化(graceful degradation)與易於維護之優點。

大會第五場報告是數位相位陣列雷達(Digital Array Radar)，本報告是Purdue大學受陸軍委託之研究計畫，其目標是展示寬的能帶間隙(wide-bandgap)半導體技術、高度整合收發機、與持續增強潛力之數位元件，可以整合起來對未來之低價位陣列雷達系統提供新的功能並加強期性能。在計畫中已發展一套16單元S波段次陣列，一個次陣列是將塑膠包裝之氮化鎵(GaN)放大器、多通道收發IC、與數位單元鑲嵌於一塊板子而成。此外，此數位陣列雷達系統除了展示全數位收發波束形成器，還展示了每單元25瓦以上之高效率RF功率產生。

大會第六場報告，題目是”從不停止之相位陣列雷達突破的傳奇故事(Never Ending Saga of Phased-Array Breakthroughs)”，由雷達專家 Eli Brookner 報告主動相位陣列雷達之發展，當前相位陣列雷達之發展情況為，已經有多國發展 3/4/6 面之 Aegis 系統；以色列、澳洲之 Aegis 其 AESA 之每一個單元有 A/D，這是主要突破；PC Notebook、手機、伺服器等之使用將有助於氮化鎵(GaN)之快速發展；在一個 SiGe 晶片有 4 個 X 波段之 T/R，這是 MMIC 發展之極致；Raytheon 發展低價位使用 COTS PCB 板製作平板 X 波段相位陣列；MA-COM/Lincoln-Lab 共同發展低價位使用 PCB 板製作平板 S 波段相位陣列；Purdue 大學發展低價位數位陣列雷達系統(每一單元有 GaN PA 與 A/D)等等。

10/13 早上 8:00 研討會開始，參與下列之報告議程：

(一) “數位分享式陣列天線保護” (Electronic Protection for Digital Shared Aperture Array)，Lockheed/Martin 公司雪城分部報告數位分享式陣列天線，可以用來改善圓形陣列雷達抗干擾之性能。報告中簡單地說明數位分享式陣列之控制，並描述一套具有區域選擇(sector selection)與數位波束形成器能力之數位圓形陣列雷達，還描述由數位分享式陣列系統之先進電子保護特性，此計畫乃基於陸軍之數位陣列雷達計畫(Digital Array Radar program，DAR)。

(二) “輕型數位陣列合成孔徑雷達” (Light Weight Digital Array SAR)，由荷蘭 TNO 設計之輕型 SAR，適合短距離戰術 UAV，此系統包括全數位化接收天線陣列，與極小之主動發射天線，RF Front 低於 3 公斤，電源消耗低於 30 W。此 X 波段系統在 5 km 距離有 10 cm 解析度，系統使用 FMCW 技術，在水平方向使用有 24 個接收機(Rx)通道之數位波束形成器。

(三) “低價位、攜帶式之 X 波段相陣列雷達發展” (Development of a Low-Cost, Man-Portable, Phased Array X-Band Radar)，Cobham Denfense Systems 公司設計小巧之 X 波段相陣列雷達，天線設計成可以用在由人員攜帶之偵搜雷達，且具有低價位之優點，掃描範圍方位角 $\pm 60^\circ$ ，垂直方向(俯仰角)場型為 cosecant square pattern 以減低 clutter 效應。

(四) “基於微機電之低損耗寬頻相移器” (Low-Loss, MEMS Based, Broadband Phase Shifters)，由 Radiant MEMS 公司所開發設計，基於微機電開關之真正時間延遲(time delay)寬頻相移器，可應用於寬頻天線陣列雷達、通信、與電子戰。基於微機電之相移器提供比 PIN diodes 或 MESFET 開關優越之性能，包括高線性度。此外，微機電具有低射頻損耗與開關切換電源消耗之特性。Radiant MEMS 公司利用其高功率 10 W 微機電開關(1 兆次之 life cycle)，設計製造 5 W 真正時間延遲之 6-bit 相移器，其頻率範圍 1~6 GHz。

