



Taiwan Electromagnetic  
Industry-Academia Consortium Newsletter

# 臺灣電磁產學聯盟通訊

聯盟業界成員



台揚科技股份有限公司  
MICROELECTRONICS TECHNOLOGY INC.



Quanta Computer



國家中山科學研究院  
NCSIST NATIONAL CHUNG-SHAN INSTITUTE  
OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Unimicron  
欣興電子

2	<b>主編的話</b>	
	<b>演講報導 — 傑出講座</b>	
3	當微波技術與量子計算相遇	台灣大學電機工程學系 陳士元教授
6	毫米波低抖動低相位雜訊時脈產生技術及應用 Millimeter-wave Low-Jitter Low-phase-noise Signal Generations and Applications	中央大學電機工程學系 張鴻堃教授
	<b>電磁園地</b>	
9	恭賀吳宗霖教授榮獲第 64 屆教育部學術獎	
10	CMOS Devices and Circuits for THz Applications	
	<b>Milestone</b>	
13	救急救難，革新全球政治決策文化的手提式衛星電話產品 — 台揚科技「海事衛星陸上通訊系統 Inmarsat Transportable Communications Terminal」	
	<b>活動報導</b>	
15	台灣電磁產學聯盟半年報暨產業論壇 前瞻半導體技術發展應用	
19	2021 夏季電磁教育引領研討會	
	<b>活動報導 — 國際研討會連線報導</b>	
24	2021 射頻整合技術之國際研討會 (RFIT 2021)	
	<b>人物專訪</b>	
27	專訪耀登科技董事長張玉斌：專注前瞻技術研發的無線通訊企業家	
	<b>企業徵才</b>	
32	欣興電子	
33	MediaTek 聯發科技	
34	國家中山科學研究院 資訊通信研究所	
35	奇景光電	
36	GARMIN	
37	華碩電腦	
	<b>動態報導 — 最新活動 &amp; 消息</b>	
38	最新活動、儀器設備及實驗室借用優惠方案	
39	聯盟會員專區、2021 傑出講座	
40	2021 冬季電磁能力認證測驗	



## 主編的話

為促進科技發展與創新，聯盟每年持續推出由學級會員針對企級會員服務的傑出講座（Distinguished Lectures）系列，並特推選台灣大學陳士元教授、中央大學張鴻堃教授等兩位聯盟教授榮任 2021 年度傑出講座。傑出講座主講人將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！

台灣電磁產學聯盟半年報暨產業論壇於 2021 年 5 月 21 日舉行，以「前瞻半導體技術發展應用」為主題，針對台灣在半導體技術的多方運用及未來發展進行探討。廣邀業界先進以專題講演的方式分享實務經驗以及其獨到看法，並邀請學者專家擔任主持人與講者進行交流。本次半年報暨產業論壇由中央大學電機系及台灣電磁產學聯盟主辦，並由台大電機系、台大電信所協辦。半年報活動原本規劃於中央大學電機館舉行，但由於 COVID-19 疫情影響，改由線上使用 Google Meet 會議進行。議題範圍涵蓋甚廣，從我國半導體產業出發，論及其對國內外情勢與產業的影響，談到半導體產業前進異質整合時代，以及在產業領域中的創新開發。

本期人物專訪，電磁聯盟有幸於 2021 年 6 月專訪現為耀登科技董事長兼總經理的張玉斌；在訪談中，張玉斌分享他對無線通訊產業的觀察，強調前瞻技術研發及產官學合作的重要性，也回顧耀登在機構型代工、成立研發單位、走向高頻研發的發展歷程。

動態報導除了介紹聯盟近期相關活動外，為提供更有效益的徵才媒合方式，聯盟於每次季報中，開放企業會員免費擺設徵才攤位及徵才說明會，以服務各企業會員，無徵才需求之會員也得以儀器產品展示設攤。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。

於 2020 年開始，聯盟季刊也新增了「電磁園地」單元，本單元收錄內容包含對電磁相關、時事、教學等相關之意見分享，希望聯盟會員也能夠踴躍投稿，協助提供好文以供出版，分享給更多電磁領域的產學各界同仁。

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







演講  
報導



## 傑出講座

### 當微波技術與量子計算相遇

台灣大學電機工程學系 陳士元教授

聯盟特約記者／陳炯佑

陳士元教授受電磁產學聯盟邀請，於 8 月 5 日下午在耀登科技公司演講，後因疫情影響，演講更改為於同時間在線上舉行，向業界同仁介紹量子電腦這個各國爭相發展，足以對國家帶來巨大變革的技術以及實驗室多年來在該領域的研究成果。本演講首先介紹量子電腦的特殊性及其應用領域，接著講述計畫選擇實現量子位元的技術及其原因和使用該技術下量子位元的控制理論，最後簡介如何讀取量子位元的狀態。

首先，量子電腦是為了什麼目的、為了達成什麼樣的需求而開始被研究的呢？就我們現在所使用的電腦，相對於量子電腦又被稱作古典電腦（classical computer）來說，有很多問題的計算時間會隨著輸入變數的數量和大小增加而呈現指數成長，例如質因數分解，而指數成長的速度之快使這類問題需要花費數百年甚至數萬年才能被計算完，因此這類問題也就成了古典電腦的罩門。相對地，量子電腦的兩個特殊性，疊加態和糾纏，可以使其計算能力在部分問題中也隨著其擁有的量子位元數量呈指數成長，讓這些問題所需要花費的時間大幅地減少。在古典電腦中，位元的狀態非 0 即 1，猶如放置在桌面的硬幣，不是正面就是反面朝上。然而，在量子電腦中，量子力學的疊加態特性使量子位元的狀態在被測量之前能夠處在  $|0\rangle$  與  $|1\rangle$  之間，如式子 1 所示：

$$\psi = \cos \frac{\theta}{2} |0\rangle + e^{i\phi} \sin \frac{\theta}{2} |1\rangle \quad (1)$$

量子位元於兩狀態都有機率分布，在  $|0\rangle$  和  $|1\rangle$  的機率分別為  $\left| \cos \frac{\theta}{2} \right|^2$  和  $\left| \sin \frac{\theta}{2} \right|^2$ ，猶如一枚處在

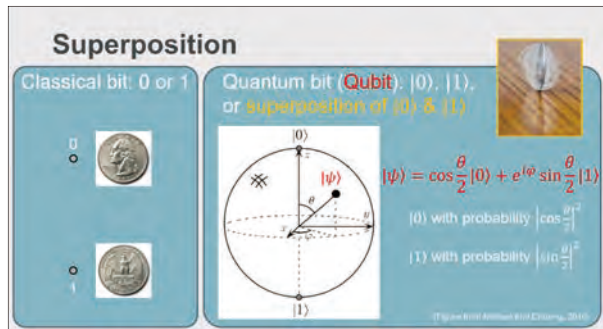


Fig. 1

旋轉中的硬幣。糾纏則是指當量子位元們交互作用時，它們的狀態就不能個別觀察，而是要將其視作一個整體系統來觀察此系統的狀態。假設兩個量子位元交互作用，那麼這個兩個量子位元系統的狀態就會由 00、01、10 和 11 四個基礎狀態的線性組合構成，如式子 2 所示：

$$\psi = \alpha |00\rangle + \beta |01\rangle + \gamma |10\rangle + \delta |11\rangle \quad (2)$$

其中， $|\alpha|^2 + |\beta|^2 + |\gamma|^2 + |\delta|^2 = 1$ 。以此類推， $n$  個量子位元交互作用時就會由  $2^n$  個狀態的線性組合構成，在這個情況下，一次的操作就可以同時改變或計算  $2^n$  個變數，這也就是為什麼量子電腦的計算能力能夠隨著量子位元數量的增加呈指數

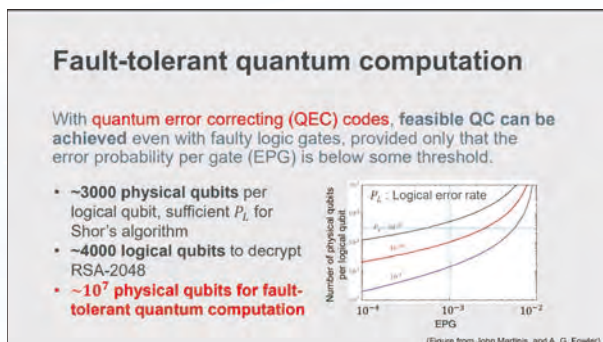


Fig. 2

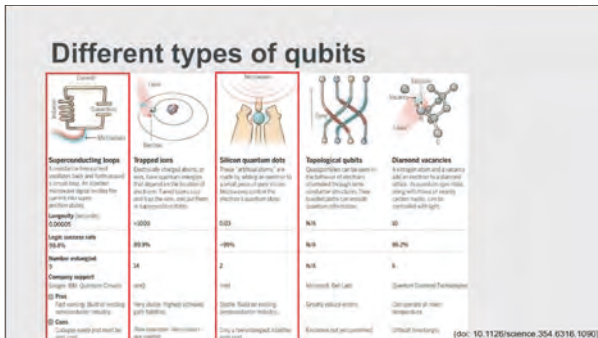


Fig. 3

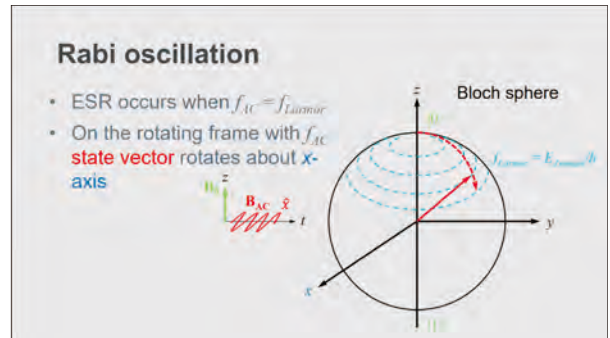


Fig. 5

成長。量子電腦的應用廣泛，能為物流最佳化、化學、藥學、氣候和金融市場分析及密碼學等領域帶來重大突破。除了優點外，量子電腦也存在古典電腦所沒有的缺點，那就是誤差的傳遞及放大。因為古典位元只有狀態 0 和 1，就算有些許偏差，例如變成 0.95 或 0.05，也能簡單地分別出原本的狀態。但是量子位元的狀態是連續性的，就算是些許的誤差也無法輕易地分辨出該狀態是原先正確的狀態還是已被誤差所污染，無法校準的誤差將會隨著一次次的計算被一級一級地放大而變得無法忽視。為了應對此問題，因而發展出了量子糾錯演算法來降低量子位元誤差。為了匹配一顆可實用邏輯量子位元 (logical qubit)，將需要使用高達 3,000 顆的物理量子位元 (physical qubit) 來執行糾錯。所以，儘管只要數千顆的邏輯量子位元便能有卓越的運算能力，要達到那樣的境地，實際製作出來的量子電腦則需要擁有上千萬顆的物理量子位元。而現階段量子電腦的科技還處在萌芽期，製作出最多量子位元的團隊也

還只能做出約 100 顆物理量子位元的系統。

為了實現出量子位元，世界各團隊所採用的方法也有所不同，其中有離子阱、超導電路和電子自旋等，當中屬超導電路量子位元和電子自旋量子位元最為熱門。超導電路量子位元發展時期較早，現階段已有團隊用此技術做出接近 100 顆量子位元的系統，不過使用此技術較大的限制是需要運作在毫克爾文 (mK) 的溫度下。相反的，電子自旋量子位元的起步較慢，目前還沒有能建構出 10 顆以上量子位元系統的團隊，雖然它一樣要在低溫環境下運作，但是在去年的突破讓此技術得以運行在克爾文 (K) 等級的溫度中，大大減輕對冷卻系統的限制，除此之外，電子自旋量子位元的製程跟現今半導體製程有極高相似性，使很多技術可沿用，也方便與現有電路做整合。台灣現在所研究的是電子自旋量子位元，原因除了有超導電路量子位元尺寸太大外，最重要的是其在半導體製程上的需求更能有效利用我國在半導體產業上的優勢。

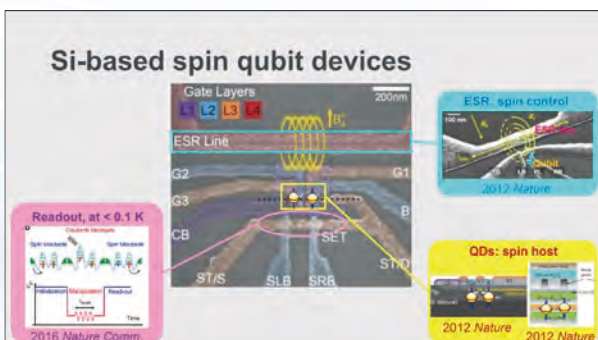


Fig. 4

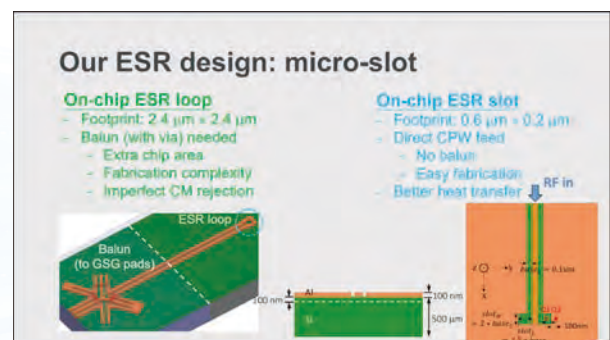


Fig. 6

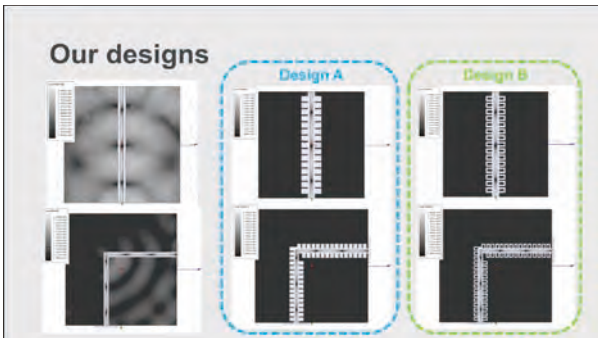


Fig. 7

利用電子自旋來實現量子位元的方法首先是給予電子直流磁場  $B_0$ ，假設磁場方向由下而上，此時電子的自旋方向只有向上或向下兩種選擇，而根據電子磁矩計算可以得知這兩種狀態的能階差為：

$$\Delta E = 2 \times \frac{1}{2} g \mu_e B_0 = g \mu_e B_0 \quad (3)$$

如此便成功以能階不同的形式創造出了  $|0\rangle$  和  $|1\rangle$ ，而此處的能階差必須夠大以防止熱雜訊的干擾。接著，便是要能自由控制量子位元的狀態。在垂直直流磁場的基礎上，要再加上水平方向的圓形極化交流磁場  $B_1$ ，交流磁場的頻率為  $f_{AC}$ ，需符合下列式子 4 的等式：

$$h f_{AC} = \Delta E = g \mu_e B_0 \quad (4)$$

意思是所需的頻率等於使電子在此能階差下躍遷時所需光子的頻率，大約在 20 GHz 到 40 GHz 的頻段，此時就能使量子位元在表現其狀態的布洛赫球面 (Bloch sphere) 上沿著 X 軸旋轉，自由改變於  $|0\rangle$  和  $|1\rangle$  之間，而量子位元狀

