

臺大電磁波

一甲子研究，引領臺灣立足世界

文·圖／吳瑞北

廣義來說，微波包括0.3~300GHz的電波頻段，其中30~300GHz頻段，由於波長介於1~10mm，又特稱為毫米波，現有手機所用的就是微波頻段。基於無線通訊愈來愈高速的要求，這個波段已成為未來發展的主流。學術上這個領域最權威的期刊是國際電機電子學會（IEEE）所出版的*Transactions on Microwave Theory and Techniques (T-MTT)*，臺大電波研究團隊近幾年在該期刊上表現亮麗，2006-09已連續4年平均每年發表20篇以上的論文，無論發表數量、被引用次數（以WSI資料為準）、或每篇論文平均被引次數，均居全球各學研單位之冠，已在國際上引起重視，成為全球微波研究重鎮。

2010年對於臺大電波隊是一個成果豐碩的一年，莊晴光教授授獲提名通過擔任微波領域最重要短文期刊*IEEE Microwave and Wireless Components Letters (MWCL)* 的主編（Editor-in-Chief），對臺灣學者是非常難得的肯定；許博文教授與筆者獲提升為IEEE Fellow，這是IEEE會員的最高等級，加上之前的陳俊雄教授、莊晴光教授、及王暉教授，整個電波團隊共有5位Fellow，陣容之整齊全球少見；同時，筆者也獲得IEEE期刊的年度最佳論文獎，是臺大本土研究少見的殊榮，可見臺大在電磁領域已確實成為世界頂尖的研究隊。但是羅馬不是一天可以造成的，以臺灣的環境能在國際上獲得這樣的地位，其實要歸功於許多人長期的努力。



慶祝電波隊元老白光弘教授90大壽餐會，門生故舊多位與會。前排左起郭德盛教授夫人、陳俊雄教授夫人、白光弘教授夫人、白光弘教授、李嗣浚校長、李學智教授、郭德盛教授、陳俊雄教授、後排：許博文教授、陳光禎所長、李琳山院長、郭斯彥教授、瞿大雄教授、曹恒偉教授、王暉教授及胡振國教授。（蛋糕上可見90，日期：2010/6/4）

肇建60年，臺大電波研究引領學術大步邁進

臺大電波組肇始於1950年馮簡教授成立電波研究室，對日抗戰時他任四川重慶國際廣播電台台長，維持國府與外界通訊功績卓著。國府撤守臺灣時老總統專機把他接來，並開始在臺大電機系任教。隨著時代與社會需求的變動，60年來臺大電波研究題目也跟著有所調整，但推動電磁發展的長期使命則從未妥協。大略說來，早期主要是從事電離層的研究，80年代開始一系列變分電磁學的研究。90年代起，政府開始鼓勵整合計畫，臺大電波研究團隊先後進行包含電磁成像、及毫米波天線與電路組件等一系列整合計畫。嗣後在該基礎上，在2000年初成功爭取到卓越計畫、電信國家型計畫、以及五年五百億計畫支持，致力發展微波及毫米波技術，並逐漸發展成如今的規模。其間重要研究成果相當多，由於篇幅有限，以下僅擇要說明。

進行電磁觀測探索自然，馮簡教授建立臺灣學術研究典範

50年代初期，當時越洋長距離通訊需仰賴電離層，因此馮簡教授所領導的電離層研究成為顯學。但當時政府剛播遷來臺，百廢待舉，大學教學相當拮据，更遑論研究。馮教授克服萬難，爭取政府機關如交通部的支持，率領學生白光弘、黃鐘洺等人在今舊機械館旁草地上架設大型天線，利用電離層進行短波傳播的實際量測，以與理論探討能互相檢驗，並提供政府可用頻率等重要通訊參數資料，可說開風氣之先，為臺灣的研究建立典範，1959年第3屆教育部學術獎，工程類科就特別選出他給予表揚，實良有以也。

探索電離層雙F層特性，黃鐘洺教授開創有臺灣特色之研究

馮教授1962年任內過世，後續白光弘、黃鐘洺、馬志欽等教授仍持續電離層相關研究未有懈怠，並設立電離層地面觀測站進行量測。1968年甚至進一步獲得美國駐華大使館及伊利諾大學（UIUC）協助，與美國麻州空軍劍橋研究所（U.S. Air Force Cambridge Research Laboratories）合作，開始進行「接受人造衛星訊號，測試電離層電子密度與閃爍」之計畫，可謂臺灣進行國際研究合作的里程碑。