(五) “全被動元件 60 GHz 矽晶片之四單元相位陣列波束形成器基於差分反射式相移器” (A Silicon-based, All-Passive, 60GHz, 4-Element, Phased-Array Beamformer

Featuring a Differential, Reflection-Type Phase Shifter)，全被動元件 60 GHz 四單元相位陣列波束形成器是由 IBM 與聯發科合作開發，差分反射式相移器是由差分垂直耦合器與可變諧振 L-C 反射式負載所組成，這二者在毫米波頻率之損耗低，論文詳如(附件三)。

(六) “低雜訊低功耗基於 mHEMT 之功率放大器在相位陣列之應用”(Low Noise, Low Power Dissipation mHEMT-based Amplifiers for Phased Array Applications)，每一相位陣列系統有數以千計之 T/R 單元，故降低 T/R 單元(含 PA&LNA)能耗非常重要，Custom MMIC Design Services 公司研製二款低耗能之 LNAs，應用於 X 波段相位陣列雷達。此二款 LNAs 有超低之雜訊指數(0.8 dB)，而僅耗能 20~50 Mw(一般為 150~200 mW)，平衡式架構(Balanced topology)之 Return Loss 可以達 15~20 dB。

(七) “Selex-SI公司收發模組技術與相關之多功能主動雷達”(Transmit/Receive Module Technology and Related Multi-Function Active Radars in Selex-Sistemi Integrati)，本文介紹義大利Selex-SI公司收發模組(TRM)技術以及雷達相關應用。自1990s年代末Selex-SI開始主動電子掃描陣列之研發活動，並建立20年之Road Map包括GaAs/GaN元件之研究，逐漸演進產生更大而有效之功率和降低雜訊指數。主動電子掃描陣列雷達有與傳統雷達之競爭，除了必須在模式操作性能之加強外，收發模組之價格與可靠度更是重要因素，本論文並描述Selex-SI公司主動EMPAR與KRONOS雷達，這二型雷達為多功能主動電子掃描陣列雷達，主動式EMPAR雷達是EMPAR雷達之技術昇級版，而後者目前服役於義大利與法國海軍。

(八) “使用 CMOS 與 SiGe RFIC 之高密度微波/毫米波相位陣列收發模組與 Butler 矩陣”(Highly Dense Microwave and Millimeter-Wave Phased Array T/R Modules and Butler Matrices Using CMOS and SiGe RFICs)，本文為加州大學洛杉磯分校(UCLA)與聯發科合作研究成果，使用 Si 技術建立高密度相位陣列，應用範圍自 X 波段至 W 波段，典型設計包括 8 單元 8~16 GHz SiGe 相位陣列接收機，與 16 單元 30~50 GHz SiGe 發射相位陣列等等。

(九) “基於 GaN 與 SiGe 技術之 X 波段收發模組 MMIC 晶片組”(X-Band Transmit/Receive Module MMIC Chip-Set Based on Emerging GaN and SiGe Technologies)，本文詳細介紹義大利 Selsex-SI 公司在 GaN 與 SiGe 技術之發展，以此技術開發出來之高性能低價位之收發模組。X 波段收發模組 MMIC 晶片組，其 Front End RF 是用 GaN 之設計，而信號振幅與相位控制則是用多功能之 SiGe 晶片。

10/13 下午 1:30 研討會開始，參與下列之報告議程：

(一) “低價位多功能相位陣列雷達概念”(Low Cost Multifunction Phased Array Radar Concept)，本文為 MIT/LL 與 M/A COM 公司合作執行之冀望展示，希望研發一種價格合理之多功能相位陣列雷達技術，以便應用於下一代之航管雷達與氣象雷達。

(二) “具動態濾波特性和之多功能收發機之應用”(Concurrent Multifunction Transmit and Receive Applications with Dynamic Filtering)，此文為 Purdue 大學之研究報告，本報告展示一個在相位陣列天線可以同時發射與接收之概念，當相位陣列之某一組單元發射時，在另一組單元可以同時接收，發射與接收使用不同頻率。