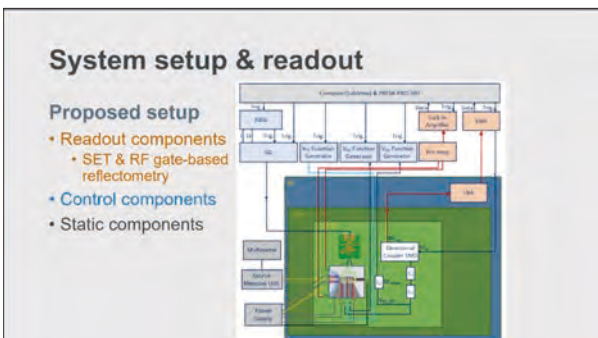


Fig. 8

態來回震盪於  $|0\rangle$  和  $|1\rangle$  之間的現象又被稱為拉比震盪 (Rabi oscillation)。其震盪頻率  $f_{Rabi}$  越高則代表能更快地操縱量子位元狀態， $f_{Rabi}$  符合下列式子 5：

$$h f_{Rabi} = g \mu_e B_1 \quad (5)$$

陳教授實驗室目前主要研究產生強交流磁場和弱交流電場的 ESR 結構以及能將能量有效傳遞的背接金屬共面波導 (CBCPW)。如上所述，強交流磁場能使控制量子位元速度更快，而電場反而會干擾量測結果或使量子位元脫離位能井而丟失，所以設計能產生強交流磁場並盡量減少電場的結構是很重要的。而通常傳遞訊號使用的傳輸線為共面波導，若放置在金屬腔中會使結構變成背接金屬共面波導，這樣的結構極容易散失能量，所以設計出不易散失能量的背接金屬共面波導同樣也是重要的需求。

除了量子位元的控制，其狀態的讀取和微波也有著很緊密的關係。狀態讀取首先會將自旋狀態對應到電荷的有無，一種方法是利用不同狀態導致的位能會影響該量子位元能否移動設計好的位能平面上，另一種則是利用包利不相容原理來判斷量子位元的自旋是否和事先準備好的電子自旋方向相同。電荷的有無會大大影響該處的電路特性，可以觀察訊號的反射係數來了解該處是否有電荷，進而得知量子位元的狀態。

雖然現階段量子電腦的發明上仍處於萌芽期，尚無法對實際問題有太大的作為，但未來量子電腦定能為世界帶來革命性發展，而為此所必須之大型量子電腦的開發中，勢必不能缺少微波訊號的整合以及微波領域的人才。 ■■





演講  
報導

## 傑出講座

### 毫米波低抖動低相位雜訊時脈產生技術及應用 Millimeter-wave Low-Jitter Low-phase-noise Signal Generations and Applications

中央大學電機工程學系 張鴻堃教授

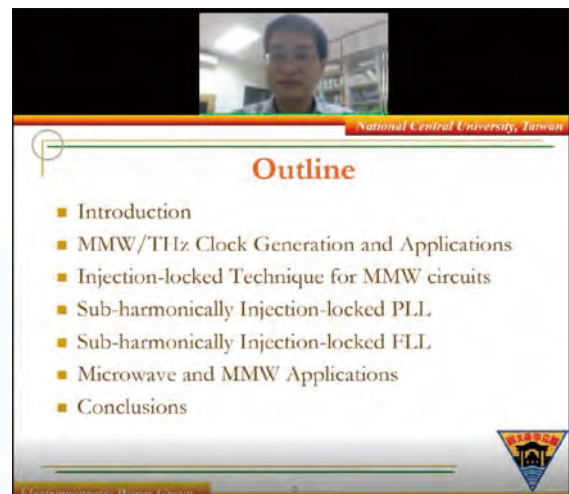
聯盟特約記者／楊玉靜

時脈產生器為有線及無線通訊重要元件之一，需具備低相位雜訊、低抖動、低功耗及多相位輸出等特性。在目前熱門行動通訊領域中，扮演相當重要的角色。本次專題演講將介紹毫米波降低相位雜訊及抖動技術，如低相位雜訊壓控振盪器（VCO）、鎖相迴路（PLL）及次諧波注入鎖定方法（SIL）等。進一步引入自我對準技術，如次諧波注入鎖定鎖相迴路（SILPLL）或次諧波注入鎖定鎖頻迴路（SILFLL），使得次諧波注入鎖定方法更具實用價值，同時具備溫度、電壓及製程變異容忍度。由於其優異的電路性，可將相關技術應用於毫米波高階數位調變升頻器上，如正交頻分多功調變（OFDM）及正交振幅調變（ $n$ -QAM）等應用。相關設計理論分析及設計方法，實作成果於專題演講過程展演，同時介紹量測分析方法。

高頻電磁波有著較大頻寬、傳輸速度高、波長小的優點，但也有著電子元件單價較高，高路徑損耗及電子元件不易生產製造的缺點。毫米波應用相當廣泛，時脈產生器在毫米波頻段的應用，可分成電子式（Electronics-based）及光式（Optics-based）產生。電子式又可分為半導體（Solid-state）及真空電子（Vacuum），半導體以電晶體的製程來說包含有 CMOS、SiGe HBT、GaAs HBT 和 HEMT，可製作振盪器或鎖相迴路。半導體除電晶體外，另外有二極體如 IMATT、Gunn diode，可產生負電阻及製作成振盪器；真空電子分成快波（Fast-wave）及慢波（Slow-wave），快波典型代表是螺旋管，體積大，較不易做成輕薄短小或是個人使用；慢波典型代表是磁控管，常見於微波爐內。有別於電子式，光式（Optics-based）不管是體積、重量及成本皆較龐大。



演講 - 1



演講 - 2

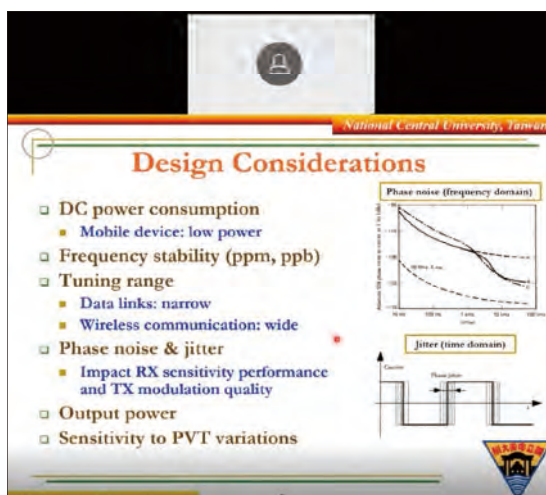


時脈產生器的設計考量有直流功率消耗、頻率穩定度、頻率範圍、相位雜訊 (phase noise) 及抖動 (jitter)、輸出功率及製程/電壓/溫度變異的穩定性，其中最重要的當屬相位雜訊和抖動，製程中變異太大會影響良率。在改善相位雜訊的參數及降低抖動上，鎖相迴路 (PLL) 是很好的方法，但傳統鎖相迴路仍有其先天限制，在迴路設計包含壓控振盪器 (VCO)、除頻器、相位頻率偵測器 (PFD) 和充電棚等都會產生雜訊而使輸出端受到影響。注入鎖定 (Injection-locked) 較少作為產品開發，原因是易受環境影響，如溫度改變、製程變異而造成電路脫鎖不穩定等缺點。注入鎖定其原理為給予一個訊號，使輸出振盪訊號與輸入訊號同步，可為頻率同步或相位同步，注入訊號要夠大，輸入訊號要穩定，如利用石英振盪訊號源，即可穩定輸出振盪訊號及降低相位雜訊。其優點是高速，鎖定狀態下相位雜訊表現較好，功耗較低；缺點是鎖定頻寬較窄，且易受溫度或製程變異影響而造成電路無法正常運作，故無法廣泛應用。

以注入鎖定技術做為電路設計開發在經過漫長研究改進後，首先分享第 0 代開發之次諧波注入鎖定振盪器，為 20.7% Locking Range W-band Fully Integrated Injection-Locked Oscillator (Zero Generation)，其會隨控制偏壓改變而改變，靈敏度亦會跟著改變，是最早注入鎖定電路之研究分析。為達較好的鎖定頻寬故使

用三級環形振盪器，輸出亦剛好為三倍。注入靈敏度會隨著控制偏壓或偏移的自由振盪頻率改變，隨著倍速增長則需要更大功率來驅動，因此實用性較不佳。為改善其實用性，繼而提出次諧波注入鎖定鎖相迴路 (SILPLL) 來控制偏壓，進一步降低相位雜訊。以此為基礎，進行第一代開發及改造出 K-band Low Phase Noise SILPLL (1st Generation) 之模型，應用在手持式量測裝置之設計考量包含有取樣頻率、頻寬、解析度及直流功耗，關鍵零組件包含有關頻振盪器、低抖動時脈產生器及追蹤電路鎖定等。

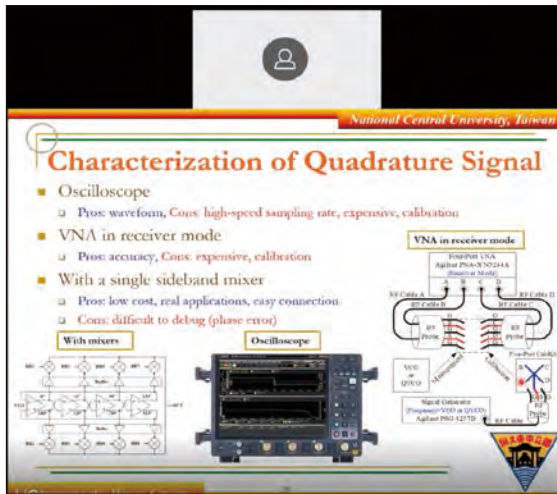
張教授提到，因手動對準在產品生產線有其執行上的困難，進而提出具有自動對準之次諧波注入鎖定鎖相迴路 (SILPLL with Self-Aligned DLL, 2nd Generation)，將延遲鎖相迴路 (DLL) 引入具有自動對準之次諧波注入的路徑，無論遇到溫度或電壓改變仍可自動對準，而進入穩定狀態，使輸出達到最佳應用狀態。依此理論，以 CMOS 製程開發出之電路設計可看出相位雜訊大幅提升改進，變溫量測在 10°C ~ 70°C 的範圍內以驗證自動對準是實際有效且穩定。有鑑於自動對準之延遲鎖相迴路仍會造成額外的相位雜訊亦會增加功耗，於是開發出第三代具有自動對準之次諧波注入鎖定鎖相迴路 (SILFLL)，自動對準控制偏壓，將其控制在最適合之範圍，相位對準使用次諧波路徑，如此一來，電路架構可以更精簡，功耗更低。鎖相迴路較鎖相



演講 - 3



演講 - 4

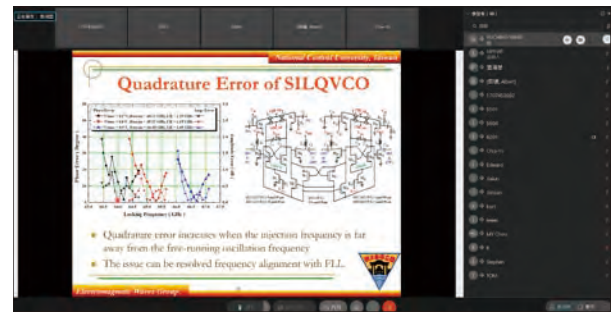


演講 - 5

迴路少利用於電路開發設計，以時脈產生器為例，因相位鎖定後頻率亦會對準，其相位對準強制性較高，單就頻率對準無法保證相位同步，故在高頻電路設計以鎖相迴路為主。

將四相位振盪器應用至次諧波注入鎖頻迴路，相位誤差及振幅誤差較低。為達相位精準，使其在 0 度及 90 度，利用微波及毫米波驗證之方法有三種，第一種為示波器，較為昂貴；第二種為網路分析儀，因每個路徑的相位延遲不同，量測時要先校準其相位誤差，校驗較繁複也需要多路徑向量網路分析儀，價格亦較高；第三種較常見也較簡便，在多相位振盪器內利用單旁波混頻器（SSB mixer），價格便宜但較難精確確認相位誤差或振幅誤差何者較大。以此為概念，導入次諧波注入鎖定四相位振盪器搭配鎖頻迴路製作成次諧波注入鎖定四相位鎖頻迴路（QFLL，4th Generation）。以 CMOS 製程驗證後，因其倍數為 1/32，注入路徑除脈衝產生器（PG）外，還需有 12.5 GHz 放大器進一步放大諧波，否則鎖頻範圍會變窄，但因頻率不高，面積不需太大。在此例電路設計中，將鎖頻迴路關閉後，操作溫度僅在 15°C ~ 25°C，超過 25°C 後即無法鎖定；而打開鎖頻迴路後，即可適用 15°C ~ 50°C。因為此電路設計較耗電無法降溫，在變溫量測中，僅能驗證對於溫度變化具有穩定性。

第五代次諧波注入鎖定鎖頻迴路（SILQFLL



演講 - 6

with Divider-less) 之開發，是在其回授路徑中將除頻器 (divider) 改為類比式頻率比較器，可降低功耗並將鎖頻迴路簡化，但仍具有頻率對準功能，對溫度量測之穩定性也不錯。四相位振盪器應用至現階段數位通訊中，張教授於 2006 年提出修正型反射式調變器，與次諧波注入鎖頻迴路結合數位升頻器之應用可以得到不錯的結果。進一步將反射式調變器應用至升頻器，以相位輸入端為 0 度及 180 度製作之電路模擬，會呈現相位振幅調變 (Bi-phase Amplitude Modulation) 機制，對應曲線呈現上下對稱。以此結合方式開發出第六代次諧波注入鎖定鎖頻迴路 (QAM Modulator using SILQFLL)，使用類比式頻率比較器搭配電壓電流轉換器 (VI Converter) 延伸控制偏壓，並搭配具有 4 個路徑的反射式調變器，開發頻率因應 5G 頻段而使用 38 GHz ~ 40 GHz，在不同頻率鎖定及不同溫度變化之下量測出的相位雜訊和抖動 (Jitter) 表現都還相當低，適用於毫米波高階數位調變。在調變應用上，以 128-QAM 為例，分佈圖的表現極為線性，相位對準如預期的量測結果，相位誤差 (Phase Error) 在 1 度以內，振幅誤差 (Magnitude Error) 小於 0.5 dB。高速量測分析以 16 QAM 為例可達到 8 Gbps 之量測結果。

本次演講介紹了訊號產生之方法也都具有其實用性，注入鎖定雖本身有其限制但對相位雜訊改善仍有顯著提升。最後，再將次諧波注入鎖相迴路及次諧波注入鎖頻迴路應用至高階複雜調變升頻器上，展演其應用的結果。因應疫情無法至現場與台揚科技同仁面對面討論，改以線上方式演講，期盼疫情過後能有機會進行理論與實務上的交流。■





電磁  
園地

## 恭賀吳宗霖教授 榮獲第 64 屆教育部學術獎

國立台灣大學電機工程學系

台大電資學院副院長吳宗霖教授獲頒第 64 屆教育部學術獎—工程及應用科學類科。學術獎乃是頒發給國內學術上有重要貢獻或傑出成就者之國家級獎項，是對於吳宗霖教授長年累積的學術成果之高度肯定。多年來深耕於電信領域的吳宗霖教授，如今已成為國際間揚名的學者。然而他一路走來卻並非順遂無阻，支持他持續研究的最大動力，始終是對於 EMC 領域的高度熱忱。

「塞翁失馬，焉知非福」，可說是吳宗霖教授人生的最佳寫照。25 年前頂著台大電機博士光環畢業，沒想到遇上經濟不景氣，教職僧多粥少，面臨畢業即失業的窘境，卻也在進入產業界第三年，讓他發現產業痛點，另闢蹊徑發展出電磁相容（EMC）與高速數位電路的雜訊抑制等核心技術，將解決電磁干擾的關鍵技術在台灣扎根，至今共獲得 43 個世界專利，2012 年還將專利授權給世界半導體產業龍頭 Intel，讓台灣電波科技在國際間揚眉吐氣。

有業界經驗的吳宗霖教授，堅持研究要為產業所用。2016 年在台大鼓勵下，他所指導的博士班研究生在台大育成中心成立「安波科技」新創公司，以設計元件及技術授權為主要商業模式，希望成為全球電磁相容及雜訊抑制解決方案的領導品牌。營運迄今，公司估值已超過 2 億元。吳宗霖教授認為，任何一個新創企業的成功，絕對是立足在協助產業解決痛點與問題。現階段邁入 50 歲的他，更希望建構一個學術創新生態系，栽培年輕教授找對方向研究，組成新創團隊產出好的技術，用於解決產業問題，改善人類文明；等新創公司壯大後，再回饋學校資源，培養更多學生，形成良性循環的活水。

