



NO.52 Jan. 2024



Taiwan Electromagnetic  
Industry-Academia Consortium Newsletter

# 臺灣電磁產學聯盟通訊



聯盟業界成員



合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</b>
3	<b>傑出講座</b> — 當沉默殺手遇上無形電磁波：談射頻血壓偵測與應用 國立臺灣科技大學電子工程系 曾昭雄教授
6	<b>傑出講座</b> — 居家照護的醫療快篩利器：談射頻微流體感測的展望 國立臺灣科技大學電子工程系 曾昭雄教授
	<b>活動報導</b>
9	2023 夏季電磁教育引領研討會
	<b>國際研討會連線報導</b>
14	2023 國際微波會議 (2023 IEEE International Microwave Symposium, IMS)
18	2023 歐洲天線和傳播會議 The 17th European Conference on Antennas and Propagation (2023 EuCAP)
23	2023 IEEE AP-S/URSI (Antennas and Propagation/International Union of Radio Science)
28	國際無線電科學聯合會中華民國委員會出席國際學術會議 XXXVth URSI General Assembly and Scientific Symposium
	<b>企業參訪</b>
36	電磁產學聯盟企業參訪活動 — 耀睿科技股份有限公司
	<b>人物專訪</b>
39	專訪台大電信所所長 周錫增：創業，就是創造學生的價值
	<b>企業徵才</b>
43	奇景光電
44	台揚科技
45	耀登集團
46	Garmin
47	欣興電子
	<b>動態報導—最新活動 &amp; 消息</b>
48	最新活動、儀器設備及實驗室借用優惠方案 聯盟會員專區



## 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，並特推選台灣科技大學曾昭雄教授、陽明交通大學許恒通教授等兩位聯盟教授榮任 2023 年度傑出講座。曾昭雄教授提出「當沉默殺手遇上無形電磁波：談射頻血壓偵測與應用」、「居家照護的醫療快篩利器：談射頻微流體感測的展望」，許恒通教授提出「運用電路技術提升元件高頻增益之可行性分析與實現」、「新型態微型化射頻前端模組開發」作為新年度與會員分享的講題。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，藉此共同提升國內產業競爭力！

2023 年 8 月，於國立中興大學電機資訊大樓舉辦的夏季電磁教育引領研討會，邀請了全台灣各大學在電磁領域的專家學者，分享在電磁領域的基礎理論、各大經典的射頻電路架構及其原理、實作面的經驗分享、未來的熱門趨勢等，各個學者齊聚一堂傳授電磁的精華知識，帶領全台灣的莘莘學子踏入電磁領域，展開為期五天的研討會，從頭開始介紹微波的基礎理論，S 參數、傳輸線、阻抗匹配、雷達應用、射頻收發機架構、射頻晶片的考量、電磁干擾的影響高頻晶片的封裝技術與射頻電路的歷史等，希望讓與會的學員們對電磁領域有更深入的認識。

本期人物專訪，電磁產學聯盟於 2023 年 10 月至台大電信工程學研究所專訪周錫增所長，周所長同時也是台大電機系系友。從學術研究、教職，到參與價值創業，周錫增分別利用職涯階段的「三個十年」，將各領域的目標一一實踐。笑稱自己是「宅男」、「學術孤鳥」和「窮爸爸」的他，是如何做到的？藉由本期電磁聯盟通訊季刊，周錫增將與讀者分享他近三十年職涯間的產學互動經驗，以及研究路上的所思所感。

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！





## 當沉默殺手遇上無形電磁波：談射頻血壓偵測與應用

國立臺灣科技大學電子工程系 曾昭雄教授

聯盟特約記者／蔡宛蓉

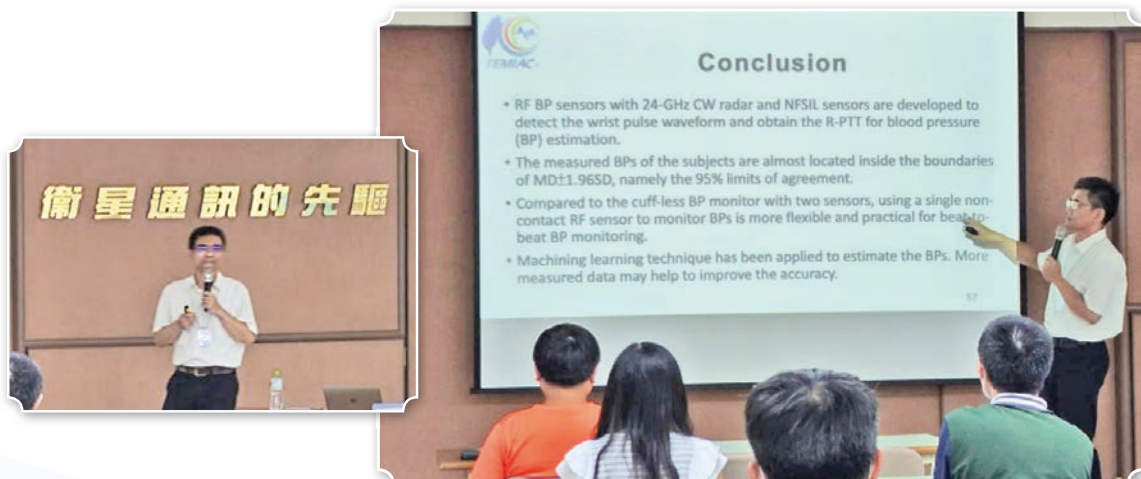
隨著越來越多國家邁入高齡化社會，生醫產業逐漸進入人們的視野，如何將醫學與科技結合，也成為近年熱門討論的話題。在 2015 年《THE LANCET》做了一個關於血壓的公共衛生統計數據指出，在 1975 年至 2015 年間，具有高血壓的患者從 5 億人飆升至 10 億人，令人擔心的是，其中，有 46% 的人對於自己患有高血壓這件事是不知情的。而在台灣的成年人，每 4 人就有 1 位患有高血壓。由於高血壓一般不會有明顯症狀，如何在不影響患者作息下，長時間的進行監測成為了值得注意的課題。對於生醫感測、微波生醫等有強烈興趣的曾昭雄教授，在本次講座帶來精彩的射頻血壓偵測與應用等研究報告，期望能拋磚引玉，激發讀者們更多創意。

眾所周知，使用壓脈帶量測血壓時，會強烈地感受到對於手臂的壓迫，此易使患者產生鮮明的不適感，如何改進此狀況便是本研究中的一大重點。

肯定有讀者想到，量測血壓所需的時間十分短暫，那種因壓迫帶來的疼痛感想必也不會持續很久，通常是在普通人可以忍受的範圍內，那麼，真的有必要花大量的時間與精力來研究這塊主題嗎？

針對這點，曾昭雄教授犀利的指出了思維盲點：真正需要注意的其中一個中風時刻，是在早上起床時立刻起身那種不經意的情況下，而一般起身時發生中風，往往在夜裡血壓便已出現了徵兆，那要如何先一步獲知警訊，避免意外發生呢？只需徹夜監控血壓便可解決這個問題，但難就難在，若是採用睡眠時將壓脈帶綁在身上，利用微控制器每 10 分鐘量測一次進行血壓監控，雖然這個過程看似十分穩妥，但卻忽略了重要的一點：病人的睡眠品質。

延伸以上想法，在不以壓脈帶接觸脈搏的情況下，只要取得心電圖（ECG）與光積體變化描記圖法（PPG）間的時間差，便可知從心臟傳遞到周邊末梢血管的時間，即為脈波傳輸時間（Pulse Transit Time, PTT），也就可藉此計算出血壓，但缺點是需要 2 個感應器才能進行量測。而在 2019 年，交大團隊提出了反射式 PTT（reflective PTT, R-PTT），其與 PTT 的差異在於 R-PTT 包含了反射的時間，因此只需要一個感應器貼在手腕上便可量到血壓，本實驗室即是採用此概念製作射頻感應器，量測出 R-PTT 後再帶入血壓計算公式，以此獲得受試者真正的血壓。



**RF BP Sensor with 24-GHz Radar**

- System block diagram
- A 24-GHz continuous-wave radar sensor is developed to detect the wrist pulse waveform.
- The radar sensor is arranged in front of the wrist at a separation distance.
- Advantages: compact size & single sensor

T.-J. Tseng and C.-H. Tseng, "Noncontact wrist pulse waveform detection using 24-GHz continuous-wave radar sensor for blood pressure estimation," in IEEE MTT-S Int. Microw. Symp. Dig., Los Angeles, CA, USA, Jun. 2020, pp. 647-650.

**RF BP Sensor with 24-GHz Radar**

- BP computation algorithm

$$SBP = DBP + \frac{a}{R-PTT^2}$$

$$MBP = \frac{1}{3}SBP + \frac{2}{3}DBP = \frac{2}{0.031} \ln\left(\frac{b}{R-PTT}\right)$$

$$DBP = BP_0 + \frac{2}{0.031} \ln\left(\frac{b}{R-PTT}\right) - \frac{1}{3} \frac{a}{R-PTT^2}$$

- In the equations, a, b, and BP<sub>0</sub> are three calibration factors for an individual subject.
- Prior to the actual BP measurement, R-PTT, reference SBP and DBP have to be acquired by the radar sensor and commercial BP monitor, respectively.
- Once it has been calibrated, the SBP and DBP can be calculated.

32

**RF BP Sensor with NFSIL Sensor**

- System block diagram
- This sensor is composed of CSRR sensing oscillator and amplitude-based demodulator.
- CSRR is not only treated as a frequency-selective element for oscillator design, but also used to distribute electric field in the proximity area.
- Advantages: compact size & single sensor

C.-Z. Wu and C.-H. Tseng, "A microwave perturbation-injection locked sensor for wrist pulse detection," in Proc. Asia-Pacific Microw. Conf. (APAC), Singapore, Dec. 2019, pp. 389-391.

本實驗室採用兩種方法實現射頻感應器，第一種是使用 24 GHz 的雷達晶片來製作，第二種則是用 5.8 GHz 近場自我注入鎖定（Near-Field Self-Injection Locking, NFSIL）的技術來實現。但若要實現應用，勢必要與機器學習相關技術進行搭配，可惜的是，由於本實驗室沒有機構設計人員設計適合非接觸射頻感測器的人機介面，因此我們無法用射頻血壓感測器來實現。在機器學習演算法開發部分，只能退而求其次的選用穿戴式紅外線感測器來收集數據，再利用機器學習的技術來推算血壓，這些研究成果接下來都會一一介紹。

在第一種感測器中，之所以選擇 24 GHz，是因為量測 R-PTT 需要精準量測到血壓波的主波峰與副波峰，而雷達晶片的特性恰好是頻率越高越靈敏，因此，雷達晶片選用 24 GHz 的高頻率，便能容易偵測到血壓波的主、副峰波，若是靈敏度仍覺得不夠，可再加上鎖向迴路優化訊

雜比，進而達到我們所期望的效果。在本實驗室第一項作品的架構中，以 24 GHz 的雷達晶片（radar transceiver IC）為核心，為了讓其發射頻率更加穩定，結合了頻率合成器晶片（frequency synthesizer IC）與迴路濾波器（loop filter），由於我們偵測目標定為手腕，預估手腕到感應器的距離約為 3 至 5 公分，因此天線方面我們選用一片貼片天線（patch）來發射、接收反射的能量，解調出的基頻 I/Q 訊號則經由微控制器（micro-controller, MCU）進行類比數位轉換，再送到電腦進行數位信號處理。最後，只需將感應器量測出的 R-PTT 代入公式，再運用校準消除未知數，並進行簡單的迭代計算，即可獲得收縮壓（Systolic Blood Pressure, SBP）與舒張壓（Diastolic Blood Pressure, DBP）。為了驗證準確度，本實驗室將此系統計算出的 SBP、DBP 與市售醫療級血壓計相比，其誤差範圍約在 7 到 9

**RF BP Sensor with NFSIL Sensor**

- BP computation algorithm

$$SBP = DBP + \frac{a}{R - PTT^2} \quad (1)$$

$$MBP = \frac{1}{3}SBP + \frac{2}{3}DBP = \frac{2}{0.031} \ln \left( \frac{b}{R - PTT} \right) \quad (2)$$

$$DBP_m = DBP_0 + \frac{2}{0.031} \ln \left( \frac{b}{R - PTT} \right) - \frac{1}{3} \frac{a}{R - PTT^2} \quad (3)$$

$$SBP_m = SBP_0 + \frac{2}{0.031} \ln \left( \frac{b}{R - PTT} \right) + \frac{2}{3} \frac{a}{R - PTT^2} \quad (4)$$

- Substitute the R-PTT and reference SBP and DBP into (1) and (2) to determine the calibration factors a and b, respectively.
- Find  $DBP_0$  and  $SBP_0$  using (3) and (4), respectively, with a, b, and R-PTT obtained in Steps 2 and 3.
- Extract the new R-PTT from the wrist pulse waveform, and calculate the  $DBP_m$  and  $SBP_m$  using (3) and (4), respectively, with the known calibration factors, a, b,  $SBP_0$ , and  $DBP_0$ .

C.-H. Teng, T.-J. Tang and C.-Z. Wu, "Cuffless blood pressure measurement using a microwave near-field self-injection-locked wrist pulse sensor" IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 68, no. 11, pp. 4865-4874, Nov 2020. 43

**BP Estimation with ML Technique**

- Measured results

Measurement setup

• Subject: 31 aged from 20 to 30  
• Training model:

```

    graph TD
      Input[Input layer] --> Conv1[Convolution layer]
      Conv1 --> MaxPool[Max. pooling layer]
      MaxPool --> Conv2[Convolution layer]
      Conv2 --> GlobalPool[Global pooling layer]
      GlobalPool --> Dropout[Dropout layer]
      Dropout --> FC[Fully connected layer]
      FC --> Output[output layer]
  
```

55

個毫米汞柱，且血壓量測結果皆在 95% 信任區間內。此架構的優點為結構尺寸小，且只需使用一個感應器便可量測 R-PTT。

第二種感應器則是導入 NFSIL 架構，專注於近場輻射偵測，但這裡是使用互補式環隙共振器（Complementary Split-Ring Resonator, CSRR）取代天線的功能。本實驗室將 CSRR 與 RF 放大器設計成振盪器，並貼近手腕，此時振盪器將隨脈搏震動輸出頻率與震幅調變訊號，再將訊號送入微分器，使頻率調變訊號轉為震幅調變訊號，最後送入包絡檢波器，即可偵測脈波訊號。以上過程收集到的資料會再經由 MCU 將類比訊號轉為數位訊號，再送入電腦進行後續信號處理。由於 CSRR 屬於共振器，且電場僅分佈於進場區域，基於微擾理論（perturbation theory），當手腕動脈震動時，將引發共振器電場有效分佈範圍內的介電係數改變，使共振頻率出現微量變化，但真正產生明顯變動的是相位，而此相位偏移訊號注入到振盪器後，將使此相位調變訊號轉為頻率調變訊號，由振盪器輸出。再經由微分器將訊號轉成振幅調變訊號，即可由包絡檢波器解調訊號，此即為 NFSIL 的核心

概念。由感應器收集到的 R-PTT，同樣帶入公式並進行迭代計算，便可得到 SBP 與 DBP。本實驗室以為期八天，一天量測五次的方式進行驗證。有趣的是，由於人一天的血壓變化與情緒有關，而每段時間的情緒又不盡相同，為了進行校準，本實驗室挑選大多受試者穩定的下午 4 點進行量測實驗。最終，量測出的結果大都在 95% 信任區間中，十分精準。此架構的優點同為結構簡單，且只需一個感測器外，製作成本還相當實惠。

美中不足的是，以上兩種方法雖然只需一台感應器，便可利用公式計算出血壓，但為了進行校準，還需額外準備一台醫療級血壓計。因此，我們也嘗試使用機器學習技術訓練血壓計算模型，改善此項缺點，只需收集足夠樣本，則有機會省去校準步驟，以獲得精準的血壓值。

本次講座主要介紹了兩種血壓感測器，分別是 24 GHz 的雷達感測器與 5.8 GHz 近場自我注入鎖定感應器，其結果都在 95% 信任區間中，還可以與機器學習技術做搭配，降低感測器校準的困難度，與其他感應器相比，有更多實際應用與發展成產品雛形的可能性，是值得繼續研究的主题。▮▮▮





## 居家照護的醫療快篩利器：談射頻微流體感測的展望

國立臺灣科技大學電子工程系 曾昭雄教授

聯盟特約記者／白楚瑄

電磁聯盟傑出講座 8 月 3 日於耀登舉行線上演講，題目為「居家照護的醫療快篩利器：談射頻微流體感測的展望」。演講中，曾昭雄教授將「射頻微流體」這個關鍵詞以醒目的顏色標示，旨在凸顯探討微流體感測的重要性。他解釋道，僅談論微流體感測可能讓人難以理解其實際應用，因此將可能性較高的應用放在前面作介紹，可更貼近日常生活。

