

Contents

1 主編的話

活動報導 — 邀請演講

2 RF aspects of Magnetic Resonance Imaging

活動報導 — 傑出講座

4 無線通訊物理層發展，由被動、主動到系統

活動報導 — 研討會

6 2016 全國大專創意電磁實作競賽

活動報導 — 國際研討會連線報導

9 2016 年 IEEE 國際射頻整合技術會議

專題報導

14 經濟部工業局智慧電子人才培訓課程成果報導

18 「大型陣列天線之發展基礎與應用」研討會

21 台灣電磁產學聯盟 2016 第 2 次研發半年報

無線通訊新進展－從元件到系統

27 2016 秋季電磁能力認證測驗

企業參訪

30 車輛中心參訪活動

人物專訪

33 專訪林本堅 留心做正經事業

企業徵才

37 華碩電腦

38 奇景光電股份有限公司

39 聯發科技

40 耀登集團

動態報導

41 最新活動 & 消息

42 儀器設備及實驗室借用優惠方案、聯盟會員專區

43 2017 春季電磁能力認證測驗

44 2017 傑出講座

編輯小組

發行人 吳瑞北

總編輯 毛紹綱

執行編輯 沈妍伶

發行單位 臺灣電磁產學聯盟

電話 +886-2-3366-5599

傳真 +886-2-3366-5599

地址 10617 台北市大安區羅斯福路四段一號
(國立台灣大學電機系博理館 7 樓 BL-A 室)

主編的話

為促進科技發展與創新，我們推出由學級會員針對企級會員服務的傑出講座（Distinguished Lectures）系列，並特推選台灣大學毛紹綱教授、交通大學張志揚教授、逢甲大學林漢年教授等三位聯盟教授榮任 2016 年度傑出講座。傑出講座主講人彙整其寶貴研究經驗為專題演講，提供至聯盟企業面對面諮詢交流之機會，共同提升國內產業競爭力！

台灣電磁產學聯盟 2016 年第二次半年報於十月六日在台灣大學博理館 101 演講廳舉行，此次半年報主題為「無線通訊新進展 — 從元件到系統」，隨著 4G 網路的普及，新一代行動通訊網路的發展也正如火如荼發展，2020 年全球將有 500 億個終端產品具備上網功能。有鑑於目前先進國家競相投入未來無線通訊技術與標準研發，本次半年報將介紹車聯網、物聯網與 5G 相關技術的最新進展，促進台灣在下一波科技浪潮中加速創新，在全球科技產業的競爭中取得成功。

本期人物專訪特別邀請到中央研究院—林本堅院士。林本堅長年投入半導體製程中的微影技術。2002 年研究出以水作為介質的 193 奈米浸潤式微影（Immersion Lithography），一改半導體產業以乾式微影作為主流的傳統，不僅讓摩爾定律（Moore's Law）得以延續，也協助台積電躍進三個世代，取得產業上的優勢地位。林本堅不但是美國國家工程學院（National Academy of Engineering, NAE）院士，並曾獲頒國際電機電子工程師學會（IEEE）西澤潤一勳章（Jun-ichi Nishizawa Medal）及克雷多布魯內提獎（Cledo Brunetti Award），並在 2014 年成為第一位出身業界的中央研究院院士。電磁聯盟很榮幸可以訪問到這位世界級的微影技術專家，聽他分享自身職涯心得、微影技術的研發經驗以及半導體產業的未來。

動態報導除了介紹聯盟近期相關活動外，聯盟徵才網站也提供了眾多優質廠商的工作機會，歡迎同學踴躍上網登錄求職履歷。另外，聯盟新增企業會員徵才單元，將提供會員將最新徵才訊息免費刊登於每期季刊廣告頁上，歡迎企業會員多多利用。

台灣電磁產學聯盟通訊為提供聯盟伙伴們一個訊息傳播及意見分享的園地，惠請不吝賜稿。也盼望讀者繼續給予支持，並將本刊分享給相關領域的舊雨新知。

以上精彩活動內容，敬請鎖定本期季刊！

毛紹綱



邀請演講

RF aspects of Magnetic Resonance Imaging

Robert H. Caverly 教授

聯盟特約記者／林庭毅

非破壞性檢測方式一直是電磁領域中相當熱門且極富發展性的一部分，若以考古探測的角度而言，如何在不破壞極富歷史價值的文物下得知其內部是否藏有其他珍貴史料的應用相當重要，若以公共安全及維護基本人權的角度而言，如何在不損及個人身體自主的權益之下，得知是否攜帶足以危害公眾生命安全物品的方法亦是相當重要。而以醫學的角度視之，不論是超音波檢測或是共振造影的技術，都是為了更精準的醫學需求而誕生的應用，因此就算這樣的應用自 1930 年代開始早已行之有年，至今仍不斷的發展、精進。而其中最廣為人知的核磁共振造影 (Magnetic resonance imaging, MRI)，便是應用射頻 (Radio frequency, RF) 的微波頻段進行非破壞性的身體檢測，雖說是射頻的應用，但這其中蘊含的道理若要仔細的考究，則不得不以量子的角度檢視這樣的特性，因此今天 (2016/10/12) 在台大電信所電波組的專題討論時間，邀請到了任教於維拉諾瓦大學 (Villanova university) 電機工程學系的 Robert H. Caverly 教授來談談蘊藏於核磁共振造影的物理奧妙，Caverly 教授同時身為電機電子工程師學會 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE) 的資深會員 (senior member)，這樣的演講相當難得，在此特別感謝 Caverly 教授撥冗參加。

核磁共振造影主要是利用外加磁場控制原子核角動量的進動，並觀察目標區域內的進動現象而造影，具體而言，在常用的物理模型中 (雖然

不是完全正確)，經常將電子的軌道以圖像表示畫成一個繞著原子核的正圓形，因此電子在這樣的運動軌跡下就能被授予直觀的角動量概念，今天當外加的磁場開始影響電子的運動時，會將原本朝上的角動量慢慢的轉向與原本垂直的方向繞行，而探測這樣的變化也相當容易，概念上只需要一個平行於磁場方向的線圈，在角動量方向變化後，根據冷次定律，這樣的變化會在線圈上產生電流，因此只要探測這個電流，就能夠得知變化的特徵參數。一般而言，用於醫學檢測的化學元素與其檢測目標，大概有以下的幾個：(1) 鈉金屬 — 用於心臟疾病方面的檢測、(2) 氦 (He)、氫 — 用於肺部疾病的檢測、(3) 氟 (F) — 用於骨頭方面的檢測、(4) 磷 (P) — 用於牙齒、骨頭方面的檢測。而過去在應用上最大的麻煩之處，便是針對目標區域的區隔，意即去掉不必檢測的資訊，以免造成造影失真或是浪費以人工進行判讀的時間，對於這樣的需求，現行的解決之道便是改變影響角動量的磁場，以線性的方式慢慢增大，以這樣的方式輸入磁場，被目標元素標定的區域在角動量變化後回到原本狀態的時間會比較長，因此只需要偵測最後變化的角動量即可知道該區域的偵測情況。

而針對微波頻段的選擇，Caverly 教授解釋，根據拉姆方程式 (Lamm equation)： $n^-/n^+ \propto \exp(h\gamma B/kT)$ ，其中 n^- 、 n^+ 分別表示翻轉以及未翻轉角動量的原子核個數， h 為普朗克常數 (Planck constant)， γ 為旋磁比常數 (gyromagnetic ratio)， B 為外加磁場的大小， k



為波茲曼常數 (Boltzman constant)，而 T 為環境的溫度，以此式子作為檢測造影的基礎理論，在造影設備的製作上，造價最昂貴的便是產生磁場的裝置，舉例而言，提供 17 特士拉 (T) 磁場大小的產生器，大約就要台幣三千萬的造價，因此設備的製作必須以使用的磁場大小為標準做取捨，而共振的頻率 ω 又等於 γB ， γ 為一個常數，因此當磁場大小決定後，共振的頻率也同時決定，這個範圍剛好就是微波頻段的範圍。

最後談到核磁共振造影的設備，現今仍遇到許多的困難，像是磁場要達到穩定需要花費一定的時間，等待的時間也可能耽誤其他的時程。另外，由於磁場大小的問題，設備離人體的距離無法太遠，除了對於病患的舒適度可能造成問題，過近的距離也可能使得人體的溫度對環境產生影響，釋放出不必要的雜訊，使接收端收到的訊息不夠有辨別度等，如前段所述，就算是已經發展許久的技術，仍有許多待改進的地方留待後世研究。■



聯盟特約記者／蔡維庭

近幾年無線通訊科技迅速發展，可攜式電子裝置持續的進步，舉凡智慧型手機、平板電腦等在全世界的使用率持續提升，也改變了人們的生活習慣。這些無線通訊裝置內部建置許多射頻系統，如寬頻分碼多工 (Wide Band Code Division Multiple Access; WCDMA)，無線通訊網路 (Wireless Local Area Network; WLAN)，全球互通微波存取 (Worldwide Interoperability for Microwave Access; WIMAX)，長期演進技術 (Long Term Evolution; LTE) 等。在這些射頻系統中，功率放大器 (Power Amplifier; PA) 占了相當重要的角色，其線性度、效率的高低，分別影響到了整個系統的通訊品質以及手持裝置的電池持久度，不僅如此，功率放大器也決定了發射機大部分的成本，故擁有高效率、高線性度以及高效率的功率放大器是很重要的研究方向。功率放大器在運作時，會消耗大量的直流功率，其效率的高低會直接影響到手持裝置的使用時間，故提升效率為功率放大器一重要議題。假設手持裝置與接收端基地台距離為一變數，在手持裝置與基地台距離較接近，即輸出功率較小時，電池的使用效率會比較差，使待機時間下降，以全球行動通訊及寬頻分碼多工為例，其輸出功率會隨距離而改變，若輸出功率可以隨距離的遠近做切換，在最遠距離時使用高功率模態 (High Power Mode; HPM)，中距離時使用中功率模態 (Medium Power Mode; MPM)，近距離使用低功率模態 (Low Power Mode; LPM)，如此即可解決輸出功率小，使用效率過低的問題。功率模態放大器架構，提供三個功率模態，高功率模態 (High Power Mode; HPM)；中功率模態 (Medium Power Mode; MPM)；低功率模態 (Low Power Mode; LPM)。每一個模態分別以不同的路徑加上開關做切換，且不同模態分別新

增額外的匹配網路以達到各自的阻抗值。演講中提出以 TSMC SiGe HBT BiCMOS 0.18um 製程製作應用於無線通訊系統的功率放大器。藉由切換驅動級顆數以及驅動級與功率級的偏壓來達到三種功率模態，為了低、中功率傳輸時可提高效率以提升通訊設備的電池使用時間。量測方面由晶片的 PAD 經由鎊線打至 PCB 版上進行量測，由結果可知，在高功率模式，功率增益為 20.5dB，1dB 增益壓縮點輸出功率與對應功率附加效率為 27.2dBm 和 19.1%，輸入 16QAM、20MHz 頻寬的 LTE 調變訊號，在 ACLR < -30dBc 所得到的線性功率為 24dBm；中功率模式的功率增益為 15.9dB，1dB 增益壓縮點輸出功率與對應功率附加效率為 22dBm 和 19.7%，在 ACLR < -30dBc 所得到的線性功率為 17.5dBm；低功率模式的功率增益為 13dB，1dB 增益壓縮點輸出功率與對應功率附加效率為 16.8dBm 和 16.9%，在 ACLR < -30dBc 所得到的線性功率為 11.3dBm；在輸入調變訊號，切換模態至 17.5dBm 以及 11dBm 時，效率也可以提升 7.5% 以及 9%。

再者，無線通訊系統使用封包調變訊號或固定封包訊號。類比式行動電話系統 (Advanced Mobile Phone System; AMPS)、全球行動通訊系統 (Global System for Mobile communications; GSM)、通用封包無線服務技術 (General Packet Radio Service; GPRS) 皆使用固定封包信號。訊息在這樣的環境下被編碼成相位的形式，且訊號振幅並不隨著訊號任意改變。然而，在輸入訊號為固定封包情況下的 PA 並不需要具有高的線性度，而只需要較高的效率來增加電池的使用壽命，但此種調變方式所乘載之數據量較少。因此，目前有許多系統使用封包調變訊號，如分碼多工存取 (Code Division Multiple Access; CDMA)、寬頻分碼多工存取



(Wide band Code Division Multiple Access ; WCDMA)、GSM 增強數據率演進 (Enhanced Data rates for GSM Evolution ; EDGE)、無線區域網路 (Wireless LAN ; WLAN)、長期演進技術 (Long Term Evolution ; LTE)。這些系統利用加入調變振幅大小的方式來使得頻譜利用率得以提升。當 PA 工作在這樣的訊號時，必須線性地放大輸入訊號。對於 3G、4G 和 B4G 的訊號來說，因為調變方式不同以及高峰值平均功率比 (Peak to Average Power Ratio ; PAPR)，因此 PA 往往無法高效率的操作。傳統設計之功率放大器，以固定電壓作為供應電源，其效率最大值接近於最大功率輸出點；隨著功率的遞減，效率也會因此而下降，但由於高峰均功率比，使功率放大器之瞬時功率並非都操作在此最大功率點下，進而造成功率附加效率 (Power Added Efficiency ; PAE) 不佳。隨著行動通訊系統的演進，由 3G 到 3.5G，一直到現在的 4G，抑或是 B4G，我們可以明顯的發現 PAPR 有越來越高的趨勢，使得在中低功率操作時，PAE 並不如預期。並且高 PAPR 的影響對於未來的行動通訊將會越來越顯著，因此解決此問題將為首要考慮重點。

多功率切換模態放大器結合封包追蹤技術

此次演講提出應用於多功率模態功率放大器之封包追蹤放大器 (Envelope tracking Amplifier ; EA)。EA 主要是由線性級 (Linear Stage) 與切換級 (Switch Stage) 兩大區塊所組成，線性級主要為運算放大器 (Operational Amplifier ; OPA) 所構成，並且用來進行封包放大與追蹤封包之用，使得 EA 得以將輸入封包放大後做為功率放大器之集極供應電壓。由量測結果我們可以確定此封包放

大器已能正常輸出所要封包，可涵蓋至 LTE-A 之 60MHz 封包訊號，並且開關級也能正常動作。所應用之多功率模態功率放大器利用切換供給電壓以及電晶體尺寸來達成高、中、低三個功率模態，並使中、低功率模態效率得以提升，但在現今高峰均功率比之調變訊號下，功率放大器之功率附加效率以及線性度將會下降，因此本論文加入封包追蹤放大器使其線性度以及效率得以提升。在本應用中，高功率模態下，於 ACLR 為 -33dBc 之規範下，ETPA 之輸出功率多出了 2.3dB，PAE 多出了 4.9%，分別達到 26.3dBm 及 18.2% 且 ETPA 於 PA 之線性功率下，PAE 提升了 1.8%，EVM 下降了 3.39%，分別為 15.1% 及 1.5%。中功率模態下，於 ACLR 為 -33dBc 之規範下，ETPA 之輸出功率多出了 1.2dB，PAE 多出了 0.5%，分別達到 17.6dBm 及 11.6%，ETPA 於 PA 之線性功率下，PAE 下降了 0.5%，EVM 下降了 0.21%，分別為 15.1% 及 1.5%。由量測結果我們得到加上 EA 後整體 ETPA 成功地達成效率以及線性度的提升。相信在未来此電路必可為手持設備帶來大幅度的進步，並且改善現今手持設備 PA 對於高頻寬訊號。

物聯網智能車系統

最後，在物聯網的研究議題上，毛紹綱教授介紹目前實驗團隊對感測器的研發現況。毛教授把研究成果透過影片展示，V2X 觀念的系統轉化為實際的「萬物聯網智能車」。相關裝置包含 Wi-Fi、藍芽、RFID 相關應用做到自動跟隨功能，電路設計包含單刀開關、周圍相關天線、驅動馬達等控制器，其天線裝置在車體前後左右四面，這個設備可應用到智慧家庭、智慧工廠、智慧城市等領域。「萬物聯網智能車」可以跟手機連線，開啟自動跟隨功能、手機會自動偵測智能車前往的方向並自動轉彎。而貨架上商品訊號透過 Wi-Fi 或藍芽形式傳送到貨車上的裝置，相關物品放到車上，車體 RFID 會偵測到品項，再把資訊傳送到購買者的手機。除了知道買了多少物件，結帳也不用把每一樣東西拿出來，透過 RFID 掃描各種產品售價、營養成分熱量等數據，自動傳到使用者手機。如果這個實驗商品化，絕對能顛覆未來零售採購模式。■■■



活動 報導

研討會

2016 全國大專創意電磁實作競賽

聯盟特約記者／戴仕誠

隨著無線通訊技術的蓬勃發展，生活中隨時可接觸各種與電磁科技相關之電子通訊產品，如：藍牙技術聯盟發布全新的藍芽 5 標準、無線充電聯盟所制定的短距離低功率無線感應式電力傳輸的互連標準，抑或是人們常用的 3G、4G 行動網路，在家用的 WIFI 等皆與其息息相關，由此足見電磁科技之重要性。本競賽源於「教育部網路通訊人才培育先導型計畫－電磁教學推動聯盟中心」創辦之「2013 電磁實驗交流及觀摩研討會」，該中心積極開發以電磁現象為基礎之「電工實驗」教材，利用實驗提升大專學生對於電磁學之學習意願、興趣與動機頗有成效，而「2013 電磁實驗交流及觀摩研討會」提供大專學生一個盡情揮灑實驗創意及充分交流的機會。為了提高全國大專生參與電磁創意實作的意願，配合政府推動深耕工業基礎技術之精神，後續將擴大以創意競賽方式在全國進行，在 2015 年 8 月，舉辦了「2015 全國大專創意電磁實作競賽」。「2016 全國大專創意電磁實作競賽」是創意競賽舉辦的第二年，希望可以藉由持續舉辦電磁實作來達到鼓勵更多學生投入電磁領域的目標。

而「大專創意電磁實作競賽」乃秉持政府推動深耕工業基礎技術之精神，期盼藉由親自動手做創意實驗之設計及實現，刺激學生提高對電磁科技的學習興趣，以達成大專教育鏈結產業需求之目的。

本次競賽吸引了全國多所大學學生團隊報名參加，並有 14 組隊伍入圍決賽。分別為以下的學校及其研究主題：台灣大學「多天線藍牙系統自走車」、台灣大學「布魯斯特角與消失的極化」、台灣大學／元智大學「智慧型天線系統之波束偵測」、中山大學「WIFI 體感技術」、高雄應用科技大學「環環相扣無線充電（磁共振傳能）實驗」、空軍航空技術學院「應用於飛行載具無線充電之自動追蹤技術」、樹德科大「極簡易之直流馬達原理展示」、中正大學「電磁小魔術－永



動機」、健行科技大學「三維·神槍·比翼車」、義守大學「射頻無線電源轉換器」、台北科技大學「應用於遠場射頻背景能量擷取之可擴充式整流天線陣列」、澎湖科技大學「外接式數位電視切換系統」、宜蘭大學「電磁鐵旋轉電機模型」、高雄第一科技大學「電磁感應實作與應用；免用電池的自行車警示燈」，而前面 5 組為 demo 組，後面則為海報組。