從一個小咖年輕教授，到電磁相容領域的國際專家，吳宗霖教授始終保有熱忱的最大動力就是興趣。也因為高度的研究熱忱，成功讓國際看見他與團隊的傑出成果，不僅榮獲 IEEE（國際電機電子工程師學會）多項重要學術成就榮譽，更在 2018 年獲得 IEEE EMC Society 任命為 EMC 領域最頂尖期刊



的總主編，成為六十年來第一位擔任總主編的亞洲學者，彰顯了他在 EMC 領域的國際地位。

面對人生的打擊與挫折，吳宗霖教授始終抱持著「凡事盡最大的努力，做最壞的打算」，這句座右銘讓他能順度過人生的高峰與低谷，他也鼓勵學生要「立足台灣，胸懷世界」，無論是否能做到，都要有這樣的 MISSION 與 VISION，才有機會成為技術的領導人。■





李俊興副教授  
國立台灣大學電機工程學系電信工程研究所

## CMOS Devices and Circuits for THz Applications

### 簡介

近年來國外學術及產業界投入龐大的人力資源進行太赫茲波 (Terahertz Wave, THz Wave, 為頻率介於 300 GHz 至 3,000 GHz, 波長介於 0.1 mm 至 1 mm 的電磁波訊號) 之研究。例如在美國, 由加州大學聖塔芭芭拉分校 (University of California, Santa Barbara) Prof. Mark Rodwell 帶領 Stanford、MIT、加州大學系統、USC、Cornell、NYU、Columbia 及 UT Dallas 等一流美國大學, 於 2018 年成立 ComSenTer 研究中心, 研究經費 5 年 3,600 萬美金 (~ 11 億台幣), 專注於 THz 感測及通訊技術的研發。太赫茲波研究如此備受矚目的主因是透過 THz 技術可以發展多種實用及高市場價值的感測及通訊系統<sup>[1]</sup>。例如皮膚癌治療、燒燙傷程度判定、半導體製程缺陷檢測、食安把關、反恐、製藥及高速無線資料傳輸。其中 THz 於通訊的應用尤其受到重視。THz 被視為第 6 代 (6G) 無線通訊系統的關鍵技術, 最高傳輸速率預期可達 100 Gb/s。IEEE 也製定 IEEE Std 802.15.3d-2017 規範, 劃出 252 GHz 至 325 GHz 頻帶, 提供幾公分至幾百公尺之短距離高速無線資料傳輸<sup>[2]</sup>。而 6G 高速及低延遲無線資料傳輸

的能力, 將可實現虛實整合 / 數位孿生之 XR 延展實境 (X-Reality), 完全改變人類的生活方式<sup>[3]</sup>。可見 THz 通訊技術的重要性及市場價值。目前產業界販售的 THz 系統大多利用光學技術實現, 但體積太大且價格昂貴。若能採用 CMOS 製程, 利用其微小化、成本低、高整合性 (可整合高速數位處理器) 及可量產之優點, 將有機會實現低成本、可攜式 (Portable)、微小化、高效能及高整合之 THz 系統, 解決上述利用光學技術的缺點。我們的研究團隊已經開發多個關鍵 CMOS 元件與電路, 非常適合用來實現電子式太赫茲系統。相關成果已發表於微波及 THz 領域頂尖期刊及國際會議發表多篇論文<sup>[4-9]</sup>, 為目前台灣最多。以下介紹之。

### CMOS 太赫茲關鍵元件與電路

#### A. 太赫茲高增益介電共振器天線 (Dielectric Resonator Antenna, DRA)

圖 1 所示為所提出之太赫茲高增益介電共振器天線<sup>[4,5]</sup>。DRA 由高阻值矽材料及利用 0.18- $\mu\text{m}$  CMOS 製程所實現之平板饋入結構所組成。設計理念乃將低損耗之介電共振器作為輻射元件, 而損耗較高之晶片

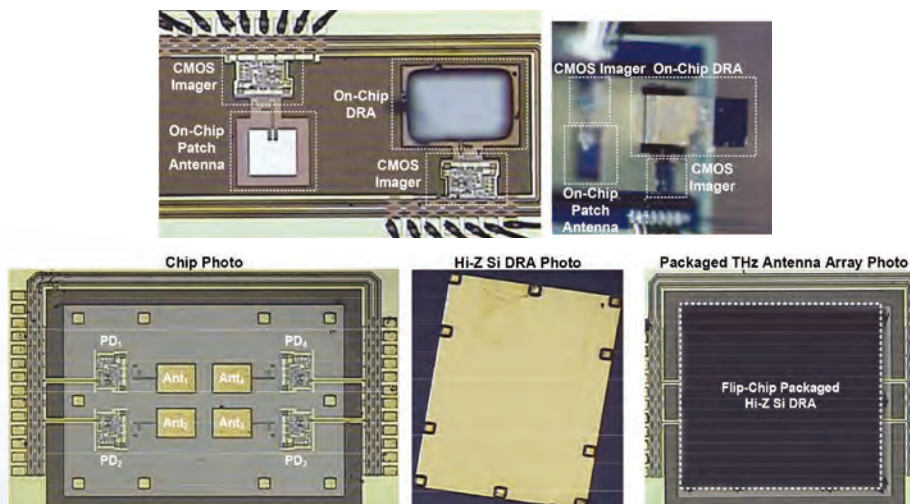


圖 1 所提出之太赫茲高增益介電共振器天線



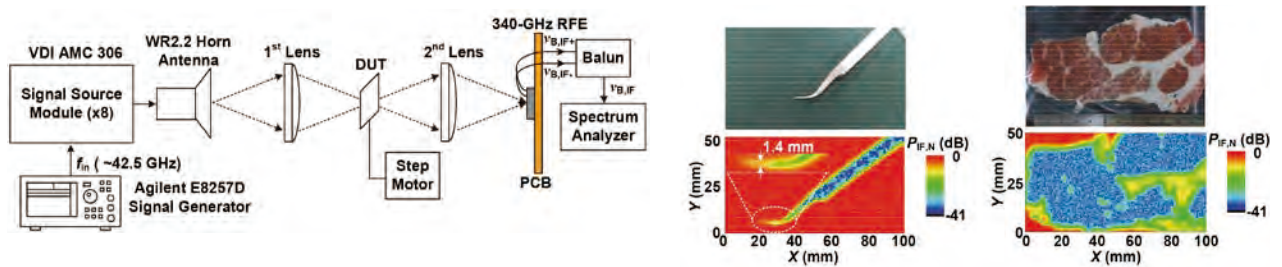


圖 4 所提出之穿透式太赫茲成像系統

即可產生差動訊號輸出。V 頻帶二倍頻器使用 90-nm CMOS 製程實現，在 60 GHz 工作頻率時可提供 -5.5 dB 轉換增益、0.2 dB 振幅不匹配及 0.5° 相位不匹配；W 頻帶封裝接收機由整合低雜訊放大器、混頻器、二倍頻器及寬頻可變增益放大器之 90-nm CMOS 晶片及 IPD 載具所組成。90-nm CMOS 晶片透過低損耗連接結構封裝於 IPD 載具上。量測結果顯示：當工作頻率為 90 GHz、操作電壓為 1.2 V 及功耗為 73.9 mW 之情況下，W 頻帶封裝接收機可提供 48.2 dB 增益及 7.8 dB 雜訊指數；太赫茲接收機整合晶片上天線、混頻器及三推式振盪器。所提出之振盪器可於同一條電流迴路取出一組差動訊號，不需要外加單端轉差動電路，即可產生差動訊號輸出。混頻器偏壓於次臨限區，不僅可以提供高轉換增益及低雜訊指數，而且所需之最佳 LO 功率僅 -11 dBm。由於太赫茲頻段可取得的 LO 功率低，所提出之混頻器需要之最佳 LO 功率小，非常適合用來實現電子式太赫茲系統。太赫茲接收機利用 40-nm CMOS 製程實現。量測結果顯示：當工作頻率為 355.8 GHz、操作電壓為 1.1 V 及功耗為 53.1 mW 之情況下，太赫茲外插式接收機可提供 -1.7 dB 增益。

#### D. 高解析度太赫茲穿透式成像系統

我們利用上述所提出之 CMOS 太赫茲關鍵元件與電路架設如圖 4 所示之太赫茲穿透式成像系統<sup>[7]</sup>，工作頻率為 335.8 GHz。透過量測金屬鑷子之太赫茲影像，可求得成像系統的空間解析度為 1.4 mm，非常接近理論值之 1.1 mm。第二個拍攝樣品為豬肉片，厚度約為 1 mm。分析豬肉片太赫茲影像可知：太赫茲訊號容易穿透脂肪組織，但瘦肉及肌肉組織會阻擋太赫茲訊號。此乃因為相較於脂肪組織，瘦肉及肌肉組織含有較多水份，因此吸收大部分的太赫茲訊號。

#### 結論

我們提出多個 CMOS 太赫茲關鍵元件與電路，不僅擁有絕佳之工作性能，而且可以結合商用發射機模組、光學透鏡及步進馬達，架設高解析之太赫茲穿透式成像系統，暗示在不久的將來高效能及低成本太赫茲系統將變得容易取得。

#### 參考文獻

1. M. Tonouchi, "Cutting-edge terahertz technology," *Nature Photonics*, Vol. 1, pp. 97-105, Feb. 2007.
2. IEEE Standard for High Data Rate Wireless Multi-Media Networks—Amendment 2: 100 Gb/s Wireless Switched Point-to-Point Physical Layer, IEEE Standard 802.15.3d-2017, 2017.
3. 5G Evolution and 6G, NTT DOCOMO White Paper, 2020. [Online]. Available: [https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper\\_6g/DOCOMO\\_6G\\_White\\_PaperEN\\_20200124.pdf](https://www.nttdocomo.co.jp/english/binary/pdf/corporate/technology/whitepaper_6g/DOCOMO_6G_White_PaperEN_20200124.pdf)
4. C.-H. Li and T.-Y. Chiu, "340-GHz low-cost and high-gain on-chip higher-order dielectric resonator antenna for THz applications," *IEEE Trans. THz Sci. Technol.*, Vol. 7, No. 3, pp. 284-294, May 2017.
5. C.-H. Li and T.-Y. Chiu, "Single flip-chip-packaged dielectric resonator antenna for CMOS terahertz antenna array gain enhancement," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 7737-7746, 2019.
6. T.-Y. Chiu, Y.-L. Lee, C.-L. Ko, S.-H. Tseng, and C.-H. Li, "A low-loss balun-embedded interconnect for THz heterogeneous system integration," *IEEE Int. Microwave Symp.*, 2020.
7. C.-H. Li et al., "A 340-GHz heterodyne receiver front-end in 40-nm CMOS for THz biomedical imaging applications," *IEEE Trans. THz Sci. Technol.*, Vol. 6, No. 4, pp. 625-636, Jul. 2016.
8. C.-H. Li and W.-M. Wu, "A balun-less frequency multiplier with differential output by current flow manipulation," *IEEE Trans. Very Large Scale Integr. Syst.*, Vol. 26, No. 7, pp. 1391-1402, Jul. 2018.
9. C.-H. Li, W.-T. Hsieh, and T.-Y. Chiu, "A flip-chip-assembled W-band receiver in 90-nm and IPD technologies," *IEEE Trans. Microw. Theory Tech.*, Vol. 67, No. 4, pp. 1628-1639, Apr. 2019. ■■■





## 救急救難，革新全球政治決策文化的手提式衛星電話產品 — 台揚科技「海事衛星陸上通訊系統 Inmarsat Transportable Communications Terminal」

聯盟特約記者／劉宜庭

衛星電話是登山團挑戰台灣百岳必備的通訊器材，它肩負著聯絡外界、尋求支援與救助的重要功能；除了人道救援，衛星電話的應用還包括船舶通訊、跨國通訊、災害救助、新聞採訪等。這種不受地域條件限制的即時性通訊，不僅廣泛應用於地震、海嘯等災難救助現場，也因能傳播第一手的戰地情勢、國家元首出訪消息，在當時徹底改變全球政治決策的文化，拉近政治精英與群眾的距離。在手機還未普及的年代，衛星電話的重要性由此可見一斑。

但你知道嗎？世界上第一個通過國際海事衛星組織（Inmarsat）驗證、投入商用市場的手提式衛星電話產品，就是台揚科技（MTI）在台灣生產的海事衛星陸上通訊系統（Inmarsat Transportable Communications Terminal）系列產品。

### 全球第一台商用手提式海事衛星電話 台灣純手工製造

台揚首創的陸上型手提式海事衛星通訊系統終端機系列產品，曾於西元 1989 年獲頒新竹科學園區「優良廠商創新產品獎」，1990 年 8 月投入第一次波斯灣戰爭（Gulf War）的新聞轉播，1997 年獲頒「台灣精品獎」。直到台揚結束相關業務為止，這款手提式衛星電話獨家供應美國政府、中東王室、國際新聞組織等重要機構，讓群眾得以獲悉第一手的新聞資訊，即時向政治精英傳達民意，敦促政府調整政策方向，短短十年間便革新民主政治決策文化。包括 1990 年代的波斯灣戰爭、1995 年李登輝前總統訪美、1999 年

台灣「九二一」集集地震等重要歷史事件，台揚的手提式衛星電話都是不可或缺的存在。

讓我們把時間拉回到西元 1988 年，當時的衛星通訊裝置主要用於船舶通訊；海事通訊系統終端設備長年固定在船隻上，研發的重心在如何抵抗鹽霧侵蝕、克服船身擺動對通訊的影響，終端設備的體積與機動性反而不是最重要的考量。與此同時，投入生產 INMARSAT-A 系統海事衛星通訊機的台揚科技，有感於 1985 年墨西哥城大地震造成的通訊不便，決心開發出一台移動輕便、容易安裝、可以在世界上任何地方、任何時候通話的通訊設備。

台揚科技在海事衛星通訊系統終端設備之上，縮小雙工器、低雜訊放大器等關鍵射頻組件的體積，改良天線結構、天線罩材料、散熱機構，並導入新製程技術，開發出全球第一套符合 INMARSAT-A 規格，體積小、重量輕、不容易摔壞、天線伸縮與安裝方便的陸上型海事通訊系統「TCS 系列」手提式衛星電話產品。從組裝、測試到出貨，台揚的每一套手提式衛星電話產品都在台灣新竹科學園區手工製造完成；為了符合軍規的強健性要求，台揚甚至特別訂製大的高低溫櫃，模擬特殊溫度條件，進行嚴格的測試。

### 戰場前線即時轉播 「CNN 效應」翻轉政治決策文化

第一代產品「TCS-9120」總重約 30 多公斤，天線、收發系統及相關設備可以容納在兩個行李箱中。二十多套「TCS-9120」從新竹運



台揚科技 1990 年代在新竹總部的海事衛星陸上通訊系統生產線（台揚提供）

往美國銷售後，美國有線電視新聞網（CNN）於 1990 年 6 月取得其中的四套，並將其應用於同年爆發的第一次波斯灣戰爭。根據 CNN 戰地記者阿奈特（Peter Arnett），當巴格達的供電設備、電視塔被炸毀後，台揚的手提式衛星電話是記者能將伊拉克第一手消息傳回美國的唯一方式；史上第一次，CNN 透過即時轉播戰地記者的電話連線報導，讓民眾親眼目睹戰爭情勢，進而形成輿論壓力，迫使政治精英迅速表態及調整政策。這種顛覆政治決策文化的過程，成為了後世稱頌的「CNN 效應」。

台揚的手提式衛星電話，讓 CNN 及其他媒體機構建立起即時新聞（LIVE）播報系統，並透過與之相伴的「CNN 效應」，拉近群眾與政治精英的距離，讓民主政治更加完善。「TCS-9120」獲得劃時代成功後，台揚將裝置精簡成一個行李箱，推出「TCS-9200（TCS-LITE）」，再於 1992 年推出重量減至約 19 公斤的「TCS-9700（TCS-ultraLITE）」、1997 年推出重量減至約 8 公斤的「PCS-3000（M-brief）」。在新聞傳播的重要應用上，台揚的手提式通訊機曾參與李登輝前總統訪美實況轉播，還曾報導珠穆朗瑪峰登山隊、徒步橫越塔克拉瑪干沙漠的中英聯合探險隊、世界環球帆船比賽等具劃時代意義的歷史事件。