演講一開始，曾教授分享了過去十年在射頻生醫感測領域實驗室所進行的研究和發展。接著，他介紹了射頻微流體感測器的潛在應用情境。曾教授指出，在台灣，射頻微流體感測方面的研究相對較少，可以說是一個小眾市場。機械工程領域主要處理微量液體的機械物理現象，而較少聚焦於感測技術開發，並主要使用光學方法偵測微流體晶片中的待測液體而非射頻。然而在美國，過去幾年微波領域研究團隊已逐漸注意射頻技術應用於微流體感測的優勢，並已有許多實驗室投入相關研究。

曾教授的實驗室研究方向一開始聚焦於元件開發，因為台灣在射頻微波領域的訓練多聚焦

於元件，能夠快速獲得結果並更專注於特定領域。2009 年至 2016 年，實驗室持續進行被動元件的開發和設計，運用了印刷電路板（Printed Circuit Board, PCB）、互補性氧化金屬半導體（Complementary Metal-Oxide Semiconductor, CMOS）和被動整合封裝製程開發（Integrated Passive Device, IPD）。然而，曾教授意識到僅僅做被動元件無法更貼近產業應用，因此開始進行主動電路研究。涵蓋 PCB 板和 CMOS 積體電路設計，研究主軸可更彈性與多樣性，例如設計新式振盪器或低雜訊放大器等。於 2013 年起，實驗室研究主軸逐漸往新式微波系統和模組研究轉型，並於 2016 年獨立成功設計與製作出完整雷達系統晶片，且完成生理訊號感測驗證。目前實驗室研究方向主要專注於設計各式雷達模組和微流體感測器。在演講中，曾教授介紹了一個其實驗室開發的 24 GHz 生醫雷達感測器。這個感測器只需連接鋰電池即可運作，它能自動將訊號透過藍牙傳送至電腦進行簡單的訊號處理，從而實現在遠距離下測量呼吸和心跳情況的功能。隨後，曾教授展示了其實驗室與友達光電合作開發

2023台灣電磁產學聯傑出講座  
居家照護的醫療快篩利器：  
談射頻微流體感測的展望

曾昭雄  
國立台灣科技大學  
電子系  
2023.8.3

演講大綱

- 本實驗室射頻感測器研發能量與進程簡介
- 微流體應用與射頻微流體感測器發展現況
- 使用鎖頻迴路之射頻微流體感測器
- 使用振盪器之射頻微流體感測器
- 結論

演講主題：居家照護的醫療快篩利器

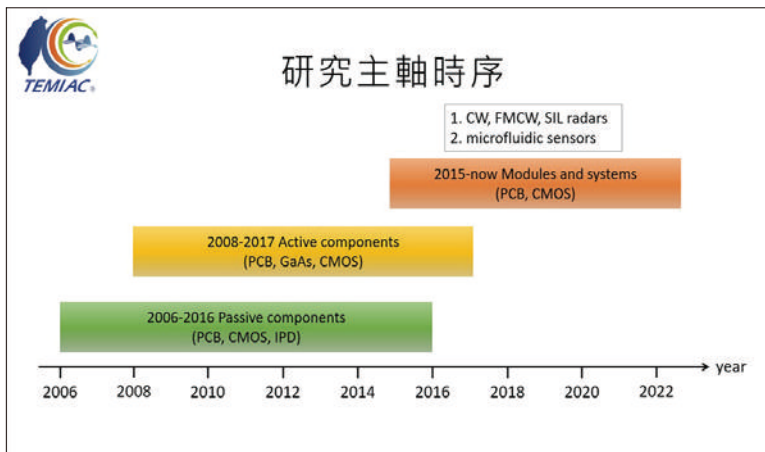


的「空間掃描生醫雷達感測器」影片。該感測器用於偵測人體的心律和呼吸頻率。透過波束掃描相位陣列天線，該感測器能搜尋受測者身體各部位的最佳訊號接收位置。這對於偵測不同體型的受測者非常重要，因為生理震動在身體表面的傳播方式因個體而異。此感測器的優勢在於即使病人無法使用觸碰式感測器也能使其受益。此外，在呼吸終止症監測等方面，它也具有實用價值。

接著，曾教授轉向介紹微流體應用的部分。他提到，嚴重特殊傳染性肺炎（COVID-19）疫情的爆發啟發了實驗室進行微流體研究。二十多年前在嚴重急性呼吸道症候群（SARS）尚未擴散時，檢測確診需要聚合酶連鎖反應（Polymerase Chain Reaction, PCR），而這些測試通常需要耗費大量時間。然而，疫情後期出現了快速篩檢，雖然速度快，但準確性則明顯下降。疫情發展中期，微流道技術被引入應用於機場 COVID-19 的篩檢應用，以獲得接近 PCR 檢

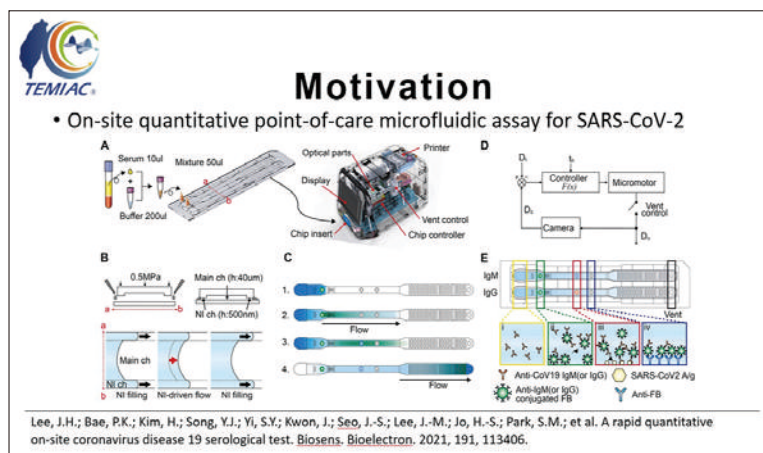
測的準確度。曾教授解釋說，微流道技術在生物和化學領域已有長時間的研究，例如液體分類、細胞分類等。他強調，透過分門別類和細胞作用，可以迅速辨識發生的事件。方法包括採樣和分類檢體至不同微流通道中，接著與不同抗體作用，最終再使用光電感測器或軟體進行判斷和處理。曾教授提到，疫情使他們不斷思考射頻技術在生醫中的角色。接著他分享了一篇論文，該論文談到不同頻段的電磁波對細胞的作用。他指出，根據頻率的不同，細胞的樣貌和互動情況也不同。該論文亦闡述了射頻在細胞感測上的應用，主要是關注於觀察待測細胞液體的介電係數變化。過去十年，射頻微流體感測器的研發也主要聚焦於待測液體的介電係數量測上。

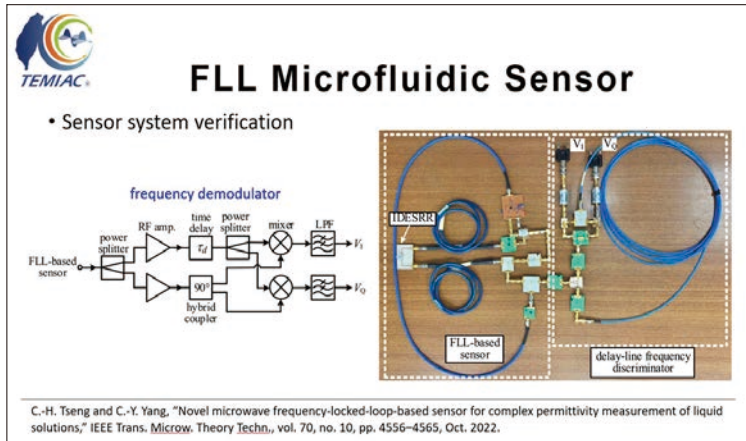
接下來，曾教授簡要介紹了射頻微流體感測器的發展現況，並描述了他們實驗室所提出的兩種射頻微流體感測器。過去幾十年，射頻微流體感測器在微波研究領域主要分為被動感測器和主



曾教授實驗室研究進程

現場定量的點對點微流體 SARS-CoV-2 檢測分析





**FLL Microfluidic Sensor**

• Sensor system verification

frequency demodulator

FLL-based sensor

power splitter

RF amp.

time delay

power splitter

mixer

LPF

$V_i$

90° hybrid coupler

$V_o$

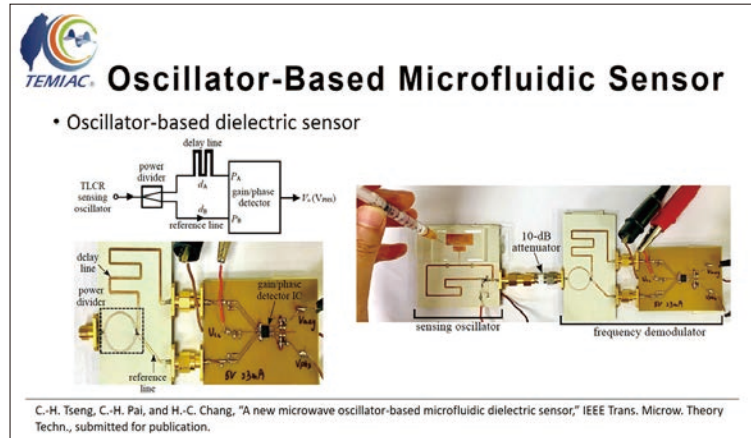
IEEE SRR

FLL-based sensor

delay-line frequency discriminator

C.-H. Tseng and C.-Y. Yang, "Novel microwave frequency-locked-loop-based sensor for complex permittivity measurement of liquid solutions," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., vol. 70, no. 10, pp. 4556–4565, Oct. 2022.

使用鎖頻迴路之射頻微流體感測器



**Oscillator-Based Microfluidic Sensor**

• Oscillator-based dielectric sensor

delay line

power divider

TLCR sensing oscillator

reference line

$P_a$

gain/phase detector

$V_c (V_{rms})$

$P_b$

delay line

power divider

reference line

gain/phase detector IC

10-dB attenuator

sensing oscillator

frequency demodulator

C.-H. Tseng, C.-H. Pai, and H.-C. Chang, "A new microwave oscillator-based microfluidic dielectric sensor," IEEE Trans. Microw. Theory Techn., submitted for publication.

以射頻振盪器為基礎之  
微流體介電係數感測器

動感測系統。被動感測器需要使用網路分析儀進行量測，在導入實際應用前，需要再研發對應的讀取電路；主動感測器雖無前述的限制，但感測區域固定在小範圍內，無法靈活應對各種不同類型的微流體通道。有鑑於此，曾教授團隊提出了一種使用鎖頻迴路（Frequency-Locked Loop, FLL）的射頻微流體感測器。FLL 感測器在射頻微流體感測中主要功能是将不同介電係數的待測液體以不同頻率輸出。這種感測器架構包含壓控振盪器（Voltage-Controlled Oscillator, VCO）。該 VCO 發出射頻訊號，並通過兩個功率分配器分成兩條路徑。第二個功率分配器的一條路徑是參考路徑，另一條路徑則放置微流體液體。待測液體會改變路徑上的微波訊號相位，當使用混波器比較兩路徑相位變化時，將輸出直流訊號，並回授控制 VCO。整個迴路的輸出訊號頻率將根據放置在感測區域的液體而變化。最後 FLL 感測器的輸出訊號可使用鑑頻器進行解調，以獲得電壓

訊號。經過系統校準後，感測器系統解調電壓可用於計算待測液體的複介電係數。

由於上述 FLL 感測器的電路尺寸較大，曾教授的實驗室還開發了另一種以射頻振盪器為基礎的微流體介電係數感測器。該感測器使用共振器將電場聚焦在感測區域內，且同時也作為振盪器的頻率選擇元件。當不同待測液體進入微流體裝置時，振盪器的振盪頻率和功率將發生變化，輸出訊號再經由頻率解調器轉換為電壓訊號。最後，與其他文獻中的主動液體介電係數感測器進行比較後，他們發現此感測器的精確度可與其他研究團隊媲美，同時還能有效減少待測液體的體積需求。

演講的最後，曾教授總結了他與學生在射頻介電係數感測器方面所做的努力和貢獻。演講中介紹了兩種液體介電係數感測器，分別是基於鎖頻迴路及基於射頻振盪器的感測器。未來，他們將持續專注於射頻微流體感測器研究，並以細胞實驗或臨床應用作為具體發展目標往前邁進。▮▮▮





## 2023 夏季電磁教育引領研討會

國立中興大學／許恒銘教授

### 摘要

2023年8月，於國立中興大學電機資訊大樓舉辦的夏季電磁教育引領研討會，邀請了全台灣各大學在電磁領域的專家學者，分享在電磁領域的基礎理論、各大經典的射頻電路架構及其原理、實作面的經驗分享、未來的熱門趨勢等，各個學者齊聚一堂傳授電磁的精華知識，帶領全台灣的莘莘學子踏入電磁領域，展開為期五天的研討會，從頭開始介紹微波的基礎理論，S 參數、傳輸線、阻抗匹配、雷達應用、射頻收發機架構、射頻晶片的考量、電磁干擾的影響高頻晶片的封裝技術、射頻電路的歷史等，希望讓與會的學員們對電磁領域有更深入的認識。

### 研討會內容

研討會首先由周錫增教授介紹應用於 5G 之天線與輔助研發電磁技術，在周錫增教授的精彩演講中，我們深入了解了應用於 5G 之天線與輔助研發電磁技術的重要性與發展現況。這場演講不僅豐富了我們對於通訊技術的認識，也讓我們深刻體會到了科技革命對於社會進步的深遠影響。

行動通訊的快速演進歷程，從 1G 到 5G 的跨足，描繪了人類對於更快、更穩定通訊方式的不斷追求。5G 技術的普及，不僅讓人們在通訊速度上獲益，更將改變我們生活的方方面面，從智能城市到醫療保健，都將因 5G 技術的支持而有所突破。

天線技術的發展同樣是不可忽視的一環。隨著無線通訊的廣泛應用，天線的多樣化需求迫使我們不斷追求更高效的天線設計與製造技術。從微帶天線到多頻段、寬頻天線，不同的技術不斷催生出更具創新性的應用場景。





透過天線模擬設計，我們能夠更有效地評估不同設計方案的性能，進而節省寶貴的時間與資源。同樣地，天線封裝技術的進步確保了天線在不同環境中的穩定性，從而確保通訊品質的提升。而天線量測與校正的重要性也體現在確保實際性能與模擬結果的一致性上，為通訊系統的可靠運行提供了保障。

黃尊禧教授的演講主題為傳輸線理論與應用，深入探討了傳輸線理論及其廣泛應用，這場演講為我們揭示了在現代通訊和電子技術領域中，傳輸線理論的重要性以及相關應用的深遠影響，通過電磁理論，我們得以推導出傳輸線的關鍵公式，這對於了解傳輸線的特性和行為至關重要，傳輸線的特徵阻抗及幾何參數影響著信號在傳輸線中的傳輸方式，這些知識在高頻率電子元件和通訊系統的設計中具有重要作用。

傳輸線的暫態響應是另一個關鍵主題，它關係著信號在傳輸線上的傳播過程，這對於數位信號傳輸、高速數據通訊等應用中的信號穩定性至關重要，史密斯圖作為評估和調整傳輸線匹配的強大工具，為工程師提供了在設計中優化信號的方式。

演講中，黃教授也有提到高頻晶片布局考量，在現代電子設計中，晶片布局不僅關係到性能，還影響到信號的穩定性和抗干擾能力，透過

合理的晶片布局，我們能夠最大程度地減少不良影響，確保設計的穩定性和可靠性。

最後，黃教授還有提到雙頻段濾波器設計的重要性，濾波器在通訊和電子系統中扮演著篩選和提取信號的關鍵角色，了解如何設計高效的雙頻段濾波器，將有助於實現多應用場景下的信號處理需求。

邱煥凱教授主要研討的主題為基本微波測量，測量和儀器儀表是現代工程和科學事業的重要支柱，它們為我們提供了量化系統物理屬性和行為的方法，從而推動了各個領域的進步，邱教授簡要概述了關鍵測量概念、儀器及其應用，**S**參數也稱為散射參數，在高頻系統中至關重要，這些參數描述了信號如何在天線和放大器等設備的端口之間傳播，它們可用於表徵信號傳輸並指導射頻工程領域的設計決策。

傳輸線、連接器和探頭是電氣測量的基礎，傳輸線促進有效的信號傳輸，連接器建立可靠的連接，探頭允許精確訪問電路上的感興趣點，這些組件共同確保準確且可重複的測量。

網絡分析儀是分析高頻分量的強大工具，通過測量 **S** 參數，它可以深入了解設備如何響應不同的頻率和相位，這些知識對於設計和優化濾波器和放大器等組件非常寶貴。





頻譜分析儀擅長分析信號的頻率分量它們顯示不同頻率的信號幅度，有助於識別干擾源或驗證信號質量等任務。

**P1dB** 測量表示放大器的功率處理能力，**IP3** 測量評估其線性度。這兩個指標對於設計放大器以獲得最佳性能同時最大限度地減少失真至關重要。

總結，邱教授對關鍵測量概念和工具進行了簡潔而全面的概述，測量和儀器在各個領域發揮著不可或缺的作用，使工程師和科學家能夠做出明智的決策並推動創新。

紀佩綾教授的演講主題為微波被動電路設計，微波工程是電氣工程中的一個專業領域，涉及高頻電磁波及其應用，紀教授全面概述了微波工程的關鍵概念，從傳輸線理論到諧振器和功率分配器等重要組件。