計畫觀測結果發現，臺灣上空之高空電離層會出現雙F層的現象，由於這種現象不只臺灣，在赤道到北回歸線都可能發生，會影響通訊的可用頻率，因此臺灣的觀測及研究成為全球觀測網一個很重要的環節。其中黃鐘洺教授是日本京都大學博士，精研統計方法，以其嚴謹地分析觀測結果，能夠克服電離層隨時間變化的雜亂特性，獲得不少寶貴的研究結果，受到國際上高度重視，也在1971年獲第15屆教育部學術獎。

推動變分電磁學先驅研究，陳俊雄教授使全球電磁發展完全改觀

隨後為臺大電波爭取到學術獎的是陳俊雄教授，1963年碩士畢業後即留任電機系講師，趁美國加州柏克萊大學梅冠香教授回國客座之機會，拜梅教授為師，1968年成為電機系的第一位博士班學生，研究專長的計算電磁學。80年代初，由於衛星通訊的發展已完全取代電離層在長距離通訊的應用，而這時正好計算機開始發展，但梅教授所用的方法是以積分方程為基礎，對於材料組成或形狀複雜的結構，使用上受到很大的限制。陳教授有鑒於土木機械等領域使用有限元素法可以處理很任意的結構，乃將兩者結合起來，招收

學生江衍偉、鄭士康、及筆者等，開啟一系列變分電磁研究，並發表多篇論文展現這種方法的優異性，成為國際先驅，而於1981年獲得第26屆教育部學術獎。此一方法後來陸續有國外學界得到產業投入，發展成著名的商用軟體HFSS，成為分析電磁場論不可缺少的工具，也是今日全球電機電子領域能快速發展的關鍵，而陳教授也因為“for contributions to the development of variational and other numerical methods applied to coplanar waveguides and various other structures”，於1996年獲得IEEE會士（Fellow）的榮譽。

除此以外，1982-84陳教授擔任系主任時訂定計點辦法，具體要求博士班學生論文要能在國際期刊中登出，並以自己指導的學生以身作則。此一作法風起雲湧，後來其他學校以及其他領域紛紛採行，國內研究水準突飛猛進，單以SCI論文總量為例，未推行前臺灣排名為全球第40，10年後的1995年即勁升為全球第19，並維持至今。陳教授任關鍵職位在關鍵時刻做了一件關鍵的事，後來也實質對臺灣學術發展造成關鍵的改變。

陳教授另一對電波組的重大貢獻是形成研究團隊，爭取大型研究計畫，改善實驗室的設備。1985年起，配合政府鼓勵進行整合計畫，陳教授帶領電波組同仁撰寫研究計畫，先後成功爭取到國防科技計畫(1)（1985-96）、國科會整合計畫(2)（1994- 2000）、大學學術追求卓越計畫(3)（2000-08）、研究型大學整合計畫(4)（2002-05）、及五年五百億邁向頂尖大學計畫(5)（2006-11）。25年來可以說是「無役不與，無役不興」，帶來穩定而充足的經費，建立了電波研究隊堅實的發展基礎。

持續有系統進行天線研究，許博文教授掌握無線通訊之發展契機

在建立電波研究隊上，許博文教授無疑也扮

演了重要的角色，他於1984年加入電波隊，一直從事天線研究。由於共同指導學生之故，筆者較了解者是在其在矩形波導窄邊開槽天線（edge slot antennas）之貢獻，此種結構由於形狀複雜，在早期缺乏電磁軟體的時代，均只能利用試誤以實驗方面進行，許教授指導博士班學生，利用嚴謹的電磁理論，結合動差法及矩陣束法，首度能成功求解此種天線並進行理論設計，深具學理創新。其後其學生在業界推廣此方法，研製成功多波束直播衛星之碟式天線，居現有全球20%之市場佔有率，亦深具產業實用性。

90年代起，許教授以動差法分析共面波導饋入式微帶塊狀天線，隨後更據以從事各種共面波導饋入式平面天線結構之分析與設計，開啟了共面波導天線研究之先河。90年代末則率先研究印刷式開槽天線及陣列，並陸續開發出許多具有超寬頻、多頻、圓極化或高增益效能之平面開槽天線與陣列（如圖1），印刷式開槽天線自2000年起廣泛應用於諸多無線通訊系統上，顯見許教授之真知灼見。此外，在毫米波頻段的應用上，背覆