台揚科技工程師測試陸上型海事衛星通訊系統的歷史照片（台揚提供）

## 征服艱困地理條件

### 支援九二一地震災區不遺餘力

台揚手提式衛星通訊機善於征服各種艱困地理條件的特點，也在各種災難救助現場發揮重要功用。1999 年 9 月 21 日，台灣發生芮氏規模 7.3、奪走將近 2,500 條人命的集集大地震，當時災區的陸上交通和通訊網路遭到地震重創，台揚團隊臨危受命，派員在斷垣殘壁的災區架設點對點的微波數據收發機、恢復埔里地區的電話通訊網，並攜帶手提式衛星通訊機趕赴南投大鞍、台電德基青山電廠，架設應急的通信站，連接此前才在板橋建立的衛星通訊設備站，以協助各項救援行動的調度與聯繫；救災期間，台揚團隊風塵僕僕、不眠不休地在災區深山中長途跋涉，用自己做出的產品為台灣的家園盡一份心力，並深以為榮。

支援災難救援現場不遺餘力的台揚科技，無論是中國長江流域的洪災，或是四川汶川的大地震，都曾捐贈衛星電話支援。儘管 2G、3G 行動通訊技術的崛起與通訊衛星系統的更迭，使台揚的手提式陸上型海事衛星通訊機埋沒在時間的洪流當中，但它早在人類歷史上留下了濃墨重彩的一筆，對傳播科技與民主政治影響深遠、貢獻卓越。■■■



## 活動 報導

聯盟特約記者／邱舒妍

# 台灣電磁產學聯盟半年報暨產業論壇 前瞻半導體技術發展應用

台灣電磁產學聯盟半年報暨產業論壇於 2021 年 5 月 21 日舉行，以「前瞻半導體技術發展應用」為主題，針對台灣在半導體技術的多方運用及未來發展進行探討。廣邀業界先進以專題講演的方式分享實務經驗以及其獨到看法，並邀請學者專家擔任主持人與講者進行交流。本次半年報暨產業論壇由中央大學電機系及台灣電磁產學聯盟主辦，並由台大電機系、台大電信所協辦。半年報活動原本規劃於中央大學電機館舉行，但由於 COVID-19 疫情延燒，經主辦單位縝密考量後，改由線上使用 Google Meet 會議進行。

本次半年報分為上、下午場，一共五場講座，分別由台灣大學電機系王暉教授、元智大學電機系黃建彰教授、中央大學電機系蔡佩芸教授、台灣師範大學電機系蔡政翰教授以及台灣大學電機系黃天偉教授主持；議題範圍涵蓋甚廣，從我國半導體產業出發，論及其對國內外情勢與產業的影響，談到半導體產業前進異質整合時代，以及在產業領域中的創新開發，順序議題如下：

1. 「第三代半導體簡介及兩岸佈局」，主講人：前台灣光罩執行副總兼美祿科技總經理，蔡文欽博士。
2. 「從 CHPT 看半導體製造產業」，主講人：中華精測科技股份有限公司，蘇偉誌博士。
3. 「The future heterogeneous Integration from digital to antenna from silicon to III-V semiconductor & PCB」/ 「Clarity: Innovative 3D Full-Wave Simulator for AiP/ RF on 5G」，主講人：益華電腦股份有限公司，連俊憲博士 / 洪啟彰博士。



圖 1 王暉教授開場致詞

4. 「Next Generation Test Architectures for Age of Convergence」，主講人：愛德萬股份有限公司，江衍緒協理。
5. 「The CMOS Device Challenges of Analog / RF design in Nanotechnology」，主講人：瑞昱半導體股份有限公司副總經理暨瑞晟微电子股份有限公司總經理，葉達勳博士。

研討會一開始，由台大電機系的王暉教授進行開場致詞。王教授表示因疫情影響，短期內許多會議都將改為線上方式舉行，雖無法親臨現場與大家面對面交流，但議程準備相當豐富。關於半年報主題 — 前瞻半導體技術發展應用，例如：物聯網 (IoT)、人工智慧 (AI)、下世代行動通訊 (5G) 等皆為半導體的延伸應用，此次論壇將邀請業界先進一同探討半導體的佈局、量測、封裝以及天線和 IC 等議程為研討會揭開序幕。

首先由前台灣光罩執行副總蔡文欽博士介紹第三代半導體的元件架構、特性及其運用。第三代半導體 (GaN 氮化鎵、SiC 碳化矽、AlN 氮化鋁) 具備更寬的能階、更好的耐壓特性，且具有更佳電子遷移率，特別適合在高電壓或高頻應用，尤其是在新能源車跟 5G 基地領域；同樣耐壓要求，可以使用更高的參雜濃度或是更薄的晶片





圖 2 蔡文欽博士主講：第三代半導體簡介及兩岸佈局



圖 3 蘇偉誌博士主講：從 CHPT 看半導體製造產業

厚度來降低阻抗、熱阻甚至是功耗。整體來說，第三代半導體具有更好的物理特性、擁有更佳的高功率、高溫、高電壓及高頻特性。

以較常見的碳化矽（SiC）與氮化鎵（GaN）來說，碳化矽具備較好的耐壓特性、較高能階及電子遷移率，有更好的工作溫度特性和熱應力，因此可用於更高電壓、低頻、高功率之產品，如運用於充電樁及車載充電器可大幅縮短充電時間；用於逆變器驅動系統損耗較少，增加續航力及縮小體積，達到機電一體；在 DC/DC 轉換器方面能提升節電效率。氮化鎵具有高功率與高頻率之特性，主要可應用在快充、光達、無線充電、電動車電源轉換器及充電系統。

第三代半導體現今已應用於太陽能、馬達等地方，也是未來電動車在市場佔比擴大的重要基礎。另外，車載充電器中，氮化鎵和碳化矽的應用也可實現高速開關和低導空的電阻，自 2018 年起逐步推動碳化矽全面性的導入電動車市場。至於應用在 5G 方面，導入第三代半導體，可以提高功率密度並減小體積以達到高效率要求及穩定的可靠性。

全球及國際大廠紛紛加入發展第三代半導體的市場，加快其擴展佈局和研發的速度；而中國在政府支持下，往發展完整的供應鏈方向進行。蔡博士認為，因新能源車、5G、軌道交通等蓬勃發展，第三代半導體廣泛運用是必然趨勢，雖在成本及系統整合上仍有大幅進步空間，但台灣在產業整合及量產技術上具有優勢，未來技術精進指日可待，至於中國積極投入對台灣產業造成的影響則值得觀察。

至於詳細的半導體製作流程以及市場現況，則由中華精測科技股份有限公司（CHPT）的蘇偉誌博士講解。蘇博士談到關於積體電路的製作流程，從 IC 設計、光罩製作、晶圓加工、晶圓製造，到後段製程的 IC 封裝、測試，最後製造出終端產品。而後，對於台灣半導體產業的分佈，例如 IC 設計龍頭聯發科，因為 5G 世代的興起，讓晶圓相關廠商與產業的排名重新洗牌；晶圓代工的霸主則非台積電莫屬，除了持續在研發上製造量能，封裝技術也不斷推進；晶圓測試的巨擘則是日月光，而矽品、力成、南茂也名列在全球營收排名的前段班中，顯見台灣業者在晶圓測試和封裝測試的實力不容小覷。

蘇博士表示中華精測聚焦晶圓測試之探針卡，整合研發、設計、製造、精密機構及售後服務等，致力於快速、完整、客製化。對於 IC 測試方面十分看重，認為良率於產品至關重要，也是半導體產業獲利的最大來源，因此前期良率的把關是後期損耗多寡的關鍵。

對於半導體產業未來的趨勢，則有 DRAM 最新的曝光技術 EUV（極紫外光），或是自動駕駛以及駕駛人監測系統（DMS）的技術精進等；另外，目前的 5G 時代技術發展，2021 年全球營運商紛紛加速 5G 基地台建置，日韓甚至已搶先關注 6G；物聯網也開始運用 AI 智慧，進化為智聯網，擴大晶片的應用範圍；而 HPC、AiP 等先進的封裝技術研發及崛起，也昭示著半導體產業的蓬勃發展。

在更深入的探討中，益華電腦連俊憲博士以異質整合在資料庫之間不同轉換為主題，



圖 4 連俊憲博士主講：The future heterogeneous Integration from digital to antenna from silicon to III-V semiconductor & PCB.

從電子輔助自動化（EDA）的觀點代入異質整合，整合標的包含數位 RAC、RF、天線等。連博士也提到，Cadence 將原有的設計（Design Excellence）如 EDA Code 進階至系統層級（System Innovation），最後導入機械學習而進入 AI 領域，其中異質整合需要很多種類的求解器。而研究的重點，則是含跨不同工具、程式、功能、封裝或是軟體的自動化整合。

為了提升模組的精準度，在程式的應用上，進行分析的品牌有 Innovus™、類比 IC 使用 Virtuoso® 做資料的整合和交換，三五族 RF 則是用 AWR Microwave office，PCB 佈局用 Allegro®；在先進封裝上，則是使用 OrbitIO 將晶片做整合。此外，針對氮化鎵的功率放大器，特別是微波高頻，其電路設計也運用不同系統處理，如 AMCAD 公司提供控制儀器、連結和測試相關的方法，若要更高頻，則可使用 Enhance Poly Harmonic Distortion（EPHD，增強聚合物諧波失真）的模組。相對於耗時較長的模組處理，負載牽引（load pull）則可以較快速的測量，也能整合多項不同頻率點、偏壓點等。

連博士也介紹各種電路設計的模擬軟體及實際上的應用，包括有 AWR Microwave office、Celsius、Time-Delay Neural Network（TDNN）、Digital Pre-Distortion（DPD）、Visual System Simulator（VSS）等。由單一天線再至多個天線陣列，將電子元件匯入的大小、距離等做規劃，但

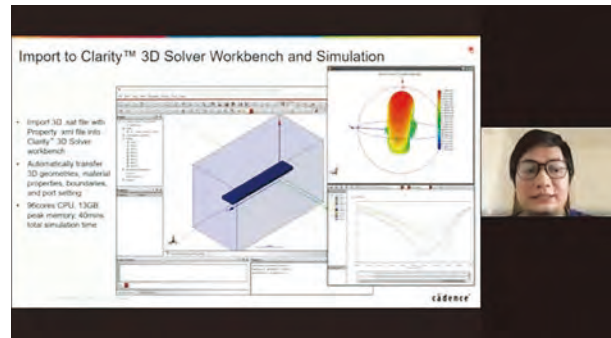


圖 5 洪啟彰博士主講：Clarity: Innovative 3D Full-Wave Simulator for AiP/RF on 5G.

當電路結構越來越大且越複雜時，則可帶入 3D 結構的 Clarity™，其優點是不需重設數值即可使用。

接著洪啟彰博士分享最新開發的 Clarity™，這是一款運用在 3D 全波電磁（EM）的模擬軟體工具，其支援多種結構檔案，並運用分散式處理讓規格不高的硬體也可以輕鬆使用，可以幫助模擬、計算、統一整合參數和確認需求，且準確度高，速度更快。另設有最佳化機制，利用內部計算工具，可較快速的得到結果。最後洪博士也分享實際案例，顯示 Clarity™ 為電路設計帶來跨系統整合的新趨勢。

至於半導體產業的 IC 測試方面因近年來邁向多樣化，導致成本增加。愛德萬測試股份有限公司江衍緒協理將測試分為兩種，一為功能性，一為結構性。功能性的測試即按照原先的設計進行試驗，查看是否符合原先設計者所需要的表現，通常於設計完成產出成品後實行；在結構性的測



圖 6 江衍緒協理主講：Next Generation Test Architectures for Age of Convergence.



圖 7 葉達勳博士主講：The CMOS Device Challenges of Analog / RF design in Nanotechnology.

試方面，以 DFT (Design For Test, 可測試性設計) 的概念為例，初期把測試電路放在產品內部，後期製作出成品便可直接測試，對於現今產品微縮的趨勢相當實用。

透過許多客戶的反映，江協理統合出一個重要的關鍵：如何在前端就把測試需求放進設計裡面？因應近年的異質整合電路設計需求，將不同功能的電子元件連接在一起，測試方式也跟著調整之下，導致測試時間拉長且成本提高。而半導體的體積越來越小，無法預期缺失，進而更嚴苛的要求測試結果達到零誤差。在分析未來半導體測試的器材與系統發展趨勢，提到掃描數據 (Scan data) 的運用，當待測物增加，對測試機台的操作頻率及功率的要求也會跟著提升。為提高測試速度，自動化測試設備是必須的，但測試機台不能製造過多的間接成本，而數據要夠大以符合經濟效應；江協理也期望能擴大測試的範圍，甚至擴展至 AI 等範疇，並在封裝測試方面提供更多服務需求，進而創造半導體價值產業鏈。

信息技術 (Information Technology) 是一個具有傳遞並處理大數據 (Big Data) 的連結 (Connectivity) 世界。伴隨半導體製程演進與元件能力的提升，各種連結產品的規格也與日俱增，是為追求更強大的數據傳輸與處理能力。瑞昱半導體研發中心葉達勳副總經理提到，摩爾定律 (Moore's Law) 是簡單評估半導體技術進展的經驗法則。然而當製程進入 FinFET 領域之後，元件也越來越接近半導體的物理極限。後摩爾定律對於元件尺寸的預估是否仍然成立？FinFET 製程

又會有如何演進，皆是 IT 業界關注的焦點。

近年來大數據世代的興起，促使半導體製程趨向先進、體積小、傳輸速度越快，同時，互補式金屬氧化物半導體 (CMOS) 從多晶矽氮化矽 (Poly-SiON) 發展到高介質金屬閘極 (HKMG)，元件電壓也跟著降低，用以達到低功耗、高性能的目標。然而伴隨低電壓、元件尺寸縮小、製程材料更新，衍生許多物性與電性效應，皆增加類比 (analog)、射頻 (RF) 電路設計的困難度。針對低臨界電壓設計在類比區塊上碰到的挑戰包含有準確度、較低的過程變異、較低的不匹配、低雜訊等都需要精準地控制。對於元件不匹配 (mismatch)，則有隨機 (stochastic) 不匹配；過程因子和系統 (systematic) 不匹配、設計因子這兩個因素，並說明需要兩個因素互相合作才能達到預期。元件雜訊 (noise) 著重在探討 RTN (隨機電報雜訊) &  $1/f$  noise，尤其在越先進製程中，電壓越低時，高介電質金屬閘極會是一個影響極大的因素。最後，葉副總利用既有的標的去探討其在先進製程中產生的各種不同現象，並設法提出解決方案。

因受到 COVID-19 疫情影響，原定於中央大學舉辦之半年報緊急改為線上，雖無法親臨現場聆聽演講，但線上參與人數一度高達 218 人，並加開兩組 Google Meet 連線才得以讓所有學者、業界先進及同學都能一同參與，主持人與講者的互動提問也讓與會者收穫滿滿。另外蔡文欽博士則因設備及網路需求，親自到場線上演講，故仍是在原場地架設了電腦、錄影機等設備。原定徵才抽獎取消，徵才活動亦改為線上，由欣興電子及愛德萬測試股份有限公司分別提供了招募新血的相關訊息。

此次半年報活動舉辦的前兩週遇疫情爆發，主辦單位中央大學亦面臨重重考驗，原本正在觀望若疫情趨緩或許可以如期進行實體活動，就在全國調升為三級警戒後，決定採用線上會議方式並於活動前兩天密集進行測試，為的就是希望活動當天能夠順利。所幸在大家努力之下，讓這次半年報圓滿落幕。■