參賽隊伍於 8 月 12 日上午報到後，即到各自的場地開始布置作品並測試各種器材及準備簡報的資料，由於海報組僅有一隊能進入總決賽進行 demo，所以他們都使出全力讓裁判能看到其作品最完美的一面。評審過程中評審教授針對各作品進行提問，讓參賽隊伍對於自己往後該如何更加完善自己的作品有一個努力的方向。而最後能進入現場 demo 的只有一組，所以儘管大家的作品都讓評審大開眼界，也只能選出最優秀的一組，即台北科技大學「應用於遠場射頻背景能量擷取之可擴充式整流天線陣列」。

當日下午接著開始現場的 demo，首先登場的是中山大學，題目為「WIFI 體感技術」令人十分期待，其實驗原理為：利用無線網路基地台產生 2.4GHz 的訊號，一路送進壓控震盪器中進行注入鎖定；另一端送入天線端輻射，而輻射的訊號碰到手掌後反射回天線，並且因手掌的移動使得反射訊號帶有都卜勒相位移資訊，接著將壓控震盪器的訊號與手勢揮動的訊號分別送進解調電路，解調電路可分為兩個相位差 90 度的 I、Q 通道。經過混波器將兩個通道的訊號作混頻，再由低通濾波器取出都卜勒相移訊號，最後資料擷取

器將訊號傳至軟體端進行後端處理。雖說只是二維平面的偵測，但是搭配遊戲公司開發的軟體後可以發現他們的作品完成度極高，且其實驗未來發展的潛力極大，像是 KINECT 的體感遊戲與虛擬實境都是很好的發展方向。

除此之外，還有由台大學生帶來有趣的「多天線藍牙自走車」。關於自製天線方面，他們利用架空型陣列天線縮小輻射角度、提高輻射效率及天線的增益，來增長連線距離，並由於考慮體積關係使用兩天線單元。兩天線單元以 90 度相位差匯入形成圓極化波，且根據他們的發現以相距 0.75 波長最符合其需求。在智慧狗哈吉方面，其外殼上方搭載其團隊自製天線，內部則有單刀六擲開關、射頻放大器、藍牙模組、馬達控制模組以及微控制器 msp430 系統。其系統透過偵測藍牙訊號強度控制馬達轉速的快慢，使哈吉能夠執行直走或是左右轉的命令。在影片中可以看到那隻智慧狗緊緊跟隨的可愛模樣，可惜礙於場地關係無法現場 demo 給觀眾及評審看。

精彩的當然不僅這兩隊，其他隊伍也各自有其特色，像是高雄應用科技大學「環環相扣無線充電（磁共振傳能）實驗」，其參賽者講解生動有趣，甚至在簡報結束前還打好自己的分數給評審參考。經過各隊精彩有趣的 demo 後，主辦單位也貼心的提供茶點給現場的所有觀眾及參賽隊伍使用。

在參賽者享用點心的同時，評審們也緊鑼密鼓的替剛剛 demo 的隊伍評分。而因為本次競賽的精神為：期盼藉由創意實驗之設計及實現，刺激學生提高電磁科技的學習興趣，將電磁核心及



基礎知識深入扎根於實作教育中，達成大專教育鏈結產業需求之目的，因此評分的標準主要以教育性、創新性及趣味性作為評分指標。

- 第一，教育性：此實作成果和電磁學的相關性為何？此實驗是否能讓參與者更明白電磁學？
- 第二，趣味性：實作成果是否能吸引學習者的興趣？
- 第三，創新性：實作成果是否具有創新的思維與概念？並且希望可以藉由實驗之設計與實現來刺激學生的學習意願。
- 第四，架構性：實作成果之架構是否以可結合大學電磁學課程為主要考量？

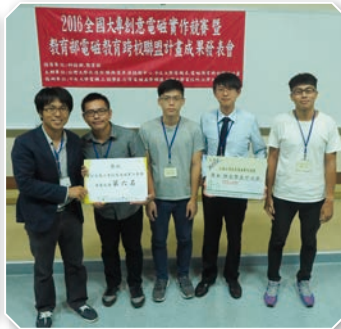
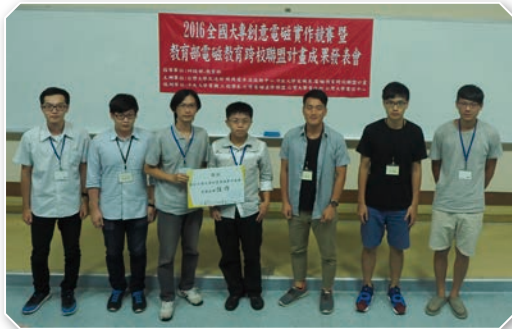
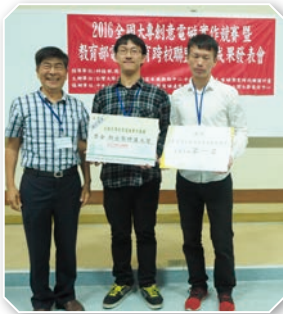
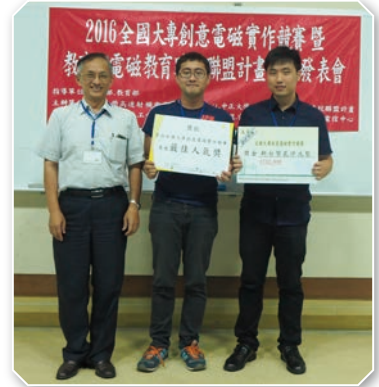
經過評審一番熱烈討論及嚴謹地評分，最終結果以台灣大學「多天線藍牙系統自走車」獲得第一名，第二名為中山大學「WIFI 體感技術」，第三名為台灣大學「布魯斯特角與消失的極化」，第四～六則分別為高雄應用科技大學「環環相扣無線充電（磁共振傳能）實驗」、台灣大學／元智大學「智慧型天線系統之波束偵測」、台北科技大學「應用於遠場射頻背景能量擷取之可擴充式整流天線陣列」，而最佳人氣獎則由高雄應用科技大學「環環相扣無線充電（磁共振傳能）實驗」獲得。

2016 電磁實作競賽得獎名單

得獎名次	題目	指導教授	團隊成員
第一名	多天線藍牙系統自走車	毛紹綱／台灣大學	陳建榜、彭正安、曾紹綸、林彥廷
第二名	WIFI 體感技術	洪子聖／中山大學	陳建綸、賴奕辰、周傳期
第三名	布魯斯特角與消失的極化	陳士元／台灣大學	陳心如
第四名 最佳人氣獎	環環相扣無線充電（磁共振傳能）實驗	陳華明／高雄應用科技大學	張雅程、鐘士鴻、徐書逸
第五名	智慧型天線系統之波束偵測	周錫增／台灣大學	陳彥廷、鄭惇元、黃皓儒、劉人瑋
第六名	應用於遠場射頻背景能量擷取之可擴充式整流天線陣列	陳晏笙／台北科技大學	陳育群、吳承洲、廖又豪、劉家豪

本次競賽主辦人蔡作敏教授表示：「我總覺得好像大學的時候都在學習國外的知識，彷彿外國的東西就是比較好。舉個例子來說，洋片就是比國片還要潮。於是求學的至高境界，就是出國深造。然而，我覺得台灣本土的大學其實就有很多不錯的技術。然而這些技術往往在還未成熟前，就被國外競爭掉了，這是很可惜的。要可以累積技術，需要有展現的平台，以及有交流的機會。然而，這些往往都只限於研究所快畢業的同學才有機會進行交流。因此，如果在大學就有這種交流的機會，不但可以累積自信心，也可以厚植自己的實力。希望未來，能夠有很多同學可以發現

到，其實 Taiwan NO. 1，不只限於明星學校。只要有創意，每個人都可以是 Taiwan NO. 1！」由此可知舉辦這場競賽的目的，不僅在於看誰簡報跟 demo 做得比較好來分名次，而是經過不斷的交流、刺激並交換彼此的成果，來增進對其領域的興趣與認識。■ ■ ■





國際研討會連線報導

2016 年 IEEE 國際射頻整合技術會議

聯盟特約記者／陳俊年

2016 年 IEEE 國際射頻整合技術會議（2016 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology, RFIT2016）於 8 月 24 日至 8 月 26 日在台灣台北福華教會館舉辦。RFIT 會議隸屬於 IEEE 微波理論與技術協會（IEEE Microwave Theory and Techniques Society, MTT-S），於每年八月底或九月初舉行。本次會議多達 107 篇論文發表與 22 場專題討論（workshop），內容涵蓋射頻積體電路設計與系統整合、第五代（5G）行動通訊系統開發、無線傳輸技術的嶄新應用，例如健康照護、生醫與太赫茲（Tera Hertz, THz）應用等。本會議今年首度於台北舉行，由台灣大學電信工程研究所以及台大嚴慶齡工業研究中心承辦；科技部、台北市觀光局、EuMA、IEEE MTT-S 台北分部與台灣電磁產學聯盟（Taiwan Electromagnetic Industry-Academia Consortium, TEMIAC）協辦。會議主席（General Chair）為台灣大學電信工程研究所王暉（Huei Wang）教授；科技主委（Technical Program Committee, TPC）為台灣大學電信工程研究所黃天偉（Tian-Wei Huang）教授。

會議第一天（8/24）為專題討論（workshop），大會共邀請 22 位學界與業界講者分享研究成果與探討未來趨勢，討論主題包含 5G 行動通訊技術、微波與毫米波功率放大器設計、毫米波及太赫茲（THz）技術、被動元件與天線等領域。

台灣大學李致毅（Jri Lee）教授的演講中提出 OOK 調變的 60 GHz 收發系統。OOK 調變的好處為設計簡潔、低功耗且不需使用 DSP（digital signal processor）；60 GHz 頻帶具有較大的可用頻寬，故可提供較高的資料傳輸量（data rate）。此收發系統以 90 nm CMOS 製程實現，在距離 4 cm 時可提供 2.5 Gb/s 的資料傳輸量；距離 61 cm 時可達 1 Gb/s 的資料傳輸量。

北京清華大學池保勇（Baoyong Chi）教授的演講中提出以數位控制介電參數人造傳輸線（Digital Control Artificial Dielectric Transmission Lines, DiCAD）^[1] 取代傳統可變電阻（Varactors），應用於頻率自校準放大器（Self-Healing mm-Wave Amplifier）^[2]。相較於可變電阻，DiCAD 技術具有高 Q 值、可數位控制、容易模擬與分析（modeled）、線性可調等優點。在電路具有製程變異或阻抗不匹配的情況下，以 DiCAD 技術可提升小訊號增益 2.6 dB，降低折返損耗 12.8 dB。

韓國浦項工科學大學（Pohang University of Science and Technology, Postech）教授 Bumman Kim 的講題主要探討 5G 行動通訊功率放大器（Power Amplifier, PA）的設計挑戰與機會。目前 5G 雖然尚無明確的技術規範，但高資料傳輸量（large data rate）的應用應會以毫米波（mm-Wave）為主。而操作頻帶可能是在 28 GHz 或更高頻，且頻寬需求超過 6 GHz，資料傳輸量將超過 7 Gbps（700 MB/s）。基於上述需求，具高線性度的毫米波 PA 將是 5G 行動通訊的關鍵元件。以往毫米波 PA 主要應用於軍事領域，對於 PA 的設計目標著重於高增益，高效率與大功率輸出，此 PA 一般操作於 class-A，然而 class-A 操作卻有相當差的線性度。當毫米波 PA 應用於 5G 行動通訊，為提升線性度，Prof. Bumman Kim 提出幾項建議：1. PA 操作於 class-AB 與 class-B 之間可提升效率與線性度。2. 透過電壓調控降低三階諧波的輸出功率（sweet spot operation）^[3]。3. 做二階諧波的阻抗匹配來壓抑二階諧波的輸出功率。4. 偶次諧波的接地（grounding）問題將嚴重限制電晶體尺寸與輸出功率。隨後 Prof. Bumman Kim 分享毫米波 CMOS PA 的設計經驗、包括電晶體與傳輸線選用、dummy metal 考量、以 neutralization tech ^[4] 提升穩定度的技巧及二階諧

波壓抑的匹配方式。最後提出以 28 nm CMOS 實現具高線性度的 28 GHz 功率放大器的設計實例。

英國航太系統公司 (BAE Systems) Dr. James J. Komiak 分享他在微波與毫米波功率放大器領域 37 年的經歷，內容包括高速半導體元件演進、電路量測分析工具與訊號模型的發展、高功率放大器 (HPA) 的演進，整場講座彷彿是一堂射頻科技發展的歷史課 (Fig. 1 [5])。

台灣大學陳怡然 (Yi-Jan Emery Chen) 教授討論脈衝調變極化發射機 (Pulse-Modulated Polar Tx, PMPT) 的想法 [6]。首先將輸入的 IQ 基頻訊號透過 DSP 分解為基頻相位 (phasor) 訊號與封包 (envelop) 訊號；基頻相位 (phasor) 訊號經過混頻器升頻成為射頻相位訊號；射頻相位訊號再與封包訊號以脈衝調變器 (Pulse Modulator) 合成為脈衝調變訊號，再經功率放大器將訊號放大，並以帶通濾波器修復 (restore) 後輸出放大的射頻訊號。PMPT 的優點在於以脈衝調變訊號控制功率放大器的偏壓擺幅 (Vdd voltage swing)，由於脈衝訊號的特性為僅有開與關 (on/off) 的模態，故可

使用具高效率但低線性度的功率放大器，藉此提升發射機在 back-off 操作時的效率。此技術可應用於 4G LTE 基地台的發射機模組，提升操作效率與動態範圍 (dynamic range)。

瑞典查爾姆斯理工大學 (Chalmers University of Technology) 教授 Herbert Zirath 在演講中提到，隨著行動裝置的數量與資料傳輸量增加，操作於 THz 頻帶的寬頻高速收發模組將會是未來的解決方案。演講中介紹了其研究團隊近期發表的 D-band (110 ~ 170 GHz) 前端射頻模組 [7]，以 InP 250 nm DHBT 製程實現，在以 64QAM/QPSK 的調變訊號下，具有 48 Gbps 的資料傳輸速度，這是目前 D-band 前端射頻模組的世界紀錄。目前其研究團隊仍繼續開發更高速的 THz 收發系統，目標為 100 Gbps。

美國麻省理工學院 (Massachusetts Institute of Technology, MIT) 教授 Ruonan Han 提出 THz 的特殊電路設計，包括世界第一顆具鎖相 (phase-locked) 功能的 320 GHz 陣列輻射源 (radiator array) [8]，其輸出功率 3.3 mW 亦為目前的世界

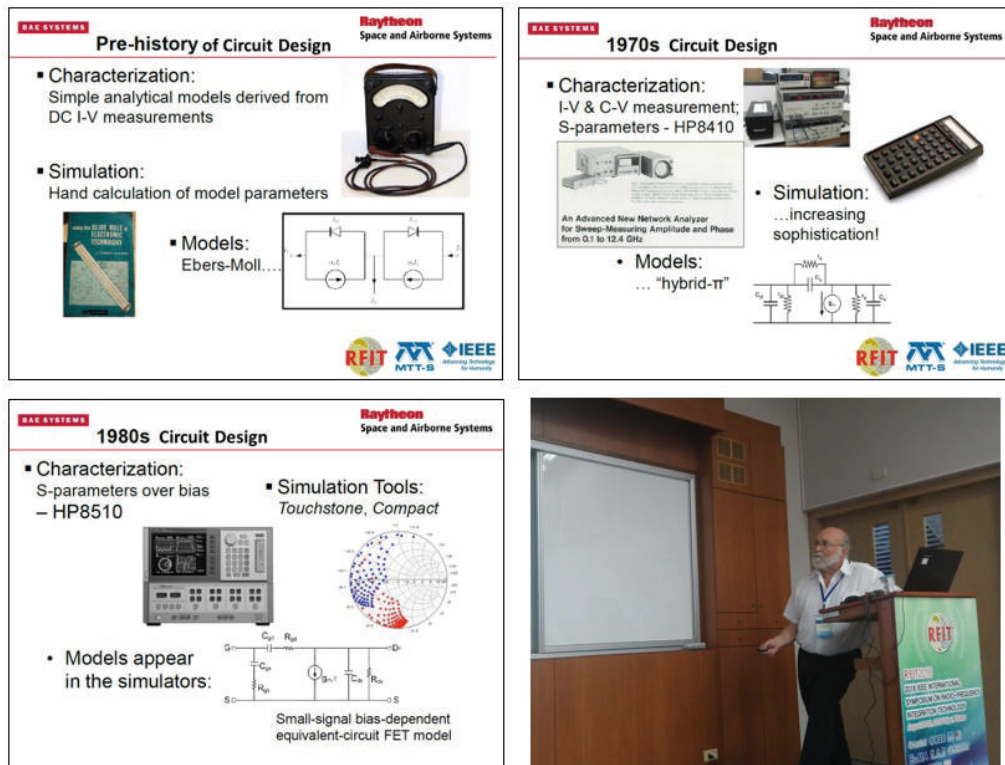


Fig. 1 Dr. James J. Komiak 介紹射頻電路設計工具的演進 [5]

紀錄；此外還有 320 GHz 影像偵測電路^[9]、480 GHz 全被動式二倍頻器等。

美國加州大學戴維斯分校 (University of California, Davis, UCD) 教授 Q. Jane Gu 發表以 THz 收發系統做為 chip-to-chip 連接 (interconnect) 的創新應用。目前數位晶片之間的連接會以 PCB 的金屬線連接傳輸；高速數位晶片則會以光學 (光纖) 模組對接做高資料量的對傳。此新構想為在高速數位晶片的 IO 端加裝 THz 收發模組晶片，並同時在矽基板 (substrate) 上製作 THz waveguide 作為傳輸線，其優點為面積小，超寬頻且低損耗，並可保持高速數位訊號的訊號完整性。其研究團隊所發表的 165 GHz 收發模組，輸出功率為 -1.67 dBm，在 OOK 的調變方式下具有 9.4 Gbps 的傳輸速度，並僅有 6.4 mW 的直流功耗 (Fig. 2)。

美國密西根大學 (University of Michigan, Ann Arbor) 教授 Amir Mortazawi 的演講中提到，在可用頻譜有限且無線裝置數量龐大的今日，若無線裝置可以依使用環境更靈活的切換頻譜與功率，則可更有效率的利用珍貴的頻譜。鐵電薄膜 (ferroelectric thin film) 鋇鈦酸鹽 (barium strontium titanate, BST)^[10] 材料具有低損耗、高介電參數 (dielectric constant)、介電參數會隨外加電場改變的特性，可應用於可調式 (tunable) 的射頻電路。此外 BTS 在直流電場下具有壓電 (piezoelectric) 與電致伸縮 (electrostrictive)



Fig. 2 UCD 教授 Q. Jane Gu 發表以 THz 收發系統做為 chip-to-chip 連接的創新應用。

的特性，可應用於可切換 (switchable) 薄膜聲波震盪器 (Film Bulk Acoustic Wave Resonator, FBAR) 與 FBAR 濾波器。相較於傳統濾波器，FBAR 濾波器可大幅縮小面積與功耗。演講後段 Prof. Amir Mortazawi 報告其研究團隊使用 BST 開發的 2.4 GHz 相移器 (phase shifter)、可調式阻抗匹配電路、2 GHz 可切換式雙頻 FBAR、1.6 GHz 可切換式 FBAR 濾波器。

會場外同時進行學生電路設計競賽 (Student Design Competition, SDC)，由中正大學電機系蔡作敏 (Zuo-Min Tsai) 教授主持。競賽團隊須使用 8 顆電晶體與印刷電路板進行 2.8 GHz 發射機設計與實作 (Fig. 3)。