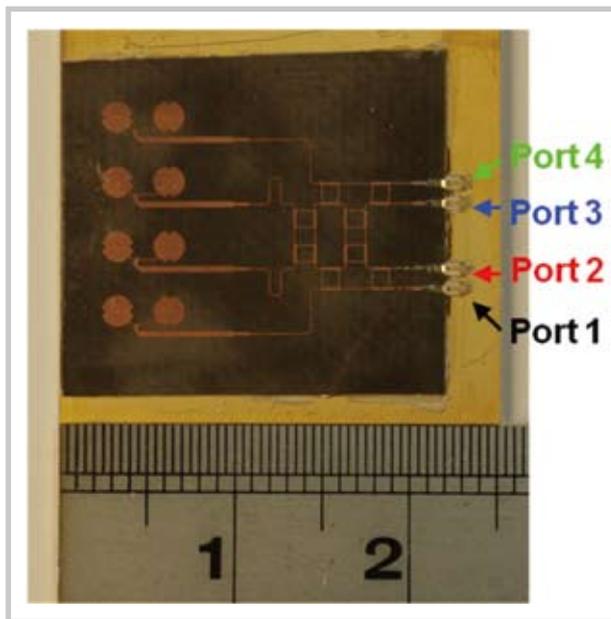


圖1：臺大電波研究團隊2007年率先開發完成60 GHz波束可切換寬頻圓極化天線陣列。

導體之共面波導雖較傳統架構更為實用，但許教授發現，以背覆導體之共面波導饋入式開槽天線無法有效輻射，因此投身相關研究，其研究團隊更陸續提出數種設計方法與天線架構，大幅提升共面波導饋入式開槽天線之輻射效率，持續受到天線學界肯定。

許教授更為人稱道的是其行政長才，他擔任電機系主任（1992-95）期間，極力推動成立學院，於1997年正式成立，形成今日之電機資訊學院，他也成為首任院長（1997- 2003）。院長任內他推動成立新研究所，終於發展成今日共7個研究所的規模，同時他也開辦系友創業講座，與多位電機系系友建立良好關係，除直接獲得系友支持捐款興建博理館及德田樓，也間接促成其後系友陸續捐款興建明達館及人文大樓。後政府推動國家矽導計畫，整個學院之教師及研究生人數超過倍數成長，由於有上述大樓之興建，教學及研究能順利開展。此外，在國際學會上，他也積極鼓勵同仁申請IEEE Fellow，在他任內由3位增加為14位，一直延續在今天，整個學院已有近30名Fellow，列入國際一流水準已粗具規模。許多人認為今日臺大電機資訊領域可以蓬勃發展，許教授扮演關鍵角色，為此他也於2010年獲得IEEE Fellow肯定，理由是“*for his leadership in electrical engineering education.*”

展現矽製程取代三五族元件，王暉教授改寫了毫米波積體電路教科書

第四位為臺大電波隊爭取到教育部學術的是王暉教授。80年代起臺灣全力發展半導體科技，90年末期互補式金氧半（CMOS）製程技術逐漸與先進國家同步。王教授之前在美國TRW工作多年，參與很多軍方毫米波系統中單晶積體電路（MMIC）的研製，在筆者力邀之下，1998年加入臺大電波團隊。利用在美國建立的人脈與製程管道，他很快

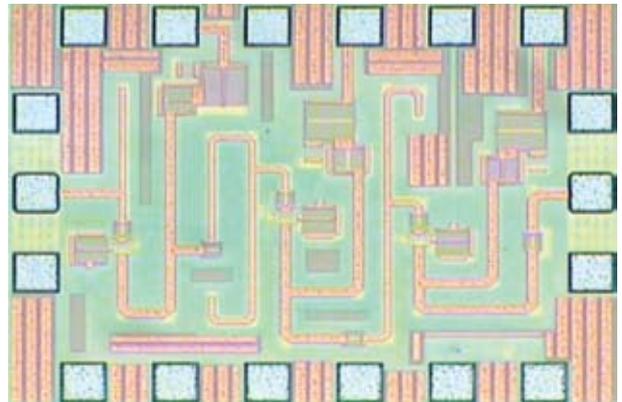


圖2：臺大電波團隊2008年研製成功的50-70GHz CMOS功率放大器，展現18dBm輸出功率，使CMOS在毫米波的完整SoC成形。（發表於2009年1月IEEE MWCL）