## 活動 報導

主辦單位／長庚大學

2021 夏季電磁教育引領研討會由長庚大學電子系主辦，由金國生教授帶領電子系工作團隊負責執行。研討會舉辦過程順利、圓滿，獲得與會者讚譽迴響，舉辦相當成功。

本研討會為授課性質，目的在幫助國內電磁領域大三以上（含碩、博士班）學生及業界人士建立電磁領域基礎，並了解最新發展和機會。研討會原本規劃於長庚大學舉辦實體課程，但因應 COVID-19 疫情，首次改為以 TEAMS 軟體線上授課，並採取免費方式辦理，以期服務全國更多學生。研討會時間為 2021 年 8 月 16 日至 20 日，共計五天。每天上、下午各有一場 3 小時課程，共計十堂課。研討會非常榮幸邀請到國內十位微波領域著名學者，在學術及實務上帶來五天精彩的課程。

開幕式首先由微波學會長理事長吳宗霖教授致詞，對所有與會學員表達歡迎之意，也對講員及工作人員表達感謝，期許本課程能帶給學員豐碩收穫。之後正式展開五天精彩課程。本次會議每堂課 TEMAS 同時在線有兩百多人與會，另外，同時在 LINE 直播群組內也超過三十多位在

## 2021 夏季電磁教育引領研討會

線觀看直播，參與此次盛會。即使到 8/20 日最後一天，仍有近兩百人在線觀看，學員參與度非常高，學員課後反應也相當良好。本研討會對於增進我國電磁專業領域能見度，達到相當良好效果，希望透過這股能量能增進學生就讀電磁領域之風潮，進而提升學習風氣。各場次課程重點簡述如下：

### 傳輸線原理與設計 / 中央大學電機工程系 林祐生教授

首場課程由林祐生教授開始。林教授首先簡介有關電波領域之研究，接著切入傳輸線原理。首先說明何謂傳輸線，並用實際物品做介紹，讓學員對傳輸線有較為具體之了解。然後說明傳輸線分高頻、低頻情況，接著特別提到不要用接地（Ground）這個詞，因為在高頻情況裡並沒有真正的地，而是應該用回流路徑（Return path）的觀念。因為高頻情況的接地面，仍然會有電流流動，也會有電位變化，與低頻的接地概念完全不同。林教授接著深入傳輸線原理，推導傳輸線公式，並對傳輸線 RLGC 參數，其中串聯電感及電



微波學會長理事長吳宗霖教授開幕致詞

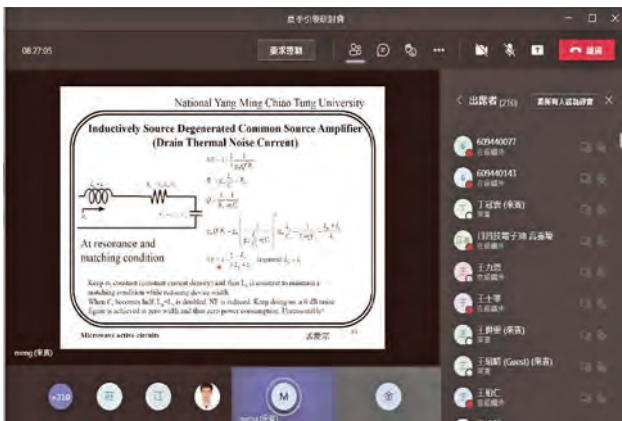


林祐生教授講課畫面

阻、並聯電容及電導之物理意義有深入介紹，讓學員更加深傳輸線重點及特性。林教授提及傳輸線的損耗該如何去看，也讓學員知道傳輸線串聯電阻代表的是導體損耗，而並聯電導代表的是介質損耗，並舉例說明傳輸線相關的功率損耗範例及結果。林教授之解說相當豐富生動，讓學員收穫豐碩。

### 雜訊與低雜訊放大器 / 陽明交通大學電機工程學系孟慶宗教授

孟慶宗教授為國內研究雜訊之著名專家，孟教授首先由 Noise 基本介紹開始，分別介紹了 Shot Noise、Thermal Noise 及 Flicker Noise 等雜訊，各種 Noise Source 以及其表示方式，再到 Noise Figure 與 Friis Equation。接著提到運用高斯 probability density function 推導 random noise，由 sensitivity 解說系統可接受之最小信號雜訊比。孟教授根據 Two Port Noise Theory，提到雜訊公式在 Norton 和 Thevenin 定理之間的相互轉換。接著說明 Noise Circle，並用公式解釋 Noise Circle 所包含之物理意義。課程後半接著介紹 LNA 設計，介紹了 MOSFET 的 Two Port Noise Parameter，並開始進入 LNA 的設計，由 CNM 到 SNIM 再到 PCSNIM。孟老師對 Noise 及 LNA 的講解相當詳盡，他所提出之雜訊變換矩陣用途廣泛。本課程內容豐富精深，相當值得學習。



孟慶宗教授講課畫面



邱煥凱教授講課畫面

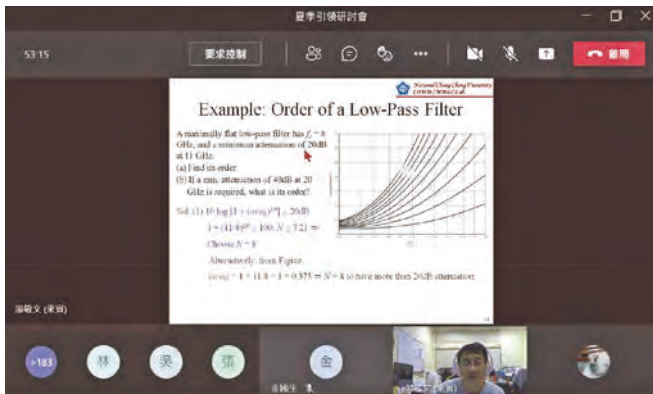
### 基礎微波量測 / 中央大學電機工程學系邱煥凱教授

前兩堂課講述較偏重理論，本堂課邱煥凱教授教導學員如何測量微波電路。首先需分辨電路屬於主動還是被動，例如放大器類屬於主動電路，而濾波器類則屬於被動電路等。邱教授量測經驗深厚，常以親身遇到的量測趣事開頭，介紹量測需要注意的事項。課堂的開頭，邱教授先簡單介紹 S 參數、Y 參數、Z 參數以及 Smith Chart 和傳輸線等基本知識後就進入到電路量測主題。中間提到不同量測頻率所需要之接頭及 cable 差異，也介紹了網路分析儀硬體架構及原理，提到量測出現誤差時，該如何做 calibration，並介紹各種校準與驗證的方法。最後以幾個重要微波電路作為範例，介紹需要量測的電路響應及其量測方法。最後提到 Noise 對電路造成的影響，以及該如何消除，讓學生在微波量測上有更深入理解。邱教授在微波量測的介紹上，深入淺出，幽默生動，帶給學員相當有趣之學習經驗。

### 微波被動電路 / 中正大學電機工程學系湯敬文教授

本堂課主要講授兩大類微波被動電路；濾波器及功率分割器。湯敬文教授首先從微波濾波器介紹開始，說明濾波器分類有低通、高通、帶通、帶止等頻率響應及特色，介紹 Butterworth、Chebyshev 等重要的低通原型響





湯敬文教授講課畫面

應觀念。湯教授推導了各種濾波器的合成理論與轉換方式，並以多個濾波器設計範例，讓同學們實地了解如何由理論公式推導到設計出濾波電路，讓學生了解濾波器實際設計步驟。之後介紹階阻抗濾波器的合成公式、Wilkinson 功率分割器及耦合器設計理論與其設計範例。最後也介紹被動電路在 5G 通訊應用之發展趨勢。由於湯教授的投影片講述生動，使學員在聽講時能迅速掌握重點，對於奠定學生在微波被動電路的設計基礎知識有很大助益。

### 應用於 5G 之天線與輔助研發電磁技術 / 台灣大學電機工程學系周錫增教授

周錫增教授首先點出天線在行動通訊演進歷程中具代表性的應用，並講解 5G 研發技術規格，5G 關鍵技術例如：高容量、高靈活性、低損耗、低電磁輻射、數位波束成形技術等以及

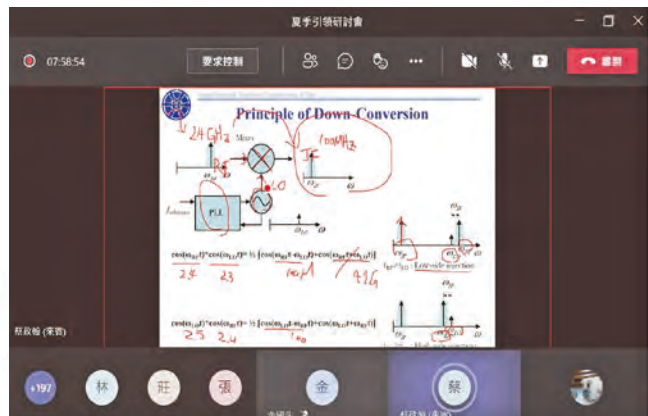


周錫增教授講課畫面

5G 面臨之研發挑戰。緊接著，周教授介紹基站天線應用特性，提到應該以 MIMO 應用為主軸，實現多頻段共構天線，並以此為基礎考量 5G 基地站天線可能之特性以及天線運作機制。周教授接著介紹高增益天線技術、電磁模擬技術、5G 陣列天線模擬、天線封裝 (AiP) 技術，天線量測與校正技術等，最後展示數個陣列天線範例。周教授的課程較偏重實務，內容相對具體深入，且解析了台灣發展天線技術的趨勢。周教授以幽默和簡化方式授課，並且結合時事激發共鳴，使學員們對於電磁模擬有更深入認知與了解。

### 單晶微波 / 毫米波積體電路與相關應用簡介 / 台灣師範大學電機工程學系蔡政翰教授

蔡政翰教授首先以頻譜定義單晶微波與毫米波之間的差異，並說明波導在微波和毫米波中的應用。接著，蔡教授簡單提到 MMIC 的設計架構、製程及應用，舉了數個 MMIC 實例，例如衛星通信、軍事雷達、車用雷達等，讓學員了解高頻通訊的好處。接著，蔡教授鉅細靡遺地介紹數種不同架構之射頻 / 微波收發器，也詳細解析這些架構所需要之 MMIC 組件。蔡教授介紹了數款 MMIC 低雜訊放大器 (LNA)、功率放大器 (PA)、混頻器 (Mixer)、濾波器 (Filter)、振盪器 (VCO) 及鎖相迴路 (PLL) 之設計實例，其中某些放大器頻率高達 77 GHz，頻寬寬達



蔡政翰教授講課畫面



127%，讓人印象深刻。最後簡單介紹量測儀器，講述在設計電路布局上的限制與注意事項，讓將來有心投入微波/毫米波積體電路設計的學員能有更實際的了解。蔡教授講課深入淺出，學員反映收穫豐碩。

### 現代天線設計介紹 / 中央大學電機工程學系涂文化教授

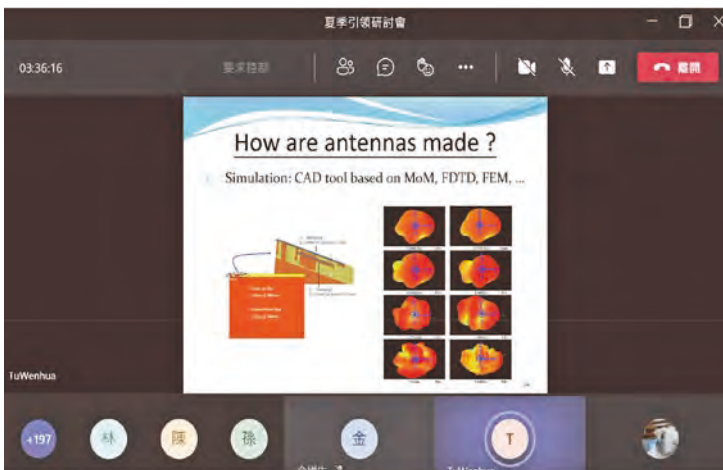
涂文化教授用 WHAT、WHEN、WHERE 方式開場，藉此將學員帶入天線設計領域，表明天線在生活中的許多應用。涂教授接著介紹天線基礎知識、輻射場型、阻抗及饋電技術，不同傳輸線總類：微帶線、矩形波導、同軸線等。涂教授利用 Maxwell 方程式說明，時變電流可產生輻射傳遞，也用動畫方式讓大家了解波的傳遞、圓形與線性極化分別，以及左手圓及右手圓極化差異。課程後段，涂教授介紹各種天線類型：如 Patch、Horn、Spiral、Dipole、Yagi-Uda、Slot 等，以圖表比較每種天線特性，列出優劣之處，並詳細介紹各種天線效果及應用。最後介紹天線製作，從模擬、製程到量測過程。涂教授以基礎天線知識為題，帶領學員們進入天線領域，也讓其他已經有天線設計基礎的學員再次感受到天線有趣之處。

### 電磁相容簡介 / SI and PI 根因探討 / 逢甲大學通訊工程學系林漢年教授

電磁相容 (EMC) 意為不對其他設備產生電磁干擾 (EMI)，且受到其他設備干擾仍保持原性能 (EMS)，因需兼備兩種性能而被稱為電磁相容。林漢年教授透過高速電路來分析 EMI 問題，主要造成干擾原因包括傳輸線效應和電源傳輸。傳輸線效應會造成訊號衰減、反射等問題，因此衍生出訊號完整性 (SI) 議題。當電源電路在高低電壓間快速切換時，rising & falling time 會造成電路特性改變或產生雜訊，最終會衍生電源完整性 (PI) 議題。這兩者便是林教授分析電磁相容根因的關鍵。林教授詳細分析這兩者的來由及造成的問題，並提供相對應的解決辦法。在課程最後，林教授提供了幾個電磁干擾模擬、分析及解決方法實例，使學員能夠充分了解如何應對電磁相容問題。學員由實際解決案例中獲益良多。



林漢年教授講課畫面



涂文化教授講課畫面

## 行動通訊科技之產業發展趨勢 / 元智大學電機工程學系楊正任教授

楊教授從中美科技戰展開，介紹 5G 發展趨勢。楊教授提到台灣在系統方面與其他國家拚搏並無優勢，台灣佔優勢的地方是關鍵零組件，往這方面發展大有可為。因中美對峙對電子及網通產業影響，加速供應鏈外移，以前中國是世界工廠，但因近年中國製造成本攀升、生產技術自動化、疫情影響及政治不確定性增加，所以現在工廠轉往全世界。美國針對中國企業限制提供技術及關鍵零組件，歐美廠商便轉往台廠下單，於是台廠就有了新機會。業界電路設計人才需求大，包括前端產品整合、射頻電路設計、EM 模擬、天線設計等。從人才需求的角度來看，射頻電路、EMI/EMC、天線技術都要兼具，再來就是解決整合問題。同學要多培養廣度及深度，未來在就業市場才有競爭力。

## 電磁風雲人物 / 長庚大學電子工程學系郭仁財教授

郭教授一路引領大家從古希臘 Thales of Miletus 觀察到布摩擦琥珀會吸引羽毛，英國 Gray 發現物質可分為導體和絕緣體，美國 Franklin 描述了尖端放電現象，並利用此原理發明避雷針。法國 Coulomb 發現庫侖定律。義大利 Volta 發明電池。丹麥 Ørsted 發現電流生磁。法國 Ampère 提出安培定律。法國 Biot 與同事提出 Biot-Savart law。英國 Faraday 發現電磁感應。隨時間演進，講述電磁領域發展故事。其中最令人印象深刻的是 Faraday，窮而不苦，堅持努力向上。郭老師提到 Faraday 傳奇一生的啟示：科學背後是純粹的好奇心，成功的要素是做事專一的態度，所謂「置心一處，無事不成」。並鼓勵學員加入微波學會，隨時掌握世界最新微波技術發展潮流，讓自己與微波學會站在 5G 甚至 6G 浪頭上，貢獻國家社會。■