會議第二天 (8/25) 為開幕式與論文發表。開幕式中會議主席 (General Chair) 王暉教授與科技主委 (TPC) 黃天偉教授介紹本會議沿革，主辦與協辦單以及協力廠商，並歡迎所有貴賓來到台灣，希望大家參加研討會之餘也可一覽台北之美 (Fig. 4)。後 IEEE MTT-S president Prof. Ke Wu、RFIT ExCOM Prof. Mohammad、台灣大學電信工程研究所暨 TEMIAC 召集人吳瑞北 (Ruey-Beei Wu) 教授發表祝賀致辭。最後由國立交通大學校長，同時也是美國加州大學洛杉磯分校 (University of California, Los Angeles, UCLA) 電機系教授張懋中 (Mau-Chung Frank Chang) 校長發表精彩的演說，講座主題為 THz 系統的實現與應用。張校長於演講中介紹 THz 的廣泛應用，包括高速短距離有線/無線傳輸、高解析度雷達遙測系統、影像偵測與藥物、毒品偵



Fig. 3 Student Design Competition, SDC

測系統等。隨後發表其 UCLA 研究團隊在 THz 晶片系統的研究成果 (Fig. 5)。

會議第二天與第三天 (8/25 ~ 8/26) 皆有論文發表，分為口頭簡報部分與學生海報競賽 (Student Poster Competition, SPC)，以及各家協力廠商 (Anritsu, Keysight, R & S, NI, Honestco Electric 誠意電子) 的儀器設備展示。

台灣大學 Ching-Yun Chu 報告其研究團隊與清華大學、交通大學研究團隊共同開發的 35 GHz (Ka-Band) 相位陣列 (phase-array) 收發模組。此收發系統同時整合了收發機、鎖相迴路與數位控制電路，是一完整的 SOC (system-on-chip)；與一般相位陣列不同的地方在於，一般相位陣列主要以調控射頻 (RF) 訊號相位的方式操作，而此架構則是以調控中頻 (IF) 訊號相位的操作方法達到束波成型 (beamforming) 的效果。此系統以 65 nm CMOS 製作，發射機輸出功率為 18 dBm；接收機增益為 66 dB，雜訊指數為 4.4 dB；相位解析

度小於 3.7 度。比較近期發表類似架構的相位陣列系統，此系統具有最佳的特性表現。

南京東南大學教授趙滌燹 (Dixian Zhao) 發表以變壓器 (transformer) 匹配電路取代傳統四分之一波長傳輸線做功率結合的 Doherty 功率放大器 [11]。使用變壓器耦合電路可縮小電路尺寸；主放大器 (main amplifier) 與輔助放大器 (auxiliary amplifier) 使用不同的變壓器耦合電路做不同功率等級的阻抗匹配，達到 Doherty 功率放大器的效果。此電路以 40 nm CMOS 製作，操作於 E-band (77 GHz)，其 OP1 dB 為 19.2 dBm，PAE 為 12.4%。

三菱電子 (Mitsubishi electric) N. Kosaka 發表以低成本塑膠封裝 (Plastic Package) 的高效率高增益 GaN-HEMT，並應用於 3.5 GHz LTE 基地台。電晶體封裝以低階的塑膠封裝技術雖然可降低生產成本，但其寄生效應卻會導致電晶體的增益與效率衰退。為克服這個問題，在封裝時就在封裝基板上以 bond-wire 電感與晶片型電容做阻抗的預先匹配 (prematching) 來抵消塑膠封裝的效應，此方法不僅提升塑膠封裝電晶體本身的效能，更可降低電路 (MIC) 的匹配難度。

上海交通大學教授周亮 (Liang Zhou) 發表電磁脈衝 (electromagnetic pulse) 對 GaN HEMT 產生的電熱破壞的實驗與模擬方法。

中央研究院天文所翁守賢 (Shou-Hsien Weng) 博士發表應用於 ALMA (The Atacama Large Millimeter/Submillimeter Array) band-1 (30 ~ 50 GHz) 天文觀測雷達陣列接收模組的寬中頻 (IF) 輸出與高 LO-RF 隔離度的降頻混頻器 (Mixer)。其電路架構為單端輸入 (single ended) 混頻器；為提升 LO-RF 隔離度而使用 triple cascode 架構；並將混頻功能的電晶體 (mixing core) 的 Vds 保持在 0V，使輸出端的阻抗不隨頻率改變，進而提升中頻頻寬。此電路架構以 0.15 μm PHEMT 製作，IF 在 4 ~ 12 GHz 的輸出功率變化僅 2 dB，並有 35 dB 的 LO-RF 隔離度。



Fig. 4 會議主席 (General Chair) 台灣大學電信工程研究所王暉教授



Fig. 5 張懋中 (Mau-Chung Frank Chang) 校長 (左) 發表精采的演說

工業技術研究院 (ITRI) Wen Chiang Chen 則報告工研院在 mmWave 5G 的發展現況與規劃藍圖。工研院目前正著手進行 38 GHz 通訊平台的開發與通道 (channel) 測試。

南京東南大學 Z. Wang 現場展示其研究團隊開發的肌電圖 (electromyography, EMG) 重建技術 (Fig. 6)，此技術為運動神經受損病患的復健工具，並設計成可無線控制的穿戴裝置。首先病患與健康的人穿戴上此裝置，並由健康的人做出特定動作，其動作指令經由無線通訊模組傳遞至病患的裝置，此時裝置則會進行穴道電擊，刺激病患運動神經來做出相同動作。在中國的合作醫院已有運動神經受損病患在使用此技術做短期復健後逐漸回復運動的能力。

韓國蔚山科技大學 (Ulsan National Institute of Science and Technology, UNIST) Franklin Bien (卞瑛宰) 發表植入式血糖監測晶片的完整方案。傳統的血糖檢測需要以侵入式方法採取病患血液，尤其以糖尿病患者需要每日並長期監控血糖，故需要常使用刺血針 (lancet) 取樣，造成患者不適。此新技術是開發植入式血糖感測收發機搭配 on-chip 天線與無線功率傳輸 (Wireless Power Transfer, WPT) 模組的微晶片系統。將此微晶片系統植入糖尿病患者動脈血管的鈦金屬支架，以此鈦金屬支架做為無線功率傳輸用的天線。血糖感測收發機可對患者的血糖濃度做即時監測，將數據以無線通訊的方式傳遞至體外的分析系統，並以無線功率傳輸的方式對體內的感測系統進行充電。此方



Fig. 6 南京東南大學 Z. Wang 現場展示其研究團隊開發的肌電圖 (EMG) 重建技術。

法不僅可提升血糖檢測的精準度，更可避免糖尿病患者每日以刺血針採集血液的不適感。

本次為期三天的 RFIT 研討會讓射頻相關領域的產官學者在台灣台北相聚，分享最新研究成果與預測未來技術發展趨勢，並增進彼此情誼。在熱烈與緊湊的學術交流下圓滿結束。明年 (2017 年) RFIT 將在韓國首爾舉行。

參考文獻

1. T. LaRocca, et al., "Millimeter-Wave CMOS Digital Controlled Artificial Dielectric Differential Mode Transmission Lines for Reconfigurable ICs," 2008 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., pp. 181-184, June 2008.
2. H. Jia, et al., "A Self-Healing mm-Wave Amplifier Using Digital Controlled Artificial Dielectric Transmission Lines," A-SSCC Dig. Tech. Papers, pp. 425-428, Nov. 2013.
3. T. Huang, et al., "A K-Band Adaptive-Bias Power Amplifier with Enhanced Linearizer Using 0.18- μm CMOS Process," 2015 IEEE MTT-S Int. Microwave Symp. Dig., pp. 1-3, May 2015.
4. D. Zhao, et al., "A 60-GHz Dual-Mode Class AB Power Amplifier in 40 nm CMOS," IEEE J. Solid-State Circuits, vol. 48, no. 10, pp. 2323-2337, Oct. 2013.
5. J. Komiak, "Microwave and Millimeter Wave Power Amplifiers: Technology, Applications, Benchmarks, and Future Trends," 2016 RFIT, Aug. 2016
6. Y. Chen, et al., "Pulse-Modulated Polar Transmitters for Spectrum-Efficient Wireless Applications," Wireless Symposium (IWS), 2014 IEEE Int., pp. 1-4, March 2014.
7. S. Carpenter, et al., "A D-Band 48-Gbit/s 64-QAM/QPSK Direct-Conversion I/Q Transceiver Chipset," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 64, no. 4, pp. 1285-1296, April 2016.
8. R. Han, et al., "A 320 GHz Phase-Locked Transmitter with 3.3 mW Radiated Power and 22.5 dBm EIRP for Heterodyne THz Imaging Systems," IEEE ISSCC Dig. Tech. Papers, Feb. 2015, pp. 446-448.
9. C. Jiang, et al., "A 320 GHz Subharmonic-Mixing Coherent Imager in 0.13 μm SiGe BiCMOS," IEEE ISSCC Dig. Tech. Papers, Jan. 2016, pp. 432-434.
10. R.A. York, "Tunable Dielectrics for RF Circuit," in Multifunction Adaptive Microwave Circuit and Systems
11. D. Zhao, et al., "Transformer-Based Doherty Power Amplifiers for mm-Wave Applications in 40-nm CMOS" IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 63, no. 4, pp. 1186-1192, April 2015. ■■■■



專題
報導

經濟部工業局智慧電子 人才培訓課程成果報導

電磁聯盟綜合報導

工業 4.0 (Industry 4.0、Industrie 4.0)，或稱第四次工業革命 (Fourth industrial revolution)、生產力 4.0，是一個德國政府提出的高科技計畫，由德國聯邦教育及研究部、聯邦經濟及科技部聯合資助，投資預計達 2 億歐元，用來提升製造業的電腦化、數位化與智慧化，其所發展的智慧工廠包含了四個部分，即雲端、物聯網、大數據管理與智慧設備；中、日、美、英、德等大國都競相爭取該高科技的主導權，身為 IT 產業大國的我們更是不可以坐視不管，急需配合國際科技發展的潮流，積極發展相關的高科技技術。

近年來，各種高速數位信號的標準紛紛被提出，如 SATA III 的 6 Gb/s、PCI-Express II 的 5 ~ 6.25 Gb/s、USB 3.0 的 5 Gb/s 與 10 Gb/s Ethernet 等，其數位信號的傳送速度走向 10 Gbps 甚至更高，已是不可避免的趨勢，各種高頻電磁波效應，如串音雜訊 (Crosstalk Noise)、彈地雜訊 (Ground Bounce)、反射雜訊 (Reflection Noise) 與電磁干擾 (EMI) 對系統性能的影響將愈形顯著，而良好可達 GHz 頻寬的高速信號走線設計、電源分佈系統以及電磁干擾／電磁相容 (EMI/EMC)，都已成為業界電子產品研發的關鍵性課題；另外更值得一提的是，據 Intel 台灣分公司表示，除系統廠商需要重視相關專業問題之外，今日已發展到連「印刷電路板 (PCB) 相關廠商」也需要去了解相關專業知識，從源頭上到下都需接受專業訓練才能做好相關高速／頻電子產品。

由於「智慧電子」與「工業 4.0 的雲端、物聯網與智慧設備」涵蓋的智慧電子技術相當廣泛，但其「數位化」、「高速化／與高頻化」穩定性與無線化的趨勢實是不變，因此，智慧電子相

關技術的高速數位信號傳輸技術之信號完整與穩定性，便是經濟部工業局智慧電子人才培訓課程鎖定培訓的關鍵技術。

台灣為全世界的 PC 與 IC 生產製造王國，高速數位電路的訊號完整度設計更是能否持續發展的命脈，雖然台大二十幾年前即有進行專業知識的相關研究，但在台灣的學術界卻少有其他人從事此一領域，以致台灣電子廠商的相關工程師大多數並未具備 SI 設計的專業智能。緣此，台灣電磁產學聯盟與台大慶齡工業研究中心特別和 Intel 公司合作，除了邀請台大開放其多年的研究成果，也邀請了相關專業之軟、硬體廠商與 EMI 量測實驗室具實務經驗專家，共同設計一套高速數位電路 SI/PI/EMI 的短期訓練課程，藉以培訓台灣相關電子廠商之工程師，以提升該相關專業的智能，達到可以設計良好高速數位相關智慧電子產品的目的。

配合前述產業發展趨勢及需求，針對智慧電子產業之產品佈局開發與相關事務者（如產業分析、專利與智財分析、專案管理等）在職人才，這一系列課程將可為其提升智慧電子專業相關技術能力，配合國際發展趨勢及台灣產業需求編修訂定適當教材，以期在短時間內使學員能迅速掌握 SI/PI/EMI 的基礎理論及其實務應用。

為使講授方式能契合年輕業界工程師之需要，SI/PI/EMI 部分聘請各校學有專精的老師，分別由逢甲大學林漢年教授、台灣科技大學王蒼容教授、高雄大學吳松茂教授與中原大學之薛光華教授領導，帶領相關專業之軟硬體廠商、EMI 量測實驗室具實務經驗專家參與現場教學，結合學界與業界頂尖師資，講師陣容堅強。

這一系列的短期培訓課程由「訊號完整度原

理與量測實務應用」、「電源完整性設計與分析實務」、「電磁干擾進階實務」共三門課程所組成，開課時間橫跨 4 月至 6 月。

訊號完整度原理與量測實務應用

數位電路訊號完整度 (Signal Integrity, SI) 在訊號高速化及現今半導體製程進步與封測產業高度複雜微型集積化下，複雜的系統電路特性受到路徑干擾與輻射干擾而造成產生訊號完整性問題，這些無疑是系統化設計分析與驗證上需要正視及積極解決的問題，也是目前台灣乃至於全世界系統電路相關工程師亟需具備的專業智能。

訊號完整度原理與量測實務應用，訓練對象鎖定智慧電子、半導體、電機、電子、通訊相關產業之研發或系統電路工程師，具有一年以上工作經驗，並具有電子電路與電磁學基礎觀念。課程內容涵蓋電路訊號完整度基礎原理、分析設計模擬與量測技術、進階實務相關議題等內容，包含：傳輸線基礎理論、反射 (Reflection) 與串音 (Crosstalk) 雜訊、混頻模態訊號 (Mixed-mode Signal)、數位訊號與眼圖、電路設計架構與模擬量測實務技術、SI 模擬軟體實務 (操作)、高速線路傳輸嵌入與去嵌通道原理與量測應用實務等。

課程的教材內容整合台大多年的研究成果，商請安系思科技公司與太克科技合作開課，其教材設計整合學術界與產業界多年的研究成果，主要分為四大部分：系統電路理論與設計分析技術、系統電路串音分析、SI Simulation、高速線路傳輸的嵌入與去嵌通道的原理及應用。整合學界與業界雙邊經驗，共同設計一套兼具實務與理論的高速數位電路的短期訓練課程，藉以培訓台灣相關電子廠商之工程師，以強化實務方面量測與改善損耗的技術應用。

電源完整性設計與分析實務

電源完整性設計與分析實務課程，課程進度分為「電壓調節器與通道雜訊」、「電源完整性概論」、「電源完整性實務模擬」、「熱電源交直流

與電源傳遞網路之共同模擬分析」，共計四大區塊，內容包含：Power Integrity I-Fundamental and Introduction、Power Integrity II- Kinds, Problems and Solutions、電壓調節模組設計與操作原理、Channel Noise Scan Methodology、Thermal Aware DC Analysis、AC analysis in Frequency domain、PDN co-simulation across chip, package and board、Signal Integrity with Power/Ground effect、PI/SI/EMI co-simulation、Real case study 等。

電磁干擾進階實務

隨著汽車電子及無線通訊應用與日俱增及科技的日新月異，且 IC 設計已進入到晶片系統 (SoC) 設計時代，而隨著先進製程使得操作頻率漸漸提升、供給的電壓也漸漸降低，因此在產品體積輕薄短小化且功能豐富多的狀況下，高速數位系統的設計都需在縮小的體積內進行操作。因應此趨勢，所需注意的焦點已經不單單只在傳統設備與設備之間的 EMC 問題，更是演進到系統內模組與模組間的相容性設計技術；電磁相容設計與驗證已經逐漸從電子設備或系統設計的重心轉移到模組與積體電路元件 (SOC) 上。

電磁干擾進階實務，介紹電磁干擾基礎原理、模擬軟體與 EMI 量測及除錯以及 EMC 設計之實務相關議題。其內容包含 EMI 根因分析：EMI 雜訊分析、EMI 耦合路徑分析、元件非理想特性之效應、EMI 相關模擬軟體實務 (操作)、電磁相容設計與除錯實務 (EMC Design and Debug Practices)、硬體量測實務等，讓學員有系統整合之設計概念。

本課程將針對目前電腦、電子、通訊產業相關工程技術人員，配合當前科技發展與 IC 技術之演進趨勢，透過系統設計問題的根本分析 (Root Cause Analysis: RCA)，延續高速數位電路之 PI (電源完整性)、SI (信號完整性) 課程內容，引導出 EMC 的問題與挑戰、透過系統性的雜訊類別與耦合路徑分析，以電磁軟體模擬與量測實務

解說，搭配案例解說與設計原理分析，探討系統與電路之 PI/SI/EMI 設計技術之最佳化技巧，將可提供學員對 EMC 設計技術有一深入且系統性的了解，以期對高速數位電子電路及通訊系統設計之相關工程與研究人員的產品設計能力能有進一步的幫助，並藉以培訓台灣相關電子廠商工程師之系統整合能力。

課程內容分為三大部分，第一部分是電磁干擾原理分析與設計，包含電氣系統之電磁相容雜訊源分析、電磁耦合之原理分析、被動/無源元件之非理想特性、電路非理想特性之電源完整性/訊號完整性問題所導致電磁干擾之效應、電磁相容設計策略與技術。其次是電磁干擾模擬分

析，範圍囊括 Simulation EMI with differential and common mode issue in FEM tools、Simulation EMI with discontinuities effect in FEM tools、PI/SI/EMI co-simulation、Real case study。最後一個部分是電磁干擾量測與除錯實務，課程範圍有 Basic of EMC measurement、Low cost EMC debug environment、EMC design introduction。

本課程師資囊括學界及業界師資，為顧及學員側重實務分享的學習需求，業界師資的授課時數盡量調整到整體課程的 50% 以上。

學員囊括各大通訊相關產業之技術人員，學員背景依照學歷、產業別、年齡分布與地區分布等，將學員組成分析如下：

表 1 學校教師/業界師資比例人數表

編號	課程名稱	總時數 (A)	學校教師授課時數 (B)	學校教師人數比例 (B)/(A)(%)	業界授課時數 (C)	業界師資人數比例 (C)/(A)(%)
1	訊號完整性原理與量測實務應用	21	11	52%	10	48%
2	電源完整性設計與分析實務	21	6	29%	15	71%
3	電磁干擾進階實務	14	7	50%	7	50%