傳輸線理論構成了微波工程的基礎，它包括沿傳輸線的信號傳播和反射的研究，徹底了解傳輸線特性對於優化信號傳輸、最大限度地減少信號失真和確保高效的能量傳輸至關重要。

微波網絡分析涉及複雜網絡中信號傳輸的評估，**S** 參數、功率傳輸和反射係數等參數可用於優化網絡性能並有效設計微波組件，阻抗匹配和調諧，阻抗匹配是確保信號源和負載之間最大功率傳輸的關鍵技術，適當的阻抗匹配可以最大限

度地減少信號反射並提高系統效率，調諧電路允許調整電路參數以獲得最佳性能。

紀教授也有提到諧振器在微波電路中的頻率選擇和濾波方面發揮著至關重要的作用，通過利用諧振現象，諧振器可以創建滿足特定設計要求的濾波器和頻率選擇設備，此外功率分配器和定向耦合器是信號分離和耦合的重要組件，它們在不同的系統中都有應用，能夠將信號分配到多個路徑或從不同路徑提取信號。

李泰興教授的演講主題是「射頻收發機設計介紹」，他從基本概念出發，深入淺出地講解了射頻收發機的重要性和結構。演講中，他涵蓋了許多關鍵元件，包括功率放大器（**PA**）、混頻器（**Mixer**）、低雜訊放大器（**LNA**）等，這些元件在射頻收發機的運作中扮演著至關重要的角色。他詳細解釋了每個元件的功能、工作原理以及在射頻收發機中的位置和作用。

在演講中，李教授不僅闡述了各個射頻元件的特性，還分享了實際應用案例和技術趨勢，他指出，隨著無線通信技術的迅速發展，射頻收發機的需求也在不斷增加，因此對於射頻元件的性能和效能要求也越來越高。他強調了在射頻系統設計中，如何選擇合適的元件、進行參數調整以及優化整體架構的重要性。

此外，李教授還介紹了射頻收發機的架構，深入探討了不同架構下的優缺點。他提到了單收單發、分集系統等不同架構的應用場景，並解釋了它們在不同情境下的優勢和限制，這些內容不僅豐富了與會者的知識，也為他們在射頻領域的研究和應用提供了有價值的參考。

吳松茂教授演講的主題是電磁領域於先進系統封裝之應用與發展，主要內容為 IC 封裝及其應用，IC 封裝是電子領域的關鍵技術，也稱為半導體封裝，是封裝集成電路的保護外殼。其主要目的是保護精密的半導體元件免受濕氣、灰塵和物理應力等環境危害，該保護層可確保 IC 的使用壽命和可靠性，有助於其在各種設備中的無縫運行。

從功能上講，IC 封裝有助於建立電氣連接，通過金屬引線或焊盤，這些封裝有助於 IC 與外部電路的集成，從而實現電信號的傳輸，此外，IC 在工作期間會產生熱量，因此封裝內需要高效的散熱機制以防止過熱，該封裝還提供機械支持，有助於 IC 的操作和集成到更大的電子系統中。

IC 封裝有多種類別，每種類別均根據特定要求和技術要求量身定制，經典的雙列直插式封裝（DIP）具有帶多排引腳的通孔安裝，而表面貼裝器件（SMD）封裝如四方扁平封裝（QFP）、小外形集成電路（SOIC）和球柵陣列（BGA）適合 PCB 上的表面安裝。

IC 封裝技術不斷發展以滿足現代電子產品的需求，小型化趨勢推動了更小但功能更強大的封裝誕生，這些封裝能夠容納大量組件，高密度互連（HDI）封裝通過增加連接密度來提高數據傳輸速度和功能容量。

吳教授提到封裝是現代電子產品的關鍵推動者，為集成電路提供保護、連接和支持，其多樣化的類別和持續的技術趨勢體現了該領域的動態本質。隨著電子產品不斷塑造世界，IC 封裝仍然是促進進步和創新的基石技術。

歐陽良昱教授的演講主題為雷達系統簡介，在他精彩的演講中，我們深入了解了雷達系統的廣泛應用和重要性，這場演講為我們揭示了雷達技術在現代科技和通訊領域中的多樣應用，並深化我們對雷達系統運作原理的理解。

歐陽教授首先介紹了雷達的使用目的，雷達作為一種主動感測技術，可以在不同環境下探測目標的位置、速度和其他特徵，隨後，他講解了雷達的種類，從連續波雷達到脈衝雷達，不同種類的雷達在不同應用場景中發揮著重要作用。

演講中，歐陽教授深入介紹了雷達系統的公式，這些公式為我們理解和設計雷達系統提供了基礎。他也分享了基礎的天線理論，這是雷達系統中的關鍵元素之一，確保了信號的傳播和接收的有效性。

天線陣列在雷達系統中的應用同樣是重要的話題，它能夠提高雷達系統的解析能力和目標檢測效果，對雷達目標特徵的了解能夠幫助我們分辨和追蹤不同種類的目標，從而實現更精確的目標識別。

歐陽教授也詳細介紹了雷達接收的過程，這涉及到信號的擷取和處理。他深入講解了脈衝雷達的運作原理，這種雷達系統常用於測量目標的距離和速度，演講中，我們學習了雷達系統的模擬方法，這有助於我們在實際應用前進行系統測試和優化。最後，歐陽教授幫助我們解讀了雷達規格參數，這些參數在實際的雷達設計和使用中具有重要指導作用。

蔡政翰教授的演講主題為射頻、微波及毫米波積體電路與相關應用簡介，蔡教授在演講中深入淺出地介紹了射頻（RF）、微波（Microwave）和毫米波（Millimeter Wave）積體電路的基本概念和應用前景，他首先闡述了這些領域在現代通信和無線技術中的重要性，介紹了 MIC、MMIC、RFIC 之間的差異，並解釋了為什麼積體電路在這些領域中扮演著關鍵角色。

在演講中，蔡教授詳細介紹了 RF、微波和毫米波積體電路的設計原則、技術挑戰以及應用案例，他特別強調了在高頻率範圍下，電路設計所面臨的困難，以及如何通過創新的設計方法和技術來克服這些困難，他同時展示了一些成功的實例，如高頻功率放大器、功率結合器等，這些案例突顯了積體電路在現代通信系統中的優越性能。

此外，蔡教授還介紹了射頻、微波和毫米波積體電路在 5G 通信、車用雷達、天文望遠鏡等領域的應用，他指出，隨著無線通信和感測技術的不斷發展，這些積體電路的需求將不斷擴大，並在未來的智能化社會中扮演著關鍵角色。

林漢年教授的演講主題為從電源及訊號完整性問題分析電磁與射頻干擾之效應，林教授以其豐富的專業知識，深入淺出地闡述了電源及訊號完整性在電磁與射頻干擾中的重要性，演講中，他首先介紹了電源及訊號完整性的概念，並強調了在現代電子系統中，穩定的電源供應和訊號傳輸是確保系統正常運作的基石。接著，他深入探討了電源供應和訊號傳輸過程中可能出現的問題，如輸電線路的阻抗匹配、信號反射、電磁耦合等。

在演講的核心部分，林教授專注於分析電磁與射頻干擾對電源及訊號完整性的影響，他以生動的示例和實際案例，解釋了電磁干擾如何進入電子系統，造成訊號失真、噪音干擾等問題，他強調了在電子設計中，需謹慎考慮電磁干擾的可能性，採取適當的屏蔽和濾波措施，以確保系統的穩定性和性能。

此外，林教授亦提到了射頻干擾的影響，特別是在高頻率情況下，如何有效地減少射頻干擾對訊號完整性的損害，他分享了一些有效的方法，如合理的射頻設計、適當的射頻屏蔽等，這些方法對於確保射頻系統的正常運作至關重要。



研討會的最後由郭仁財教授向大家介紹電磁的歷史風雲人物，其中提到 **Jean-Baptiste Biot** 是法國著名的物理學家和天文學家，以其對光的折射和偏振現象的研究而聞名，他發展了比奧－薛定諤定律，描述了光在透明介質中的折射規則，此外，他也是熱力學、地磁學和天文學領域的重要貢獻者，並參與了對埃及金字塔的研究。

比奧的工作對於光學和自然科學的發展產生了深遠的影響，再來還有提到丹麥的哲學家 **Hans Christian Ørsted** 他於 1820 年發現了電流通過導線時產生磁場的現象，即電磁感應，奠定了電磁學的基礎。

這個發現啟發了安德烈－馬里·安培和邁克爾·法拉第等科學家的研究，進一步發展了電磁理論，奧斯特也是教育家，致力於推動科學教育的改革，他的成就對於現代物理學和電子技術的發展產生了深遠的影響。

**Stephen Gray** 則是英國的實驗物理學家，他在靜電學領域做出了重要貢獻，格雷首次確立了導體和絕緣體之間的區別，他發現金屬是良好的電導體，而非金屬物質通常是絕緣體，他也研究了靜電感應現象，證明了電荷可以在導體之間傳遞，為電流的基本理解奠定了基礎，格雷的工作對於電學的發展和了解電的性質起到了關鍵作用，他是靜電學領域的先驅之一。

**Charles Du Fay** 是法國物理學家，對靜電學做出了重要貢獻，他率先提出了電荷的兩種類型：正電荷和負電荷，並觀察到這兩種電荷之間的相互排斥和相互吸引現象，他的研究對於電的性質和靜電學的發展起到了關鍵作用，迪費也是絕緣體和導體之間的差異以及靜電感應的探究者，他的成就為電學的基礎理論打下了基石，並在電荷和電場的理解方面有所貢獻。■





## 2023 國際微波會議

### 2023 IEEE International Microwave Symposium, IMS

聯盟特約記者／馬唯傑

IEEE MTT-S International Microwave Symposium (IMS) 是國際級的專業學術會議，由 IEEE Microwave Theory and Techniques Society (MTT-S) 主辦，旨在推動微波領域的學術研究和技術發展。自 1961 年起每年舉辦一次，每次會議持續五天左右，稱為微波週，活動內容包括論文發表、專題報告、研討會、展覽等。

IMS 是微波領域中最重要的學術會議之一，其涵蓋的領域非常廣泛，包括微波、毫米波、太赫茲波和光子學等。吸引來自學術界、工業界和政府機構的專家學者參加，是交流研究成果、分享技術發展和探討未來方向的重要平台。

2023 國際微波會議 (2023 IEEE International Microwave Symposium, IMS) 於 6/11 ~ 6/16 在聖地牙哥會議中心 (San Diego Convention Center)，與射頻積體電路會議 (RFIC) 聯合舉辦。根據官方的會議介紹，今年的會議有三大主

題，首先是系統與應用，其內容為近年熱門的微波研究，如無線通訊、6G 網路、Wi-Fi，以及其他更新的無線供電、自駕車、光雷達等。接著是太空領域的研究，如衛星通訊、太空觀測，以及生醫領域的研究，如生醫雷達、生醫成像。可以看出今年的 IMS，除了保有近年熱門的研究領域，也加上許多跨領域的研究。

#### 生醫應用 – 癌細胞探測

在這次會議看到許多令人驚豔的作品，首先有一篇論文，光是標題就吸引了我的目光，「A 13-GHz 3-D Near-Field Imager Employing Programmable Fringing Fields for Cancer Imaging」，這是來自台大簡俊超教授的研究團隊，筆者曾經修習過簡教授的類比積體電路課程，完全感受得到簡教授對教學的熱忱，而其帶領的研究也有相當傑出的成果。





這篇論文提出一種用於癌化組織成像的近場成像器 (Near-Field Imager)。運用邊際電場技術 (Programmable Fringing Fields)，使用程式產生特定邊際電場，達成對目標物體的高解析度成像。

成像器由發射天線和接收天線組成。發射天線發出射頻訊號，接收天線則接收目標物體反射的射頻訊號。透過對這些訊號的分析和處理，可以辨識目標物體的特徵，從多個位置掃描後，可進而對目標物體成像。

邊際電場是指空間中電磁場的特定分佈模式，藉由控制邊際電場的分佈，可以做到對目標物體的高解析度成像。此成像器由數組天線組成，透過調整天線的相位和振幅，可以控制邊際電場的分佈，並根據成像需求進行調整生成特定的邊際電場。

為了實現三維成像，成像器需要對目標物體各個位置進行掃描。在每個位置，程式控制的邊際電場生成器會產生相應的邊際電場，並接收目標物體反射的訊號。這些收集到的訊號將用於重建目標物體的形狀、位置和特徵，實現三維成像。

此成像器操作在 13 GHz，這個頻率的訊號在生醫成像方面具有兩項優勢。首先，13 GHz 的訊號有足夠的穿透力，可以穿過人體組織。另外，13 GHz 的訊號可以提供足夠的解析度，使成像器能捕捉目標物體的細微特徵。

這個成像器能應用於癌細胞探測，因為癌症組織具有與正常組織不同的電磁特性，這些特性可以透過上述技術來檢測，提供對癌症組織的高解析度成像，從而幫助醫生更準確地評估腫瘤的位置、形狀和組織特徵。這有助於癌症早期檢測和診斷，為醫務人員提供更準確的資訊，制定更合適的療程。

這個作品在癌症檢測和診斷方面很有潛力，論文中技術的開發有助於提高癌症成像的準確性和效率，為醫學領域帶來重要的創新，是該議程 (Advances in Biomedical Sensing and Wave Interaction) 中很值得一看的作品。

## 系統與應用 – 高功率壓控震盪器

筆者在這次會議和中央大學張鴻堃教授以及他的研究團隊有很多交流，從開幕餐會就和他們相談甚歡。在發表時，他們也到我的場次參觀跟拍照，令人覺得暖心。雖然在聖地牙哥會議中心附近，一切看起來都很光鮮亮麗，但在鄰近的聖地牙哥市中心街頭，卻有股令人不安的氣息，許多流浪漢在街邊搭帳篷，路上混雜著大麻味和臭味，而我居住的旅館就在那附近。

我曾早上七點在走到會場的路上，撞見人行道上有人亮刀揮舞，也在會議結束回旅館的路上，看到有人跳上電線桿做引體向上等奇怪的行為。因此我很慶幸在會議這幾天能與他們一起行動，他們的旅館和我的旅館很近，所以有幾個晚上會議結束後，我們一起邊聊天邊走回住處，真的讓我心情放鬆許多，美國果然不是個適合獨自行動的地方。

他們團隊的研究題目是「A V-Band CMOS Sextuple Sub-Harmonically Injection-Locked VCO Using Transformer and Cascade-Series Coupling with FTL」，介紹一顆用於無線通信及雷達系統的六倍次諧波注入鎖定振盪器，這份作品有讓我驚豔的超高輸出功率，那是該製程在該頻段下前所未有的。

該作品選用六倍次諧波注入鎖定 (sub-harmonically injection-locked) 的架構。藉由注入一個較低頻率的訊號來鎖定振盪器的頻率到較高的倍數，以實現高頻振盪訊號輸出。經由設計，可以實現更穩定和準確的頻率鎖定，還能降低振盪器的相位雜訊。

論文中的 FTL (frequency-tracking loop) 技術使用串聯耦合 (cascade-series coupling) 的概念，將多個振盪器串聯起來以形成一個穩定的振盪器迴路結構。在這種設計下，每個振盪器的輸出訊號將被耦合到下一個振盪器的輸入，形成一個串聯迴路，可以提升振盪器的鎖定範圍。

另外，該 VCO 運用變壓器耦和技術，將訊



號耦合到振盪器迴路中，藉由調整其耦合係數，可控制振盪器的頻率和相位特性。因此這顆電路在振盪器迴路中用上變壓器，可以改變振盪器的頻率響應，進而提升輸出功率。

論文裡提及許多 VCO 的電路設計概念，包括元件選擇、布局和阻抗匹配等細節。這顆震盪器有非常高的輸出功率，同時具備不錯的穩定性、鎖定範圍和相位雜訊，在高功率震盪器相關研究中，這顆電路的設計很有參考價值。

### 非線性分析 – 數位預失真技術

第一次見到 Ahmed 是在開幕餐會上，他是突尼西亞人，在香港唸碩士，學了唯一一句中文是「我是 Ahmed」，現在在加拿大的滑鐵盧大學攻讀博士。

他在餐會上跟我分享了許多，但更令我印象深刻的是他在分享自己的電路時，從那炙熱的眼神，我完全能感受到他對自己研究的熱愛並引以為傲，雖然因我們的研究領域相差較大，我當下沒有聽懂他的研究內容，在餐會結束後，我才找了他的論文來讀。