(三) “一種可以重組場型零點之天線”(Design of a Pattern Null Reconfigurable Antenna)，由伊利諾大學博士生 Siwen Yong 之研究報告，此一新天線不像現有之零點場型重組天線，它具有小尺寸且不須重組饋送網路之優點，此天線已經通過模擬與測試之驗證。

(四) “DESDynI 合成孔徑雷達之反射面天線，由小的 path 微帶天線陣列饋送”(The DESDynI Synthetic Aperture Radar Array-Fed Reflector Antenna)，DESDynI 是 Deformation, Ecosystem Structure, and Dynamics of Ice 之縮寫，是 NASA 研究全球環境與災害之地球軌道遙感 SAR 系統，本報告探討此 SAR 系統之大孔徑天線，此天線由可以展開之反射面天線與主動切換 patch 天線單元所組成。

(五) “功能可伸縮之多功能射頻系統概念”(Scalable multifunction RF system concepts for joint operations)，本論文是荷蘭 TNO 之研究報告，描述在模組化之 RF 設計，RF 功能可以伸縮之特性，此設計可應用於海上、空用與陸地之雷達，包括應用於 SAR/GMTI 與偵搜

雷達等。

10/14日 8:00~17:30參與下列之研討會論文報告：

- (一) “無人飛機合成孔徑雷達X波段主動電子式掃描陣列”(UAVSAR Active Electronically Scanned Array UAV)，本論文描述CalTech/JPL研製之L波段無人UAVSAR性能，此合成孔徑雷達在執行時重複飛越照射區域(repeat pass)，具有干涉式合成孔徑雷達(InSAR)功能，應用於地球科學研究。Gregory Sadowy先生在本文中對X波段主動電子式掃描陣列雷達之性能、硬體參數、操作模式有詳細之說明。
- (二) “英國下一世代空載主動電子掃描陣列之技術發展”(UK Airborne AESA Technology Development - The Next Generation)，本報告總結英國國防部投資於下一世代主動電子掃描陣列雷達之性能提昇，發展計畫包括提昇陸海空用雷達性能改善與維護。
- (三) “Selex-IT公司聯合多功能主動電子掃描陣列計畫概況”(SE-IT Joint M-AESA Program:Overview and Status)，本文綜述Selex-IT公司M-AESA過去3年來研發計畫之現況。
- (四) “朝向共通之雷達與通信多功能主動陣列”(Toward Common Radar & EW Multifunction Active Arrays)，此論文為法國Thales Airborne Systems公司研究報告，藉由分享多功能主動電子掃描陣列，使原來工作於同波段(X-band)而缺乏資訊交換之系統，如軍用飛機上之射控或偵蒐雷達、電子戰系統、無線電通信鏈路(radio link)等系統，可以緊密合作、交換資訊，達到系統性能之加強。
- (五) “G波段主動電子掃描陣列於雷達之應用”(A Family of Active Electronically Scanned Arrays for Radar Applications)，本文描述Selex-IT公司在G波段主動(4~ 6 GHz)電子掃描陣列之設計生產現況，G波段主動電子掃描陣列可依照顧客需求，而有不

同之性能。

(六) “寬頻陣列天線系統之發展”(Wideband Array Antenna System Development)，本報告描述瑞典Saab AB公司在多功能主動電子掃描陣列之發展，本計畫為瑞典義大利聯合研究案，報告中描述兩個高性能天線理論分析與實驗結果，以及兩個靠近之感測器(sensors)間的電磁相容。

10/15 上 8:00 教育訓練課程(二)相位陣列天線量測(Phased Array Antenna Measurements)，本課程由 MIT/LL Alan Fenn 負責整合，分成四個單元。

(一)使用近場技術量測相位陣列天線(Phased Array Antenna Measurements Using Near-field Techniques)，課程由 MIT/LL Alan Fenn 講授，內容包括調適性相位陣列天線基本原理介紹，基本陣列天線參數與量測，以及相位陣列天線量測技術。