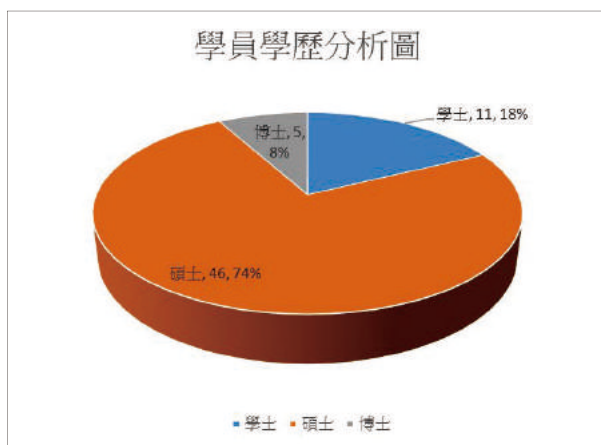


圖 1 學員學歷分析圖

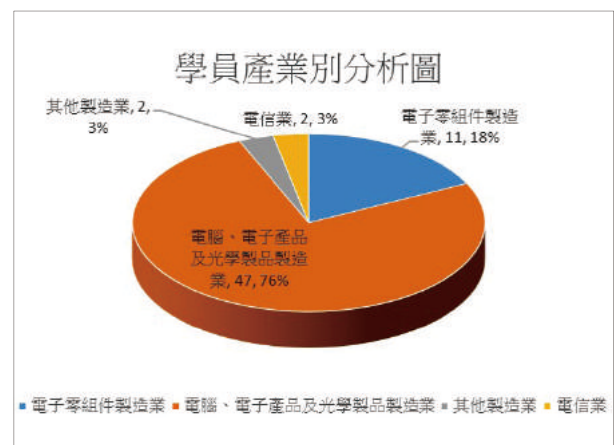


圖 2 學員產業別分析圖

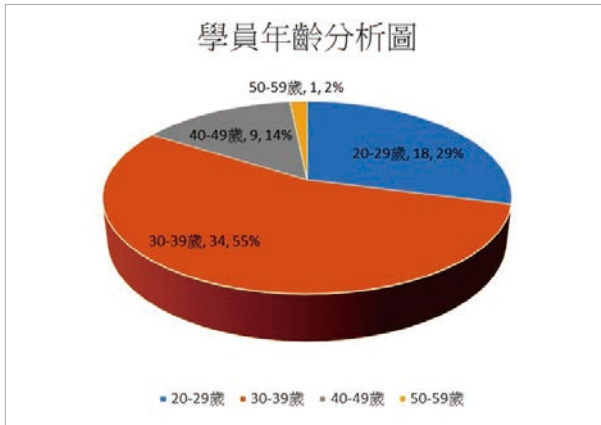


圖 3 學員年齡分析圖

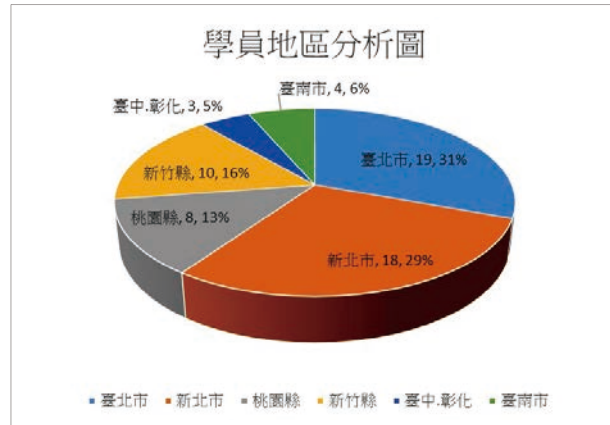


圖 4 學員地區分析圖

表 2 學員意見調查表

編號	課程名稱	培訓學員人數 (認列)	問卷有效份數	學員滿意度各項平均值					
				培訓課程	設備	講師	教材	綜合意見	總平均
1	訊號完整度原理與量測實務應用	23	23	4.09	4.3	4.48	4.3	4.13	4.26
2	電源完整性設計與分析實務	21	21	4.31	4.48	4.63	4.29	4.45	4.43
3	電磁干擾進階實務	18	18	4.65	4.44	4.85	4.67	4.67	4.66
整體總平均		62	62	4.35	4.41	4.65	4.42	4.42	4.45

本課程藉由理論與實務兼具之課程內容講授，培訓智慧電子相關產品之高速電路設計技術人才；並將於課後保留些許時間與業界人士互動，亦藉此了解學員學習狀況與隨時修正、調整上課狀況。為達課程學習之最大成效，課程進行時，不只記錄每位學員之修習次數，同時在課程結束之後亦實施測驗。藉由課後評量的方式，除可了解學員學習成效，亦能依照學員所反映的學習狀況，適時調整課程內容。凡參加電源完整性設計與分析實務、訊號完整度原理與量測實務應用與電磁干擾進階實務等三門課程當中，任兩門之綜合測驗考試成績良好者，另由本聯盟頒發 PI/

SI/EMI 課程修畢優異證書（英文版）一份，以資鼓勵。

為保障課程品質，於各科目結束後，進行問卷調查，了解學員反應及課程績效。並檢討全期課程執行成效，作為往後培訓計畫之參考，從學員高度評價的回饋當中，亦可看出學員對聯盟辦學績效的肯定與支持。

聯盟自 2012 年以來，藉由這一類型課程的開設，促使學員們在高速數位電路設計的專業智能有所成長，進一步深化相關產業從業人員的專業能力，從而將專業技術應用於台灣相關電子產業的產品，帶領產業走向更精實、寬廣的發展！ ■■■



「大型陣列天線之發展基礎與應用」研討會

聯盟特約記者／顏志達

前言

台灣電磁產學聯盟 (Taiwan Electromagnetic Industry-Academic Consortium) 於九月十二日台灣大學博理館 101 演講廳舉行，邀請到許多產業界的專家及美國知名大學教授來演講，分享大型陣列天線之理論及應用。本次演講人數超過一百多人共襄盛舉，參加的對象包括大學部大三以上的學生、碩士班、博士班研究生、業界人員等。大型陣列天線起初使用在軍事用途 (例如：雷達 Radar 等)，而如今應用到 MIMO (Multiple Input Multiple Output) Antenna、Massive MIMO 等。第五代行動通訊 (5th generation mobile networks) 即將來臨，大型陣列天線勢必非常重要，將採用 Massive MIMO 技術，在基地台利用上百個低成本、低功率消耗的天線組成陣列，用來增加傳輸節點的個數，同時服務很多用戶 (每個天線一個用戶)，可以在不需要增加頻寬的情況下，以提升傳輸速率並改善通訊品質，強化連結的穩定性，大幅地提升整體系統的容量。最後介紹如何使用 HFSS 數值電磁軟體實作、先進天線技術介紹、近場量測技術 (Nearfield Scan Techniques)、遠場量測技術 (Farfield Scan Techniques)。

大型陣列天線之發展與應用

國家中山科學研究院 (National Chung-Shan Institute of Science & Technology) 電子系統

研究所陳淑娥博士介紹軍事用陣列天線，一開始說明一維陣列 (One Dimension Array)、頻控陣列 (Frequency Array)、相控陣列 (Phased Array)、共行陣列、電子掃描陣列 (Electronically Scanned Array, ESA) 雷達等基本原理解，再來談到陸、海、空雷達的應用。由於高技術戰爭要求軍事通訊的業務量極大，通訊業務的種類繁多，除了語音、數據、傳真外，還有戰場地形圖像傳輸、戰場活動圖像傳輸、電子戰數據收集等多種寬頻業務的需求，因此要求軍事衛星通訊系統往寬頻化發展。

另外，陳博士提到多輸出入雷達 (MIMO Radar)：使用多組發射天線，且個別發射彼此正交的發射波形，並利用多組接收天線進行接收。多輸出入雷達分成兩種類型，1. 同地天線 (Co-located antennas)：收發天線均位於同一地點，無異地天線間時脈與相位同步問題，可有效提升目標偵測機率與參數估計精度。2. 異地天線 (Distributed Antennas)：可視為多基雷達



(Mutistatic Radar) 的一種，主要觀念乃在於善加利用同一目標在不同視角下有不同之 RCS (Rich Communications Services)，可大幅提升目標偵測機率。

An Introductory Tutorial on the Theory and Analysis of Phased Array Antennas

Professor Prabhakar H. Pathak 以授課的方式，講解 1-D Linear Antenna Array、Phase Scanned Array、2-D Planar Array (Far Zone)、Infinite Array 等陣列天線的理論及分析，利用簡單數學說明 Grating Lobes，表現出學者的風範，深受聽眾的喜愛。

MIMO & Massive MIMO 的發展與演進

即將面臨第五代行動通訊，由於使用的頻段更為寬廣，高、低頻訊號將會同時使用，因此行動通訊裝置將會朝向多頻多模並存的趨勢發展。如果基地台與用戶之間的多路徑通道，有足夠多的散射 (Scattering)，便可降低天線間信號的干擾，但這需求所有的天線單元間須有一定程度的相關散射量，另外接收機也須知道通道的散射特性。而 Smart Antenna 可改變天線的波束場型，須提供較高增益、較窄波束或較低增益較寬波束之場型供選擇。

大型陣列天線之數值模擬技術

吳俊昆 (Jack Wu)，現任職於 ANSYS 的資深應用工程師，內容介紹到了各種 Phase Array Antenna 的應用，例如

無人機 (Unmanned Aerial Vehicle, UAV)，以及如何去控制天線的強度及相位大小，吳俊昆工程師展示了 HFSS 的使用技巧，說明如何設計一個天線，去製作出一個 3D 模型，以及大型陣列天線的排列設定及模擬，天線陣列的排列會因需求而有不同的排列，舉凡菱形 (Diamond)、圓形 (Circular)、橢圓形 (Oval)、六邊形 (Hexagonal)、正方形 (Square) / 長方形 (Rectangular)、三角形 Triangular / 梯形 (Trapezoidal)、Randomized Hex、Small Spiral、Thinned、Snowflake 等，深入的介紹各



種大型陣列天線排列上的應用，以及如何使用 HFSS 這套軟體實現及分析，我們可以藉由模擬軟體的數值分析大大地減少成本。

Feasible solution for mmWave High-gain Antenna characterization using Nearfield Scan Techniques

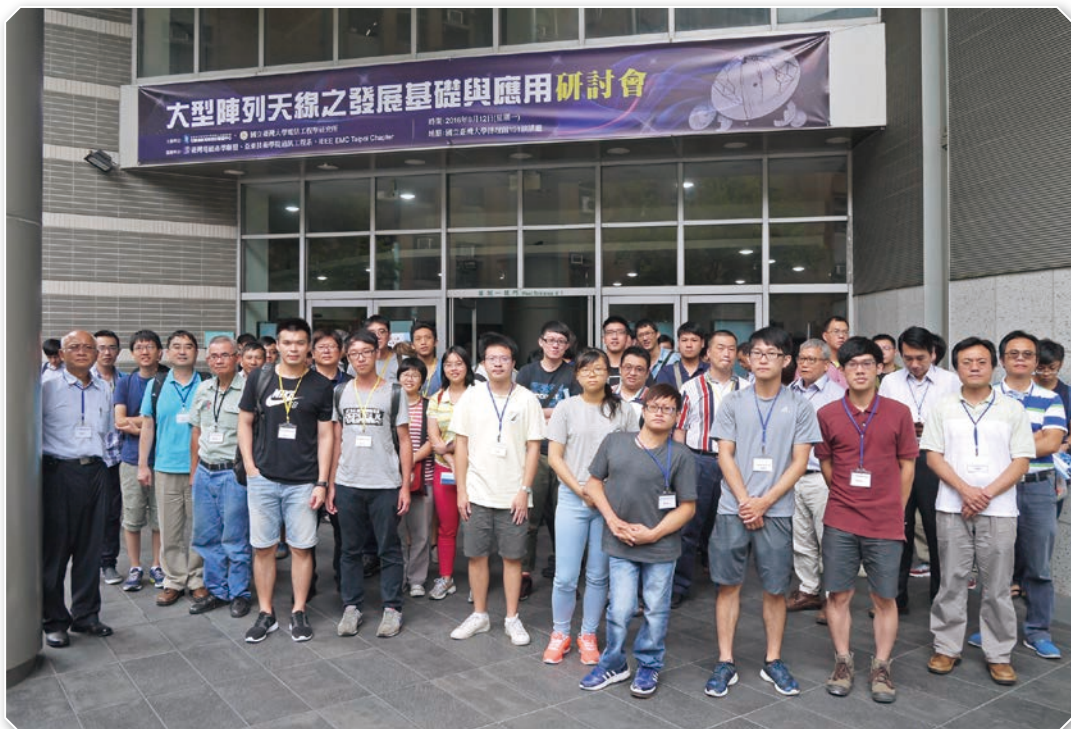
演講者林健維 (Ike Lin) 先生介紹了 Fields Near a Radiating Antenna、Far-Field Measurement

等天線在近場及遠場的基本概念，以及如何實際量測天線，量測會因應不同的需求而有不同的量測方式，例如 Planar (平面量測)，Cylindrical (柱狀量測)，Spherical (球形量測)，還有空腔天線量測室的介紹等，還介紹了遠場及近場的定義，遠近場的優勢，以及在遠近場量測的方法各有不同。



結語

天線在微波的應用中，可以說是最重要的一個角色，對於即將面對的第五代行動通訊時代來臨，裝置中各個部分勢必會遇到更多挑戰，最大的問題就是散熱問題，未來想透過增加天線的效能，進而解決散熱問題。透過一整天的演講，能夠同學建立基本觀念，了解產業界中對於天線的需求，以及發展大型天線所需要建立的各項技術與能力，並且了解未來能夠努力的方向，對電波領域有所奉獻。▮▮▮





台灣電磁產學聯盟 2016 第二次研發半年報

無線通訊新進展－從元件到系統

聯盟特約記者／甯國駿



台灣電磁產學聯盟 2016 年第二次研發半年報於十月六日（四）於台灣大學博理館舉行，本次半年報的主題為「無線通訊新進展－從元件到系統」，主辦單位為台灣電磁產學聯盟與台大高速射頻與毫米波技術中心，協辦單位包括台大電機系、台大電信所、台大電信中心、資策會智通所、工研院資通所、IEEE EMC 台北分會以及 IEEE-AP-S 台北分會。與會貴賓來自國內外各大產官學界，總人數超過一百人，報名相當踴躍！

隨著 4G 網路的普及，新一代行動通訊網路正如火如荼發展，2020 年全球將有 500 億個終端產品具備上網功能，有鑑於目前先進國將競相投入無線通訊技術與標準研發，本次半年報將介紹車聯網、物聯網與 5G 相關技術的最新進展，促

進台灣在下一波科技浪潮中加速創新，在全球科技產業的競爭中取得成功。

這次半年報分為上下半場，上半場由周錫增教授主持，下半場則由毛紹綱教授主持。首先由台灣電磁產學聯盟的召集人吳瑞北教授作開場致詞，緊接著便開始專題演講，共有七個講題，包括高速無線通訊之多模多頻段射頻前端技術簡介、無線通訊技術之關鍵元件與系統發展、應用於 WiGig 之 60 GHz 波束成形模組技術、Network Theory, Antenna Array, Noise, Mutual Coupling, and Array Signal Processing、車聯網系統與發展趨勢、工研院毫米波無線接收技術與 5G 通信與國防關係，演講內容相當精彩。此外，在中午休息時間也有華碩與耀登針對研發替代役所舉行的徵才說明會，並舉行集點抽獎活動，讓參與本次半年報的同學收穫滿滿。

專題演講

【深耕工業基礎計畫】高速無線通訊系統高速無線通訊之多模多頻段射頻前端技術簡介 - 台灣大學電機工程學系 毛紹綱教授

上半場的專題演講由毛紹綱教授揭開序幕，首先是針對深耕計畫中有關多模多頻段射頻前端



技術的研究成果。深耕計畫主要的目標是研發出近中遠距離之快速且低功耗的無線通訊技術，希望能在全球科技產業的競爭中脫穎而出。其中，室內短距離的通訊主要會使用新一代的 5G 通訊系統來達成，而中遠距離無線通訊，像是手機與基地站的通聯，則會使用 B4G 通訊介面來實現，因此 B4G 與 5G 將會是深耕計畫的兩大重點。

其中 B4G 的部分由毛紹綱教授先行介紹。B4G 將著眼於射頻系統中關鍵元件的開發，毛紹綱教授指出，目前市面上最賺錢的手機 iPhone 6 中所使用到的各個高單價關鍵零組件大部分都不是由台灣廠商所生產製造，因此，希望能發展出更具競爭力的關鍵元件並打入全球主流市場。關鍵元件包括以降低成本為前提，運用創新的開關架構與控制邏輯、level shifter 與負電壓產生器研發出高線性度、低損耗、低功耗的天線開關。還有利用較具價格優勢的 CMOS 製程設計出高線性度、高效率與微型化的射頻功率放大器，利用 LTCC 製程來實現低成本、高靈敏度的雙工器，最後希望在不使用 Ferrite 製程的情況下實現微型化與寬頻之共模濾波器。

而深耕計畫 5G 的部分則是實現了一個 40 奈米 CMOS 製程，運用在 60 GHz 的 Beamforming IC，透過射頻功率放大器與低雜訊放大器的整合來實現雙向放大器 (bi-directional amplifier) 以降低元件的使用量，並整合 60 GHz 天線陣列研發

出運用在 5G 的射頻前端模組，詳細內容將在接下來的專題演講中由林坤佑教授介紹。

深耕計畫截至目前為止的產學合作夥伴包括 7 家世界級大廠，廣達電腦、華碩電腦、瑞昱半導體、台揚科技與先豐通訊相繼投入金費 4 年共 1,550 萬元，台積電則捐贈了 40 奈米的 0.13 um 製程，是德科技也投入許多軟硬體設備資源。此外深耕計畫也成立了台大高速射頻與毫米波技術中心與 B4G MIMO 射頻前端量測實驗室。深耕計畫也衍生出許多產學合作計畫，合作對象包括台積電、工研院、晨星、聯詠、Intel 等，至今為止累計的技轉金額達 279 萬元、累計的國內專利達 13 件，3 件申請中，國外專利達 8 件，9 件申請中。計畫也包括人才培育的部分，除了邀請專業老師開設相關實作課程，也舉辦國際級的電磁能力認證競賽與各種相關競賽，希望能吸引更多人才與對電磁領域有興趣的同好加入。深耕計畫的目標是透過產學合作，在 B4G 與 5G 無線通訊技術領域中，發展出更具競爭力的多模多頻段射頻前端技術，希望能在手機、平版、網通、物聯網、智慧城市等新興研發市場競爭中領先全球。

無線通訊技術關鍵元件與系統發展 Development of key Components and Communication Systems for Advanced Wireless Technologies - 台灣大學電機工程學系毛紹綱教授

毛紹綱教授的專題演講主要包含三個主題，包括模、多頻段的封包追蹤放大器、無線充電以及物聯網系統。首先介紹的是射頻放大器的部分，毛教授指出，無論是 B4G 還是 5G，未來無線通訊領域的發展趨勢將朝向 5 個 M，發展方向包括 Multi-Standard、Multi-Band、Multi-Mode、Multi-Power 的 MIMO 射頻前端電路。由於世界各國的通訊標準與應用頻段大不相同，因此系統整合技術也會面臨非常大的挑戰，尤其是對於晶片體積要求很嚴苛的手持式裝置與穿戴式裝置。目前手機內目需要裝設很多射頻 IC，包括各頻段功率放大器、濾波器、雙工器等元件來符合各