他的論文題目是「Array Calibration and Digital Predistortion Training Using Embedded Near-Field Feedback Probes and Orthogonal Coding for Enhancing the Performance of Millimeter-Wave Beamforming Array」，這篇論文使用嵌入式近場探針和正交編碼來實現陣列校準

和數位預失真，用以提升毫米波波束成形陣列的性能，在無線通信、雷達和其他高頻應用中發揮重要作用。

波束成形陣列藉由調整相位和振幅，以形成特定方向和形狀的輻射。校準和數位預失真的目的是消除陣列中的非線性失真和相位誤差，從而提高波束成形陣列的性能。

該技術使用嵌入式近場探針來進行校準。近場探針是一種嵌入在陣列中的被動元件，用於測量和補償射頻訊號在陣列中的非線性失真和相位誤差。這些探針可以時時監測陣列中的訊號，並藉由反饋機制來調整相位和振幅，以最小化非線性失真和相位誤差。此外，在波束成形陣列中，使用正交編碼於傳輸數位預失真訊號。藉由正交編碼，不同的陣列單元可以獨立地接收和解碼預失真訊號，從而達到個別單元的非線性失真和相位補償。

論文中使用反向傳播 (backpropagation) 算法來做到數位預失真，藉由反饋控制射頻訊號的相位和振幅，以最小化輸出訊號與預期訊號之間的誤差。這樣可以實現對陣列中每個單元的個別預失真補償，從而提高整個波束成形陣列的性能。

後來在廠商展覽會上再遇見他，他已經逛完好幾個量測儀器商的攤位了，我問他：「Anything interesting?」，他回我：「To me, everything is interesting!」真正可以感受到他對微波領域的熱愛。







## 參與感想

很榮幸能參與這次會議，從電路設計、量測、撰寫論文，到論文被錄取之後製作最終版論文、製作投影片、還有無數次的發表演練，真的是完成了一件大事。

這次到美國發表，一切都很順利，指導教授也稱讚我當天表現比演練時進步許多，讓我覺得很有成就感，算是第一次踏上了學術界。但在看到其他來自各界的頂尖作品之後，我也意識到自己的不足之處。感覺自己了解的領域似乎太過狹隘，一直以來專注在射頻混頻器的研究，對於其他種類電路的設計便不那麼熟悉，於是難以理解那些需要整合多個電路的系統架構，更不用說著手那些需要精通多個領域才能完成的目標了。

這次會議有幾個新潮的跨領域題目，像是運用機器學習於射頻電路或是生醫雷達，由此可知，只專注在單一領域已經不足以解決新的問題了。所以我給自己一個期許，多讀多看多了解，不要將自己侷限於射頻電路，也要多涉獵其他領域。

## 對國內相關技術發展的期許

這次看到許多傑出的研究作品，是來自學術界和業界合作的，台灣相較之下較少這種產學合作計畫，以射頻電路來說，台灣有相當多半導體企業，若能藉由合作計畫，讓研究者得到更多下線機會，能讓研究的進程加快許多。

另外，在射頻電路研究方面，個人認為台灣的製程選擇太過單一拘謹了，由於積體電路是台灣的重點產業，因此多年來國內研究持續專注於已經成熟的矽製程上，此時歐美已經有很多使用 SOI 或是更先進製程的研究，性能皆有大幅的進步。雖然開發新製程絕對不是幾年間能完成的事，不過儘早著手肯定是好的。

雖然台灣還有很多能進步的空間，但更多的是值得讚賞的部分。台灣能在學術研究上有一席之地，國家研究院的半導體研究中心功不可沒，正是因為有這個國家支持的研究機構，研究者們才能輕鬆存取設計軟體、下線資源、量測設備，其中晶片製作服務每年提供超過 15 種製程，對於研究者們絕對是一大福祉。我認為這些國家支持的學術機構，是台灣能在相關領域研究上處領先地位的一大關鍵。■



## 2023 歐洲天線和傳播會議

### The 17th European Conference on Antennas and Propagation (2023 EuCAP)

聯盟特約記者／黃慕召

#### 簡介與議程規劃

2023 年歐洲天線和傳播會議 (The 17th European Conference on Antennas and Propagation, 2023 EuCAP) 於 3/27 ~ 3/31 展開，在義大利佛羅倫斯 (Florence, Italy) 的巴索城堡展覽中心 (Fortezza da Basso) 舉行，議程為期五天。巴索城堡是座堡壘於 14 世紀佛羅倫斯的城牆加蓋的，且是佛羅倫斯裡最大的歷史文物遺產。它在 1960 年代獲得修復與改造，成為佛羅倫斯市區主要的展示中心。佛羅倫斯為義大利托斯卡尼大區的首府，其中佛羅倫斯歷史中心在 1982 年被列為世界遺產。佛羅倫斯所在的托斯卡尼大區為大眾公認的義大利文藝復興起源地，以繪畫、雕塑及建築學聞名。在佛羅倫斯出生的著名人物有但丁、李奧納多·達文西、米開朗基羅、多那太羅、伽利略等。在這個歷史悠久且人文薈萃的城市裡舉行會議，可以同時享受參觀歷史與探討尖端的天線與傳播研究。

今年的會議有超過 1,000 多個論文發表，由 4,000 多位作者從 65 個國家投稿被接受。這次會議架構很多元，有 3 場主題演講 (keynote talks)、12 場受邀演講 (invited talks)、20 場科學和業界的研討會 (scientific and industrial workshops)、729 場口頭論文發表 (oral session)、284 海報論文發表 (poster session) 以及廠商展覽 (exhibitors)。

#### 超材料 (Metamaterials)

會議開幕式的第一場演講由美國賓州大學 (University of Pennsylvania) 以超穎材料 (Metamaterial) 技術聞名的 Nader Engheta 教授開場，他的演講主題是「超穎結構 (Metastructures) 作為計算器」。超穎結構在微波與光學領域皆為前沿的研究主題，其原理可包含對材料結構或微波電路的調製，等效上製造出非典型的電磁傳播特性，例如負介電係數 (permittivity) 與導磁係數 (permeability)。



會議廳

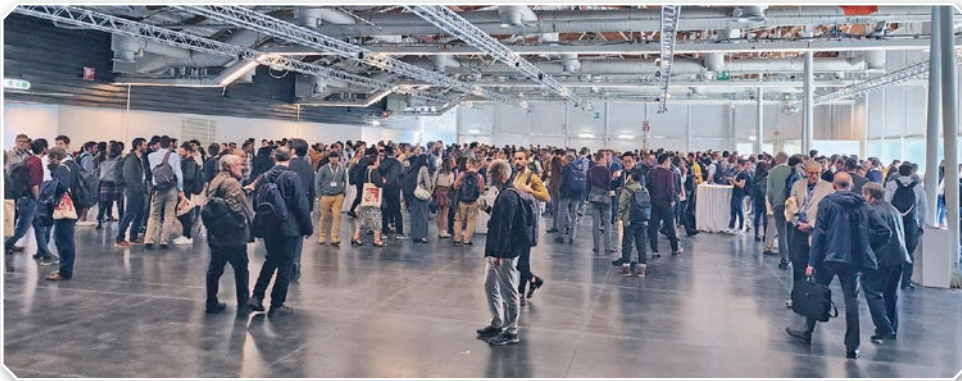




開幕



受邀演講



Coffee Break

傳統上，電磁輻射的物理特性為近場與遠場呈傅立葉轉換的關係，因此經過透鏡（lens）或是孔徑（aperture）的設計，可以製造出傅式轉換相關的類比運算（analog computing）。此演講的研究發想是如何延伸至其他轉換與運算單元來設計出泛用型的類比計算器。電路學基本的 R、L、C 單元可以由材料的導電係數特性等效類比到光學，實部大於零之介電材料等效於電容 C；實部小於零之介電材料等效於電感 L；虛部為零之介電材料則等效為電阻 R。有了這些光學單元以後，就可以製造出常見類比運算電路的光學、電磁學版本。

為了驗證所提出的設計概念確實可以計算複雜的運算問題，Engheta 教授團隊針對電磁輻射常見的 second kind 之 Fredholm's integral equation of the second kind 之解算來設計電路結構，此類積分方程式包含了線性項（linear term）與非線性項（non-

linear term），因此解算上需要分別討論。解算非線性項的過程中包含了線性方程式系統（system of linear equations）反矩陣運算，此問題的解析解可以由迭代（iteration）完成，因此電路結構需設計回受（feedback）機制。此非線性項的運算是由波導結構來實現，其中波導腔體內突出是由最佳化演算法來設計，目前他們團隊實作了一個 5-port 的波導電路。接著針對線性項的解算，此團隊的做法是使用馬赫 - 曾德爾干涉儀（Mach-Zehnder interferometer）這個光學領域常見的儀器多個串接，搭配干涉儀中可任意改變相位的移相器（Phase shifter），即可對任意常見的線性方程式進行解算。

綜合波導結構以及馬赫 - 曾德爾干涉儀，Engheta 教授團隊實作的系統可以針對某一任意形式 second kind 之 Fredholm's integral equation of the second kind 進行類比運算。所得的解與計算軟體的解僅有微小的誤差。此研究主題的未來展望是超穎結構的 FPGA，即



為運用 3D 列印或可重組材料製作出可程式化的類比運算的計算器，甚至是組合成神經網絡。

### 電磁學的起源

會議的第一天有場介紹電磁學與天線歷史的受邀演講。三年前，原本要辦在丹麥哥本哈根的 2020 年歐洲天線和傳播會議因疫情而取消。那年，會議原本要慶祝漢斯·克里斯蒂安·奧斯特 (Hans Christian Ørsted) 發現電學與磁學關聯的 200 周年紀念。而這次會議就邀請 Olav Breinbjerg 教授來開場。

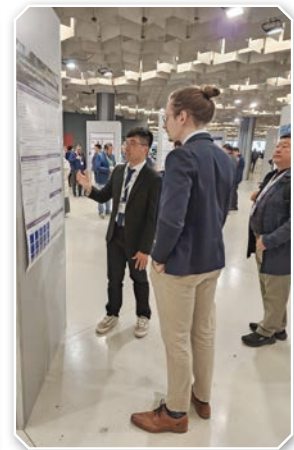
電學與磁學在古希臘時代就已存在了，但這兩個之間的關係一直都沒有被發現。早在 1600 年英國的 William Gilbert 就已經有發表說地球有磁場、1745 年荷蘭的彼得·凡·穆森布羅克 (Pieter van Musschenbroek) 也發明了萊頓瓶來儲存靜電，且在 1785 年庫侖也推導出庫侖定律 (Coulomb's Law)，證明出兩個電體間的相互作用力。建立在這些前人基礎上，於 1820 年，奧斯特在做實驗時觀察到接著電池的電線會影響附近的磁針，並迅速地發表他的觀測。奧斯特並非家戶喻曉的名人，但他的貢獻影響極為強大，讓電磁學著名的詹姆斯·克拉克·馬克士威 (James Clark Maxwell) 和麥可·法拉第 (Michael Faraday) 等名人可以建立在奧斯特的發現上，去做更多實驗與推導，促進電磁學領域發展。

### 從阿基米德的燃燒鏡到韋伯望遠鏡

另一場受邀演講是由加州大學洛杉磯分校 (UCLA) 的 Yahya Rahmat-Samii 特聘教授演講。他介紹天線的歷史，從阿基米德 (Archimedes) 的燃燒鏡一直介紹到詹姆斯·韋伯太空望遠鏡 (James Webb Space Telescope)。他特別針對反射式天線來介紹，因為這種天線有最高增益、頻寬最寬、成本非常低，所以在人類歷史上留下很深的影響力。

早在公元前 200 年就有傳說敘述阿基米德利用鏡子反射太陽光將羅馬帝國的船給燃燒起來。在 1609 年時，義大利的伽利略也有用曲面鏡來做成望遠鏡。十七世紀後期也有蘇格蘭的 James Gregory、法國的 Sieur Cassegrain、英國的牛頓設計出其他種更高倍率或體積更小的望遠鏡。後來詹姆斯·克拉克·馬克士威 (James Clark Maxwell) 在 19 世紀發表了電與磁與光的方程組，而於 20 世紀時，科學家已能結合電磁學與曲面鏡的對焦研發出很精緻的反射式天線，增進雷達效益。同時，在 1937 年美國的 Reber 也在他家後院製作了一個電波望遠鏡來進行天文研究。當時許多國家也都紛紛研發出大型的天線，來認識和觀察外太空。

澳洲在 1961 年做出了 64 米大的反射式天線、德國在 1971 年設計出 100 米大的艾菲爾斯



海報展覽場





口頭報告



會議場地合照

伯格電波望遠鏡、美國在 1961 年製造了 300 米寬的阿雷西博無線電望遠鏡，以及中國在 2016 年做出的 500 米口徑球面無線電望遠鏡。除了這些巨型單一的望遠鏡以外，許多國家也有設計出大型天線陣列，其中著名的有美國在 1980 年做出的甚大天線陣以及 2011 年在智利完成的阿塔卡馬大型毫米波 / 次毫米波陣列。

Rahmat-Samii 教授接著介紹衛星以及衛星上面的天線。許多用來觀測地球現象的衛星儀器像是量測海面風速的 Ku-Band RapidScat 儀器也是反射式天線。近期受到許多關注的 CubeSat 也有團隊設計出可以將原本折起來的碟型天線展開，且在 2018 年成功發射到太空中。觀測行星的宇宙飛船上也設置了許多這種反射式天線。在人類探索宇宙的極限時，微弱的訊號有可能是了解廣大宇宙未解的謎題，故此科學家就研發了詹姆斯·韋伯太空望遠鏡。天線越大的直徑可以吸收更多種波長的訊號。從演講中，大家也對反射式天線的研發歷史有更深入的了解，從古早的曲面鏡與望遠

鏡漸漸演變到用運用於衛星、天文望遠鏡、宇宙飛船等的科學研究中，是很重要的科技之一。

## 論文發表

天線應用於微波成像 (microwave imaging) 的硬體設計與演算法設計也有諸多發表。這項技術是種非入侵式與非游離輻射的成像方式，其在生醫領域的應用可以在乳癌與其他軟組織癌症做檢測。加拿大麥吉爾大學 (McGill university) 電資系的 Milica Popovic 教授報告了可穿戴式乳癌檢測天線陣列的表面波 (surface-wave) 串擾之解決方法。由於人體皮膚、脂肪等組織的不連續性，以天線輻射電磁波至人體時，表面波會存在於組織間的邊界影響接收訊號品質。該團隊提出的解方是設計六角形的金屬屏蔽區，以集中天線單元的輻射方向。電路之基板則使用名為 PDMS 的聚合物，其有著對人體無害、易於彎折、高度整合性、低介電常數與損耗等特性，適合應用於生醫相關的電路系統。最後以電磁軟體的模擬結果顯示新型的天線陣列可以更有效地將輻射注入人體，而非串擾至其他天線單元。對於生物組織的電磁效應研究，以往缺乏大量不同種類、不同健康狀況之組織的物理訊息資料庫，僅有的資料庫也侷限於較低頻的電磁特性。里斯本大學 (Universidade de Lisboa) 生物物理與生醫工程研究所的 Daniela Godinho 報告了一個整合型的生物組織物理特性資料庫，其中量測是對活體、死體、健康與不健康的組織以及量測環境皆須明確地記載，所儲存的資訊則為不同電磁頻率下的介電、導磁與機械特性。如此的組織資料庫對於發展生醫電磁技術有著顯著的幫助，尤其是生物組織的微波成像模擬與實驗器材設計。

針對平面式 (planar) 近場微波成像系統在量測電磁散射訊號時，若要符合空間中的取樣定理 (sampling theorem)，取樣點間距需要小於四分之一波長。此限制對機械掃描式系統來說需耗費大量的量測時間才能順利解算物體影像；而對於天線陣列系統，則需要複雜的饋入網絡





伽利略博物館



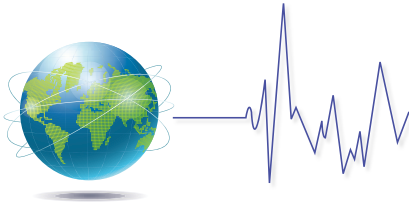
展覽場

(feeding network) 與屏蔽 (shielding) 才能避免天線單元之間的訊號耦合。為了解決前述問題，台灣大學電信所陳士元教授 (Shih-Yuan Chen) 所指導的學生楊欣融 (Hsin-Jung Yang) 報告了「運用有理形式薄板樣條插值 (rational thin-plate spline interpolation) 之等間距次奈奎斯特 (Sub-Nyquist) 三維微波成像」，將所接收到的多頻二維散射電磁場資訊視作多張二維影像解算插值問題。傳統薄板樣條插值 (thin-plate spline interpolation) 的直觀解釋是對於平緩多維函數，可以將已知取樣點作為釘子，而函數空間的其他資料則形成一薄板鋪在這些釘子上。為了維持平緩的特性，此函數需要符合最小折疊能量 (minimum bending energy) 的假設，這樣的假設會形成一線性反矩陣問題，可以用現有的數值軟體進行解算。對於複雜物體的散射電磁場，平緩函數的假設會過於簡化該電磁場的特徵，因此有理化的形式可以模擬線性非移變 (linear shift invariance) 系統所出現的極點 (pole)。數值模擬結果顯示針對等間距取樣的成像問題，此論文提出方法算出的物體影像品質會優於壓縮感知 (compressed sensing) 或其他傳統插值方法之結果。