地在2000年初期即指導多位學生展現毫米波MMIC成果，引領臺灣在該領域的研究，從10GHz到100GHz提高了一個數量級，也使臺大晉升國際水準。

當時國際普遍認為矽的電子遷移率（mobility）不如砷化鎵（GaAs）等三五族元件，臺灣半導體工業雖在CMOS有領先優勢，但在毫米波這個尖端領域上難有發揮。王教授積極建立與台積電（TSMC）的合作管道，取得TSMC領先全球的CMOS製程，開全球風氣之先將之用於毫米波MMIC的開發，例如2006年首先開發世界第一個60GHz CMOS單晶片低功率收發器，在無線通訊上有重大應用價值而備受世界矚目。陸續開發的頻率涵括K頻段（18-27GHz）、V頻段（50-75GHz）、W頻段（75-110GHz）甚至更高；元件包含低雜訊放大器、功率放大器、開關、雙工器等粲然俱足，一次再一次地領先全球推出，獲得高度成功（圖2）。相關毫米MMIC的教科書從此改寫，而王教授也於2006年獲得IEEE Fellow，理由為“*for contributions to broadband and millimeter-wave monolithic integrated circuits (MMICs) and radio frequency integrated circuits (RFICs)*”，2007年進一步獲得第51屆教育部學術獎。更重要的是，臺灣以CMOS的技術優勢，在毫米波領域將

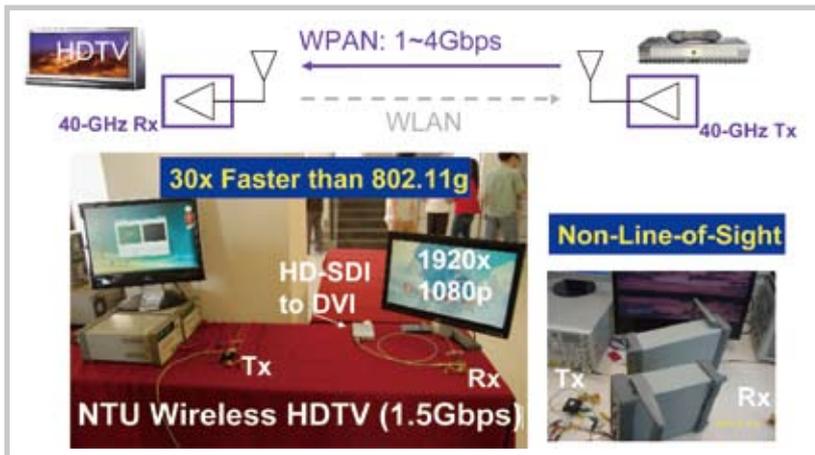


圖3：臺大電波研究團隊2006年開發完成之毫米波收發模組，展示無線兆位元HDTV視訊串流的應用。



圖4：實現於LTCC上的縮小化寬頻的共模濾波器，比例頻寬為120% (4 GHz)，大小為1.6mm平方。(發表於2010年1月IEEE T-MTT)

有很寬廣的空間，為產業發展指出一條重要的方向。

學術創新與民生應用兼具，黃天偉教授率先展示兆位元無線HDTV視訊傳輸

毫米波無線通訊會有相當多應用，例如高畫質電視HDTV是未來消費視訊的主流產業，其高達1920 x 1080解析度，未壓縮視訊達3.56 Gbps。由於頻寬需求很高，無線傳輸時就必需仰賴毫米波技術，但國內業界過去並未邁入這一領域，因此需要進行應用展示。為簡化數位與射頻介面設計，黃天偉教授及臺大團隊多位同仁選擇現成的專業HDTV介面HD-SDI標準，開發各項40GHz前端射頻元件，包含HD-SDI到DVI轉換器、升頻器、功率放大器、一對發射與接收天線、以及降頻器，不需使用低雜訊放大器(LNA)，就可以在1.5米範圍成功將高達1.5-Gbps位元率視訊，直接加上BPSK調變進行無線傳輸(圖3)。與目前常用的IEEE 802.11g WLAN系統，其最高位元率54 Mbps比較起來，此一系統提供30倍速的傳輸量，發表以後受到媒體競相報導。