國通訊標準、調變方式以及頻段，以 **iphone** 為例，光是射頻放大器晶片就有 **6** 個以上，涵蓋各國通訊頻段，也占用不少面積。此外，現在無線通訊裝置大部分都以低功耗為發展目標，以延長使用時間與縮小電池體積，因此毛教授針對這個部分研發出了一個多模、多頻段的封包追蹤放大器，使得裝置在距離基地台不同距離時能自動偵測並動態切換不同模式來保持高水準的放大器效率（**PAE**），此放大器也運用封包追蹤（**Envelope Tracking**）技術來進一步達到省電效果，且能相容各個頻段與調變，包括 **WCDMA**、**WLAN**、**LTE** 等，整顆晶片也沒有任何 **off-chip** 的元件，因此，可以利用一顆晶片來取代手機上許多晶片，在節省面積與降低成本的同時，也大幅改善功耗問題。

在無線充電方面，一般無線充電都需要額外連接充電模組或線圈來達成，其實很不方便，因此毛教授希望能透過手機本身內建的天線來達成高功率與高效率的充電效果，因此毛教授研發出一個無線充電設備，將手機放入後，不用外接任何模組便能透過手機本身的天線進行充電，且得到高達 **90%** 以上的能量轉換效率，也可同時支援好幾隻手機一起充電，但是考量到未來將 **NFC** 天線與無線充電技術整合也可能是發展趨勢，因此線圈形式的無線充電技術毛教授也有相關的研發，目前線圈形式無線充電最大的挑戰就是需要用到成本極高的 **Ferrite Film** 來阻隔周圍金屬所造成

的損耗與頻偏問題，毛教授發現只要適當設計線圈形式以及線圈上電路便能改善這些問題，在線圈形式無線充電技術中也提出了很多有效的解決方案。

最後毛教授的演講是以一套物聯網系統的介紹做結尾。物聯網是下一個無線通訊技術發展的重點，全球各大廠商與學界也爭相投入進行研發。毛教授在這方面提出一台具有自動跟隨功能的多天線無人載具，且將此載具結合藍牙以及雲端技術後實際應用在購物商場中，實現藍牙室內定位、即時商品資訊統整、雲端消費者行為大數據分析與快速結帳功能等功能，希望能透過藍牙與雲端等技術實現更多不同的應用，在物聯網領域中取得先機。

應用於 WiGig 之 60 GHz 波束成形模組技術 60 GHz Beam Forming Module for WiGig Application - 台灣大學電機工程學系 林坤佑教授

接下來是由林坤佑教授詳細介紹深耕計畫中 **5G** 部分目前的開發進度，這部分的計畫目前已進入第三年，且有許多創新元件的量測結果，預計年底將著手進行所有的元件組裝以及測試。

林坤佑教授指出 **60 GHz** 的主要使用的通訊協定為 **802.11 ad**，傳輸速率可以達到數個 **Gbps**，雖然傳輸速率非常快，但是 **60 GHz** 電磁波在空氣中衰減速度也很快，所以傳輸距離會比較短，主要應用於室內短距離的高速傳輸上，例如家中客廳室內，距離 **5** 公尺以下的手機與電視間之高畫質影音即時傳輸。而在深耕計畫之前，台大毫米波團隊曾與聯發科合作開發完成一個 **60 GHz SiP** 相位陣列天線模組，相關的 IC 是使用 **65 nm CMOS** 製程，載板與天線部分則是運用 **LTCC** 製程實現，系統架構則包含發射與接收端。而深耕計畫在這部分主要是希望能基於上述架構進行改良，為了讓裝置能順利接收來至各方的訊號及增加收訊品質，將原先的單方向輻射天線，重新設計成具有 **16** 個可調方向的





Beamforming 架構，而相關的發射與接收 IC 則改為 40 nm 製程，載板部分則由原先價格較高的 LTCC 改為成本較低的 PCB 製程。此外，透過射頻功率分大器與低雜訊放大器的整合來實現雙向放大器 (bi-directional amplifier) 以降低元件的使用量。載整合上述關鍵元件後，希望能透過這個模組實現智慧家庭裡，手機對顯示裝置之高畫質影音的即時投影功能，在帶給人們便利生活的同時，也能在影音娛樂市場中發光發熱。

Network Theory, Antenna Array, Noise, Mutual Coupling, and Array Signal Processing – Dr. Karl F. Warnick, Department of Electrical and Computer Engineering Brigham Young University

在 5G 通訊技術的開發過中，一定需要縝密整合系統各部分的關鍵元件以及軟／韌體與演算法，而在開發陣列天線與訊號處理演算法的部分，Dr. Karl F. Warnick 提出一套網路理論，這套理論的目的是要搭起陣列天線模型 (array antenna models) 與陣列訊號處理 (array signal processing) 技術間的橋樑。

在開發陣列天線相關硬體技術時，往往會使用過於簡單的演算法，而非目前最新的訊號處理技術與理論。同樣的，在開發訊號處理演算法時，常常會採用過於簡單的天線理論與假說，而這些太過簡單的理論往往無法應用於實際的多輸入多輸出 (Multiple Input Multiple Output, MIMO) 天線系統架構。

為了銜接陣列天線硬體技術開發與訊號處理的演算法開發，Dr. Karl F. Warnick 提出一套理論，這套理論會將設計陣列天線時會考慮到的幾項因素，包括互耦合 (mutual coupling)、阻抗匹配 (impedance matching)、電子雜訊 (electronics noise)、熱雜訊 (thermal noise) 與天線損失 (antenna losses)，而提中最特別的地方是，這套理論可以使研發人員清楚理解天線雜訊與互耦合 (mutual coupling) 效應，並使他們更容易了解陣列天線單元間彼此的相互影響關係，甚至可以當成強大的開發工具來進行設計與優化多輸入多輸出通訊系統，以及應用於長距離通訊或衛星通訊的數位波束成形陣列天線 (digitally beamformed arrays) 系統與引導式波束天線 (steered beam antennas) 系統的開發過程中，相信這套理論對於 5G 通訊技術的開發將會有非常大的幫助。

車聯網系統與發展趨勢

V2X system and Development Trend - 工研院資通訊研究所

車載資通訊與控制系統組蔣村杰組長

車聯網領域為下一個世代全球各大車廠與物聯網相關產業的兵家必爭之地，除了因為具有廣大的商機與帶給人們方便生活之外，道路安全問題更是車聯網技術希望能解決的，根據世界衛生組織 WHO 統計，全世界的交通事故每年造成 125 萬人死亡，並且為社會帶來龐大的成本，台

灣衛生福利部統計每年因交通事故所造成之經濟損失高達 4,500 億台幣（每年將近 80 萬件事故；3,500 人死亡；39 萬人受傷）。有鑑於此，提升行車安全是各國以國家政策推動車載資通訊（Telematics）發展之最主要動機。車聯網的運用範圍包括車內通訊與車外通訊，這場演講蔣村杰組長主要是聚焦在車外通訊，包括車對車、車對路、車對雲端與車對人等無線通訊應用，但是目前已開發完成的通訊技術例如 WiFi、藍牙等都需要事先辨別兩連線裝置彼此間身分才能進行連線，這樣的程序不符合實際道路上的情況，一般汽機車間或車子與道路裝置間並無法得知彼此身分，也無法短時間內即時完成連線、交換資訊與做出反應動作以避免意外發生，正因如此，蔣組長開始帶領團隊投入相關研究，希望能大幅改善交通安全問題。

蔣組長舉了幾個目前其他國家正在開發的幾個計畫作為參考，首先是美國 CAMP 計畫，CAMP 計畫希望實現出一套系統，使得汽機車行駛於道路上時能實現十字路口碰撞提示、左右轉碰撞提示、前車碰撞提示以及電子煞車燈警示，並且希望這些所交換的訊息能夠統一規格，應用於各個國家、各個道路以及車款。再來是一個國際汽車大廠 BMW 所提出的一套應用於機車的系統，BMW 透過儀表板或安全帽擋風玻璃將所有道路相關資訊顯示出來讓使用者預先知道，以避免交通事故的發生。

而工研院在車聯網領域也有非常多的研發，工研院為全球少數幾家具有完整 V2X 解決方案的團隊，院內除了有室內的測試環境外，還有戶外的測試車輛與設備，並持續更新國際美規 IEEE 802.11p/1609 標準與 ETSI TC-ITS 標準，且設備與系統相容於 5.9 GHz 頻段的 DSRC 通訊技術，目前為止實際研發完成的車聯網應用系統有很多，且都已經過實際道路測試，首先是 V2X 群組影音車隊系統，此系統可以讓兩台車的車主能

即時通話並看到對方的即時影像，而蔣組長也說明這套系統目的是要測試車間通訊的頻寬，並非以商業化為最終考量，再來是一套實際建置於竹北道路上 V2X 公車號誌優先系統，此系統提供綠燈延長與綠燈早開兩種號誌策略，每日可改善尖峰時間約 20% 公車旅行時間與減少 52.2 kg 碳排放量。還有實際佈建於國道 3 號的 V2X 動態地磅系統，可減少符合重量限制的貨車很多送貨時間。此外，蔣組長的團隊還實現了 V2X 智慧平交道控制系統，將平交道即時影像傳送到火車駕駛室，讓駕駛預先知道平交道是否淨空，以避免誤闖平交道的事故發生，還有 V2X 號誌時相與時序推播系統，透過車內平板預先提醒即將行經路口的駕駛目前號誌時相與秒數，以增加行車安全，最後是 V2X 路口防碰撞提示系統，透過道路邊警示燈或車內平板預先提醒即將行經路口有無左右來車，以避免有人闖紅燈、闖黃燈或因視線死角所造成的路口車禍。工研院在車聯網以及道路安全多年以來的研究成果非常豐富，期待這些系統能早日實現在各大大道路上，讓人們都能平安出門，平安回家。

工研院毫米波無線接取技術

MM-wave Radio Access Technology Development in ITRI -

工研院資通訊研究所

新興無線應用技術組陳文江副組長

隨著資訊與科技發展，有越來越多需要高傳輸速率的應用需要仰賴無線通訊的突破，為達到 3GPP 5G Gbps 以上的數據傳輸速率，增加頻寬是一個可行的方法。但是在低頻各個頻帶都已經很擁擠且大部分都被許多通訊協定佔用的情況下，要有 GHz 以上連續可用之頻寬，只能想辦法朝 30 GHz 以上之毫米波頻段去發展。不過，毫米波頻段雖然能提供相當大的頻寬，但也有許多問題與挑戰，包含在空氣中衰減快速，傳輸距離太短與電路設計等，陳文江副組長指出，要解決這些問題，必須先確認毫米波在環境中傳



遞的特性，因此要先做通道量測，確認高頻段的通道特性以及建立 **Channel Model**，才能進行正確的系統模擬與開發。此外，想使毫米波在空氣中傳得更遠，可以透過設計大量或巨量的天線陣列，來大幅提升天線增益，以補償高頻通訊的各項傳輸損失。但因為天線陣列所形成的波束，其波束的半功率波束（**Half Power Band Width**，**HPBW**）寬度會隨著天線陣列中天線元件的個數越多而越窄，在一般人使用手持式通訊裝置時都會任意移動，因此又衍生出收發天線間的對準、**Beamforming** 以及阻擋問題。

而在毫米波無線通訊領域部分，工研院目前已完成通道量測，並在量測過程中利用雷射光來解決 **line-of-sight** 的對準問題，並訂製了一台具有全向性量測功能的儀器來完成 **non-line-of-sight** 的量測，之後考量到毫米波的通訊基站可以架設在路燈上，因此也訂製了一台量測用且具有升降功能的量測車來完成路燈對地的通道量測以及毫米波在建築物間的多重反射特性，並透過模擬來解釋量測結果。接下來陳副組長接著介紹天線陣列需要整合的元件，在電路設計上需要用到大量的功率放大器，在 **64-QAM** 訊號要求高線性度的情況下，需要降低功率放大器的輸出功率來達成，但也會大幅降低功率放大器的效率，導致嚴重發熱問題，因此下一個目標就是要解決這方面的問題，預計將透過設計更高效率的功率放大器來達成，希望將來能把毫米波無線通訊技術推廣到在戶外中長距離的通訊應用中，讓人們可以享受更高速、順暢的無線網路。

5G 通信與國防關係

5G Communication Corresponding to Defense Technology -

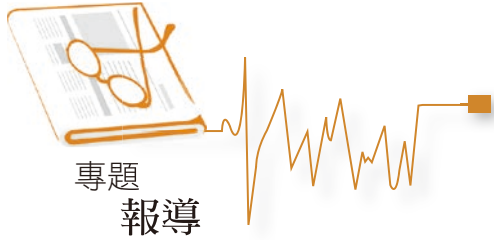
中科院電子系統研究所古錦安所長

國防科技是由電機、電子、資訊、機械、化學、材料等通用科技所組成，且發展的目是用來保衛國家，因此必須「不計成本，精銳盡出」，此

與民生科技所講求的「成本效益」不同，國防科技通常會比民生科技優先發展。在一般人的觀念中，國防與民生就像兩條平行線，彼此應該分開發展，但在古錦安所長的眼中，國防與民生科技是可以相輔相成的，走在前端的國防科技若能充分被轉為民用，將會非常有利於國家發展，這也是這場演講的宗旨。

古所長舉了兩個實際國防轉民生的例子，包括美國國防部網路署於 1980 年制定的網際網路 **TCP/IP** 通訊協定，以及全球定位系統（**GPS**），這些都是由軍方開發後普及於民生產業進而帶動經濟發展的實例。

接著古所長將時間拉回今天，究竟民生科技業裡當紅的 **5G** 技術與國防科技有什麼樣的關聯性呢？其實 **5G** 通訊技術的需求與要克服的挑戰有很多，首先是支援高傳輸速度的毫米波晶片與系統，古所長指出，這部分其實中科院已經有一定程度的發展了，在軍事方面的應用主要是毫米波的飛彈尋標器，可以讓飛彈迅速搜尋空中的敵機並快速擊落，而尋標器內所有元件，包含毫米波天線、相移器、功率放大器、功率合成器甚至整個 **SoC** 系統在中科院電子所內技術已非常成熟，另一個 **5G** 通訊技術的挑戰就是高頻訊號在空氣中的高衰減率，其實國防科技在這部分也有很多成熟的技術，像是運用智慧多波束技術的相列雷達系統，將此系統搭載於戰艦上可以立刻掃描很大範圍內上百架敵機，並同時擊落，其相關的技術包括相列多波束天線場型的合成、隨機多波束控制與高速靈巧號處理器等，都跟未來發展 **5G** 通訊技術的基地站非常相關，古所長最後說明，如果民生科技需要研發 **5G** 通訊技術，其實不用從零開始投入大量的成本進行研發，可以利用現有的國防科技進行技術轉移，如此一來便能省下大量的經費，且更有利於國家經濟發展，達成國科技防與民生科技雙贏的局面。■



專題
報導

2016 秋季電磁能力認證測驗

台灣電磁產學聯盟報導

為協助學生升學或就業時，教師或企業能一致性評估學生能力，教育部網路通訊人才培育先導型計畫電磁教育聯盟中心團隊教師建立一項全國性普遍認同之基本電磁能力認證機制，有效驗證學生學習成效，提供客觀能力佐證資料，期盼提升電磁教育的關注度，以達成電磁教育改善之使命，103年1月14日第一屆「電磁能力認證測驗」由此發起與規劃，爾後由台大高速射頻與毫米波技術中心及台灣電磁產學聯盟持續舉辦，其參與人員與實際成效超乎預期。

本測驗的命題範圍為電磁教學聯盟中心教材模組題庫中的八項電磁學基礎課程模組：向量分析、靜電學、靜磁學、馬克斯威爾方程式、平面波、頻域傳輸線、時域傳輸線、史密斯圖等皆為電磁學基礎課程。透過此測驗，可加強養成學生之電磁基本能力，以確保為從事電磁相關技術實作之核心基礎要求；同時，透過舉辦「電磁能力認證測驗」，可加強電機電子領域對電磁能力培育的重視。測驗題目難度中間偏易，從八項課程模組中出題96題，隨機選擇24題供考生作答，為相當有鑑別度的線上能力測驗模式。電磁教學推動聯盟中心依照所有考生成績，將成績等級分為：頂尖（PR值96以上）、特優（PR值85以上）、優等（PR值70以上）、良好（PR值50以上）等四級，測驗成績公布後，另寄發成績證明書給與以上成績等級之考生，其餘則提供參加證明書，積極鼓勵電磁研究潛力之人才投入。

2016 秋季電磁能力認證測驗於 105 年 9 月 10 日於全台 7 間考場舉行線上同步測驗，考場平均分部於全台北區、中區和南區以利考生應試，報名人數共計 68 人來自 13 間大專院校，實際到考人數為 51 人，到考率為 75%，其中以國立嘉義大學學生報考人數居冠。成績等級為頂尖的學生共計有 2 人，包括國立台灣大學 1 人及國立清華大學 1 人，其他成績等級為特優 4 人、優等 9 人、良好 10 人。綜合自 103 年 1 月 14 日起共計六屆「電磁能力認證測驗」，可以發現其成績曲線均呈現良好之常態分布。

圖 1 2016 秋季電磁能力認證測驗之考場

區域	地點
台北	國立台灣大學電機系電腦教室（電機二館 130 室）
桃園	國立中央大學電機館（工程二館）電腦教室（E1-219）
新竹	國立交通大學工程四館 814 電腦教室
台中	國立中興大學 401 電腦教室（一）
嘉義	國立中正大學電算中心 217 教室
嘉義	國立嘉義大學電機系電腦教室（蘭潭校區理工大樓二樓 A16-206 室）
高雄	國立高雄海洋科技大學立誠樓 4505 室（天線及微波實驗室）