楊正任教授講課畫面



郭仁財教授講課畫面

### 2021 射頻整合技術之國際研討會 (RFIT 2021)

聯盟特約記者／顏志達

2021 射頻整合技術之國際研討會 (The 2021 IEEE International Symposium on Radio-Frequency Integration Technology, RFIT 2021)，本來預計於台灣花蓮美侖大飯店盛大舉行，但因應台灣國內 COVID-19 本土疫情持續嚴峻，故台灣主辦單位將其改為線上研討會，本活動會期為三天 (8/25 ~ 8/27)。RFIT 是一個結合微波和微電子技術跨學科高級論壇，其著重於無線通訊系統和新穎應用，包含生物領域、醫療保健、太赫茲及三維整合技術 (3D Integration Technology)。RFIT 是區域 10 的年度會議，由 IEEE 微波理論及技術協會 (IEEE Microwave Theory and Techniques Society, MTT-S) 獨家贊助。此國際研討會於每年 8 月底或 9 月初在台灣、韓國、新加坡、中國和日本輪流舉辦。本次由國立台灣大學電信工程學研究所 (Graduate Institute of Communication Engineering, National Taiwan University) 主辦。

研討會除了一般口頭報告 (Oral Talk) 及海報展示 (Poster) 之外，還有許多其他活動行程，包含開幕式 (Opening Ceremony)、各國企業在 RF 領域成果演講 (Workshop)、全體會議 (Plenary Talk)、互動論壇 (Interactive Forum)、最佳學生論文競賽 (Best Student Paper Award Content)、最佳論文競賽 (Best Paper Award Content)、閉幕式 (Closing Ceremony)。

在此次國際研討會中，一般口頭報告主題眾多，主辦單位將主題細分為十六種類別：(1) 新興記憶體和裝置技術 (Emerging Memory and Device Technologies)、(2) 信號完整性及電磁相容之設計、建模和測量 (Signal Integrity and EMC Design, Modeling, and Measurement)、(3) 微波和毫米波頻率生成和頻率轉換晶片 (Microwave and mm-Wave Frequency Generation and Conversion ICs)、(4) 微波 / 毫米波天線設計及應用 (Microwave/mm-wave

Antenna Design and Applications)、(5) 低雜訊之前端射頻晶片和收發器 (Low Noise Front-end RFICs and Transceivers)、(6) 微波和毫米波之被動元件 (Microwave and mm-Wave Passive Components)、(7) 毫米波及太赫茲晶片 (mm-Wave and THz ICs)、(8) 建模 / CAD 和電磁模擬軟體 (Modeling/CAD and Computational EM)、(9) 應用於 5G 之毫米波功率放大器 (Millimeter-Wave Power Amplifiers for 5G Applications)、(10) 太赫茲晶片、元件及系統 (THz ICs, Components, and Systems)、(11) 基於射頻之生命跡象監測 (RF-Based Vital Sign Monitoring)、(12) 毫米波 / 太赫茲封裝、單晶片系統和整合 (mm-wave/THz Package, SoC, and Integration)、(13) 無線功率傳輸和感測 (Wireless Power Transfer and Sensing)、(14) 應用於 5G 及毫米波之被動元件 (Passive Components for 5G and mm-Wave Applications)、(15) 線性 / 非線性之微波 / 毫米波電路設計及分析 (Linear/Nonlinear Microwave/mm-Wave Circuit Design and Analysis)、(16) 應用於進階微波 / 毫米波 / 太赫茲之組件和系統 (Components and Systems for Advanced Microwave/mm-Wave/THz Applications)。

#### 議程規劃與會議規模

首日早上由八位來自世界各地公司及世界名校的電磁專家、學者 (Tron Future Tech Inc. (台灣)、Universal Microwave Technology, Inc. (台灣)、University of California, Santa Barbara (美國)、Hiroshima University (日本)、Jelly Technology (台灣)、University of Electronic Science and Technology of China (中國)、Pohang University of Science and Technology (韓國)、KAIST (韓國) 講述現今第五代 (5th Generation, 5G) 行動通訊的發展與應用以及太赫



茲 (Terahertz) 的相關研究，其中包含相位陣列技術、無線傳輸及太赫茲通訊系統等以及目前高頻電路，尤其是高頻段太赫茲所面臨的挑戰和待克服的問題，並且提出解決辦法。

第二日早上十點半舉行開幕典禮，正式宣布會議的開始。緊接著全體會議，首位由國立中山大學電機工程學系 IEEE Fellow 洪子聖特聘教授演講，講述 (1) 互聯網時代，(2) 可偵測運動及生命跡象的雷達傳感器之系統架構，(3) 結合 MIMO 波束成型技術和機器學習技術。第二位由瑞典查爾姆斯理工大學 (Chalmers University of Technology) Herbert Zirath 教授分享其團隊近期研究，包含未來第六代行動通訊 (6th Generation, 6G) (太赫茲) 的最新研究進度以及關鍵模塊，如混頻器 (Mixer)、功率放大器 (Power Amplifier)、低雜訊放大器 (Low Noise Amplifier) 等的開發。第一日下午以及第二日早上至第三日下午則是一系列的口頭論文發表。接下來筆者將針對幾個主題做介紹。

## 5G 相位陣列天線近期進展和未來趨勢

利用相位控制陣列之波束形成技術作為直接無線電傳能具有多種應用，包含國防軍事、衛星通訊、車聯網和互聯網等。相較於傳統機械天線，相位控制技術利用相儀器 (Phase Shifter)，以電氣方式改變天線相位，能夠同時輻射多個波束，因而能夠同時感測多個目標，大大降低延遲時間。

由於無線訊號在毫米波頻段下的空氣損耗急遽地增加，因此高增益天線是必備的，以補償空氣中的傳輸損耗。另外，相儀器元件的損耗也是一大問題，使傳輸訊號能量大打折扣，故主動式相位陣列天線是必要的。不同於被動式相位陣列天線，主動式其訊號在經過相儀器後接上功率放大器，以補償相儀器所造成的損耗。另外，隨著半導體和封裝 (Packaging) 技術的成熟使得陣列能夠在更高的工作頻率下擁有更多的天線。第五代行動通訊架構傾向於易於控制、易於組裝和易於編程。而下一代的低軌道衛星通訊系統是推進相控陣技術的主要推動力，例如：多波束、功率效率、內建自我測試 (Built-In Self-Test, BIST)、在線監測、寬溫運行等。

## 第五代行動通訊之毫米波天線

近年來，由於對高數據速率傳輸的要求不斷提高，無線通訊行業得到了極大的發展。基於行動網絡的應用蓬勃發展到一個更高的水平。有許多新穎的應用，例如：無人駕駛汽車、新型物聯網 (IoT)、擴增實境 (Augmented Reality, AR) 和虛擬實境 (Virtual Reality, VR) 等，它們需要更高的數據速率傳輸以及更低的延遲以維持系統級別的服務質量 (Quality of Service, QoS)。顯然，新興的應用刺激了無線通信系統的演進，進而將系統要求推向了更高的層次。

第五代行動通訊技術的指標，包含 (1) 高數據傳輸速率，(2) 低延遲時間，(3) 高效率和高可靠性 (4) 增加通信設備之間的連接密度。毫無疑問，分配足夠的操作頻寬是保證下一代無線通信系統適當系統性能的最關鍵問題。鑑於 C 波段 (4 GHz ~ 8 GHz) 以下各種商業應用的頻譜已經被擠滿，將工作頻率遷移到毫米波範圍是唯一可能的解決方案。因此，在 Ka 波段 (26 GHz ~ 40 GHz) 或更高頻段實施未來的通信系統是世界範圍內的普遍趨勢。28 GHz 和 38 GHz 這兩頻段已被指定，也長期被學者研究及發展，並且能實現高數據吞吐量 (High Data Throughput)。由於較高的自由空間 (Free Space) 路徑損耗，使用毫米波頻段將不可避免地面臨相對較高的訊號衰減的主要挑戰。因此，毫米波頻段的通訊系統通常採用具有大量天線元件的天線陣列，形成高增益天線系統。另外，訊號在電介質基板中的功率損耗以及散熱亦是一大問題。由於第五代行動通訊之無線通訊模組所需的被動元件眾多，而低溫共燒陶瓷 (Low-Temperature Co-fired Ceramic, LTCC) 能將各種被動元件，如電容 (Capacitor)、電阻 (Resistor)、濾波器 (Filter) 等用高溫燒結的方式，埋入陶瓷基板中，大大降低空間。另外，低溫共燒陶瓷技術之低介質損耗優點，能降低電磁波在介質基板中的傳輸損耗。

由於用戶設備 (User Equipment, UE) 會隨機旋轉擺放，這將產生接收盲角區域，進而產生無法接收及斷訊問題。另外，由於介電基板中的高傳輸損耗，需要將射頻設備與天線緊密集成，從而推動了天線封裝 (Antenna in Package, AiP) 技術的發展，其好處包括天線縮裝化、功率損耗降低和雜訊抑制，因為整合結構可以與屏蔽結構充分隔離以防止電磁輻射。國立台灣大學周錫增教授團隊提出一

種基於低溫共燒陶瓷技術之天線封裝架構，由一個列擺放之寬邊天線陣列 (Broadside Antenna Array) 和一個列擺放之端射天線陣列 (End-Fire Antenna Array) 組成，並且其天線輻射場型 (Radiation Pattern) 應以扇形狀輻射。來自兩個陣列的輻射可以補償用戶設備的盲角區域以產生足夠的增益。實現高數據吞吐量之方法除了天線操作於高頻段，雙極化天線也有同樣的效果。透過雙極化天線同時接收或發射兩正交的訊號 (前提是隔離度)，增加通訊通道容量 (Channel Capacity)，可達到單一用戶端趨近 2 倍數據吞吐量，並同時節省面積。

### 濾波器及濾波器與天線之整合

差分信號 (Differential Signaling) 技術，由於其信號對外部干擾具高抗雜訊能力，而被廣泛用於高速數位系統。然而，主要由不對稱電路產生的共模雜訊 (Common Mode Noise) 會導致電磁干擾 (EMI) 問題。為了降低共模雜訊，學界及業界已經開發了許多種共模濾波器，其中包含積體被動元件 (Integrated Passive Device, IPD)、低溫共燒陶瓷、印刷電路板 (PCB) 等製程方式。國立台灣大學吳宗霖教授團隊，在印刷電路板中實現共模濾波器，其中利用串聯兩個蘑菇狀結構，以達到更寬的共模阻帶 (Common Mode Stopband)。與其他類似研究相比，其團隊所設計的共模濾波器，能達到更寬的分數頻寬 (Fractional Bandwidth, FBW)，可有效的抑制電磁干擾問題。

在所需的射頻功能中，具有濾波特性的天線是實現緊湊設計的基本特徵。在過去的設計方法中，具備濾波功能之天線傾向於先開發一個濾波器，然後整合輸出端口以串聯方式激發天線。這種傳統設計方法要求天線和濾波器預先具有良好的阻抗匹配 (Impedance Matching)，且具有相同的特性阻抗。儘管市面上的商業模擬軟體，例如：高頻結構模擬器 (High Frequency Structure Simulator, HFSS) 或先進設計系統 (Advanced Design System, ADS)，可以分析電路特性，但這種嚴格的要求增加了設計難度和頻寬的性能。國立台灣大學周錫增教授團隊提出濾波天線的整合設計，利用工程程式軟體 (Matlab) 計算任意天線該頻段下所需的濾波器，並且使用 HFSS 及 ADS 兩大軟體做驗證。值得一提的是，其團隊將程式寫成手機 APP，能夠更快速的解決問題。

### 太赫茲頻段之未來發展及量測

未來第六代 (6G) 行動通訊可能著重於太赫茲頻段下，其更高的載波頻率和更短的波長，太赫茲頻段原則上可以提供更高的通訊數據速率和更好的成像空間分辨率。除了第六代行動通訊之外，太赫茲頻段有望對無線通訊產生深遠影響的有前景的早期技術，如奈米物聯網、生物奈米物聯網和量子通訊等應用。

目前，太赫茲電路主要基於波導或積體電路，但尚未基於印刷電路板之設計。基於印刷電路板下的太赫茲電路具有成本低、平面形狀和相對簡單的製程技術等優點。然而，在太赫茲頻段下設計印刷電路板的電路存在一些挑戰，例如：製程限制、低損耗及薄基板材料的可用性和組裝誤差等。此外，基於印刷電路板的測量太赫茲電路是一個需要解決的問題。為了量測太赫茲電路之性能，其傳輸線電路與波導之間需要一個過渡結構，才能進行儀器 (向量網絡分析儀) 的量測。國立台灣大學鄭宇翔教授團隊提出了鰭線微帶線之過渡結構，以用於基於印刷電路板下太赫茲電路的未來發展。

### 與會感想與期許

本次由國立台灣大學主辦的 RFIT 2021 國際研討會相當成功，許多來自世界各國的業界資深工程師、各國名校教授及學生分享自己團隊的研究以及對射頻領域提供寶貴的經驗。由於疫情關係，本次研討會從實體改為線上會議，且事先上傳已錄好報告影片至雲端，依照安排的時間，進行線上討論。雖然有些許不方便，但不影響與會者的參加意願，反而相當踴躍的問答。線上會議的好處是能夠重複觀看影片，更了解報告者想表達的內容，絕不錯過精彩內容。透過本次研討會，大家能夠互相交流彼此的研究，解決目前研究上的瓶頸，且能找尋各自未來的研究方向。此研討會有十幾場不同的主題，共有將近百場口頭論文報告，能觀看自己感興趣的演講場次，不僅能產生自己相關研究之靈感，還能拓展自己不擅長的領域。三天研討會下來，除了發表筆者自己的研究，聆聽了數場口頭演講，互相交流彼此的研究成果和經驗，這些寶貴經驗都對筆者自己未來的研究及職涯發展有莫大的幫助。■





人物  
專訪

聯盟特約記者／劉宜庭

■ 專訪耀登科技 董事長 **張玉斌**

專注前瞻技術研發的

**無線通訊企業家** ■■■



深耕無線通訊產業逾 40 年，投資天線事業逾 30 年，張玉斌因應行動通訊技術的轉變，從機構設計的天線代工做起，一路轉向射頻（RF）模組化與軟硬體整合。他於 1981 年創辦公司，投入車用天線的生產，並打進德國西門子（Siemens）1G 手機供應鏈；於 1990 年正式登記成立耀登科技（Auden），帶領耀登積極參與產官學研合作計畫，專注投入 RF、電磁相容（EMC）、電磁波吸收率（SAR）技術研發，並長期投資量測實驗室，重要里程碑包括於 2000 年成為台灣第一家無線電波能量吸收比率測試（SAR）測試實驗室，於 2006 年成為台灣第一家 CTIA OTA 3D 天線效能量測實驗室，於 2012 年成為國家通訊

傳播委員會（NCC）與財團法人全國認證基金會（TAF）所認可的電信設備驗證機構，於 2021 年成為台灣及亞洲首座獲 O-RAN Alliance 認可為開放測試和整合中心（OTIC）的第三方公正實驗室。從汽車收音機天線、5G 封裝天線（AiP）模組的量產與研發設計，到運營實驗室、提供測試與驗證服務，張玉斌透過對前瞻技術的掌握，逐步串起研發、測試、驗證、代工等環節，打造耀登成為全球難得一見、有能力提供完整橫向服務的無線通訊企業。

電磁聯盟有幸於 2021 年 6 月專訪現為耀登科技董事長兼總經理的張玉斌；在訪談中，張玉斌分享他對無線通訊產業的觀察，強調前瞻技術研發及產官學合作的重要性，也回顧耀登在機構型代工、成立研發單位、走向高頻研發的發展歷程。張玉斌指出，無線通訊產業的趨勢很明顯，大概每十年是一個世代，預期很快會發展到 6G、7G、8G，各項技術應用未來也會愈來愈蓬勃；跨產業、跨領域的合作在國際上已經相當普遍，樂見台大電機系與台大醫學系有更多的交流，在智慧醫療、精準醫療等領域砥礪成長。他也勉勵台灣學生，離開學校後不要停止學習，要隨著科技的進步繼續精進，保持不斷挑戰自己的心，以及耐受挫折的韌性。