精研平面式電磁能隙結構及應用，吳宗霖教授成就受國際電磁相容界肯定

隨著半導體CMOS製程技術的快速演進，及無線通訊頻段與頻寬不斷地提升，系統構裝技術的電磁設計日益重要。吳教授1995年自本組畢業獲得博士學位，其後即精研系統構裝整合中之高速信號完整性設計及電磁相容技術。他於2004首先提出以平面式電磁能隙結構來抑制構裝基板上的寬頻電源雜訊，該結構可補足傳統SMT電容無法抑制到GHz以上高頻雜訊的缺點。此技術提出後，受到國際矚目，包括Intel、IBM、Cisco、Teradyne等國際大廠都已著手將此技術導入他們的產品中，而吳教授於2004-2005年發表於IEEE T-MTT及MWCL的3篇論文至今亦共被國際學術界引用超過120次(以WSI資料為準)，對提升臺大電波組的國際影響力有所幫助。近3年，吳教授亦致力發展以電磁能隙結構抑制高速數位差動信號之共模雜訊的技術，此技術具縮小化、寬頻及低成本的獨特性(圖4)，對未來高速數位電路構裝設計技術之提升助益很大，其貢獻受國內外肯定，2005年獲國科會吳大猷先生紀念獎，更進一步於2008-09年間獲邀擔任IEEE EMC Society

(電磁相容學會)的傑出演講人(Distinguished Lecturer)，並於2009榮獲此學會的技術成就獎(Technical Achievement Award)，理由為“*for significant contribution to the design, development, modeling, and measurement of novel power integrity control techniques in advanced package and printed circuit boards.*”

深耕高頻及高速系統整合構裝科技，電磁研究的關鍵地位獲得高度重視

最後介紹筆者的研究。筆者自博士班起進行

變分電磁學研究，其後三度赴國外訪問學習，但研究前後是一貫的，致力電磁波場論及應用。雖然早在1865年Maxwell即已完成電磁波理論，但其應用博大精深，隨時代科技進呈現多樣化的面貌，並將持續主導電機領域科技的發展，尤其是高頻與高速的應用，電磁波效應愈形顯著，能深入了解電磁波的現象，才能進一步進行創新。

在高頻方面，筆者利用所學的變分電磁理論，開發共面波導(CPW)的分析方法，也創新提出磚塊型(RBW)濾波器^[1]，展現該分析方法的實際應用，1995年利用國內IC製程，首度在學術界研發完成毫米波段組件，在國內毫米波研發具有里程碑。近年來且與系上同仁合作THz頻