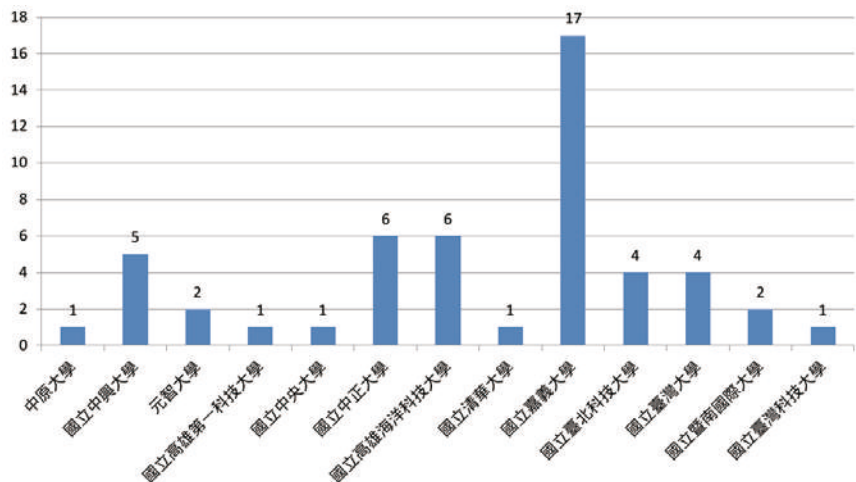


圖 2 各校到考人數

歷屆成果資料統計如下：

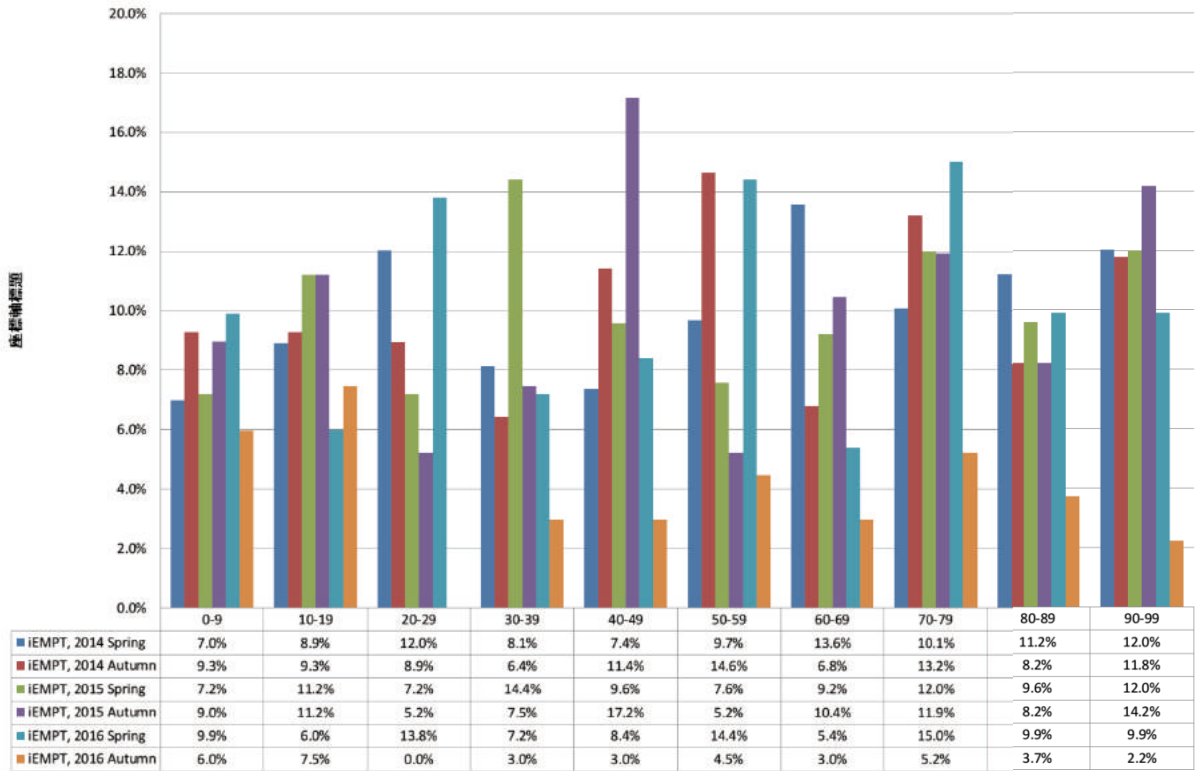


圖 3 PR distribution of all participants

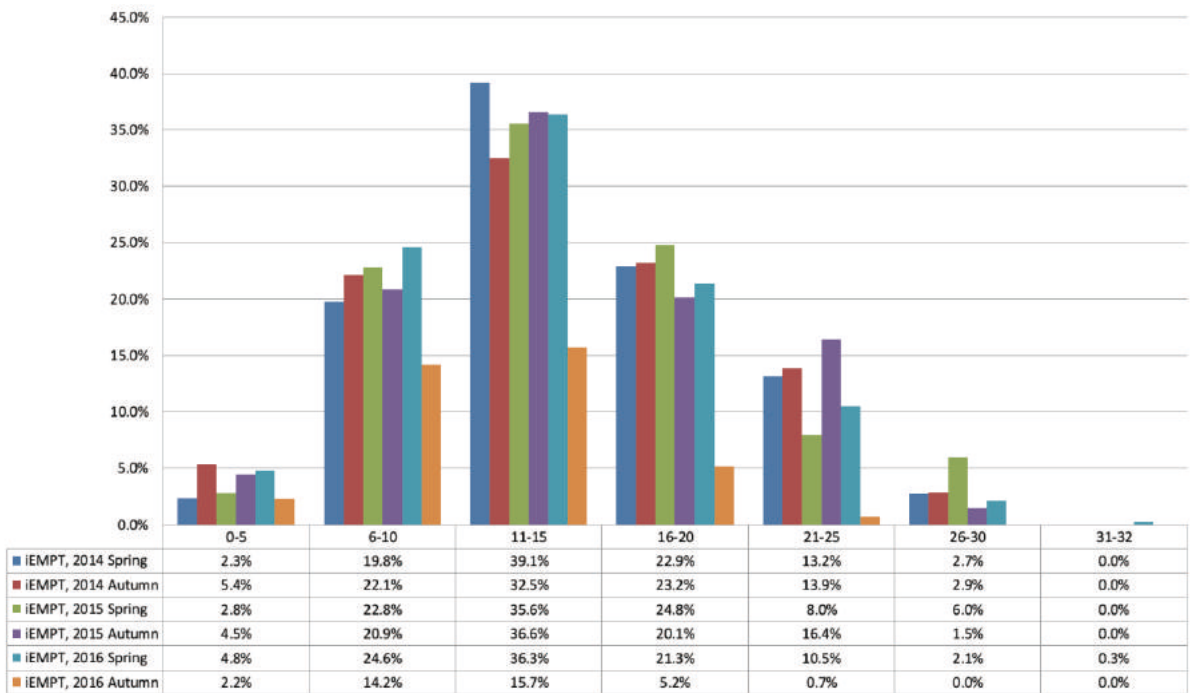


圖 4 score of all participants

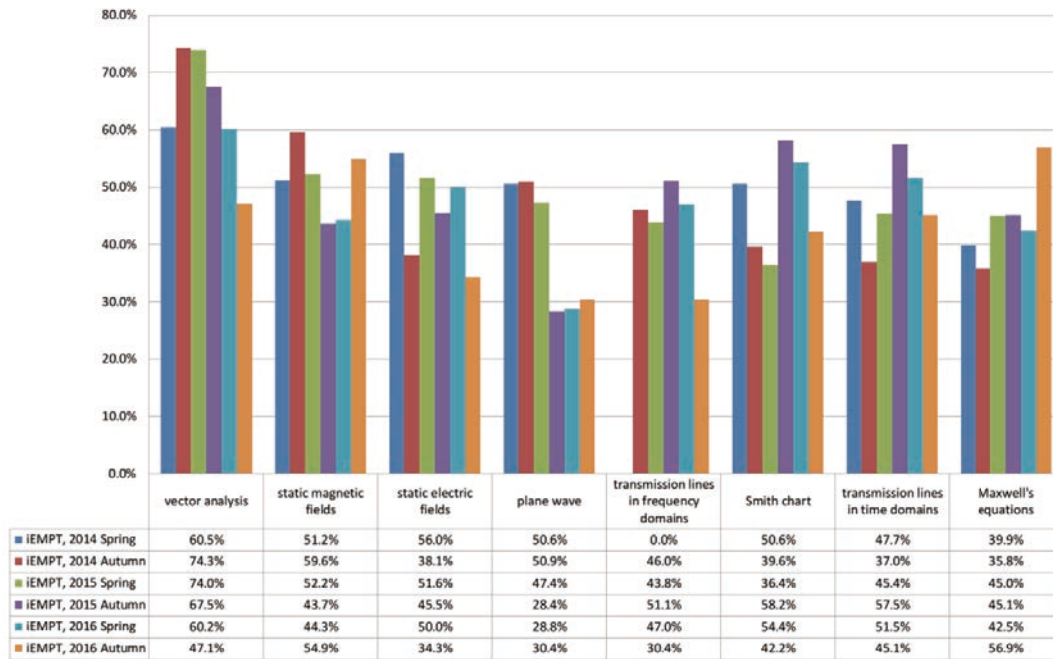


圖 5 答對題數比較－簡易題

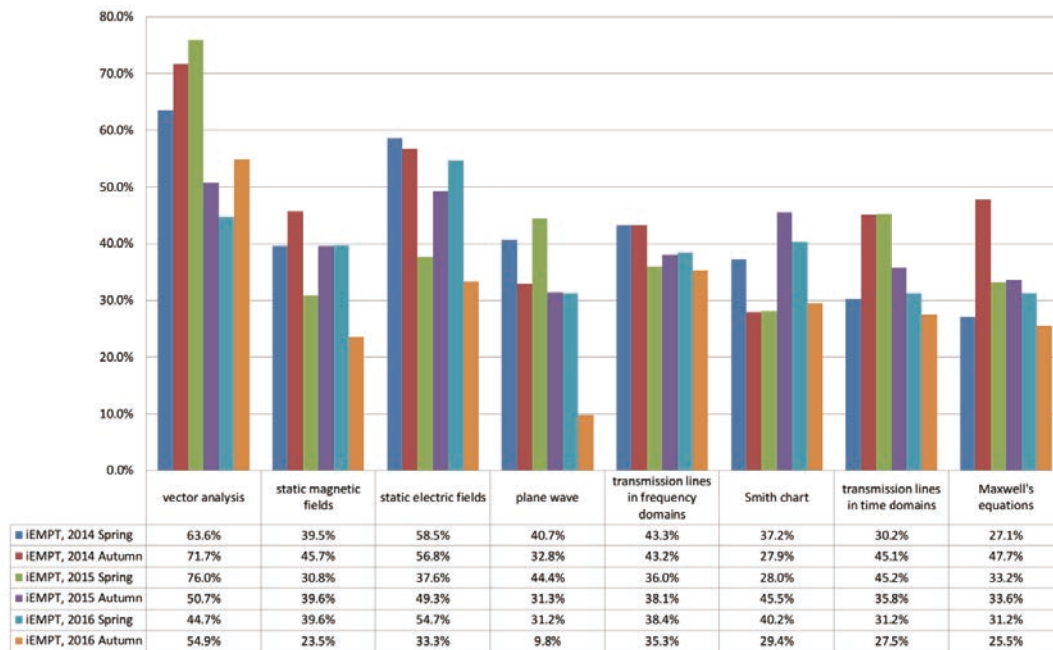


圖 6 答對題數比較－中等題

為了更穩定並持續發展此電磁能力認證，電磁教學推動聯盟中心的主持人吳宗霖教授及共同主持人馬自莊教授預計自 2017 年起將秋季測驗移至每年 6 月底夏季舉行，使其推廣為各大專院校研究所招生入學甚至公司錄取射頻人才之重要基礎能力採信機制，以彌補各校給分標準不一之

缺失，配合學期課程，學生亦可藉本測驗驗證學習成效，並將測驗成績作為升學或就業的有利審查文件，若可獲得任一國家之學校組織認同，此構想或可成為一國際性之基礎能力認證測驗，對於我國爭取電磁教育之亞太區領導地位，將可有實質貢獻。||||



企業
參訪



企業參訪一

車輛中心參訪活動

台灣電磁產學聯盟報導

近年來，台灣產學合作愈趨密切，為促進學術界與產業界的交流，提升雙方研發能力，並掌握研究發展趨勢，促成未來合作契機，台灣電磁產學聯盟於 2016 年 8 月 31 日舉辦聯盟教師業界暑期參訪活動，本次參訪對象為具國際公信力之車輛及零組件檢測與認證服務，並從事相關之技術研發與產品品質改善發展業務，以達成保障行車安全，維護消費者權益與協助輔導車輛及零組件工業升級發展之「財團法人車輛研究測試中心」。由黃隆洲總經理等主管共同與會，並由鄧萬鈞副理介紹車輛中心的發展與現況，並與來自全國各校之聯盟教師共同分享研發成果及交流。

車輛研究測試中心簡介

（以下簡稱車輛中心，ARTC）係經濟部依據 1985 年 3 月 15 日行政院通過之「汽車工業發展專案」，結合交通部、環保署及車輛業者的力量，於 1990 年正式推動成立。宗旨為從事相關之技術研發與產品品質改善業務，促進車輛產業升級發展，提供具國際公信力之車輛及零組件檢測與驗證服務，並協助政府機關規劃車輛管理制度及研擬法規與標準，以保障行車安全、維護消費者權益。

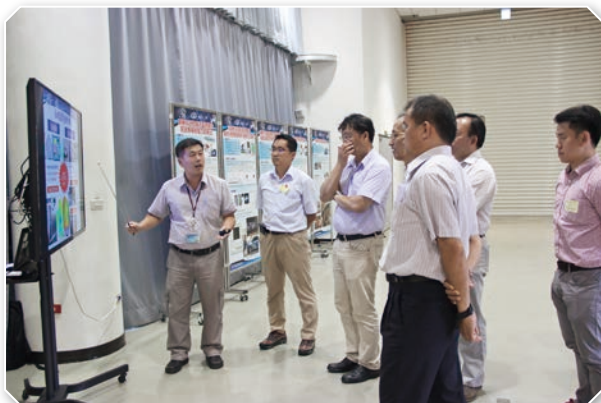
車輛中心秉持「公正」、「科技」、「服務」三大信念，肩負著整合國家車輛研測資源、提升產

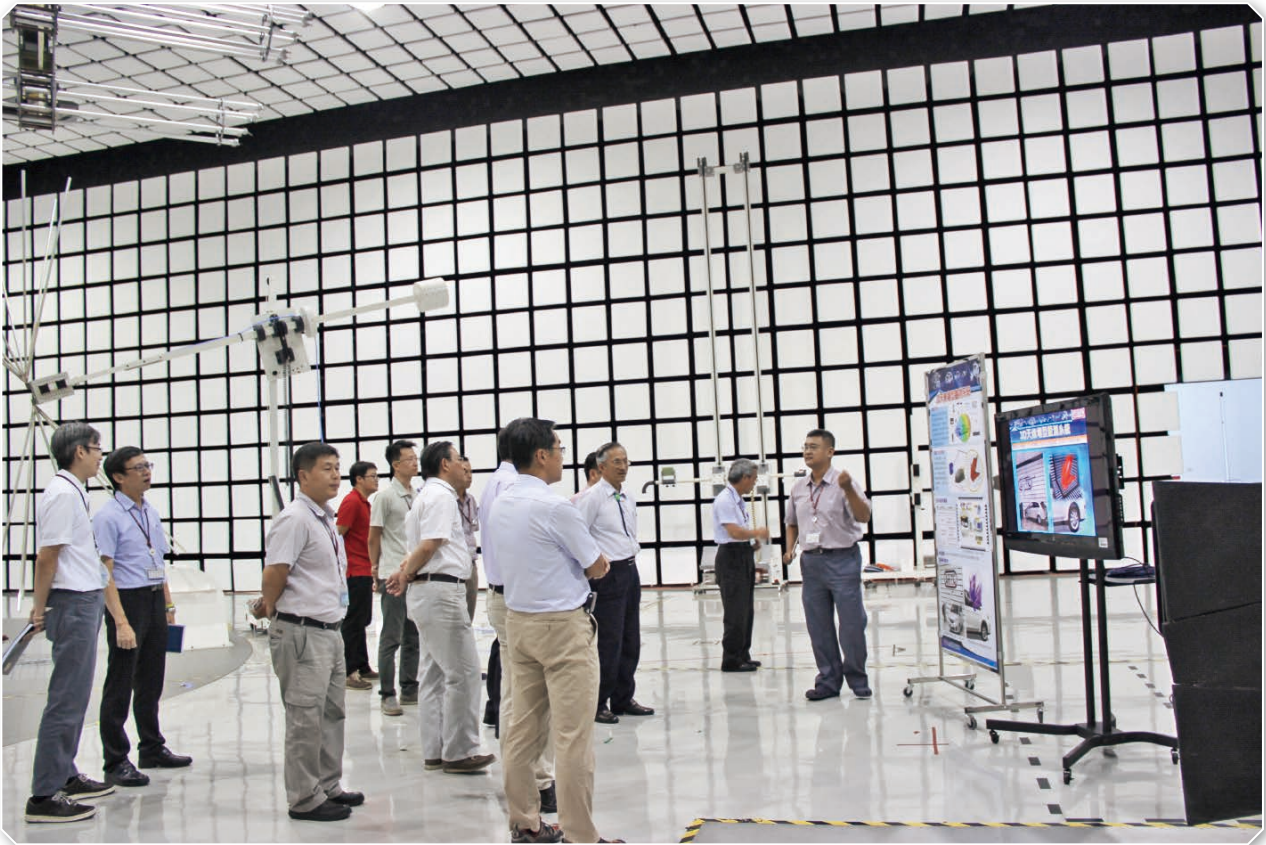
業技術之使命，藉由完備之實驗室群與試車場等研測能量，透過關鍵零組件、次系統之創新研究，搭配檢測技術及分析經驗之運用，並結合產、學、研之力量，協助業者開發利基及前瞻性產品。另一方面配合產業國際化之需求，建立全球驗證管道，拓展優質產品之外銷市場。此外，也成為政府落實安全、環能等車輛管理及產業政策研擬之幕僚角色。

為因應車輛安全、環保與智慧電子化之發展趨勢，車輛中心已積極投入創新研發領域，並在「遵循法令、顧客滿意、全員參與、持續改善」的品質政策下，結合政府資源協助業者突破整車及零組件開發技術，期能與產業攜手共進，在國際車壇佔有一席之地，並朝「車輛研發創新與知識服務的領導者」之願景邁進。ARTC 將各項前瞻關鍵技術、先進系統模組及創新服務應用等科研成果，透過如專利授權、技術移轉、成立聯盟等方式嘉惠產業界，促使業者擁有更多創新研發的動能，藉以快速投入產品開發與量產。

聯盟教授簡報、產學交流

在企業簡報之後，參訪教授亦簡介其個人研究專長，聯盟此次參與活動的教師有台灣大學：吳瑞北教授、毛紹綱教授、周錫增教授、暨南大學翁偉





中教授、空軍官校陳建宏教授，現場由每位教師提供一頁簡介及研究成果影片展示，並略述其專長領域、近年執行的計畫及選列幾篇重要研究論著，並針對車輛中心之研發、產品等技術相關提出問題以及擘畫未來合作的方向。期許藉由產、學雙方交流而更了解彼此，雙方並就研發的方向、政策規畫、人才培育等相關議題做討論交流。

實驗室導覽參觀

一、環測實驗室

環測實驗室成立於 1996 年，設立之目的主要協助業者於產品開發階段，藉以精密儀器模擬產品未來壽命週期中所可能面臨之環境應力，確認產品品質之可靠性、安全性及耐久性，服務領域包含穩態電力、機械、氣候及化學負載四種驗證技術服務，應用領域亦可涵蓋電子、航太等相關產業之環境可靠度測試。

二、充電站

車輛中心所建置的國內首座全功能電動車充電站，可提供的充電機界面包括有台灣 AC（交流）充電、美國 SAE AC 充電、歐洲 IEC type I AC 充電、大陸 GB AC 充電及日本 CHAdeMO DC 充電等國際主流充電界面規格，同時也附設有電動機車所使用的家用 110V 充電區，另外中大型電動車充電設施部分，主要可提供電壓三相 220V，三相 380V 與三相 440V 三種電壓，額定電流為 160A 之電力規格，可與不同充電設施進行搭接，彈性運用不同充電介面與充電輸出功率之充電設備，具備充電介面選擇之靈活性；提供一個安全且便利的充電環境給車輛中心測試的電動車輛。

車輛中心的充電站除可提供車輛充電的基本功能外，尚具備了智慧後台監控系統，充電機的使用採 RFID 感應並記錄，RFID 卡片可記載車輛與操作人員基本資料，使用者並可透過網路系統，在充電站以外的地方登入主機後，隨時掌握車輛充電狀況；充電中遇有異常或完成充電後，後台監控系