(二)在平面近場設備內，相位陣列天線之整合、校正、與測試評估(Integration, Calibration and Verification of Phased Array Subsystems in a Planar Near-Field Facility)，課程由 Raytheon 公司 Dayel Garneski 負責講授，著重在天線量測實務，討論相位陣列天線近場量測與遠場 (far field) 量測之優缺點，並介紹背後投射(back projection)法之式子與測試實例。

(三)球面近場設備支援類比與數位陣列天線之校正、與系統性能測試評估(Spherical Near-field Facility: Supporting Analog and Digital Array Antenna Calibration and System Performance Verification)，課程由 Lockheed Martin Charles J. Kryzask 負責講授，內容包括微波暗房系統概述、系統性能(需求)振幅與相位準確度等。

(四)使用聚焦近場技術量測調適性相位陣列天線(Adaptive Phased Array Antenna Measurement Using Focused Near-Field Techniques)，課程由 MIT/LL Alan Fenn 負

責講授，內容描述聚焦近場零點調適技術(adaptive nulling technique)，可以用來評估調適性相位陣列天線之遠場(far field)性能。

參、心得

本次公差出國參加 2010 IEEE 國際相位陣列系統與技術研討會，獲得很多與主動相位陣列(AESA)系統與合成孔徑雷達(SAR)有關之技術資訊，了解世界先進國家與公司在此領域之研究現況，研討會中論文發表最多的國家為美、英、法、義、德、日。至於參加人員在 1000 人左右，其中有遠自南非、澳洲、以色列等國家，來自韓國與新加坡也不少，新加坡約有 5-6 人以上，其中大都來自軍方與新加坡國立大學(NSU)及其所屬之淡馬錫實驗室的，在研討會期間與各公司研究人員、工程師交換工作經驗，了解各國公司與研究機構之狀況，其中包括美國加州理工/噴射推進實驗室(CalTech/JPL)、伊利諾大學、Lockheed/Martin、Raytheon、德國 SELEX 與 Fraunhofer 公司，法國 Thales、新加坡國立大學暨淡馬錫實驗室等。個人有幸參加本次研討會，得以概括地了解當前美、英、法、義、德、日等先進國家在主動相位陣列(AESA)與合成孔徑雷達(SAR)之發展歷史與現況，更聽取工程研發人員之相關研究報告，對主動電子掃描陣列(AESA)與合成孔徑雷達(SAR)相關技術有進一步之了解，對於微波毫米波零組件、材料等之新技術也受益良多，研討會中討論之主題、技術與我們正進行之計畫相吻合，故在系統設計概念與微波模組設計上，對計畫有很大助益。

此外，參與者中有很多資深之工程人員，於研討會中仍然展現出高度學習熱誠與好奇，令人印象深刻；自己也因此受到了激勵，期許自己在專業領域持續努力。

肆、建議事項

國防科技關係國家安全，因此世界各國莫不投入大量人力於先進技術之研發。本院在成立之初，當時除了自力研發外並積極引進國外技術，使本院得以發展出多項研發成果。然而近年來人才逐漸凋零，致研發工作進度減緩。面對人力不足之情況，除須補充人力外，應該加強人員之訓練以提昇效率，在先進技術之研發方面，應該多參加國內外研討會、考察、與研習等，以彌補我們在人力、技術各方面之不足。

主動相位陣列(AESA)雷達、數位波束形成器、與合成孔徑雷達(SAR)系統技術，歐美日等先進國家已經發展成熟，並大量使用於新系統如長程預警雷達、空用火控雷達等。因為這些高科技產品獲得不易，院內雖已於多年前開始此等技術之研發，但迄未具備全系統之自製能力，宜加速此系統技術之研發。

功率放大器與低雜訊放大器，是主動相位陣列雷達發射接收模組之主要組件，其效率之良窳對雷達之電源需求與散熱問題有密切關係，由於氮化鎵(GaN)功率放大器具高效率之優點，20 年前歐美國家即已開始研發，目前氮化鎵(GaN)技術已臻成熟，而本院目前仍在起步階段，因氮化鎵產品有輸出許可限制，本院宜重視氮化鎵技術之開發。