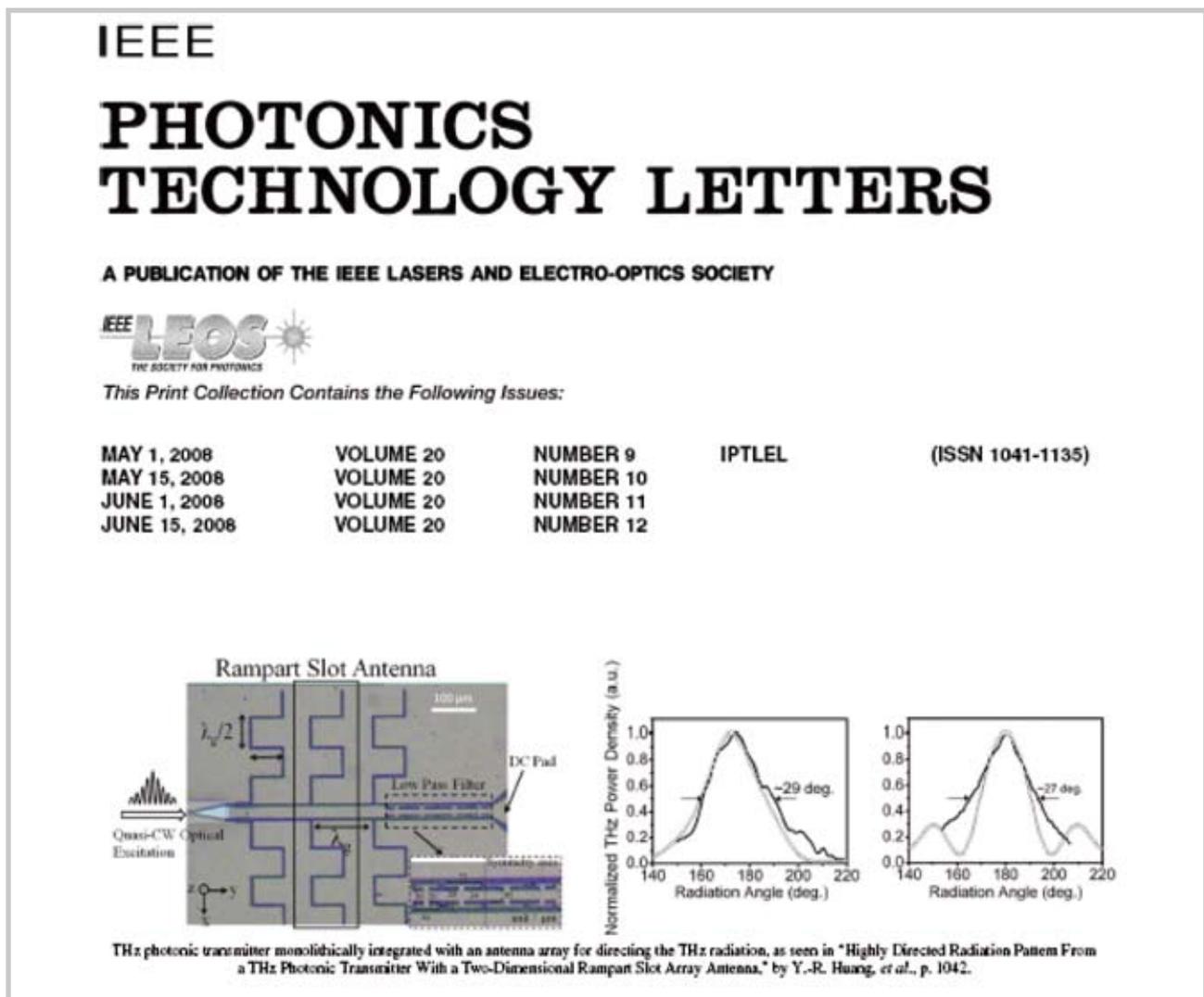


圖5：使用CPW天線及被動組件，在THz頻段展現高指向性（波束寬<30度）、高輸出功率（0.97微瓦）、高光能轉換效率（0.021%）的微晶片偵測應用。（2008年6月號IEEE *Photonic Technology Letter* 封面）

段應用，筆者負責研發CPW被動模組與天線，已成功展示高達907 GHz之微晶片，在該系統中，375THz的藍寶石雷射經過一對柵格（grating）及邁克生（Michelson）干涉儀產生THz頻率，可做為國防或安全（如毒藥物檢驗等）之前瞻應用。由於筆者引進CPW技術，顯示其具有比其他傳輸結構的獨特優越性，使THz的應用前景大幅邁進，該領域學者大受鼓舞，特別將該論文選為期刊封面（圖5）^[2]。筆者近20年在CPW的研究成果也受到肯定，於2010年以“*for contributions to coplanar waveguide passive components*”得到IEEE Fellow。

在毫米波系統整合方面，筆者也注意到臺灣在半導體構裝（packaging）產業有製造優勢，可以利用此一利基，研究適合臺灣發展的整合架構。乃率先成功開發以低溫陶瓷（LTCC）為基礎的毫米波組件及天線技術，研發頻率包含X頻段、Ka頻段、Q頻段、及V頻段，而開發產品包含濾波器、耦合器、轉接器等，過去毫米波組件需要依賴的金屬導波管太過笨重，可以用此一新架構取代，而且可利用此架構有多層的三維特性，展現縮小化、低成本、及多樣化性能優勢，解決毫米波大量製造的瓶頸。此一研發成果結合前述王教授推動的CMOS MMIC技術，已受到國際重視^[3]，而且也對臺灣產業邁向毫米波技術奠定堅實