## 因緣際會踏入天線產業 從代工跨足研發

「業界發展的速度比在學校學習的還要快速！當初我在學校念的電機是真空管，離開學校後，外面業界已經變成電晶體；當時一台電腦就跟一個房間那麼大，現在都已經發展到像筆記本那麼小。」回憶求學及初踏入職場的情景，張玉斌感歎道，人生中不一定每件事情都會跟自己預想的相同，他從重視實作的技職體系畢業後，一度進入安穩的公務體系，因緣際會一頭栽進天線產業，一路見證行動通訊技術的發展。

張玉斌分享，早期的汽車收錄音機天線安裝在車外，有時候天線斷掉、改插鐵絲也能接收到收音機的訊號，對射頻的技術要求不高，大部分是屬於機構設計的天線；創業初期，公司曾幫日本代工天線，也曾研發自動天線並前往德國參展，「印象很深的是，我們把研發一年多的產品拿去德國參展，在展場第一次看到德國天線公司的自動天線，不論是在攝氏 90°C 的高溫，或零下約 -40°C 的低溫，天線都能頂著約 7 公斤的鐵塊，持續且順暢地伸縮，而我們帶去的自動天線，常溫下伸縮約 1,000 次左右，結構就沒那麼順暢，看完當下實在是蠻挫折的」。

有感於日本、德國在材料開發與製造的進步，張玉斌認為，台灣企業如果要跟日本或德國企業競爭工藝技術，至少會落後十年至二十年，反而是當時剛萌芽的行動通訊技術，「大家的起跑點都一樣，競爭起來起碼比較公平」，遂決定發展手提通訊裝置的無線通訊產品。耀登科技的前身「伸一電子」成立於 1981 年，最初生產車用天線，後轉向手提通訊裝置的天線製造，1986 年成為台灣第一家打進德國西門子（Siemens）1G 手機供應鏈的天線設計公司。

張玉斌回憶道，身為西門子在台灣第一個 RF 天線的合作夥伴，公司曾開發出一款使用鎳鈦金屬的伸縮天線；鎳鈦金屬是一種記憶金屬，是由日本率先開發出的一種超彈性材料。當時的手機天線需要伸縮到手機的機殼內，通話時才將天線拉出，如果天線彈性不夠，拉出來的時候就容易斷掉，「我們將這種材料用在手機天線上，效果蠻好，也獲得西門子認可，可是要量產時，日本卻不肯賣材料給我們，不願意把這種最先進的技術

提供給日本以外的地區」。

從代工跨足研發，關鍵材料卻遭日企拒售，「很不甘心開發完成的產品，因為一個材料就放棄，後來我們找中科院材料所合作，共同開發鎳鈦金屬，從最基礎的金屬熔煉開始一步一步做，可是當我們開發出來時，日本又將材料從原本每公斤兩萬至三萬，降價到每公斤一萬以下，打擊我們量產，阻礙我們成為他們的競爭者。當時因為已經吃過一次虧，雖然日本降價到比我們研發的成本還要便宜，我們還是決定使用自己研發的材料」。

張玉斌表示，受到在技職體系求學的影響，自己相當注重實作與關鍵技術的掌握，公司很早就開始投入技術研發，也積極尋覓各種有潛力的前瞻技術。在替西門子做原廠委託設計代工（ODM）的時期，他受邀去參觀西門子在德國慕尼黑的研發中心，在那個博士四處穿梭的研發中心內，「我看到一個很特殊的設備，外觀像人體半身的形狀，裡面在做一些量測，當下很好奇，問了現場人員，大概知道是在測量電磁波對人體之間的影響，回來就趕快去連絡設備的原廠。那時候的產業環境是在比較誰的手機可以接收到四格、五格的訊號強度，或是誰可以在偏遠地區接收及發射訊號，大家注重效能，卻很少探討電磁波增益加大後對人類的傷害，我感覺這類研究會是未來一個重要的技術，找到這個設備後，很快就決定要投資這種電磁波吸收率（SAR）技術」。

## 自建實驗室 搶先引進 SAR 認證系統

為了發展前瞻技術，降低技術轉變可能對代工造成的傷害，張玉斌不惜成本創建實驗室，引進國外的先進儀器設備，真正從機構型代工轉型技術研發，「台灣早期沒有太多無線通訊技術實驗室，因為無線通訊受到警備總部管制，就連我們做收錄音機天線都要申請許可。那時候的台灣，無線通訊領域的人才很少，設備也很貴，印象中公司投入第一台頻譜分析儀時，台灣只有中科院有這個設備。中科院是軍事單位，天線交給中科院量測，無法看到測試過程，只能透過一些數據判定天線的好壞，成本又高；其他通訊實驗室又大多只能量測 EMC，無法測試 RF 及其他相關項目，於是我們毅然決定

創建自己的量測實驗室」。

「實驗室創設之初都從國外引進量測設備，我們買的第一台頻譜分析儀，是各從美國、英國送來一部分，然後在台灣組合完成的。因為我們一開始就挑到一個難度高的蜂巢式網路，當時什麼東西都缺，很累、很辛苦，常在克服一波挑戰後，立刻又要面對下一波技術突破後的挑戰，走了二十多年才走出一條路；但現在想想算是蠻幸運的，選對了技術，從 2G 走到現在的 5G，從過去的 800 MHz 至 900 MHz，到現在 5G 毫米波的 28 GHz 跟 39 GHz，頻率愈走愈高，射頻難度愈來愈高，我們也是一路關關難過關關過。」

耀登科技可說是台灣最早投資量測實驗室的天線廠，並在 2000 年成為台灣第一家無線電波能量吸收比率 (SAR) 測試實驗室，受當時的電信總局 (現在的國家通訊傳播委員會) 委託擬訂法規。張玉斌表示，提供耀登 SAR 技術、設備與量測系統的瑞士公司 Schmid & Partner Engineering AG (SPEAG)，主要成員來自蘇黎世聯邦理工學院的研究團隊，與美國聯邦傳播委員會 (FCC) 合作密切，是協助美國 FCC 制定生物電磁波規範的重要推手與量測設備供應商，「記得我們連繫上 SPEAG 公司後，立刻跟他們訂了一套量測設備，那套設備從下訂到交貨要一年，其實即使是現在，SPEAG 在市場上仍具相當領先地位，幾乎沒有競爭對手。」

## 儀器代理打下技術基礎 看重前瞻技術

張玉斌指出，當年取得第一套 SAR 量測設備後，隨即決定向 SPEAG 爭取亞洲區代理權，由於日本當時已交由松下 (Panasonic) 代理，韓國則是三星 (Samsung) 代理，最後耀登取得了台灣及中國市場的代理權，「那時候談代理儀器，想的並不是靠代理賺錢，只是想把技術導入台灣，例如一些校正技術、高精密度及高技術性的探頭技術，後來才慢慢發現代理是很好的事，因為代理設備，每年我們都可以派人回瑞士原廠受訓，與日本、韓國、新加坡的代理商交流。因為技術這塊是從 SPEAG 學習，台灣也可以花更多資源提升服務，包括售後、驗證等」。

談起與 SPEAG 的合作，張玉斌回憶道，耀登在亞洲代理的第一套設備，是替中國信息通信研究院 (工信部電信研究院) 的泰爾實驗室安裝，「那筆訂單是耀登取得大中華區獨家代理權前，中國直接向原廠下訂的設備，當時我們派人去協助 SPEAG 安裝，結果包括拉線等諸多作業項目，都被瑞士原廠的人全部拆掉重來，全是因為他們無法忍受每一個轉角不到九十度的施工，對每一個的步驟的工藝細節都非常在意。另外讓人印象深刻的是，你會發現從 SPEAG 來的人，不論是主管或教授，全部都可以自己動手完成施工作業，實作能力都很強」。

SPEAG 是一家以研發為導向的公司，張玉斌表示，SPEAG 大約三分之二是博士，裡面又有三分之一在學，他們一邊念蘇黎世聯邦理工學院一邊工作，大部分時間都在公司學習實作，一些時間則回學校上理論課，「可能因為教育體制不同，SPEAG 早期曾跟我們說，有很多來自台灣、中國的博士班學生只會講不會實作，我認為一部分可能是因為學校實驗室早期沒辦法提供太多實作的機會，現在都已經進步很多，包括台大、台科大的實作都很強。我蠻佩服 SPEAG 從不自滿的態度，這也激勵同仁們不因獨家代理而鬆懈或自滿，形成一個良性的循環」。

張玉斌分享，耀登的發展策略一直都是從前瞻的研發角度出發，「研發要做到 90 分，可能用一般的設備就能做出來，可是如果要做到 95 分，雖然差那 5 分看起來好像很少，但最後那 5 分就需要一流的設備跟儀器。我們的初衷是要做到最好、達到 95 分的標準，所以大膽投資出最好的實驗室，不計較建立實驗室對天線產品的攤提成本很高」。

我們變成一環支撐一環的發展，串起了整個水平面向的完整服務，其實這樣的模式有點理想化，是一條很艱苦的路，不管是市場、技術、經驗、人員的成長，全部都需要時間去累積，不是光靠花錢就能建起來的。」張玉斌指出，耀登以 RF、EMC、SAR 為核心，進行最前端的天線模組研發，這些 AiP 模組可以使用在小細胞基站、低軌道衛星 (LEO Satellite)、O-RAN (Open-

RAN)，耀登同時也有能力串起前端的研發到後端的全球測試驗證，在台灣有發證單位，在國外可以協助取證，「研發完如果客戶需要代工，我們還有工廠可以做，是一條龍的服務，跟別人不太一樣，不只在台灣，國際上也沒看過像耀登這樣的天線產業」。

「技術研發跟你拿人家現成的技術來做，差別很大，當你沒有前面可以依循的時候，技術面、應用上的所有東西都要自己想辦法去解決，而且當我們開發完後，人家要來複製是很快的，所以走在前面都會比較辛苦。一般公司的邏輯是把經費放在最賺錢那部分，在我而言，是把資源放在前瞻的那塊，把資源放在技術最前端，因為前瞻的技術需要充足的資源才能往前走，但賺錢這塊其實只是生產線的複製。」張玉斌笑稱，「以前獨資時，投入研發通常是不計成本的，現在公司上市，就會被從財務的角度控制研發預算」，目前，每年耀登還是維持一定比例放在研發經費上。

### 台灣科技產業拚價值 產官學各有所長

談起對台灣通訊產業的觀察，張玉斌強調「台灣應該要拚價值而非價格」，期許台灣跟瑞士學習，不靠人多，靠高產值，「跟瑞士公司合作的最大收穫就是學習到他們的很多精神，知道如何把價值做出來。台灣產業需要的是良性競爭，大家一起把好的環境建立起來，千萬不要殺價競爭，結果利潤都給了國外」。因為抱持著這樣的共好觀念，耀登致力為台灣通訊產業建立起良好的產業環境與平台，也長期與政府、研究機構維持著良好的互動關係及密切合作。

張玉斌指出，台灣通訊產業早期以代工為主，利潤會被客戶壓縮到一定程度，需要以樽節成本為先，沒有太多資源投入前瞻研發；耀登能夠發展研發，受到很多來自政府一些專案、補助的幫助，「尤其受惠最多的是，能透過專案獲得審查委員的意見，這些審查委員在學界裡面都是相當德高望重的，平常要聘請這些教授當顧問都相當困難，可是透過政府專案的研究，計畫的審查委員會來幫助我們。此外，耀登有很多與學界的合作是透過官方計畫的補助，中科院、工研院、

資策會也都是耀登的合作對象，學界有些成果可以轉換給我們，我們也可以共同研發」。對耀登來說，官方經常能夠扮演關鍵的橋樑角色，促成產學合作，讓企業縮短一些研發的時程，也讓學生有機會將理論應用到實務上。

提起產學合作的經驗，張玉斌說，學術界的技術研發經常是針對特定理論嘗試開闢新的方向，會出現很多天馬行空的想法，有很多創意；如果企業對產學合作是抱持著馬上要有效果、節省研發費用的心態，就會感覺產學合作每次都看不到具體成果。張玉斌認為，學術界與研究機構的重要任務包括培養未來的人才，有創意是必要的，因為人才不可以僵化，人才僵化對產業界也未必是好事，「我覺得跟學校老師合作都很愉快，大家專長不一樣，還有一些新的技術能在學界先做研究。如果老師需要經費才能投入更多研發，我們很願意支持；現在大部分的研發都是跨產業、跨領域的合作，我們看到瑞士的大學有很多跨校、跨系的合作，也期待台灣頂尖的電機、醫學兩大領域的系所可以一起推進台灣在智慧醫療、精準醫療領域的發展。我覺得以台灣的條件來說，很有機會，希望能多一些這類跨業結盟的研討會，或是更多這類的合作」。

張玉斌也勉勵台灣學生，「全世界都在發生學校的實作技術，進入產業界中無法銜接的問題」，科技不會在學生學習時停止進步，重點是離開學校後不要停止學習，「我們就有碰過從優秀學校畢業的學生，十幾二十年都自滿於從一所優秀的學校出身，一直在原地踏步、沒有進步，所以我們現在很重視同仁進到公司後是否會終身學習，學習的態度才是最重要的」。張玉斌也分享自己帶領桃園陽明高中「扶輪少年團」成長的歷程，指出台灣學生的素質很好，透過公益服務、社團參與的經驗累積，很快都能培養出良好的組織與獨立能力，「年輕一代比較欠缺的是獨立性及面臨挫折的韌性，但只要接受適當的訓練，其實很快就能獲得提升」，他提醒年輕人要勇於挑戰自己，到一個新的環境後要懷抱謙虛學習的心態，懂得感恩世界與周圍的人。



## 看好台灣發展 O-RAN 提倡再生能源憑證

提到中美貿易角力對台灣科技產業的影響，張玉斌認為「台灣是受益而非受害」，以耀登為例，在中國的團隊可以研發及製造 Sub-6 產品，台灣團隊研發的毫米波也可以在美國應用；「台灣在半導體、晶片等產業都握有製造工藝與關鍵技術，學校也能培養出很多高科技人才，這些都有助於台灣科技業走得更長、更遠」。

張玉斌也分享對全球無線通訊技術的觀察，指出短期內要看 5G 的 FR1 頻段，中期要看 FR2 毫米波 28 GHz、39 GHz，長期要看低軌道衛星（LEO Satellite）及與其相對應的 O-RAN（Open-RAN），「中國現在大量採用 Sub-6，也就是 FR1，另外一些 WiFi 6E、車載通訊、物聯網的應用層面都發展得很快；美國的威訊通信（Verizon Communications）、AT&T 都在做 28 GHz、39 GHz，不過市場的普及化可能還需要一點時間。目前主要的挑戰是很多東西都同步在發展，軟硬體、韌體要跟一些 IC 去做整合，現在很多陣列天線的技術還有散熱的問題，因為 IC 運作容易讓熱量產生；SpaceX 的衛星網路服務星鏈（Starlink）計畫，衛星天線的用戶終端是超過華氏 122 度會自動進入熱關閉狀態，就因為還無法克服發熱的問題。這裡面有很多技術整合上的難度，需要一一克服，而且有些難度不是只在天線模組，IC 也需要很多提升和突破。我們本來預期 LEO 還要 5 年才會碰到，可是現在已經有客戶在找我們做」。

總體而言，無線通訊產業的趨勢很明朗，未來也會愈來愈蓬勃，現在大概每十年是一個世代，目前是 5G 世代，大概 2030 年會進入 6G 世代，「科技朝著這個方向一直在前進，我們有生之年可能都能看到 7G、8G。曾經我們還在思考那麼快的通訊能有哪些應用，結果 4K、8K 的電視很快就把這些頻寬吃掉；隨著技術的提升，人們消費的享受與需求也跟著提高，或許人性就是追求越來越輕鬆、越來越方便、越來越享受，所以促使科技不斷的進步」。