統將主動發出訊息，以手機簡訊的方式通知相關人員，提供使用者安心又貼心的充電服務。

車輛中心充電站的後台監控系統，更可結合電動車遠端管理中心及路側單元（RSU, Road Side Unit），成為具備五大功能的「智慧電動車工程驗證平台」，包括行車監控、充電監控、遠端診斷、趨勢分析及數據報表等；平台藉由無線傳輸方式，即時掌握充電站與電動車的動態資訊，研發人員更可透過網站或手持裝置獲得即時資訊；平台並可記錄及提供測試原始數據與分析報表等相關資料，以作為研究開發之參考，協助電動車輛、零組件研發人員縮短研發時程。

三、EMC 實驗室

本實驗室成立於 2003 年，為美國 A2LA 計畫、國際車廠 GM、Ford、Chrysler 認可之車輛零組件電磁相容實驗室，2012 年底完成整車電波暗室之建置，服務延伸至引擎及電動巴士和小客車整車電磁相容技術，發展成為亞洲一流之完整車輛電磁相容研測平台。

車輛中心之 EMC 實驗室為亞洲首屈一指的電磁相容實驗室，本次參觀之整車 EMC 實驗室為科專環構計畫建置成果，也由於本次參訪教授皆為電磁領域專長居多，故對於這個大型的 EMC 測試中心駐足的時間最多，藉由中心人員實際操作車輛之測試及教授現場提問達到技術方面的交流，並期待藉由產學之間的研究題目交流，共同朝國際水平邁進。■■■



人物
專訪

專訪林本堅 ■■■ 留心做正經事業

聯盟特約記者／蘇思云

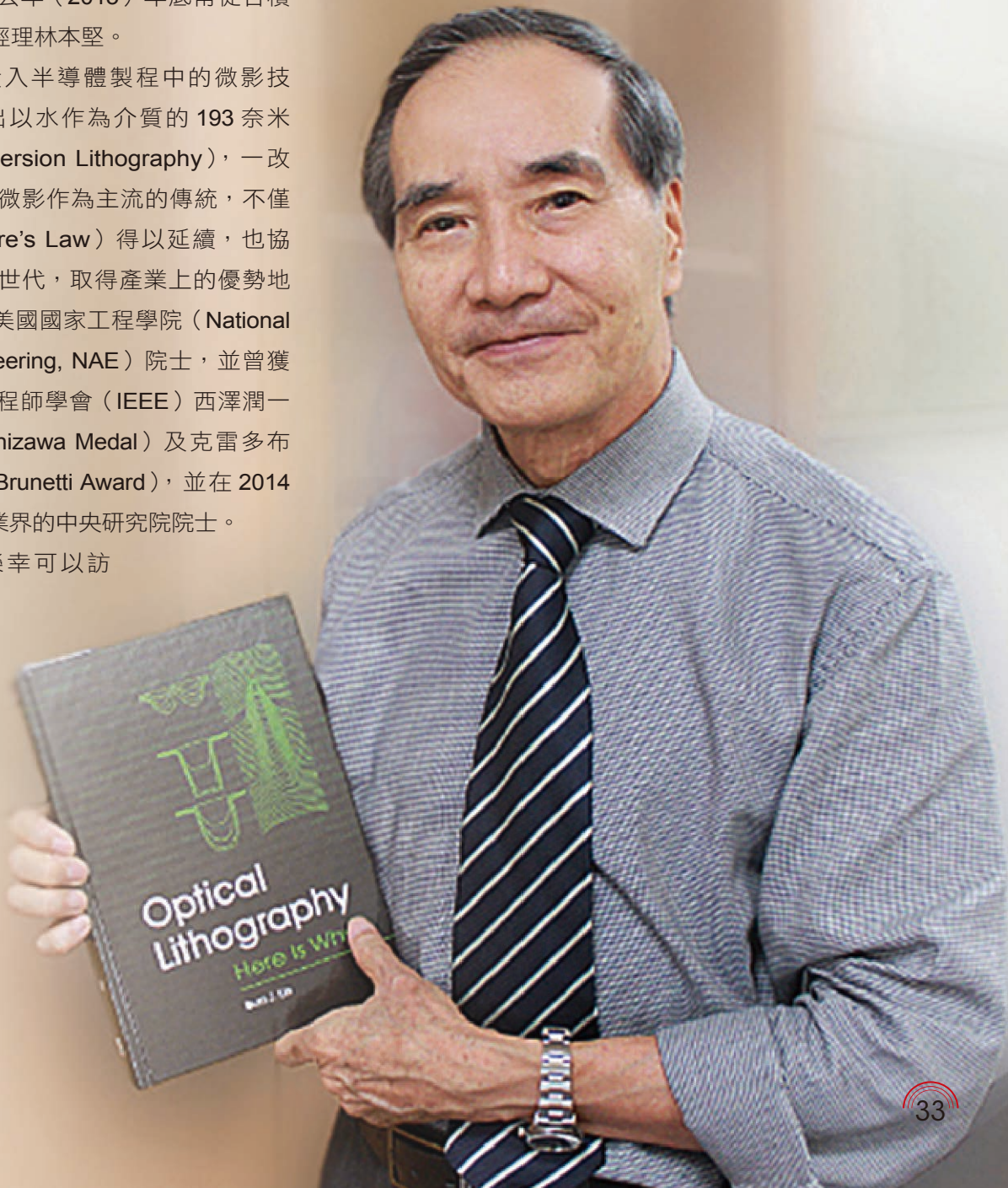
前言

2016年九月初，蘋果 iPhone 7 在美國上市。其所使用的 A10 處理器訂單，由台積電獨享，讓三星在這一仗中敗下陣來。然而，三星、英特爾等對手仍躍躍欲試，期望在七奈米翻轉敗勢。

在蘋果新手機上市前夕，電磁聯盟前往新竹清華大學，訪問去年（2015）年底甫從台積電退休的研發副總經理林本堅。

林本堅長年投入半導體製程中的微影技術。2002年研究出以水作為介質的 193 奈米浸潤式微影（Immersion Lithography），一改半導體產業以乾式微影作為主流的傳統，不僅讓摩爾定律（Moore's Law）得以延續，也協助台積電躍進三個世代，取得產業上的優勢地位。林本堅不但是美國國家工程學院（National Academy of Engineering, NAE）院士，並曾獲頒國際電機電子工程師學會（IEEE）西澤潤一勳章（Jun-ichi Nishizawa Medal）及克雷多布魯內提獎（Cledo Brunetti Award），並在 2014 年成為第一位出身業界的中央研究院院士。

電磁聯盟很榮幸可以訪問到這位世界級的微影技術專家，聽他分享自身職涯心得、微影技術的研發經驗以及半導體產業的未來。



IBM 退休後創業 與台積電結緣

大學就讀台大電機系的林本堅，由於一本以天線為主題的課本的作者 John D. Kraus 以深入淺出的筆法闡述電磁理論，讓林本堅興起海外求學的念頭，前往美國俄亥俄州立大學攻讀博士。回想美國求學經歷，林本堅笑說不只高手雲集，課業也重。「當時教我物理的是楊振寧的弟弟，要求很嚴格。過去在台大我從沒開過夜車，沒想到在那邊要開夜車趕作業。」

快畢業時，林本堅詢問導師求職的方向。由於林本堅以全相學（Holography）為博士論文，對方建議他循著一本光學月刊背後所登載的贊助公司，一家一家寫求職信。愛好攝影的林本堅本來最中意的是柯達（Kodak），沒想到求職信杳無回音，反而是另外兩家—IBM T.J. Watson Research Center 與貝爾實驗室（Bell Labs）找上門來。

身為虔誠的基督徒，林本堅認為自己在人生的轉捩點都有上帝的引導。他在早晨常會讀經禱告，還記得在 IBM 面試前，對讀到的聖經段落特別有印象。「已信神的人，留心做正經事業，這都是美事，而且與人有益。」讓他心想上帝要他在 IBM 好好做事。後來，IBM 比貝爾實驗室早一步通知錄取消息，林本堅便決定前往 IBM。沒想到一做就是二十二年，這段經文也成為他日後用心工作的信念。

談到 IBM 的紮實經歷，最讓林本堅印象深刻的是同事間不吝分享、討論的氛圍。「有什麼想法就可以找同事來談。同事也會用很 open 的態度跟你分享他的看法與知道的資訊。」

在 IBM 退休後，林本堅興起以自己的技術作為創業的想法，因而成立領創公司（Linnovation, Inc.）。然而創業後，林本堅才發現專利在美國維持不易，小公司的發明更常常被大公司佔便宜。當原有競爭對手被一個更大的公司併購後，林本堅開始擔心。「我開始祈禱希望出現一個大公司把我的公司買下，不過上帝一直沒有回應。」

後來，台積電的副總蔣尚義打電話給林本堅，說服他來台積電面試，希望他帶領由光罩與微影兩個部門合併後新成立的微影製像技術發展

處。林本堅認同蔣尚義的安排，也認為上帝沒有派一個大公司來買下自己的公司，但端出台積電這家大公司邀請他去服務。「我想這是上帝對我禱告的回應，而且台積電本來就是我的顧客，我了解台積電的潛力，跟太太溝通完後，我就決定去了。」林本堅因此與台積電結了緣。

發表以水作介質的浸潤式微影技術 主導業界規格

2002 年，半導體產業面臨瓶頸，業界苦思如何在 90 奈米尺寸下繼續發展微影技術。微影技術足以決定晶圓最小圖形的尺寸，佔半導體製程中近一半時間，可以說是最重要的一道步驟。當時，業界都把希望放在波長 157 奈米乾式曝光機身上，乾式曝光是以空氣作為鏡頭與晶圓間的介質，讓光罩上的圖形在晶圓上成像。

然而，從原有的 193 奈米波長到 157 奈米，微縮比例不到兩成，而且業界雖然研發多年，卻卡在鏡片材料與光阻透明度上，遲遲未有突破。

當時，已在台積電擔任微影技術研發負責人的林本堅，早已注意到這個瓶頸。他因而換個角度想，發現可以在原有 193 奈米乾式微影鏡頭上發展浸潤式微影，改用水作為介質，注入鏡頭與晶圓間。但過去研究發現，如果要用液體，其腐蝕性與溶解度在應用上都是問題。

林本堅笑稱：「我一向看不起水，但研究後發現，水在普通的波長中，折射率雖然只有 1.3 幾，但用在 193 奈米的波長上，水的折射率竟然升高到 1.44，可以把影像縮小 44%。在水中的波長也縮小到 134 奈米，比 193 奈米降到 157 奈米還要多一代。」由於波長越短，越高解析度的影像就可以轉接到晶圓的光阻上，讓刻出的電路越精細，晶片上就可以承載更多的電路。這個意外讓林本堅相信，改變原本的 193 奈米乾式曝光為浸潤式，就可以讓製程前進兩代半甚至三代。

同年，林本堅受邀到美國參加一場以 157 奈米波長為主題的研討會，本來主持人只是希望林本堅去講 157 奈米的浸潤，來「插花」一下。但當林本堅在台上演說時指出「運用水作為 193 奈

米浸潤式的介質，可以超過乾式的 157 奈米」的論點後，林本堅回憶：「我算出來 193 奈米的光波，透過水的 1.44 折射率，一除就得到 134 奈米，遠小於 157 奈米而且比 157 奈米容易成功。講完整個會場台下譁然。」結果，演講結束後大家都在談 193 奈米浸潤式，沒人對 157 奈米有興趣。

不過，台下半導體業者隨之也提出許多挑戰，林本堅則以其紮實的研究回應。「像有人提到水可能產生氣泡，那我就要提出資料，解決水中有氣泡影響成像的問題。」

但有了研究發表還不夠，林本堅表示：「最重要的是做量產儀器的廠商願意投入才行。」會議發表兩年後，世界三大曝光機廠商中，原本只有尼康（Nikon）願意生產，後來，荷蘭的艾斯摩爾（ASML）也放棄原本 157 奈米微影曝光機的研發，跟進 193 奈米浸潤式微影機台的開發。這項技術也讓台積電成功引領新技術，取得業界的領先地位。

追求經濟上的摩爾定律

隨著晶圓尺寸不斷微縮，到 28 奈米的世代時，業界原本期待可以應用極紫外光（EUV）微影技術，但希望再次落空。面對挑戰，林本堅帶領的台積電團隊則顛覆過去的單次曝光技術，為 20 奈米世代發展出雙重曝光（double patterning）技術。透過使用兩個光罩、曝光兩次，蝕刻兩次。林本堅解釋道：「第一次曝光之後，要先蝕刻，然後把原來光阻拿掉，再放新的光阻，再曝光第二次，這樣光阻之間才不會互相干擾。」

半導體產業有一套「摩爾定律」。這套定律指出，初期積體電路上的電晶體數目，約每一年半至兩年可以增加一倍，同時性能也將提升約一倍。換言之，半導體可以增加約一倍功能，成本減少約一半。但摩爾定律是長期觀察而來，並非是一個物理學法則。

如今，雖然台積電五奈米製程距離量產還需要一些時間，但浸潤式微影技術確定已經可以做出五奈米的線寬。晶圓尺寸微縮的極限在哪？半導體製程技術未來會如何發展？林本堅直言：「尺

寸不能毫無限制的微縮，總有一天會撞牆。」但他強調不是摩爾定律不能維持：「摩爾定律降本和提升功能的精神會持續，但一味追求尺寸微縮是吃力不討好的。」

長期投入微影的林本堅搖著頭說：「我們過去是被微影矯縱慣了，因為微影技術每一代負責微縮 70%，其他創新的腦筋因而變懶了。」林本堅進一步解釋，尺寸微縮並不是達成摩爾定律唯一的方法，微縮在實務上會越來越難，企業營運還要考慮商業價值，維持一定的報酬率。

那麼現有的挑戰要如何應對？林本堅認為找到其他的創新方式仍可以維持摩爾定律。譬如用創意讓價錢更有競爭力，或者透過不同的設計使產品密度增加或耗電量減少，促成與其他產品的區隔。「要追求 Moore's Law of economy，而不是 Moore's Law of scaling。」

學到的東西有限 唯有創新無限

在國外求學、工作多年的林本堅，認為影響自己最多的是「學會創新」。他以 IBM 工作二十多年後再到台積電的自身經歷為例。當時 IBM 雖領先台積電幾個世代，但他強調如果只會用在 IBM 學到的東西，那不久也會被追過。「一個人學到的東西都是有限的，重要的是怎麼去繼續學、怎麼去創新、怎麼去突破。」

然而，創新是否要在一個相應的環境才容易發生？林本堅則認為，創新不一定要是很大的改變，而是平時做事就要用腦袋多想想。林本堅提到，自己過去也常鼓勵年輕的同事，「如果你在做一件不斷重複的事情，做得很煩，那就是你創新的機會。」

在職場工作長達四十五年的林本堅，坦言自己很享受工作過程的樂趣，他勉勵年輕的朋友們，人的一生花許多時間在工作上，「一定要找出工作的樂趣，把它變成你人生中的一部分。」也許，這份樂趣正可反應在林本堅長期研發的豐碩成果。

對於組織內的人才管理，林本堅以微影領域舉例，他指出學校並沒有微影相關科系，所以企業要給予技術上訓練。同時，更重要的是，鼓舞下屬「把個人成就變成整個團隊的成就，才能幫

公司發揮最大戰力。」林本堅認為，尤其主管對於下屬，「要懂得尊重他，讓他有動力去做事，而不只是聽命行事而已，大家才能真正同心協力。」

飯後與兒女拉琴 興趣中追求成就感

去年退休的林本堅，生活依舊充實，不僅在教會幫忙，今年也擔任清華大學研究講座教授。訪問前一天，林本堅才剛從台北開會回來，卻絲毫沒有疲態。原來，林本堅雖然工作繁忙，但他其實還有兩項長年培養的興趣：網球與小提琴。

熱愛運動的林本堅，年輕時曾打過羽球和桌球，直到四十歲才開始打網球，不過網球卻伴隨他直到今日。林本堅認為，每個人都需要運動，才有體力面對挑戰，但他也坦言，自己比較不喜歡健走這類運動，他笑說，「走路有點無聊。我喜歡運動有個目的，還要有進步的空間，做起來才有成就感。」

網球對林本堅而言，「我覺得我自己打不到身體的極限，永遠有進步空間。」他以球速為例，「我有一個測球速的機器，譬如我這週測出來打到多高時速，下週也許能想出什麼新的方法打得更快一點，也看球能否轉得更快。跟人對打也一樣。對手同時在進步，分數也會拉鋸，打球中很多這種有成就感的事情會發生。」

運動之外，林本堅也拉小提琴多年。他回憶年輕時曾經學過小提琴，但因課業太重而中斷，後來因為兒子在學小提琴時採用 **Suzuki method**，這方法其中一項要求就是希望雙親之一可以跟孩子一同學習小提琴，讓孩子模仿、學習更快。而林本堅就是在這個機緣下，重拾小提琴。後來女兒看到也想學習，林本堅便化身老師指導女兒跟兒子拉小提琴，此後，三人更常常在飯後，一同拉琴長達一小時。提到這段回憶，他滿面笑容，「這段時間就成為家人間的黃金時光，非常珍貴。」

走過微影技術一個個里程碑，林本堅對於電磁聯盟，他勉勵同學，面對一個資訊極容易取得，科技遠比過去發達的時代，要能學習在大量資訊中找到對的資訊來使用。林本堅也強調，學生在學期間，要把基本功練好，物理學、電磁學、化學

等，學得精通，才能妥善加以運用。「基本功夫要紮實，但也不要死守著這些，而要利用你知道的東西去做新的事情，時代便是屬於你們的。」

林本堅 簡歷

經歷

美國俄亥俄州州立大學電機工程博士（1970）
台大電機系學士（1963）

學歷

奈米微影（Nanolithography）、傅立葉光學（Fourier Optics）、半導體製程技術（Semiconductor Manufacturing Technology）

專長

台灣積體電路製造股份有限公司研究發展副總經理（2011-2015）
SEMI 台灣 IC 委員會主席（2011-2013，年份待確認）
Journal of Micro-Nanolithograph, MEMS, and MOEMS 總編輯（2002-2011）
台灣積體電路製造股份有限公司奈米製像技術發展處資深處長（2000-2011）
領創公司總經理（1992-2000）
IBM 研發部經理（1984）
IBM Research staff member（1970）

榮譽

中央研究院院士（2014）
IEEE Jun-ichi Nishizawa Medal Award（2013）
Distinguished Achievement Award from the Chinese Institute of Engineers（2011）
TSMC Distinguished Fellow（2011）
SEMI Special Contribution Award（2011）
IC Outstanding Achievement Award, SEMI Taiwan（2010）
Recipient, Cleo Brunetti Award, IEEE（2009）
Benjamin G. Lamme Medal, Ohio State University（2009）
NAE Member 美國國家工程學院院士（2008）
第 15 屆經濟部產業科技發展獎「前瞻技術創新類個人成就獎」（2007）
中華民國光學工程學會工程獎章（2006）
TSMC Innovation Award（2006）
第 23 屆國家十大傑出經理獎傑出研發經理（2005）
潘文淵文教基金會研究（2004）
TSMC Innovation Award（2004）
First Frits Zernike Award from SPIE（2004）
行政院傑出科技榮譽獎（台積電 6 人同得）（2003）
SPIE Fellow 國際光學工程學會院士（2003）
IEEE Fellow（2002）
全國十大工程師（2002）