### 與會感想與期許

電磁學在電機工程是個相當古老，卻也持續在創新的領域。在聆聽許多人的口頭報告以及參觀海報時，見到來自全球且與我們實驗室有相同研究興趣的人，覺得世界很小。雖然有著與台灣文化和語言不同的差異，但是他們對天線與傳播領域的熱情卻是一樣，特別是被邀來演講的教授們。每個主題演講和受邀演講的教授，不管是年輕或資深或退休的教授，都可以從他們的演講討論問答中聽出他們對這領域研究與推廣的熱誠。

能在佛羅倫斯參加這次天線和傳播會議也讓我對這個領域的歷史有更多的認識。在開會以外的時間有空去參觀市區裡伽利略博物館，裡面有很多伽利略發明的望遠鏡及很多古人研究電的特性時所設計的靜電產生器。能在產出這麼多偉大科學家及藝術家的地方參加會議讓人感到一種對前人的敬佩，也帶給我研究更多動力，希望他們的創新能力也能在我的研究中重現。■



## 2023 IEEE AP-S/URSI Antennas and Propagation/International Union of Radio Science

聯盟特約記者／李達緯

### 有關 AP-S

2023 IEEE AP-S/URSI (Antennas and Propagation/International Union of Radio Science) 國際會議於 2023 年 7 月 23 ~ 28 日，在美國奧勒岡州波特蘭市盛大舉行。會議內容涵蓋天線與傳播、電磁工程和無線通訊等領域的最新研究。近千篇來自世界各地投稿的研究論文在這一週內，於波特蘭公開發表。

### 前沿研究管窺

#### 可重構智慧表面 (Reconfigurable Intelligent Surface, RIS)

自第五代行動通訊 (5G) 發展以降，頻譜的利用提升至毫米波以上的頻段。然而更高頻的載波意味著路徑損耗將大幅提升，因此高增益、高指向性的相控陣列發射天線成為主流；但因此非直視路徑對通訊覆蓋率及其品質的影響將大幅



波特蘭市：機械橋



波特蘭市：摩達中心



大會場地：奧勒岡會議中心，位於馬丁路德金恩大道。  
圖中雕像為馬丁路德金恩博士。



2023AP-S 大會主席：Jamesina J. Simpson 教授





加拿大多倫多大學的 Yuanzhi Liu 發表論文：  
“Propagation Modeling for RIS-Enabled Channels Based on Ray-Tracing and the Equivalence Principle”

提升。因此 RIS 概念的提出，便是希望可適性地依據通道特性，即時改變反射陣列 (Reflective Array, RA) 的相位，依應用需求的不同或可實現反射波束成形、抗干擾、提升頻道容量等功能，以繞過障礙物的干擾，提升通訊品質，甚至有助於實現 MIMO 等技術。

RIS 與傳統 RA，最大的不同在於 RIS 可以即時根據環境的變化改變陣列單元的相位，實現所需的反射特性。在 RIS 中實現相位變化的元件中，常見的有液晶、變容二極體 (varactor)、移相開關二極體 (PIN diode) 和相變材料的 RF 開關 (如  $VO_2$ ) 等。而 RIS 與基地站 (base station) 是否建立通道、RIS 是否知道接受者的位置資訊，或 RIS 是否讀取訊號來源的相位資訊等，都依據實際應用情境的不同而有所取捨。甚至在某些應用中，有光學透明、極化轉換等需求。由此可見 RIS 是一個尚在成形中的新興技術，並沒有一套主流慣習的解決方案。

除了 RIS 的硬體模組設計外，這次研討會也有多篇論文探討 RIS 的相位變化演算法、低成本模擬方案、發射天線的饋入等開發端的系統層次研究，大會對於 RIS 相關研究發表的接受可說相當全面。

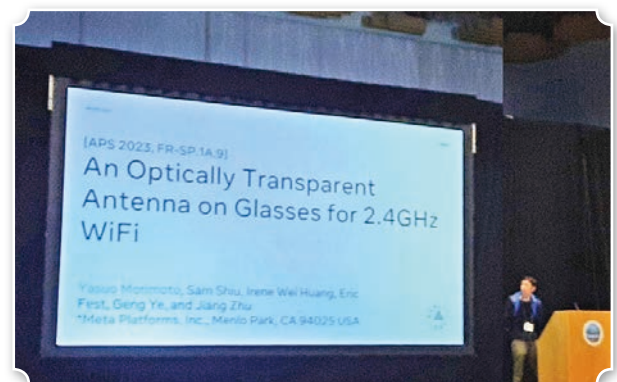
然而筆者也從發表的論文中歸納出一些 RIS 面臨的挑戰。如從基地站發射的訊號通常落在遠場條件，這意味著我們需要非常大型的陣列才能符合波束成形的需求，所伴隨而來的高度運算、

製造成本及耗能問題，致使目前的實際應用仍相當罕見。另因 RIS 的大型陣列天性使得單元間互耦現象相當嚴重，加上環境干擾的影響，使得 RIS 的設計對環境的敏感度極大，對實際的佈件成本將是極大的挑戰，這都將成為 RIS 進入日常生活應用前所需克服的課題。

### 透明天線

透明天線正成為產學界關注的新興技術。傳統天線模組設計須與晶片、金屬板與導線整合於印刷電路板 (printed circuit board)、雷射直接成型 (laser direct structuring) 或可撓性 PCB (flexure circuit board) 上。使得產品在設計時須將天線藏在不起眼的角落，但也因此需占用很大的空間，同時導致天線效能的犧牲。因此天線的透明化將使相關消費型電子產品的設計大大受益，包含智慧型手機、擴增實境 (AR) 智能眼鏡與智能手錶等。

透明天線的常見材料有金屬網格、氧化銦錫 (ITO)、氧化鋁鋅 (AZO) 與鍍銀聚酯纖維 (AgHT) 等。相較於 ITO、AZO 與 AgHT 等透明材料，金屬網格本身不透明，但具有較佳的導電度與設計自由度，因此成為目前主流的實現方式。而台大電信所的張晨毅同學亦發表了金屬網格的等效電路模型研究，可大幅減低模擬所需的成本<sup>[1]</sup>。而此研究方向亦擴展至透明頻率選擇平面 (FSS) 等課題。



來自 Meta 的 Yasuo Morimoto 等於研討會發表透明天線研究：“An Optically Transparent Antenna on Glasses for 2.4 GHz WiFi”。





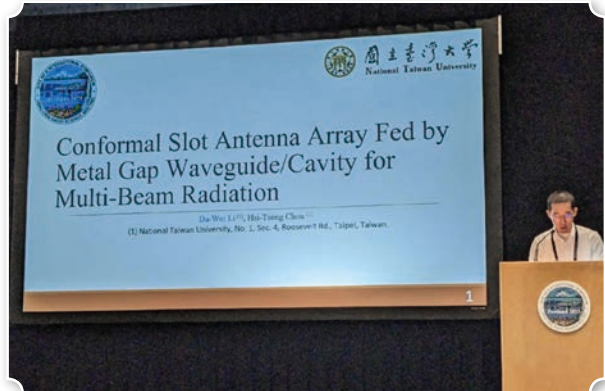
台大電信所的張晨毅同學亦發表了金屬網格的等效電路模型研究，可大幅減低模擬所需的成本：“Examinations and Modeling of Metal Mesh Surfaces for Antenna-on-Display (AoD) Technology”。

本次研討會至少共有 7 篇來自 Meta<sup>[2]</sup>、巴基斯坦與沙烏地阿拉伯<sup>[3]</sup>的大學團隊、馬來西亞與法國的大學團隊<sup>[4]</sup>及台大團隊<sup>[5]</sup>的相關論文發表，可見此技術受產學界的關注程度。

至於信維通信副總裁 Dr. Howard Liu 則在產業領袖論壇指出，透明天線的設計應至少兼顧光學特性、RF 特性（阻值、電性等）、製程與成本等要素，「但這仍是目前極具挑戰的一項新技術」。

### 毫米波與太赫茲天線的波束掃描與多波束功能

波束掃描與多波束技術已被提出許久，但這個領域的研究仍然富有活力，持續吸引科研團隊引入創新思維與技術以改善既有效能。今年此主題的論文發表，可以見到天線饋入結構的設計、天線模組製程的創新、後端機器學習演算法的開發，以至量測系統的架建等多面向的研究取徑。筆者發表的文章<sup>[6]</sup>亦聚焦於圓形陣列天線饋入結構的設計。我們引入間隙波導（Gap waveguide）於饋入結構，可大幅減低機械式波束掃描的系統複雜度。令人驚喜的是，筆者所發表論文的參考文獻作者 A. U. Zaman 教授也坐在台下全程聽完報告，並在會後親自前來給予建議。我們也遇到台科大林丁丙教授曾指導過的一位阿爾及利亞籍的研究生，他雖因疫情未竟在台學業，卻仍對在台修業的經驗與生活印象深刻，亦與筆者分享他在間隙波導研究上的心得與經



筆者與指導教授周錫增教授的論文發表：“Conformal Slot Antenna Array Fed by Metal Gap Waveguide/Cavity for Multi-Beam Radiation”

驗。筆者除了見證研討會作為發揮國際研究交流平台的價值，感受到學術中人對研究的無私熱忱外，也透過這個機會牽起曾一度受疫情中斷的連結，為研討會增添了許多人的溫度。

### 大師爐邊講談

#### 大師課：Yahya Rahmat-Samii 教授

AP-S 的大師課於 2023 年邁入第四個年頭，今年邀請來自 UCLA 的 Rahmat-Samii 教授開講，並接受大會對其終生研究與貢獻的表揚。一小時許的演講聚焦在他重要的貢獻：基因演算法（Genetic Algorithm）、粒子群最佳化（Particle Swarm Optimization）與生物生存最佳化（Biological Survival Optimizer）等仿生（bio-inspired）演算法在電磁領域的應用。Rahmat-Samii 教授的研究貢獻不止於論文發表，他的研究團隊也積極推廣其研究成果予學界及業界。其團隊於 2002 年在 AP-S 中發表的論文“Particle Swarm, Genetic Algorithm, and Their Hybrids: Optimization of a Profiled Corrugated Horn Antenna”是 AP-S 在該十年中被引率最高的論文，可見其學術影響力。另今商用電磁模擬軟體廣泛包含的最佳化功能，也是受益於 Rahmat-Samii 教授的研究成果。在天線與超穎表面等研究領域中，仿生演算法早已成為今日相關技術中不可或缺的設計工具之一。



大師課：Yahya Rahmat-Samii 教授

### 產業領袖論壇

( Trends for Future Wireless Communications Devices and how to Design, Manufacture and Measure them – An Industry Perspective )

此論壇聚集電磁相關的產業領袖：來自信維通信與 Intel 等電子元件製造商、MVG 與 Ansys 等模擬軟體與量測商、Kreemo 等新創公司，共同討論未來無線通訊產業的發展，並給予新進研究者們未來職涯與專業培養的建議。

從產業角度出發，產業代表們期勉同學進行設計前，應先通過理論的檢驗；相對的，若認為研究

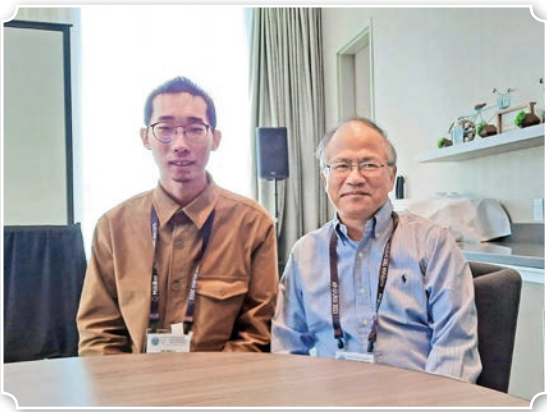
題目無法實現，亦應藉理論推翻其可行性。另外，亦應優先考慮現有製程能力，不要只停留在設計思維，若能兼顧製造上的簡易性及量產的可能性，其研究成果更容易在求職時獲得業界青睞。

承繼從製造出發的觀點，對於未來新興通訊科技發展的展望，代表們皆同意新材料的研發是應該著力推動的領域。而對於高中職以至大專教育，代表們亦期勉學校更重視基礎數學及科學的培養。如基本數學、電磁學、半導體 MOS 的元件物理等，常是代表們面試時向受試者提出的



產業領袖論壇中，來自產業界的代表正回應聽眾的現場提問。





筆者與 Jianming Jin 教授於青年學者職涯發展與成長交流會後的合照。

問題。對於過去十年過分高捧商業與行銷的人才培育策略，「我們正付出代價」，MVG 的研發長 Lars Jacob Foged 如此說。

### 青年學者職涯發展與成長座談 (Young Professionals Career Development and Growth Conversations)

這是 AP-S 大會第二年開設此一交流活動，邀請產學界資深的領袖、專家與教授們，與新進的青年學者們進行桌邊談話。此座談完全不預設任何主題，可由圓桌前的前輩與後輩自由交流。筆者有幸向來自 UIUC 的 Jianming Jin 教授同桌請益。對談氣氛輕鬆活潑，但 Jianming Jin 教授給予的建議仍然大有啟發。AP-S 大會近年努力使研討會容納更多來自產業界的聲音，增加產學交流，以刺激新興技術研發。Jianming Jin 教授亦指出研討會固然是發表與聽取前沿研究的重要場合，但也提供與來自各國的產學專家交流的機會；大會亦特意開設相關座談，便是架設一公開交流的平台，鼓勵業界與學界、前輩與新進的交流，成為此行參與研討會的重要收穫之一。

### 結語

在 2023 年的 AP-S 大會中，我們看見許多前沿的研究成果，有研究團隊競相投入，且尚未定於一尊的新興研究領域開拓；亦有對既存技術的不斷更新與改善，從中亦能發掘前人未及的研究新地，電磁領域富含的研究活力昭昭可見。除了給予國際學人發表研究成果的場合，AP-S 近年也極力推動產學界的交流，並努力搭建具體的交流平台，以促進研究者們的對談與傳承。研究動能藉由研討會的舉辦，在發表的報告與會餘的談話間，不斷迸出思考的火花，推動著電磁研究領域的遠矚前行。

### 個人誌謝

感謝周錫增教授實驗室對筆者赴會的經費補助。本文的撰寫多受張晨毅學長的啟發，然文責概由筆者自負。

### 參考文獻

1. Hsi-Tseng Chou, et al., "Examinations and Modeling of Metal Mesh Surfaces for Antenna-on-Display (AoD) Technology"
2. Irene Wei Huang, et al., "Transparent Uniplanar Circular Polarized Antenna;" Yasuo Morimoto, et al., "An Optically Transparent Antenna on Glasses for 2.4 GHz WiFi" Calvin Chun Hin Ng, et al., "Optically Transparent Antenna on Glass Lens for AR Applications"
3. Muhammad Nawaz Abbasi, et al., "Transparent MIMO Antenna for Closely Spaced Antenna Elements"
4. Nur Biha Mohamed Nafis, et al., "Effect of Array and Substrate Configurations on Transparent Mosaic Frequency Selective Surface"
5. Hsi-Tseng Chou, et al., "Examinations and Modeling of Metal Mesh Surfaces for Antenna-on-Display (AoD) Technology"
6. Da-Wei Li, Hsi-Tseng Chou, "Conformal Slot Antenna Array Fed by Metal Gap Waveguide/Cavity for Multi-Beam Radiation" ■■







## 國際無線電科學聯合會中華民國委員會出席國際學術會議 XXXVth URSI General Assembly and Scientific Symposium

國立中央大學／周求致教授

### 參加會議經過

根據大會提供的資訊，今年 URSI GASS 投稿論文共有 1,622 篇，來自 60 個國家，註冊人數共有 1,444 人，來自 55 個國家，會議規模之大可見一斑。這個會議歷史悠久，第一屆 URSI GASS 於 1922 年在比利時布魯塞爾舉辦，距今已超過 100 年。會議的官方語言為英語及法語，因此在開幕及閉幕時，大會秘書都會用法文講一段話。會議每三年舉辦一次，主旨是回顧最新的無線電科學研究方向，2026 年將在波蘭克拉克夫舉辦，2029 年在新加坡。會議共分為十個 commission，用 ABCDEFGHJK 來區分。根據大會的說法，不使用數字 1-10 的原因是避免讓人感覺 commission 1 是最重要的。而沒有 commission I，由 H 直接跳到 J，也是同樣的原因。十個 commission 沒有重要性的差別，而是根據不同子領域來區分。Commission A 為電磁波量測技術、B 為電磁場論、C 為無線電通信系統與信號處理、D 為電子系統與光子系統、E 為電磁環境與電磁干擾、F 為電磁波傳播與遙測、G 為電離層無線電傳播、H 為電漿、J 為無線電天文學、K 為生醫相關。本次筆者的論文投稿 commission E，在 8/22 進行口頭報告。