張玉斌認為，台灣產業有很多隱形冠軍，相信走到 O-RAN 白牌後，以台灣產業的競爭力來講，

應該能在全世界占有一席之地。他相當看好 O-RAN 的發展前景，耀登旗下的子公司的「耀睿實驗室」已於 2021 年 6 月成為全球第一家獲 O-RAN Alliance 認可為開放測試和整合中心（OTIC）的第三方公正實驗室，同時也是亞洲唯一的 OTIC 實驗室，「這對台灣產業會是很大的幫助，因為台灣以後做 O-RAN 的廠商可以直接在台灣做 O-RAN 的測試」。據悉，日前 O-RAN 聯盟總部公布的全球五個合格的 OTIC 實驗室，分別坐落於德國、義大利、西班牙、法國，除耀登集團的 OTIC 實驗室外，其餘四家都隸屬於歐洲四大電信商。

「不只是台灣的網通產業，耀登也強調對於氣候變遷風險對應與環境永續的企業責任」，耀登積極協助政府推動再生能源憑證交易平台的發展及憑證交易，希望促進台灣的再生能源發展；在與標準檢驗局再生能源憑證的相關計畫合作中，截至 2021 年 8 月已輔導通過 186 處再生能源案場，發行超過 73 萬 7 千張再生能源憑證，相當於累積 6 億 9,801 萬度的綠電。此外，耀登綠電部門團隊預計於 2022 年 3 月，在亞太經濟合作會議（APEC）的論壇上，與各會員國分享台灣再生能源憑證制度發展的經驗。「花若盛開，蝴蝶自來。我們期許能為自己也為台灣創造一個更好的環境！」

### 張玉斌先生 簡歷

#### 現任

耀登科技（Auden）董事長兼總經理

#### 學歷

Doctor of Business Administration,  
Victoria University, Switzerland

#### 經歷

上海同耀通信技術有限公司董事長  
晶訊西安董事長兼總經理  
晶復科技董事長兼總經理  
耀登電通董事長兼總經理

# 欣興電子員工福利



## 獎金類

分紅制度、調薪制度、達成獎金  
專利申請獎金、績效獎金  
年終獎金、年節獎金

## 補助類

生日禮金、結婚禮金  
喪葬補助、急難救助金  
獎助學金

## 其他類

員工餐廳、咖啡吧、健身房、停車場  
宿舍、廠醫駐診、專業按摩服務  
健康促進活動、免費健檢、孕期關懷  
及哺集乳室

## 休閒類

家庭日活動、社團活動  
年終聯歡會

## 訓練類

內外部教育訓練、贏的團隊  
海外派訓

## 保險類

勞、健、團保、眷屬團保、出差&  
海外派駐保險、退休金提撥

職務名稱	工作內容	系所
研發	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 新產品導入之技術開發</li> <li>● 新產品試產及量產導入新材料開發專案執行</li> </ul>	◎ 材料/化學/化工/電子/電機/機械/物理等理工相關科系
電路設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 熟練設計分析·設計佈線模擬·電路設計分析</li> </ul>	◎ 電機/電子/機械/通訊等理工相關科系
製造	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 製造程序管理、產線問題解決、人員訓練</li> <li>● 管理品質管控</li> <li>● 生產成本管理與改善</li> </ul>	◎ 工工/材料/化學/化工/電子/電機/機械/物理等理工相關科系
製程	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 製程設定(兼顧品質與效能)、異常分析與改善良率提升</li> <li>● 新製程/新技術導入</li> </ul>	◎ 材料/化學/化工/電子/電機/機械/物理等理工相關科系
智能工廠 (大數據、自動化)	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 評估與規劃機台自動化系統，整合機台資料收集與控制</li> </ul>	◎ 資訊工程/工業工程/電子電機工程/數學統計相關
設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 工廠設備維護、機器日常保養自動化控制</li> <li>● PLC設備規劃</li> </ul>	◎ 電子/電機/機械/自動化控制光電/輪機
環工廠務	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 處理廠區電儀、機電、空壓設備相關維修保養與規劃。</li> <li>● 工廠廢水/空污/供藥系統操作、管理、改善</li> </ul>	◎ 環境工程/電機/電子/冷凍空調/機械

招募中心聯絡資訊：電話:03-350-0386 分機26800 | 信箱:recruit@unimicron.com

### 各廠地址

(山鶯廠) 桃園市龜山區山鶯路177號  
(山鶯二廠) 桃園市龜山區山鶯路169-2號  
(合江廠) 桃園市中壢工業區合江路12號  
(合二廠) 桃園市中壢工業區合川南路2號  
(中園廠) 桃園市中壢工業區中園路19 2-3號

(蘆二廠) 桃園市蘆竹區南山路二段470巷21號  
(蘆三廠) 桃園市大園工業區民權路5號  
(楊梅廠) 桃園市楊梅區新農街二段209巷166-1號  
(中興廠) 新竹縣竹東鎮中興路四段669號  
(新豐廠) 新竹縣新豐鄉中崙村290號



立即行動，開拓您的欣夢想，成就精彩興未來，歡迎您的加入。





# Join MediaTek

*Enhance & Enrich Everyone's Life*

## STAND ON GLOBAL STAGE

Our core technologies enable intelligent devices with global leading customers.



## WORK WITH GLOBAL TOP TALENTS

MediaTek is always looking for talented people to work in our corporate offices around the world. We're headquartered in Taiwan, but we also have sales and research subsidiaries in Mainland China, US, UK, Finland, Sweden, India, Japan, South Korea and Singapore.

## AIM AT GLOBAL MARKET

We lead the market in chipset technology for Smart TVs, Voice Assistant Devices (VAD), Android tablets, feature phones, Optical and Blu-ray DVD players, and we're number two globally in mobile phones.

MediaTek's rank in market share

- 2  
  
 Smartphone
- 1  
  
 Feature Phone
- 1  
  
 Android Tablet
- 1  
  
 Connectivity Network
- 1  
  
 Optical Disc Drive
- 1  
  
 Digital TV
- 1  
  
 Voice Assistant Device

Learn more about MediaTek job openings on <https://careers.mediatek.com/eREC/?langKey=zh-TW>





國家中山科學研究院 資訊通信研究所

# 熱烈招募 優秀研發人才

智慧國防  
AI科技

物聯網  
IoT

前瞻通信  
技術



智能  
自動化  
製造

智能  
資安防護

區塊鏈  
技術

## ★具競爭力薪資

研發類工程師博士月薪7萬7起  
研發類工程師碩士月薪5萬6起  
技術類技術師學士月薪3萬8起  
年終工作獎金

## ★照顧員工的健康與生活

免費員工宿舍、員工餐廳美食街  
定期免費員工健康檢查  
附設專屬醫院看診掛號費減免

## ★工作與生活平衡

豐富多元的社團活動、各項運動及文康活動  
五星級健身房、附設逸光幼稚園







# 奇景光電股份有限公司



Drive for the better vision

職稱	工作地點	科系	工作內容
類比IC設計工程師	<input checked="" type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. 觸控IC, TDDI or 指紋辨識 IC 開發經驗 2. ADC or sensor IP 開發經驗 3. TFT-LCD or OLED Display driver IC 開發經驗
數位IC設計工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. 高速介面IP設計開發 2. 影像處理IP設計開發 3. Familiar with digital logic design and verilog RTL coding. With DSC and MIPI DSI will be a plus.
電源系統應用工程師	<input checked="" type="checkbox"/> 台北 <input type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. IC驗證 2. 驗證系統開發 3. 客戶design in問題解決 4. FPGA驗證
類比IP設計工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. PLL design 2. High speed receiver design (1.5Gbps/4Gbps/5.4Gbps/8.1Gbps/12Gbps) 3. High speed transmitter design (1.5Gbps/4Gbps/5.4Gbps/8.1Gbps/12Gbps) 4. eDP receiver 5. V-by-One receiver 6. MIPI D-PHY 7. HDMI Receiver 8. HDMI Transmitter 9. LCD P2P interface Transmitter
SI/PI/EMC工程師	<input checked="" type="checkbox"/> 台北 <input type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南	電子/電機工程 相關科系	1. "Chip+PKG+Board" modeling & co-simulation for pre-silicon SI/PI/EMC analysis. 2. Co-work with RD/CAD/SE for chip design-in SI/PI/EMC issue support. 3. Gbps interface SI/PI co-design and validation, such as DDR2/3, LPDDR1/2, HDMI, VBO, eDP, MIPI, etc. 4. Provide pkg/board-level SI/PI/EMC design guideline or reference design. 5. Familiar with transmission line
系統軟韌體設計工程師	<input type="checkbox"/> 台北 <input checked="" type="checkbox"/> 新竹 <input checked="" type="checkbox"/> 台南 <input checked="" type="checkbox"/> 深圳 <input checked="" type="checkbox"/> 上海	資訊工程/電機 /電子/通信 相關科系	1. 有電容式觸控韌體開發相關經驗 2. 有電容式觸控演算法開發相關經驗 3. 熟悉8051組合語言, C, C++, C# 4. 有Linux/Android driver開發相關經驗 5. 有MCU(8051/ARM...)相關經驗 6. 熟USB interface 7. 具相關driver開發經驗

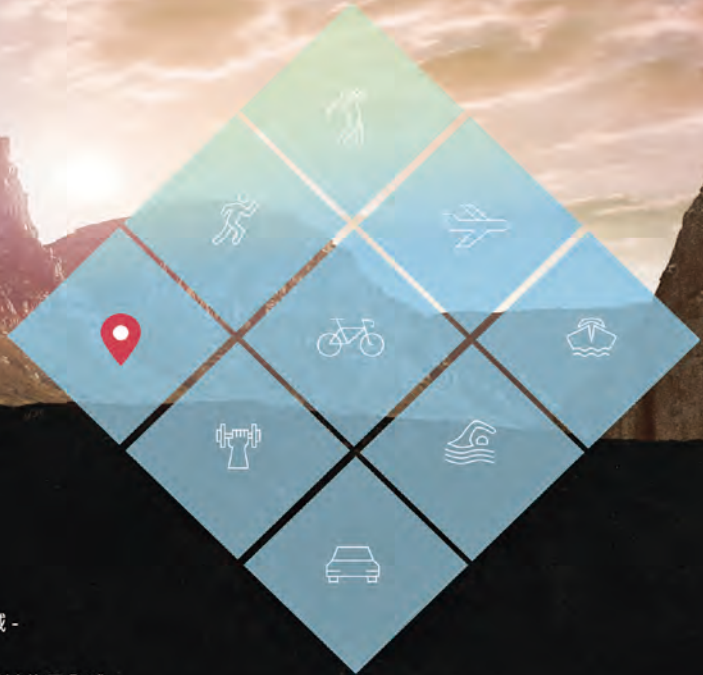
歡迎您將履歷請寄到 [resume@himax.com.tw](mailto:resume@himax.com.tw) 更多職缺內容請上104查詢 或掃描QR Code





GARMIN.

# MAPPING YOUR FUTURE



Garmin 為 GPS 領導廠商，我們的產品應用於五大領域 - 航空、航海、汽車導航、戶外運動與健身休閒！  
工作機會垂直整合從研發、製造、銷售到客服，徵才職缺佈局全球。  
我們持續擴大團隊規模和期盼更多頂尖人才的加入。Mapping your future with Garmin!

## 正式職缺

製造工程 產品品質工程 電子工程 供應商管理

機構工程 軟體工程 顯示器與光學技術工程 經營管理

## 招募領域

電子  
電機

機械  
機構

資訊  
通訊

工業  
工程

商業  
管理

設計  
行銷

外語  
人文

職缺招募中！



NEW

汐止

中壢

林口

台南



# 2021華碩電腦徵才職缺資訊



熱情招募電機電子相關科系同學投遞以下職缺

1. RF Circuits Talent
2. Antenna Design Talent
3. All Electromagnetic Related Talent
4. SI (Signal Integrity)/PI (Power Integrity) Talent

## 應徵 3 步驟

### 1 準備申請資料

- 個人履歷與自傳
- 在校成績單

### 2 履歷投遞

- 至華碩人才招募填寫履歷，並應徵職缺

### 3 資格審查與面談

- 等候面談安排



請掃QR Code投遞履歷  
(華碩人才招募網)



請掃QR Code了解更  
多徵才活動資訊

### 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 160 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，聯盟擬於每次的季報中，免費開放企業會員擺設徵才攤位、徵才集點活動及徵才說明會。

- **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 140 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及實驗室借用優惠方案 ~ 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](mailto:weichenhsu@ntu.edu.tw)



## 聯盟會員專區

徵才媒合服務	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 轉發徵才或實習訊息</li> <li>● 開放企業會員擺設徵才攤位</li> <li>● 於季刊中刊登徵才訊息</li> <li>● 可邀請聯盟教授於徵才說明會中致詞</li> <li>● 相關說明：<a href="http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208">http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208</a></li> </ul>
會員邀請演講	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 會員自行邀請聯盟教授前往演講</li> <li>● 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）</li> <li>● 相關說明：<a href="http://temiac.ee.ntu.edu.tw/news/news.php?Sn=203">http://temiac.ee.ntu.edu.tw/news/news.php?Sn=203</a></li> </ul>
會員舉辦季報	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 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</li> <li>● 每次補助上限 8 萬元（補助金額由召集人決定）</li> <li>● 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。</li> <li>● 相關說明：<a href="http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=202">http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=202</a></li> </ul>



# 台灣電磁產學聯盟

## 2021傑出講座



**台灣大學電機工程學系**  
**陳士元 教授**

講題：

1. 從電磁逆散射到太赫茲成像
2. 當微波技術與量子計算相遇



**中央大學電機工程學系**  
**張鴻筓 教授**

講題：

1. 異質整合化合物半導體積體電路設計
2. 矽基製程低抖動低相位雜訊時脈產生技術及應用

演講摘要及申請辦法請洽聯盟網頁 [temiac.ee.ntu.edu.tw](http://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: 02-3366-3713、E-MAIL: [temiac02@ntu.edu.tw](mailto:temiac02@ntu.edu.tw)





# 2021冬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>，於**2021年11月11日(四)至2021年12月3日(五)**期間開放報名，額滿為止。
- 四、測驗日期：**2021年12月25日(星期六)**上午10至12時
- 五、測驗方式：分為**初級及中高級測驗**。  
統一線上測驗，詳細測驗地點請於報名期間上報名網站查詢。
- 六、命題範圍：電磁學基礎課程。

初級測驗	向量分析、靜電學、靜磁學、Maxwell's Equations
中高級測驗	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) <a href="http://em.emedu.org.tw/">http://em.emedu.org.tw/</a>

- 七、成績寄發日期與方式：預訂於**2022年1月3日(一)**前以E-mail方式通知。

## 注意事項

1. 請自行參閱各大學的防疫措施與校園出入口管制說明，以免無法進入該考場應試
2. 參加測驗請佩戴口罩，如未戴口罩，監試人員可拒絕考生應試
3. 報名考場如未達一定報名人數而未開放，將移轉考生至其他考場參加測驗
4. 主辦單位保有隨時修正、補充說明及解釋本活動之權利
5. 活動詳情與日程，請參閱網站資訊

聯絡人：國立臺灣大學電信所 邱小姐  
電話：02-33663700#165；E-mail：tingyc@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：國立臺灣大學電機系、國立臺灣科技大學電機系、國立臺灣科技大學電子系、國立中央大學通訊系、長庚大學電機系、元智大學電機系、中原大學電子系、國立交通大學電機系、國立清華大學工程與系統科學系、國立中興大學電機系、東海大學電機系、逢甲大學通訊系與電機系、國立暨南大學電機系、國立彰化師範大學電子系、國立嘉義大學電機系、國立高雄科技大學電訊工程系、國立屏東大學電腦與通訊學系、國立澎湖科技大學電信工程系、財團法人國家實驗研究院國家高速網路與計算中心

立即前往報名



## 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



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！

聯絡人 沈妍伶  
電話 +886-2-3366-3713  
傳真 +886-2-3366-5599  
e-mail [temiac02@ntu.edu.tw](mailto: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)

美編印刷 麥田資訊股份有限公司  
地址 10055 台北市中正區仁愛路二段一號四樓一六八室  
電話 +886-2-2322-1930  
傳真 +886-2-2396-4260  
e-mail [dnecy@gmail.com](mailto:dnecy@gmail.com)





0 4 3



# 臺灣電磁產學聯盟通訊

Taiwan Electromagnetic Industry-Academia Consortium Newsletter