圖6：筆者（右）與兩位碩博士學生，在2010年全球構裝年度最大會議ECTC，獲頒IEEE期刊最佳論文獎，最左為CPMT主席Rolf Aschenbrenner。

基礎。

除了高頻應用外，筆者很早就注意電磁效應在高速數位系統的重要性，因此開全球學界風氣之先，於80年代末期即投入系列研究，將電磁理論用於系統整合構裝的電性分析與設計，包括建立三維複雜構裝結構完整分析工具、研究模型化及設計技術、探討多層結構開槽的電源完整性、及發展多種方法論探討構裝結構設計最佳化等，是國際電子構裝界電性研究先驅。最近更致力於導線損耗對高速連線的限制，進行理論分析獲得突破性進展，筆者團隊所發表的一篇相關論文^[4]，獲選為此領域最權威期刊*IEEE Transactions on Advanced Packaging (T-AdvP)* 的2009 Best Paper Award（圖6），以臺大電機系本土獨立完成而能獲得國際高度肯定，在臺灣研究水準的進一步提升具有高度意義。

除了學術貢獻之外，筆者於2004-07年擔任系主任一職，推動系上研究教學的執行力與創意，也獲得同仁肯定。短短3年間，相繼完成系友捐獻兩棟大樓（博理館及明達館）的落成使用，建立業界捐款大樓的維運管制度；覓地成立大學部閱覽室，設置隱藏式垃圾回收系統，徹底改善系館髒亂及嘈雜現象，形塑良好的教學研究環境。在卓越研究方面，除微波領域外，有全球晶片奧林匹亞之稱的ISSCC會議論文數，亦在筆者任內達到全球學校第一，而其他多項領域也有長足發展。在教學卓越方面，則有多項創新施政，包含參加國際「工程及科技教育認證」（2005）、推動「產業碩士研發專班」（2004）等，均實質引領全臺電機系所。同時也特別重視品格及藝文教育，全力推動博雅菁英領導人才教育，與民間基金會合作舉辦臺大首次品格教育研討會（2007），並募得業界款項在系內設置專有藝廊，定期展出多項師生藝文作品，亟力倡導科技與人文之結合。

另外值得一提的是2007-09年筆者獲選為IEEE臺北分會理事長，期間積極推動各項業務、建立學會運作長遠機制、會員人數大幅成長、2年分會內Fellow人數增加15名、還有許多會員在國際獲得各種肯定、結合多個支會辦理Taipei Week活動及暑期教育營、並首度完成分會歷史之編纂，尤其是完善化解IEEE期刊及會議中臺灣國名被矮化危機，受到國內外人士高度肯定，一舉獲得IEEE的亞太2009最優秀大分會獎（R10 Distinguished Large Section Award）、2009傑出服務獎（R10 Outstanding Volunteer Award）、及全球2009最傑出大分會獎（MGA Outstanding Large Section Award），這些都是國內首次獲得。而且在2010亞太區年度各分會主席會議晚宴中，一個人上場領了3次獎並致謝辭3次，創下歷史紀錄，也使臺灣國際能見度大幅提升。

未來展望

陳俊雄教授於2007年退休後，筆者銜命擔任臺大電波團隊在五年五百億計畫中的分項主持人^[1]。仰望前輩開創的基礎，責任甚為艱鉅，特定出發展願景：建立高水準團隊，推動電磁科技創新與發展，開發頻譜資源，謀求民生福利。

任務上，將積極發展前瞻微波及構裝整合關鍵技術，含MMIC、系統構裝、及先進天線。一方面要持續鼓勵團隊師生發揮創意追求學術

突破，維持在國際權威期刊的領先地位；另一方面也期望要能整合臺大資源，配合臺灣業界的利基技術，開發以CMOS MMIC、LTCC構裝、及智慧天線陣列為基礎之民生應用，邁向無線兆位元科技世代。

具體指標上，本團隊將持續積極參與主要國際會議，並在微波及構裝領域權威期刊，含IEEE *T-MTT*、*MWCL*、及*T-AdvP*中維持領先。將致力毫米波系統整合應用，爭取與國內科技大廠（如聯發科、日月光、南科等）產學合作，開發產業應用技術。同時也將加強與國際重要學研單位（如韓國KAIST、歐盟FP7等）建立聯盟關係，提升國際能見度，積極促成全球尖端人才與技術的交流合作。

利用半導體業在CMOS製程，以及構裝業在LTCC基板技術的全球競爭力，再加上本團隊領先全球的設計能力，臺灣已具有發展低成本微小化高效能MMIC電路、模組與系統的絕佳機會。因應無線通訊科技的發展與應用，未來的頻寬需求愈來愈高，開發無線科技達到兆位元頻寬將是研究主流。目前已有國內某研發大廠實際投入，結合IBM及本團隊推動合作計畫，進行高效能毫米波系統研發。