會議第一天 8/19 從下午開始，有幾場 workshop 及 URSI School for Young Scientists。第二天 8/20 上午有連續三小時的 scikit-rf tutorial。下午三點開幕式，長達三小時，第一小時主要邀請日本主辦方進行致詞，包括大會主席—日本中央大學小林一哉教授等，除此之外還有北海道州長、札幌市長以及皇太子 His Imperial Highness Crown Prince Akishino 等貴賓皆蒞臨會場致詞。其中，因為皇太子的蒞臨，使得在進入開幕式會場之前，所有與會人員都要進行安檢。



8/20 下午開幕式前，與會大眾接受安檢

跟機場安檢規格差不多，所有液體都要清空，才能進去，並且場內禁止攝影。

開幕式第二階段是播放影片，介紹 URSI 會議的歷史。第三階段是 URSI 主席—Prof. Piergiorgio Uslenghi，以及 URSI 秘書—Prof. Peter Van Daele 等致詞，最後是頒獎典禮。Prof. Uslenghi 年逾古稀，51 年前便第一次參加 URSI 會議，對本會議貢獻卓著，並且和藹可親，是位令人尊敬的前輩。在本屆會議結束後，他也將卸任 URSI 主席之職。



開幕式第三階段致詞

左：Prof. Uslenghi，右：Prof. Van Daele



開幕式第三階段，悼念過去三年中逝世的前輩、學者、URSI 重要人士等，大眾起立默哀



開幕式第三階段：頒獎典禮

會議第三天 8/21 起，有非常多的 technical session、tutorial、general lecture 同步進行。本次會議租借了會議中心共 16 間大小不同的會議室，其中有 12 間經常性的同步進行論文發表。第三天晚上有一個 Young Scientists Party，邀請



8/21 晚上 YS 宴會，來自阿拉伯聯合大公國的 Dr. Hamad Deiban (左二) 上台領獎。右二為 Prof. Uslenghi，右一為 Prof. VanDaele。

YS 獲獎人士參與並頒獎。本屆 URSI 共有 180 人左右申請 YS award，獲獎有 97 位，來自世界各地。在晚宴上，一一唱名上台領獎。

會議第四天 8/22，如同第三天，有大量的論文發表 session。並且當日下午 3 點，還有第一場的海報發表。海報發表的特色是，聽眾可以跟作者進行長時間的深入討論，不像口頭發表只能討論 5 分鐘而已。



8/22 下午海報發表會場



8/22 下午海報發表會場，中央大學電機系林祐生教授與聽眾互動

會議第五天 8/23，上午仍然是許多的論文發表 session。當天晚上是會議的晚宴，大家搭乘巴士，到附近的一間飯店參加。除了聚餐外，晚宴中還進行了學生論文競賽的頒獎典禮，並邀請了日本知名爵士樂團進行現場表演，十分熱鬧。在結束前，也邀請了波蘭某大學的教授，上台介紹 2026 年 URSI 會議所在地的概況，並播放影片，鼓勵大家踴躍參加 2026 URSI GASS。





會議第五天 8/23 晚宴會場



8/23 晚宴會場，學生論文競賽頒獎



8/23 晚宴會場舉杯敬酒

8/23 晚宴會場，Prof. Uslenghi 致詞

會議第六天 8/24，下午有第二場次的論文發表。這個場次中意外看到不少來自台灣的研究成果，令人振奮。



8/24 海報發表，來自中央大學太空系的劉正彥教授（圖右），與聽眾互動

**P. JG-01 Characteristics of Circular Polarized Type III Radio Bursts in the Inner Heliosphere**  
Hsueh-Nien Siao<sup>1</sup>, Yu-Hsiang Yang<sup>1</sup>  
<sup>1</sup> Department of Space Science and Engineering, National Central University, Taoyuan, Taiwan

**Introduction**  
Type III radio bursts, characterized as a fast drift from high- to low-frequency in a dynamic spectrum, are regarded as a remote sensor for both accelerated electron beams and the solar plasma they propagating through by ground-based and a few of space-based observations. Our study shows properties of circular polarized solar type III radio bursts observed by the Parker Solar Probe (PSP) during the first ten orbits. Figure 1. (a) Schematic diagram of the propagation of type III radio bursts. (b) Illustration of the work of PSP.

**Observation**  
We use the Stokes parameters  $I$  and  $V$  where  $I$  is for the total radiation intensity and  $V$  is for the circular polarization to describe the polarization state of EM radiation. Three examples Type III signals have very different polarized patterns shown on Figure 2.  
• Degree of Circular Polarization (DCP):  
 $DCP = \frac{V}{I} > 0$ , Left-Hand Circular Polarization (LHC)  
 $DCP = \frac{V}{I} < 0$ , Right-Hand Circular Polarization (RHC)

**Data Reduction**  
Spectral Measurement: Select the measurement area with pixel values  $I > 0.01 P_{10}$ .  
Processed spectrum:  $P_{10} = \frac{I - \bar{I}}{\sigma_I}$   
Threshold value:  $\bar{I} = I_0 + k \sigma_I$   
Figure 2. Examples of type III radio bursts are observed by PSP. (a) to (c) are dynamic spectra. (d) is for the polarization ratio. Although the change type III bursts are similar at dynamic spectra, they show very different patterns on observation maps.

**Results**  
Event Numbers of Type III Radio Bursts by PSP  
According to Figure 3, there are no type III radio bursts with apparent counter polarized signals in Orbit 1 and 2.  
For polarized type III radio bursts, most of them are RHC polarization, and LHC type III events occur after Orbit 5.  
The number of type III events increases with time. This tendency also is shown in polarized events.  
Figure 5. Bar plot for the event number of type III radio bursts. The red, blue, and green bars are for LHC, RHC, and both polarizations respectively.

**Summary**  
Most of the polarized type III bursts are RHC.  
The probable cause is the preference for EM radiation propagating through space.  
Regardless of the low-cutoff frequency of type III intensity, most of the circular polarization signals are cut off around 1 MHz.  
The possible cause is different conditions of background plasma.  
The distribution of high-cutoff frequency is similar between total intensity and DCP.  
It is possible that the frequency range of observation is limited.  
Maximum degree of circular polarization of most type III appears in high-intensity or earlier than the peak total radiation intensity. This result agrees with the previous studies.

**References**  
1. Sisto, H. et al. (2009), *Astrophys. J.*, 700, 1000-1005.  
2. Mannen, D.E. et al. (2012), *Space Weather*, 10, S02002.  
3. Mannen, D.E. et al. (2013), *Space Weather*, 11, S02001.  
4. Mannen, D.E. et al. (2014), *Space Weather*, 12, S02001.  
5. Mannen, D.E. et al. (2015), *Space Weather*, 13, S02001.  
6. Mannen, D.E. et al. (2016), *Space Weather*, 14, S02001.  
7. Mannen, D.E. et al. (2017), *Space Weather*, 15, S02001.  
8. Mannen, D.E. et al. (2018), *Space Weather*, 16, S02001.  
9. Mannen, D.E. et al. (2019), *Space Weather*, 17, S02001.  
10. Mannen, D.E. et al. (2020), *Space Weather*, 18, S02001.

**Acknowledgment**  
Parker Solar Probe was designed, built, and is now operated by the Johns Hopkins Applied Physics Laboratory as part of NASA's Living With a Star (LWS) program. Concept, architecture, and hardware have been funded by NASA under the auspices of the Parker Solar Probe Mission. The PSP team at NCU is grateful to the National Science and Technology Council of the ROC for supporting this research through grant NSTC107-2311-B-009-B and NSTC110-2311-B-009-B.

8/24 海報發表，來自中央大學太空系的研究成果



會議第七天 8/25，依然是論文發表，沒有其他特別的活動。第八天 8/26，上午論文發表，中午 12 點整進行閉幕式，再次邀請主辦方小林一哉教授、URSI 主席 Prof. Uslenghi、URSI 秘書 Prof. Van Daele 等致詞，並宣告下屆 URSI 2029，將在新加坡舉辦，鼓勵大眾踴躍參加。閉幕式結束後，會議便告圓滿完成。



8/26 閉幕式會場



8/26 閉幕式，大會主席日本中央大學小林一哉教授致詞

以下將摘要幾個筆者在本次會議中聽到的重點，然受限於知識背景，會議中筆者主要聆聽 commission ABE 的論文發表，至於其餘 commission 的內容，像是電離層研究、無線電天文學等，很遺憾無法在此進行彙報。

在 8/20 上午有一場三小時的 scikit-rf 簡介，筆者全程參加。此為一開源（open-source）的 Python 套件，可以用來做許多微波網路的分析、運算、繪圖、資料處理等工作。此套件已經過十年的開發，有一百多位的 contributor，迄今已完成非常多的功能。舉例而言，我們用網路分析儀 VNA 量完一筆資料，通常會儲存成 Touchstone

snp 的檔案格式，這個格式雖然只是純文字，但裡面有一些規範，使得不容易被像是 Excel 的軟體所開啟。商用軟體如 ADS、Designer、Matlab 等，雖然可以進行讀取，但因其商用的性質，使得研究者或學生不容易在任意一台電腦上使用。有鑑於此，scikit-rf 裡有完整的函式，可以進行 snp 的讀取，將 S 參數檔案儲存成 numpy array 的資料格式。並且讀取完畢後，還可進行 S 轉 Z、S 轉 Y、參考阻抗轉換、頻域轉時域、S 參數繪圖、Smith chart 繪圖、網路串接（cascade）等功能。更重要的是，scikit-rf 裡有許多進階的功能，特別是校正方面，諸如 TRL、multiline TRL、SOLT 等，均有對應的函數，使用者只須將對應的 snp 檔案一一讀進 Python 中，便可呼叫這些函數進行校正。相較於傳統的作法，這種方法的好處是保留了原始的 snp 資料。傳統上，很多研究者通常是使用 VNA 內建的校正功能：在 VNA 上開啟校正的頁面，逐一量測 calkit，量完後點選校正，然後開始量測待測物（DUT）。此時 VNA 畫面上顯示的，就是經過校正運算後的結果，而非 VNA 原始量到的結果。此時使用者點選資料儲存時，同樣也是儲存校正後的結

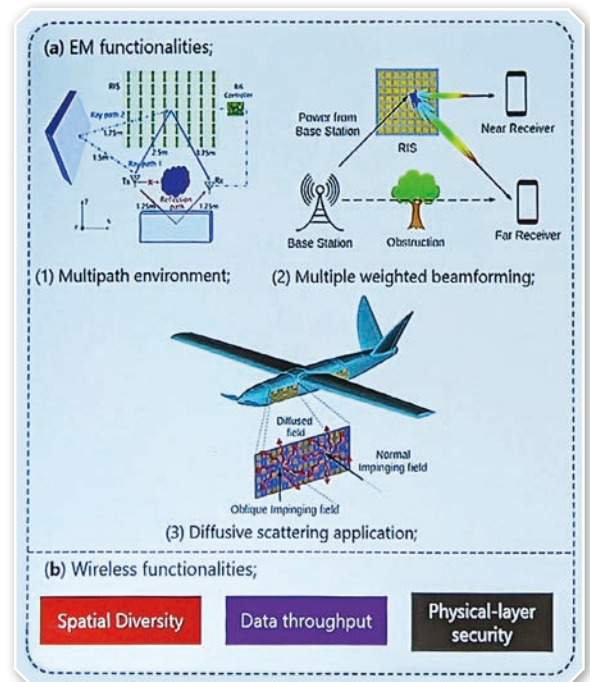


果。因此傳統的作法會失去 VNA 原始量到的 S 參數，如果該原始資料中具有重要的資訊將無法取得，這是一個很實務的問題。相對的，scikit-rf 的作法是，先將 VNA 原始量到的 S 參數匯出，然後在 Python 內進行 offline 校正，如此便不會失去原始 S 參數。除此之外，有些 VNA 上的校正選項，是需要付費的，而如果使用 scikit-rf 的話，便可省去這筆額外的開支。本次 tutorial 的教材，可於以下網站下載 [https://github.com/scikit-rf/scikit-rf\\_workshop](https://github.com/scikit-rf/scikit-rf_workshop)

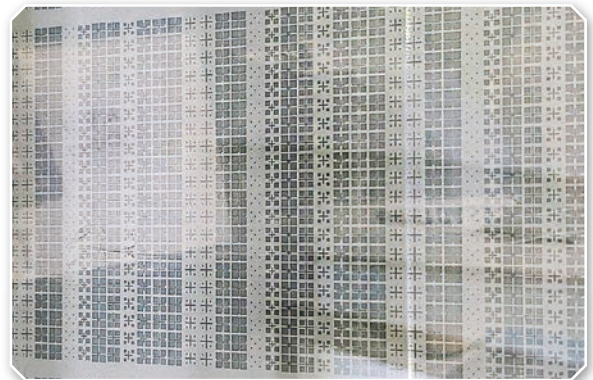


8/20 筆者與 scikit-rf 的報告者，同時也是該組織現任的總召—Dr. Julien Hillairet 合影

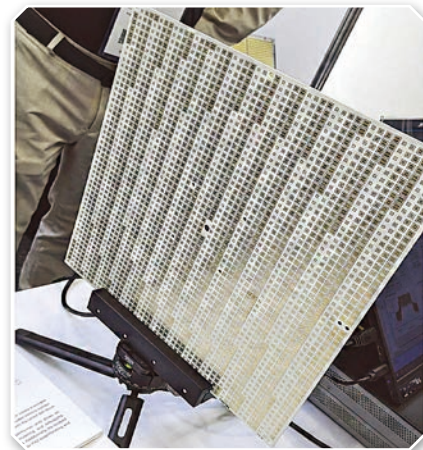
本次會議有一個主題不斷的出現，就是 meta surface，或是 reconfigurable intelligence surface (RIS)。不論是 oral、poster，甚至現場業界展示，都看的到 RIS 的身影。這項技術在歐盟被列為 B5G 乃至 6G 行動通訊的關鍵技術之一，因而近年來被大量研究。在本次會議中，台灣亦有數篇關於 RIS 的論文發表。其概念是透過設計週期性或近似週期性的微小結構、或者結合主動元件、使用時變元件 (time varying)，以達到違反斯乃爾定律 (Snell's law)、違反互易性 (reciprocity)、違反線性 (linearity)、違反非時變 (time invariant) 等特性的效果，進而實現特殊的應用，例如實現波束成型以減少毫米波通訊的通道損耗、自主方向掃描、遠距 RFID 等，而其中又以減少毫米波通訊的通道損耗為特別重要的應用。



來自 UIUC 的報告，簡述 RIS 的幾個關鍵應用



會議現場某企業展示的液晶 RIS



會議現場某企業展示的 PCB metasurface，可將正向入射的 28 GHz 電磁波改以 30 度的方向反射回去





8/24 台科大廖文照教授在會議中報告使用堆疊 FSS 實現 RIS 的技術



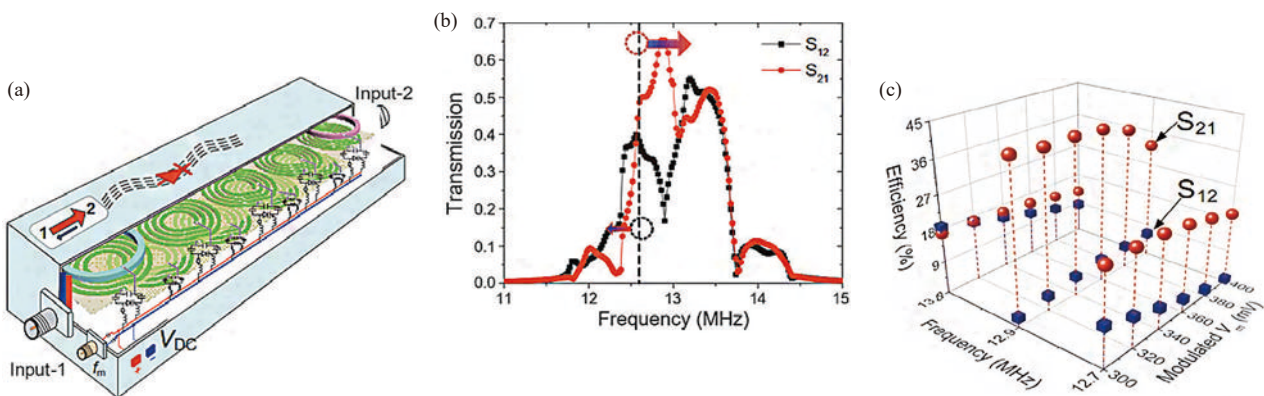
8/25 來自中正大學的同學報告其 RIS 的研究

在 RIS 的設計中，通常會使用以下元件其中之一：varactor diode（可變電容，可連續調整電路特性）、pin diode（on/off 兩種 state，非連續調整）、MEMS（機械式調整）、liquid crystal（連續調整）。用作反射面應用時，通常會遇到

reflection loss 的問題，以及如何實現 360 度相位控制的問題，這是當前 RIS 設計的一大挑戰。

RIS 在實作上，因為需要主動控制，所以除了電路板結構以外，都會有額外的線路提供偏壓控制。偏壓電路的設計，成為了 RIS 設計的另一挑戰。

還有一類的 RIS，是利用時變偏壓以產生時變電路的特性。先想像一個理想化的實驗：假設電磁波在均勻介質中以平面波的形式往 +z 方向傳遞，如果在  $z = 0$  的地方有一個不連續面，則會產生反射波往 -z 方向傳遞，以及透射波繼續往 +z 方向行進，這是眾所周知的現象。然而假設整個空間都是均勻介質，整個空間只有往 +z 方向傳的平面波，然而在  $t = 0$  的時候，整個空間的介電係數全部一起改變，例如由  $\epsilon = 3$  全部一起變成  $\epsilon = 15$ ，則此時為了滿足 Maxwell equations，空間中會自動產生往 -z 方向傳的電磁波，同時往 +z 方向傳的波也會有所改變。在這個假想實驗中，空間是均勻的，因此電磁波的「反射」並不能歸因於某一個空間上的 boundary，所以科學家們稱這個現象為 temporal boundary，這是時間上的 boundary condition 導致的反射。類似這種在時間上做變化的技巧，可以實現許多應用，例如 coating、temporal effective medium、temporal aiming 等。這是近年來相當新穎的研究。



(a) Schematic of the MIWs waveguide using time-modulated metamaterial. (b) Transmission of the waveguide with time modulation at 554 kHz and amplitude 400 mV. (c) Transmissions as a function of the modulated amplitude.