ASUS®

IN SEARCH OF
INCREDIBLE
追尋無與倫比

2017年度研發替代役熱烈招募

加入華碩 替你完成無限夢想



Facebook粉絲團:【ASUS華碩徵才】追尋無與倫比的您

招募職缺

軟韌體研發 / 無線通訊射頻
數據分析 / 機器視覺 / 自動控制
通訊研發 / 硬體研發 / 聲學研發

2017 華碩電腦 研發替代役 徵才說明會暨博覽會

招募對象

資工 / 電子 / 電機
電控 / 電信 / 通訊
相關科系研究所以上未役同學

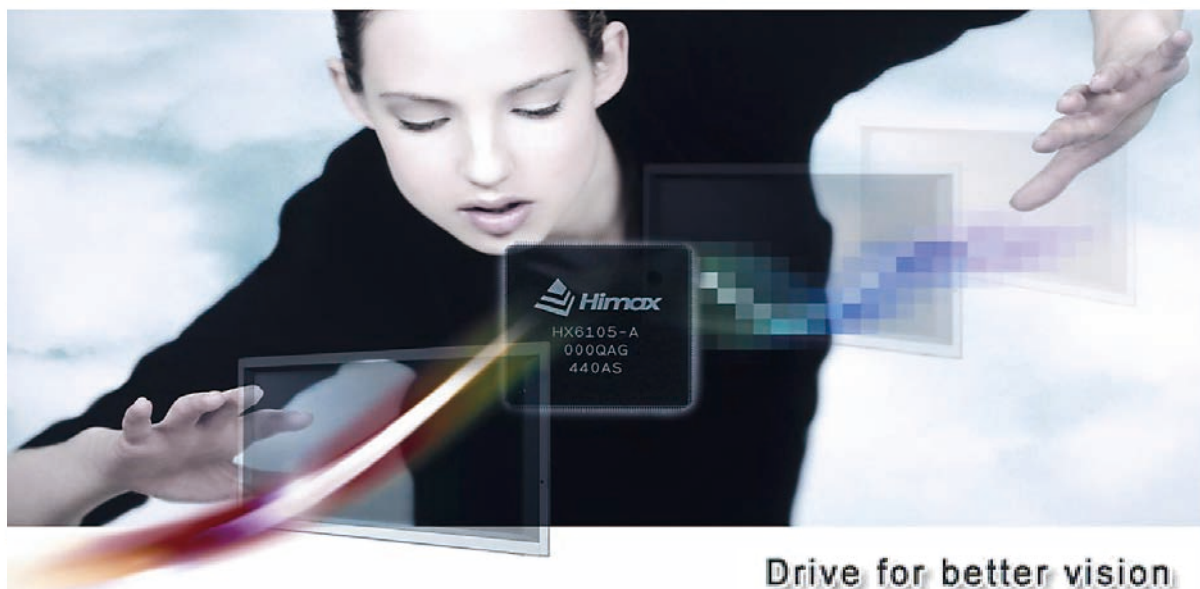
應徵 3 步驟

1 準備完整履歷
個人簡歷與在學成績單

2 投遞華碩人才網
或 104 人力銀行【投遞履歷】

3 準備妥當
隨時接受研發替代役面試安排

華碩人才網 <http://hr-recruit.asus.com/>
請勾選:「2017研發替代役人員」類別
選擇適合您的職缺囉!



奇景光電 106年研發替代役 強力登場

強力徵才職缺

- ⊕ 數位IC設計工程師
- ⊕ 類比IC設計工程師
- ⊕ 演算法數位IC設計工程師
- ⊕ 軟韌體設計工程師
- ⊕ 技術開發工程師
- ⊕ 系統應用工程師
- ⊕ SI/PI/EMC工程師
- ⊕ APR工程師
- ⊕ EDA工程師
- ⊕ IC Layout工程師

■ 徵才內容：

歡迎碩士以上，電機/電子/電信/資訊/通訊等理工科系人才加入

■ 詳細職缺：

請上104人力網站查詢。

■ 履歷投遞：請上104人力網站 或 Email至 resume@himax.com.tw。

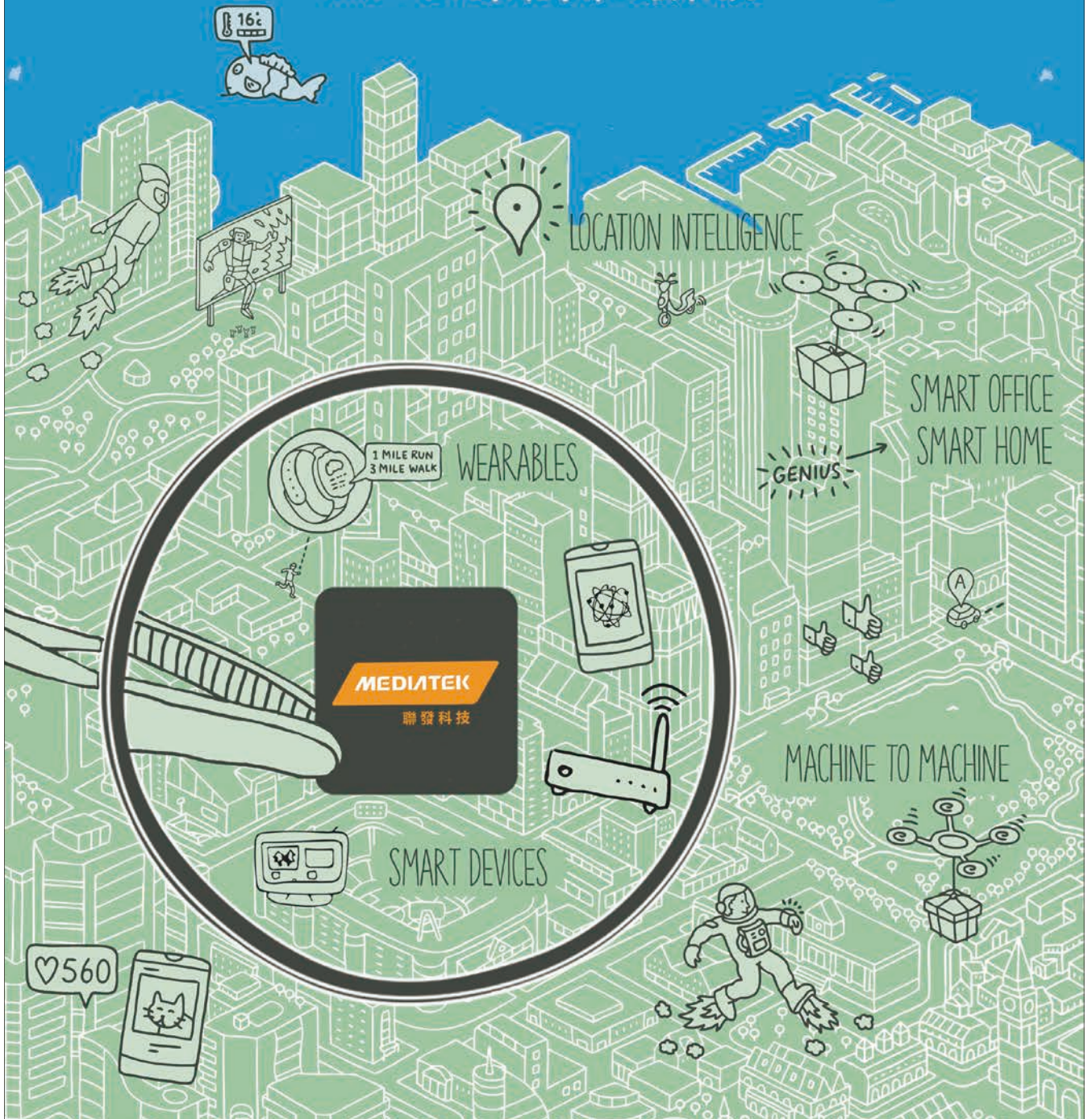
■ 準備文件：履歷自傳、大學&研究所成績單、論文&專題摘要。

聯絡方式

新竹 紀小姐(03)5163276分機38113 E-mail:claire_chi@himax.com.tw

台南 盧小姐(06)5050880分機58882 E-mail:shirley_lu@himax.com.tw

GREAT TECHNOLOGY FOR EVERYONE NOT JUST THE LUCKY FEW THAT'S EVERYDAY GENIUS



耀登集團

Auden Techno Corp.

One-Stop Shop and Total Solution

- ◆ 量測認證服務 ◆ 儀器設備代理銷售
- ◆ 前瞻技術研發 ◆ 天線設計製造

• **Global Product Certification Compliance**



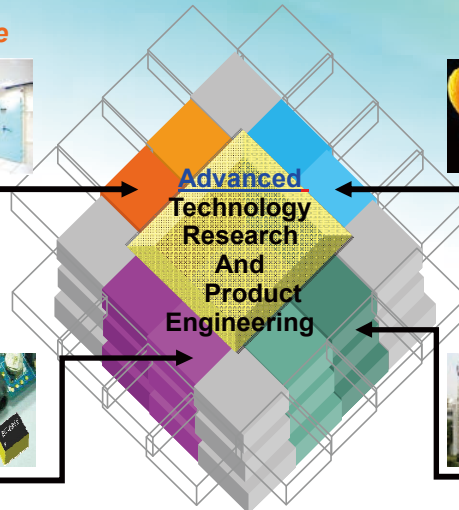
• **Test Equipment & Regulatory Technology**



• **Antenna design & Solution Provider**



• **Antenna Sales & Manufacturing**



Integrated Service Modules

*** 集團遠景：**

- 1) 致力小型天線的高增益、低 SAR 值及微型化，以世界級天線供應廠為目標
- 2) 建立亞洲電磁檢測代表品牌
- 3) 代理生醫量測設備跨足生醫科技領域
- 4) 微波應用於生物醫療領域
- 5) 規劃股票上市上櫃

ASPIRE UPGRADE DEVOTE EXCELLENCE NAVIGATOR

耀登科技

公司地址：桃園縣八德市和平路 772 巷 19 號

公司網址：<http://www.auden.com.tw>



Welcome to join us~

招募網址：

<http://goo.gl/wP6aaR>



最新活動

自聯盟成立以來，一直希望能提供更好的會員服務。初期曾設立產學聯盟徵才媒合網，由於操作及註冊程序較為繁瑣，效益不侷專業的人力銀行網站，因此希望能調整運作方式。我們知道各位會員很希望每年都能招募到各大專院校優秀傑出的畢業生，因此調整聯盟可協助項目如下：

• 轉發徵才或實習訊息：

如您需要聯盟代為轉發相關徵才或寒暑假實習訊息，惠請將訊息內容告知我們，聯盟將協助轉發相關訊息給全國 130 多位聯盟教師及 8 校學生。

• 開放企業會員擺設徵才攤位：

為提供更有效益的媒合方式，聯盟擬於每季的季報中，開放企業會員擺設徵才攤位及徵才集點活動。

• 於季刊中刊登徵才訊息：

目前聯盟每次季刊紙本發行情量約 400 份，寄送對象包括聯盟會員、教師以及電磁相關單位，電子季刊寄送對象則為聯盟企級會員、研級會員、聯盟 130 多位教師、聯盟 8 校學生（超過 600 名研究生），以及先前活動參與者（上千位），開放每位會員可於每次季刊中刊登 1 頁 A4 之徵才訊息，出刊前將詢問各位會員是否提供徵才稿件，敬請踴躍報名。

• 可邀請聯盟教授於徵才說明會中致詞：

會員在各校的徵才說明會中，如需邀請聯盟教授撥冗出席簡短致辭，歡迎不吝告知，聯盟會協助後續安排。

電磁產學聯盟儀器設備借用優惠方案 ~ 歡迎會員踴躍申請

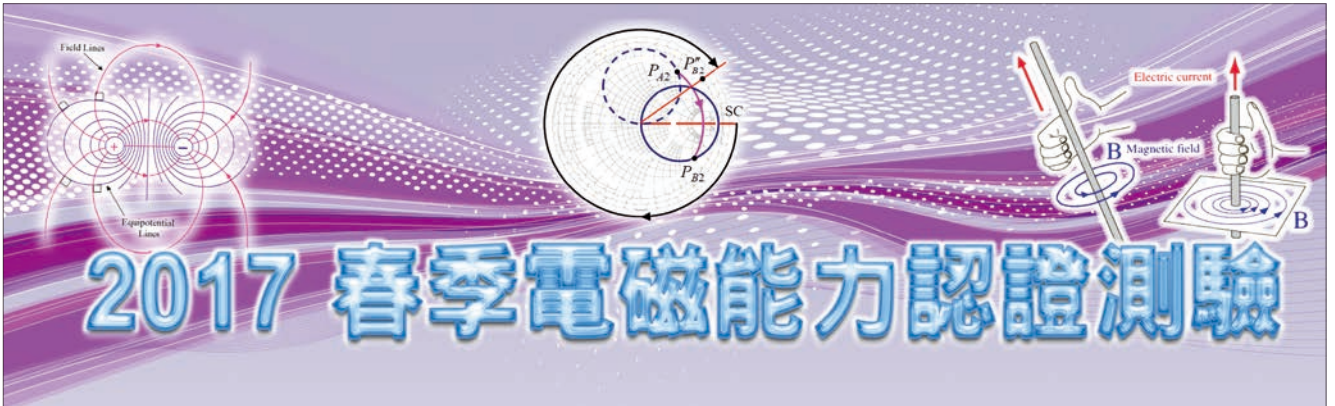
為了確實落實跨校產學合作及資源共享的目標，聯盟彙整各校微波儀器及實驗室的借用辦法及收費標準，並特別訂定「電磁產學聯盟廠商申請使用儀器設備及實驗室優惠方案」，歡迎聯盟會員踴躍申請利用，詳情請上聯盟網站查詢（網址：<http://temiac.ee.ntu.edu.tw> → 關於聯盟 → 聯盟實驗室）。

【聯盟廠商的儀器借用優惠方案】

1. 凡電磁產學聯盟廠商申請使用台灣大學、台灣科技大學、中正大學在聯盟網頁所列示的儀器設備，一年可免費使用共計 50 小時，相關協助研究生之鼓勵經費由聯盟支出，自第 51 小時起再按各校實驗室辦法的收費標準收費。
2. 凡電磁產學聯盟廠商申請使用元智大學通訊研究中心近場天線量測實驗室、中央大學在聯盟網頁所列示的儀器設備，一年內申請使用的前 50 個小時（與上款合計），聯盟補助每小時優惠 500 元。
3. 各校微波儀器及實驗室的借用辦法及收費標準，請詳閱聯盟網站關於聯盟 → 聯盟實驗室 → 各校實驗儀器對外借用規定。
4. 相關細節歡迎進一步連繫，並隨時提供寶貴意見讓我們可以參考改進，請洽詢聯盟助理許瑋真小姐，電話：02-33663713，e-mail: weichenhsu@ntu.edu.tw

聯盟會員專區

徵才媒合服務	<ul style="list-style-type: none"> • 轉發徵才或實習訊息 • 開放企業會員擺設徵才攤位 • 於季刊中刊登徵才訊息 • 可邀請聯盟教授於徵才說明會中致詞 • 相關說明：http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208
會員邀請演講	<ul style="list-style-type: none"> • 會員自行邀請聯盟教授前往演講 • 聯盟可提供演講部分補助（聯盟補助上限 3,000/ 次，每位會員一年至多申請 2 次） • 相關說明：http://temiac.ee.ntu.edu.tw/news/news.php?Sn=203
會員舉辦季報	<ul style="list-style-type: none"> • 補助各界申請辦理季報，初期希望能以 IEEE MTT 支會、AP 支會、EMC 支會為主 • 每次補助上限 8 萬元（補助金額由召集人決定） • 103 年度申請案以彈性提出方式申請，104 年度請於 103 年度 9 月底之前將申請提交聯盟辦公室，俾利於年度委員會議提出審查。 • 相關說明：http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=202



2017 春季電磁能力認證測驗

- 一、測驗宗旨：建立全國普遍認同之基本電磁能力認證機制，協助學生就業或升學時，能為企業或教師統一評估學生程度之管道。此測驗對於考研究所的學生將成為重要有力證明，且已有大學採計此測驗為有利審查資格。
- 二、參加對象：全國大專院校理工相關科系大學部學生，以大三、大四學生為主。
- 三、報名日期與方式：線上免費報名，網址為<http://iempt.emedu.org.tw>，預計於2016年12月1日至2016年12月30日期間開放報名，額滿為止。
- 四、測驗日期與方式：2017年1月7日(星期六)上午10至12時，統一線上測驗，詳細地點請上報名網站查詢。
- 五、命題範圍：
電磁學基礎課程：向量分析、靜電學、靜磁學、Maxwell's Equations、平面波、頻域傳輸線、時域傳輸線、史密斯圖等電磁教學聯盟中心教材模組題庫（不含天線及波導）。
- 六、成績寄發日期與方式：預定於2017年1月13日（星期五）以E-mail方式通知。
- 七、獎項：預計頒發測驗證書，測驗結果分四級(頂尖、特優、優等、良好)，測驗PR值達98者，將頒發成績證書。

聯絡人：國立臺灣大學電機系 郭天任小姐 02-33663700#6711；
kuotj@ntu.edu.tw

主辦單位：臺灣電磁產學聯盟、臺大高速射頻與毫米波技術中心

協辦單位：國立臺灣海洋大學通訊與導航工程系、國立臺灣大學電機系、國立臺灣科技大學電機系、淡江大學電機系、國立中央大學電機系、中華科技大學航空電子系、國立交通大學電機系、逢甲大學通訊系與電機系、國立彰化師範大學電子工程系、國立中正大學電機系、國立嘉義大學電機系、國立高雄海洋科技大學電訊工程系、國立中山大學電機系與光電系、財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心



台灣電磁產學聯盟 2017 傑出講座

台灣科技大學電機系 馬自莊教授

講題：

1. 異質陣列天線之整合與合成傳輸線應用
2. 超穎物質於主動自振盪天線之設計與應用



中央大學電機系 邱煥凱教授

講題：

1. 傳輸線變壓器應用於整合式被動元件與矽基積體電路設計
2. 微波頻率轉換電路之設計



交通大學電機系 郭建男教授

講題：

1. 微波與毫米波頻段晶片間封裝連線設計
2. 應用CMOS製程之兆赫波影像系統設計



演講摘要及申請辦法請洽聯盟網頁 temiac.ee.ntu.edu.tw，
聯盟將補助傑出講座至聯盟會員演講之演講費及交通費，
欲申請講座者，歡迎與聯盟助理沈妍伶小姐聯繫。
Tel: 02-3366-5599、E-MAIL: temiac02@ntu.edu.tw



聯盟業界成員



臺灣電磁聯盟季刊中，特別設置「電磁園地」專欄，歡迎聯盟業界成員及聯盟師生投稿發表電磁相關文章，以促進產學研多方交流意見。若您欲惠賜稿件，請與臺灣電磁產學聯盟辦公室聯繫！

美編印刷 麥田資訊股份有限公司
地址 新北市中和區板南路 496-6 號 1 樓
電話 +886-2-2221-2552
傳真 +886-2-2221-8872
e-mail nhsdneinfo@gmail.com

聯絡人 沈妍伶
電話 +886-2-3366-5599
傳真 +886-2-3366-5599
e-mail temiac02@ntu.edu.tw
地址 10617 台北市大安區羅斯福路四段一號
(國立臺灣大學電機系博理館 7 樓 BL-A 室)

024



臺灣電磁產學聯盟通訊

Taiwan Electromagnetic Industry-Academia Consortium Newsletter