未來預期臺大將可持續在微波領域之研究優勢，成為學術上全球一流之研究中心。同時也可協助產業界開發微波與毫米波民生應用，建立以自有研發技術為基礎的新商業模式。 
（本期本專欄策畫／電機系林茂昭教授）

註：

- (1) 共四期，總經費約1.1億元，推動「電磁成像技術」、「毫米波天線與電路組件I（微帶線）」、「毫米波天線與電路組件II（共面波導）」、及「微波高功率組件」。
- (2) 共兩期，每期3年，推動「毫米波電路與天線I, II」，總經費約7千萬。

- (3) 共兩期，第一期4年，總經費5億元，臺大及交大兩校共同推動「前瞻性電信科技發展計畫」，陳俊雄教授擔任臺大總計畫主持人，臺大電波隊參與B1分項「微波及毫米波技術」，總經費約9千萬元。第二期卓越延續計畫4年，臺大及交大共同提出之「前瞻電信微波科技發展計畫」再度獲得補助，由陳俊雄教授主持，總經費2.2億元，其中臺大電波隊參與四個分項，總經費約1.2億元。
- (4) 2002年10月成立資訊電子科技整合研究中心，臺大電波隊參加電信分項及跨校至高頻中心計畫，每年執行經費約1千萬元。
- (5) 分二階段，陳俊雄教授擔任總計畫主持人，第一階段二年，推動「前瞻資訊電子科技之研究」，臺大電波隊參與「前瞻微波科技」及「射頻系構裝整合科技」兩分項，分別由王暉及吳瑞北教授主持，每年經費約1千五百萬。第二階段三年，推動「生活化電子科技」，臺大電波隊參與「前瞻微波及系統構裝整合科技」及核心實驗室計畫，由吳瑞北教授主持，每年經費約2千萬元。

參考文獻：

- [1] F. L. Lin, C. W. Chiu, and R. B. Wu, "Coplanar waveguide bandpass filter - a ribbon-of- brick-wall design," *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, vol. 43, pp. 1589-1596, July 1995
- [2] Y.-R. Huang, C.-C. Kuo, C.-M. Chiu, H.-P. Chen, T.-F. Kao, Y.-C. Chen, A.-S. Liu, R.-B. Wu, P.-C. Chiu, J.-I. Chyi, and C.-K. Sun, "Highly directed radiation pattern from a THz photonic transmitter with a two-dimensional rampart slot array antenna," *IEEE Photonics Technology Letters*, vol. 20, pp. 1042-1044, June 15, 2008.
- [3] R. B. Wu, H. Wang, S. J. Chung, C. H. Lu, and C. H. Chen, "Microwave activities in Taiwan," *2007 IEEE MTT-S International Microwave Symposium*, pp. 125-128, Honolulu, Hawaii, USA, June 2007. (invited)
- [4] W.-D. Guo, J.-H. Lin, C.-M. Lin, T.-W. Huang, and R.-B. Wu, "Fast methodology for determining eye-diagram characteristics of lossy transmission lines," *IEEE Transactions on Advanced Packaging*, vol. 32, pp. 175-183, February 2009.
- [5] 臺大電波研究隊網頁<http://emgroup.ee.ntu.edu.tw> (英文版)。

吳瑞北小檔案

1957年生於臺南市，1975年進入本校電機系就讀，1981年進入該系電波組攻讀碩士，由黃鐘洺教授指導，旋即於1982年直攻博士，師事陳俊雄教授，精研變分相互作用理論及其在介質波導的應用，1985年獲得博士。

1982年起於本校電機系任教，歷任助教、講師（1984）、副教授（1985）、及教授（1990）迄今，曾擔任課程委員、研教委員、副主任（1995-97）、及主任（2004-07）。期間兩次借調國科會，擔任國家高速電腦中心主任（1998-2000）及企劃考核處處長（2002-04），並獲選任IEEE臺北分會理事長（2007-09）。雖歷任多項行政工作，仍積極把握機會出國進修，三度赴美國IBM（1986-87）、UCLA（1994-95）、及比利時Gent Univ（2009）訪問學習。

臺大電波團隊積極參與本校邁向頂尖大學項下「前瞻微波及系統構裝整合科技」計畫，吳教授目前擔任該項計畫主持人。