### Advantage and Problem of IRS

- Promising alternative to phased array antennas
- Promising reduction in cost, weight and power consumption, no need for phase shifters or expensive transceiver modules
- Used devices for IRS
  - Varactor diode (continuous phase, but limited for low frequency)
  - Pin-diode (1-bit phase, but having harmonics, reflection loss)
  - MEMS (continuous phase, but expensive)
  - Liquid Crystals (continuous phase, but reflection loss, agility)
- Common problem of IRS
  - Gain reduction due to phase quantization and reflection loss
- Desired characteristics for LC-IRS
  - Phase change > 360 degree for wide angle beam scanning
  - Low loss, high agility

日本東北大學的簡報，摘錄 RIS 設計的幾個重點

### Developed 1-D LC-IRS for 40 GHz band

Operating freq.: 40 GHz band  
LC-IRS for 1-D beam scanning in E-plane

日本東北大學的研究，使用液晶實現 RIS，圖為其量測架構

### Simplified Equivalent Circuit Models for Waveform-Selective Metasurfaces Responding to Repeated Pulses

Ryoko Miyamoto, Aham A. Farhan, and Hiroo Wakabayashi  
Department of Engineering, Nagoya Institute of Technology, Japan

- Introduction
- Assumptions
- Equivalent circuit models for a single pulse
- Equivalent circuit models for repeated pulses
- Time constants
- Time-domain responses
- Conclusion

名古屋工業大學的 RIS 研究，其 unit cell 為 rectifier 整流器，搭配電容或電感。對於電容式的 RIS，當脈衝信號的寬度夠長時，電容會充飽電，導致電流不再能流動，因而電磁波可以自由穿透這個 RIS；當脈衝信號的寬度很短時，因為電容沒有充飽電，所以電流可以自在流動，進而產生反射波，阻擋電磁波的穿透。因此這是一個「波形選擇 metasurface」。電感式的 RIS，其操作正好相反，低脈衝寬度的信號可以穿透，而高脈衝寬度的信號會被反射。

### Carleton University Mechatronic System Overview

### Carleton University Beam-steering Examples (2)

- Single beam-steering, uniform magnitude
  - Amplitude is uniformly changed to achieve max. -3dB, -10dB, and min reflection
  - Wrapped displacement gradient sets phase gradient for beam-steering... Sawtooth profile results
  - Beam-steering up to 50° performed; SLL > -10 dB for  $\theta_s \leq 40^\circ$

來自加拿大 Carleton 大學的 RIS 設計，使用微機電控制每個反射條的高度，實現不同  $\phi$  方向的反射波。目前是 1D 的設計，所以僅能改變  $\phi$  方向。相較於純電控制的 RIS，機械控制的 RIS 在反射波方向的調整上，更為簡單且 robust，而其缺點為反應時間較長、且 RIS 的厚度較大，不易縮小化。

### Experimental Setup

Wireless integrated system laboratory

來自韓國慶熙大學的報告，在 RIS 上嵌入 varactor diode，然後加上正弦波偏壓，使得 RIS 變為時變電路，以實現非互易性電路 ( $S_{12} \neq S_{21}$ ) 的特性。

**Time-Varying Metasurfaces for Target Recognition**  
 URSI GASS 2023  
 Xiaoyi Wang, Zhen Wang, and Mei Song Tong  
 Tongji University, Shanghai, China  
 Email: xiaoyiwang@tongji.edu.cn

**I. Background**  
 Definition: Recognize targets using signals scattered from targets.  
 Applications: Air traffic control systems, Enemy warning radar systems, Military Radar (Defense Systems), etc.  
 Classification: Cooperative and Noncooperative (Depending on whether communication links are established between observer and target).  
 Time-Varying Metasurface:  
 - Drawing: L1 system standards  
 - Non-Time modulating Position  
 - Frequency Modulation  
 - Frequency Modulation  
 Target Recognition Based on Time-Varying Metasurface:  
 - Frequency Modulation  
 - Strong discrimination & Ambiguity orthogonality  
 - Noncooperative target recognition with the feature of nonreciprocal target recognition.

**II. Metasurface Design**  
 Metasurface Unit Cell  
 Side View: Metal Layer, Dielectric Layer, Substrate, Ground Plane, Feed Line.  
 Top View: Metal Layer, Dielectric Layer, Substrate, Ground Plane, Feed Line.  
 Amplitude & Phase Responses  
 Amplitude Response:  $|S_{11}|$  vs Frequency (GHz).  
 Phase Response:  $\angle S_{11}$  vs Frequency (GHz).

**III. Experimental Results**  
 Single Target: Received Waveforms, Transmitted Waveforms.  
 Multiple Targets: Received Waveforms, Transmitted Waveforms.  
 Amplitude Response:  $|S_{11}|$  vs Frequency (GHz).  
 Phase Response:  $\angle S_{11}$  vs Frequency (GHz).  
 Detecting Target (Received Power @ 6 GHz) vs Frequency (GHz).  
 Other Factors to Improve Detecting design:  
 - Improved Antenna Design  
 - Improved Metasurface Design  
 - Improved Metasurface Array  
 - Improved Metasurface Structure  
 - Improved Metasurface Material

**IV. Conclusions**  
 The proposed Time-Varying Metasurface: Strongly discriminative, Strongly orthogonal, Mutual orthogonality. Target Recognition Metasurfaces: To with Features of cooperative TR.

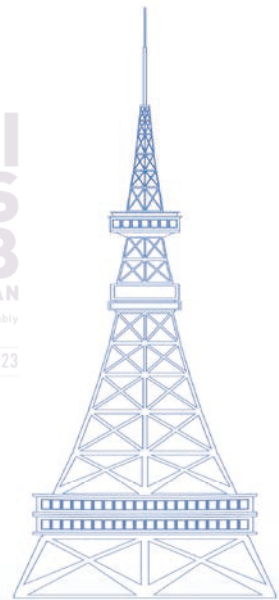
來自上海同濟大學的 RIS 研究，利用在 RIS 上加上 pseudo noise (PN) 偽隨機信號的偏壓，實現長距離目標偵測的應用，類似於 RFID。其具體作法是：每個目標物件上有一個 RIS，並預先分配好一組 PN 碼，每個物件各自用自己的 PN 碼來調變 RIS。多個物件同時處在一個區域內，遠處有一個弦波產生源，往這個區域打進來，打到 RIS 上產生反射，然而由於每個物件的 RIS 被用各自不同的 PN 碼進行調變，因此導致反射波同樣被 PN 碼調變，此時遠處的接收機便可將收到的信號，根據預先分配好的 PN table 進行解調，如果哪一組 PN 碼解調出來的信號強度很大，便可知道該物件存在於目標區域之內，反之表示該物件沒有出現。這種方式類似 3G 行動通訊所使用的展頻技術。

## 與會心得

古人有云：「學然後知不足」、「讀萬卷書行萬里路」、「獨學而無友則孤陋而寡聞」，參加國際會議，深有其感。這次日本是主辦方，並且 URSI 日本支會亦已成立 100 年，故日本各大學精銳盡出，在本次會議大大小小的 session 中，幾乎都可看到來自日本的研究報告。筆者在這次會議中，得到一個觀察：日本很重視數值方法。在多場報告中，都可見到他們使用各種理論分析，然後搭配自己撰寫的數值方法以解決問題。他們並不依賴商用電磁模擬軟體。這點值得我們借鏡。

筆者多年前，曾多次與台大物理系已故林清涼教授請益，林教授早年曾留學東京大學，深知日本之科學教育，回台任教後，時時感嘆台灣的科學教育沒有生根，並且始終無法擺脫對外國技術的依賴。筆者這次參加 URSI 會議，才略能體會林教授的感受。例如前文介紹過名古屋工業大學的研究，該大學在日本排名 35~40 之間，日本人口一億兩千多萬，為台灣的五倍，換算下來，對應台灣排名 7~8 的學校。然而該場報告，筆者曾親自與其作者聊過，深感他們的學養，與台灣首屈一指的台灣大學研究生不相上下。由此可見兩國的科學教育，確實有一段差距，這點也許值得我們教育工作者以及年輕學子們深思。■

URSI  
 GASS  
 2023  
 SAPPORO, JAPAN  
 XXXVth URSI General Assembly  
 and Scientific Symposium  
 August 19 (sat) - 26 (sat), 2023  
 Sapporo Convention Center







## 耀睿科技股份有限公司

聯盟特約記者／李金鴻

隨著 5G 時代的到來，通信領域正在經歷一場巨大變革，最引人注目的是 5G 與 O-RAN 的結合。5G 帶來高速、低延遲和多連接等特性，而 O-RAN 則是重新構思了網絡架構，打破了傳統框架，創造了更具競爭性的市場，降低了成本驅使技術創新。5G 的高速能力和 O-RAN 的靈活架構相得益彰，驅動著智慧城市、工業自動化等多領域應用的蓬勃發展。這種結合不僅是技術層面，更象徵著通信領域的改革，將引領我們邁向更連接、開放且充滿創新的未來。

耀睿科技是台灣第一家使用基於 O-RAN 的測試規範和技術並提供跨學科擴展和集成服務的 O-RAN 實驗室。作為第三方測試實驗室提供服務。開放無線網絡測試、信息轉換集成與測試以及 O-RAN 驗證等方面的服務。



### 關於耀睿

耀睿科技是亞洲首座獲國際 O-RAN 聯盟（O-RAN Alliance）認證的測試機構。耀睿致力於加強 5G O-RAN 產業生態系統，並協助設備製造商順利進入 5G 開放網路的國際供應鏈。在國內搭建了一個完整的測試環境，包括 OTIC 實驗室、資安實驗室以及 ESG 永續環境部等。為產業夥伴打造一個完整的測試平台，以協助確保產品品質、互通性和穩定性，同時推動 5G O-RAN 技術的發展及廣泛應用。



## 驗室參觀

在第一階段的講座介紹結束之後，緊接著由徐靜儀副總開始帶領參訪教授以及學生們前往耀睿的實驗室進行參觀，並由耀睿各部門的專業技術人員向參訪教授及學生們進行介紹及討論。在參訪過程中，參訪教授以及耀睿的工作人員針對其專業領域進行熱烈的討論與交流。

## OTIC 實驗室

開放測試與整合中心（OTIC）是專為進行 O-RAN 技術測試和整合而設的設施。在 OTIC 實驗室中，能夠進行各種測試，包括 O-RU 測試、端對端測試和互通性測試等。耀睿的 OTIC 實驗室提供了專業的環境和資源，以確保測試的準確性和可靠性。

### O-RU 測試

O-RU 測試能夠藉此確保無線單元（O-RU）在 O-RAN 架構下的長時間運行中，能夠維持穩定的互操作性和功能。耀睿對 O-RU 的硬體和軟體進行嚴格的驗證，並在不同的操作情況下進行測試，以確保其性能在不同情況下的一致性。這有助於保證 O-RU 在 O-RAN 網絡中的可靠運行，為用戶提供持續的高品質無線連接。

### 互通性測試

在互通性測試方面，耀睿通過交叉測試不同供應商提供的 O-DU 和 O-CU 元件。這些測試能確保來自不同供應商的 O-DU 和 O-CU 能夠無縫地協同工作和通信，實現整個 O-RAN 生態系統的互通性。

### 端對端測試

端對端測試是對 O-RAN 架構內各元件的廣泛測試，以確保系統在多種情境下的穩定性、性能、安全性和可靠性。這項測試工作包括嚴格驗證元件的協同作業能力，測試系統在不同負載下的表現，評估系統的安全性，進行故障排除，以及有效的系統管理。通過這一系列測試，耀睿確保 O-RAN 能夠提供卓越的無線通信體驗，並完全



符合其預定的設計目標。這一測試過程的成功實施，有助於 O-RAN 在不同應用場景下都能夠如預期地運行，為用戶提供持久且高品質的通信連接。

## RAN 智能控制器 (RIC)

RIC 能即時監控網絡、調整參數優化效能、優化無線資源配置、支援各種應用需求，並處理網絡故障，確保網絡的穩定性。透過智能化控制，RIC 提升了 5G 網絡的整體表現。耀睿將繼續以 5G 規格 / 標準以及自動化為目標，不斷提升測試量能。



## 資安測試

耀睿也提供資安整合測試服務，資安服務範疇包含終端設備資安測試、5G 網路資安測試及網路應用諮詢與顧問服務等，其 O-RAN SCAS 是基於 TS 33 501、TS 33 511 與 TIFG E2E 協議來完成標準測試，可以提供其他公司 MAS 行動 APP 做資安檢測以確保安全性。耀睿以網路安全為基礎，繼續研究 B5G、6G 和 AI 的發展。





## 活動結尾

本次參訪台灣電磁產學聯盟教師，包括台灣大學吳瑞北教授、鄭宇翔教授、中國文化大學李克怡教授以及澎湖科技大學鍾慎修教授。在活動的尾聲，徐靜儀副總以及耀睿同仁與學生們分享了許多有關業界和就業的寶貴經驗，耐心解答了許多就業和不同公司之間制度等相關問題，為學生們提供了寶貴的指導和建議。他們的分享不僅豐富了學生們對於就業市場的了解，也讓學生們更加清楚地理解不同公司之間的差異。

通過耀睿同仁的介紹，我們對耀睿科技這家新興企業有了更深入的了解。他們的熱情、實力以及對創新的追求令人敬佩。雖然公司年輕，卻已在業界嶄露頭角，更成為亞洲首家獲得 O-RAN 聯盟認證的實驗室，並且主辦 Plugfest 插拔大會，充分凸顯了他們的實力和影響力。相信他們將在無線通訊領域取得更多傑出成就，為整個行業帶來更多的創新和突破，同時向全球展現台灣的實力。■ ■ ■





■ 人物專訪 ■■■

## 專訪 台大電信所所長 周錫增

# 創業，就是創造學生的價值

聯盟特約記者／李律儀

台大電信工程學研究所所長周錫增，也是電機系系友。從學術研究、教職，到參與價值創業，周錫增分別利用職涯階段的「三個十年」，將各領域的目標一一實踐。笑稱自己是「宅男」、「學術孤鳥」和「窮爸爸」的他，是如何做到的？本期電磁聯盟通訊季刊，有幸邀請到周錫增，與讀者分享他近三十年職涯間的產學互動經驗，以及研究路上的所思所感。

採訪當天，周錫增穿著一件白色運動衫，左胸前的口袋上方印著一架碟型天線，天線上則坐著一位正在看書的男子。我甚感好奇，於是向他詢問這件衣服的來歷。

「這是我們實驗室的『室服』，這個胖胖的就是我！是我的學生設計的。」他指著衣服上那位坐在天線上的男子笑著說。誰會想到，這位相貌和藹、談吐幽默的老師，也曾是實驗室裡令學生敬畏三分的司令官。



基礎的東西學好

路才走得遠





## 懷著科學家的初心，一路向上

1997年，周錫增完成美國俄亥俄州立大學電機系博士學業，回到台灣任教。一走進實驗室，他便指著門口處說：「這個位置留給我。」隨後，他將自己的座位搬入，然後坐下。往後的每天，學生們全都自動自發，準時至實驗報到。在他的管理下，學生們大多用兩年的時間，就能完成畢業實驗和論文。

在周錫增還是學生的年代，求學生活相對單純。「當時跟著教授做專題也沒像現在這麼普遍。我們到大二才有一台組裝的電腦，就是IBM PC，上機都要去計算機中心打卡。真的是『打卡』，拿卡片打洞。」他自嘲自己是「死讀書的宅男」，其實就是心無旁騖地向學，一邊在這種刻苦的過程中自得其樂。

「因為我們從鄉下出來念書，一直有『要成功』的壓力。大家對你的期許是很高的！」周錫增說，他來自彰化鄉下，即使考上台中一中，還是覺得「台大」二字，是遙不可及的目標。

「你知道台大電機到現在都還是第一名（二類組第一志願）嗎？對高中生來講，這個目標是非常有挑戰性的。想讀電機領域的，反而會優先考慮台北工專。」不過另一方面，尚不諳世事的孩子們，在資訊不流通的環境下讀著楊振寧、李政道等人榮獲諾貝爾獎的故事，「科學家」於是成為他們少數知悉的志願。天真的理想和家鄉的期待，就這樣將周錫增一路帶往學術的路上。

從台大電機系畢業後，周錫增順著大學時期累積的學業成就，以及想成為科學家的初衷，遠赴美國俄亥俄州立大學繼續攻讀電機工程碩士與博士。俄亥俄大學的電機系以國防科技研究聞名，最炙手可熱的組別當屬研究天線的電波組。儘管周錫增在保守考量之下，先申請了較容易錄取的通訊組，但他入學後馬上找到機會，跟著電波組的教授投入自己熟悉的電磁基礎理論研究，因此逐漸往電波領域靠攏。

「後來我滿感激當初的選擇，因為理論的部分研究扎實後，去做天線很容易。尤其現在天線愈來愈複雜，需要很深的電磁理論。到現在，那

些概念我都可以自己創造，再用軟體模擬、確認特性，最後交給學生實作出來就好。」周錫增頗為自豪地說。若非經過深厚的學術積累，是無法有如此的自信。從這點也能看出，周錫增的學術之路走得篤定而踏實。

## 當個垂釣者，而不是隨波逐流的魚群

在當時，海外的博士生畢業後，大抵會選擇回到學校從事教職。不過周錫增完成學業歸國的千禧年前夕，恰逢台灣的產業轉型期。資訊通信產業蓄勢待發，台積電、聯發科、昇陽等半導體公司接連成立。配合產業發展，大學電資學院的教師員額隨之增加。周錫增因此面臨了職涯選擇的交岔路口。

「那個時候如果去業界，剛好就能碰上產業分紅、配股，一下子就可以退休去了。」周錫增再看看他親手帶出來的畢業生，一個個投入企業的懷抱中，身價已不可同日而語。「那本《富爸爸，窮爸爸》裡面，窮爸爸就是在學校教書的教授！」周錫增有些誇張地表現出扼腕地樣子，但他其實從未後悔過。

周錫增說，待在大學做研究，有個在哪也比不上的優點：自由。看著同儕、學生隨著企業飛黃騰達、風生水起，卻難有工作任務上的自主性，他不禁感念校園的學術自由。在學校裡，他能夠將興趣和研究結合，並超越產業務實的眼界，更前瞻地思考未來的科技趨勢。

「美國不是冬天湖面都會結冰嗎？有人就去研究雷達，看魚群到哪裡聚集，就在哪邊挖洞垂釣。」周錫增舉例。他自己也像這樣的垂釣者，總是饒富興味卻冷靜地看著名為「產業」的廣大湖面，思考以自己的長才，該用什麼角度「破冰」。從興趣、觀察，到著手解決問題，是科學的本質，也是他的志業所在。

周錫增在俄亥俄州大學，專攻電波和衛星的研究。但他歸國那時，台灣的產業仍以基礎通訊設備的製造為主，業界發展的都是非常簡單的天線結構。周錫增對熱門的產業從未趨之若鶩，仍堅持鑽研基礎的電磁學理論。

周錫增將自身的研究職涯劃分成三個十年，每十年為一個階段。第一個十年，周錫增在冷門的領域中，努力從助理教授一步步升等，同時背負家庭責任與經濟壓力，箇中辛酸不言可喻。直到第二個十年，他的衛星研究成果陸續被企業看見，這才獲得較多合作機會。周錫增說，當時台灣 70% ~ 80% 的衛星天線產業，都與他有過合作關係，他認為，這是獲得業界信任的證明，也讓他學術界有了底氣和影響力。

「我當初都被叫『孤鳥』，已經被叫了二十年。」周錫增笑著說。但就在下個十年，終於輪到這隻「孤鳥」大鳴大放了。

### 舊瓶裝新酒？「天線」的時代來臨了嗎？

想像你在超市購物，看到一個貼上「天線」標籤的瓶子，你期待裡面裝著什麼樣的技術和產品？我望了望周錫增衣服上，那位男子乘坐的碟型天線，這大概就是對天線最原初的想像。周錫增點了點頭，起初的天線就只是講究在外型上做變化，以符合特定的功能要求。因此，台灣傳統的天線製造，並不需要太艱深的技術。

隨著半導體產業的發展，「天線」又再度進入產業界的視野。周錫增指出，隨著技術的發展與產業的連結加深，天線技術和半導體技術逐漸匯流，兩邊的人才相互流動的機會也出現了。

「這兩年對做天線的人來講，有點揚眉吐氣。至少人家講技術瓶頸、講應用的時候，都會把天線拿出來講，當作開端的兩個字。」舉凡正式邁入應用階段的 5G 射頻，以及在研發路上方興未艾的低軌衛星，都是「相控陣列天線」的技術範疇，也是周錫增熟知的名詞。

只是，周錫增也發現，此時「天線」二字竟成了代名詞。業界所謂的「天線」，其實是一套系統，裡面包裝著晶片、半導體、封裝等技術，就像一個寫著天線的瓶子，其實內涵與大家過去認知的傳統天線已截然不同。

但光是這個契機，就足以讓「天線」領域再度受到重視，學生的參與動機也隨之提升。雖然主導產業發展的領域還未可知，可以想見的是，

愈博通各方技術的人才，優勢就愈大。周錫增勉勵學生，在各項技術匯流的時代，鞏固理論基礎反而更重要。尤其產業趨勢瞬息萬變，不可能一味地追著流行趨勢跑。這是周錫增的親身體會。「基礎的東西學好，路才走得遠。」

### 拒當廉價勞工，讓老師帶你創業去！

隨著學術知識產業化的腳步加緊，提供了學生們直接將研發能量投入創業的機會。周錫增說，以往在學校與企業推動的產學合作計畫中，學生能獲得的薪資其實不高。「業界對學校很『摳』！可能一年只給學生六萬塊，把學生當工讀生。」

另外一種常見的產學合作，是由企業主辦的競賽活動。學生在競賽中紛紛提出技術構思，幸運獲得青睞的話，便能贏得獎金。但周錫增並不鼓勵學生參加這種類型的競賽。「去參加競賽，得個名、拿個幾千塊的獎金，idea 就不見了。」看見企業對學生的剝削，讓周錫增強烈希望為學生創造更能發揮其價值的機會。

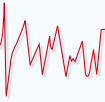
「業界看到的只是一個學生，但他背後有整個團隊在 support。」因此，他除了積極為學生爭取到正職員工的薪資，同時也開始帶著學生創業。

大約在十年前，第五代行動通訊（5G）的相關技術開始如火如荼的發展。除了企業積極跳入產品生產外，留在學界的周錫增和同儕也注意到這個機會。問題在於：什麼樣的技術方向，才是當前的社會需要的？

周錫增敏銳地思考到台灣的產業現況，主要是負責國際生產鏈上的代工環節，因此他認為：「生產線是最重要的。」只要產線技術扎實，就能縮減生產成本，增加自身在國際分工上的區位優勢。

從這個構想出發，周錫增率領學生，投入生產線自動檢測技術，最後誕生的，就是「Ohm+ Fast」演算法。這是一種群測技術，可協助廠商在短時間內大量檢測生產線上的積體電路（IC）品質。檢測到品質異常的 IC 時，Ohm+ Fast 還有陣列天線模組的校正技術，透過強化其他正常





IC 的效能，讓通訊系統可以順利運作。

曾任台大創意創業學程主任的陳良基，於 2017 年接任科技部長。他在任上積極推動價值創業計畫，也就是讓學術界累積的知識與技術，可以透過創業的模式轉換成產業價值。周錫增便順勢將技術與學生「打包」，成立「歐姆佳科技股份有限公司」。今年，他更帶領第二個學生團隊創立了第二家企業「創威訊科技股份有限公司」，從事主動陣列天線之相關產品，應用於低軌衛星通訊系統。

「我們等於是站在風口浪尖上，大家也都在觀望這項技術。」周錫增說，愈來愈多企業也在思考轉型，因此會主動尋求新的技術。歐姆佳群測技術的出現，帶動企業從產品邏輯轉向生產邏輯。可以說，周錫增與學生們開創了一條「需求」的通路。如果學界的技術和企業的需求能夠順利媒合，新創發展的機會就愈大。

### 當下一隻產業領頭羊

歐姆佳的成功，讓學生們多了一點信心，實質的收穫則是公司的股份。在業界豐厚薪資的誘惑下，創業獲得的成就感和每年的紅利，是支持學生創業夢想的動力。儘管長遠的發展仍是未知數，但周錫增認為，這個過程值得學生嘗試，至少獨創的技術不會輕易被帶走，而能夠為產業的主導者。

這是周錫增的教育目標：過去台大電機培養的是工程師領袖；現在，他希望學生能成為產業的領袖。「而且創業的過程滿好的，因為你可以看到很多學習過程看不到的。去上班，基本上是人家幫你鋪好的路；但創業出去是連掃地都要自己弄！所以你所看見的層面和去就業是完全不一樣的。」

聽起來，創業的過程確實步履維艱，「但至少你創業下來的東西是屬於你自己的。」周錫增說，這就是創業最大的好處。

周錫增總結自己的職涯三階段：第一個十年必須先在研究上站穩腳步；第二個十年，開始累積學術知識、聲譽和人脈；等到條件充足了，他

便將前期收穫的資源投入實務，以知識和技術兌換價值。

創業的過程也是如此。不過他帶著學生創業，能陪伴學生度過最辛苦的前十年。他不斷灌輸學生：「公司如果做起來，你們是第二代，等到你們做起來了，老一代的創業家也都退休了，你們會變成中流砥柱。」至於老師呢？周錫增說，「學校老師就只有四個字：『引以為傲』！」

在這段過程中，周錫增也與學生培養出更彈性的相處模式。在近三十年的教學生涯中，他看見了世代的轉變，自己的教學心態也隨之調整，不再一字一句的嚴格下指令，而是從善如流，鼓勵學生的創意。像是他身上這件「室服」，就是學生在出遊活動中提議的。他說，畢竟共事的時間很長，信任關係的建立很重要。

可是無論哪個世代，都會經歷理想和現實的拉扯。「你喜歡什麼，就去研究什麼。你想想，這是你過三、四十年的人生！」這是周錫增給每個學生的忠告。「你想要四十年，就在公司調那幾個參數嗎？」■

### 周錫增所長 簡歷

#### 現任

國立台灣大學電信工程學研究所所長  
國立台灣大學物聯網研究中心主任  
歐姆佳科技股份有限公司創辦人與董事  
創威訊科技股份有限公司創辦人與董事  
5G 射頻產業技術聯盟大型與高增益天線技術中心負責人

#### 學歷

國立台灣大學電機工程學系學士（1988 畢業）  
美國俄亥俄州立大學電機系碩士（1993 畢業）  
美國俄亥俄州立大學電機系博士（1996 畢業）

#### 經歷

元智大學通訊系教授（1998-2015）  
國立台灣大學電信工程學研究所特聘教授（2015）  
榮獲 2020 年科技部未來科技獎



奇景光電股份有限公司 (納斯達克代號: HIMX) 設立於 2001 年, 為一個專注於影像顯示處理技術之 IC 設計公司。本公司係全球顯示器驅動 IC 與時序控制 IC 領先廠商, 其他產品並包含觸控面板控制 IC、觸控與顯示驅動 IC 整合型單晶片、AMOLED IC、LED 驅動 IC、電源管理 IC、監視器及投影機控制晶片、擴增實境裝置和汽車抬頭顯示器使用的矽控液晶光閥 (LCoS) 微型投影解決方案等。奇景光電亦提供 CMOS 影像感測器、晶圓級光學鏡頭、3D 感測及超低耗 AI 影像感測, 這些產品已被廣泛地應用在手機、平板電腦、筆記型電腦、電視、網路攝影機、汽車、保全、醫療器材、家電及物聯網等。

奇景光電總部位於台灣台南, 員工人數約為 2,200 人, 分布於台南、新竹、台北、中國、韓國、日本與美國。至今為止, 奇景光電在三大洲已取得超過 2,800 項專利, 產品應用於全球各種消費性電子品牌產品, 技術領先並維持影像顯示處理技術半導體解決方案領導廠商的地位。



總公司-台灣台南  
全球9個研發中心  
26處辦公室  
台灣、中國、日本  
韓國、德國、美國



創立於 2001  
NASDAQ: HIMX  
(2006年3月上市)



200+ 全球客戶群  
台灣、中國、日本  
韓國、美國、歐洲



2,200 全球員工  
90% 工程相關人員  
2,872 全球專利  
380 專利核准中  
(截至2023/6/30)

職稱	工作地點	科系	工作內容
位 IC 設計工程師	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 台北</li> <li>■ 新竹</li> <li>■ 台南</li> </ul>	電子/電機工程相關科系	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Develop and implement the timing controller of TFT-LCD panel or relative functions/algorithm</li> <li>3. 對 MOBILE(手持裝置)驅動晶片的數位 IC 設計工作有興趣者</li> <li>4. 觸控 IC, TDDI or 指紋辨識 IC 開發經驗</li> <li>5. MCU or DSP IC 開發經驗</li> </ol>
類比 IC 設計工程師	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 台北</li> <li>■ 新竹</li> <li>■ 台南</li> </ul>	電子/電機工程相關科系	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. SERDES CMOS Circuit Design ( HDMI,DisplayPort, or USB3.0 ).</li> <li>2. All Digital PLL Circuit Design.</li> </ol>
系統硬體設計工程師	<ul style="list-style-type: none"> <li>□ 台北</li> <li>□ 新竹</li> <li>■ 台南</li> </ul>	電子/電機工程相關科系	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. LCD 驅動 IC 驗證</li> <li>2. 驗證系統開發</li> <li>3. 客戶 design in 問題解決</li> <li>4. FPGA 平台開發與 RTL 驗證</li> <li>5. IC 之規格訂定</li> </ol>
IC 系統應用工程師	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 台北</li> <li>■ 新竹</li> <li>■ 台南</li> </ul>	電子/電機工程相關科系	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. IC 之規格訂定與驗證</li> <li>2. 具備 C# 或 C++ 能力, 以開發 IC 驗證軟體與 IC 驗證系統</li> <li>3. FPGA 系統設計與驗證</li> <li>4. 客戶端車載/筆電/手機與面板模組 Design In 技術支援</li> </ol>

**招募窗口**

職缺查詢: 104 人力銀行(搜尋奇景光電) / 履歷投遞: resume@himax.com.tw、104 人力銀行  
公司網站: [www.himax.com.tw](http://www.himax.com.tw) / 聯絡電話: 03-5163276 / 06-5050880



更多職缺請查詢上 104 網站查詢



## + Job Opportunities

世界的距離有多遠·由身懷絕技的您來做主~  
歡迎加入我們的行列! 詳細職缺內容請至104網站。

### 軟體工程師

- + 電子、電機、通訊、電信、資工相關科系畢
- + 熟悉C/C+程式語言·有Linux開發經驗者尤佳
- + 未來負責前端網頁及IoT嵌入式系統開發

### RF/電子產品工程師

- + 電子、電機、通訊、電信、資工相關科系畢
- + 熟悉AutoCAD, Circuit Design, OrCAD
- + 未來負責微波電路設計/無線充電電路設計

### 產品工程師

- + 電子、電機、通訊、電信、資工相關科系畢/熟悉RF
- + 未來負責新產品NPI, 環境驗證測試, 量產前準備/測試站問題分析與改善



## + Our Company

- + 國內首家專業的微波及衛星通訊公司
- + 製造基地：台灣新竹科學園區、中國江蘇省無錫市
- + 研發中心：美國California、丹麥Hillerød
- + 積極投入虛擬化無線接入網 (vRAN)及低軌衛星(LEO)商機
- + 北美高階衛星電視接收高頻頭市占率第一供應商

## + Benefits

### 激勵與肯定

- + 三節獎金及年度盈餘分紅
- + 提供激勵措施獎勵績優
- + 專利獎金/績優表揚/資深獎勵
- + 內部晉升調遷制度



### 保障與關懷

- + 勞保、健保、退休金提撥及團保
- + 結婚、喪葬、生育、傷病住院給付
- + 提供醫療保健服務/定期員工健檢
- + 急難救助及重大災變補助

### 訓練與發展

- + 海外專業工作歷練及集團內培訓
- + 多職能及多能工培育
- + 工作授權、任務指派、專案參與
- + 全額補助內/外訓練課程

### 生活與休閒

- + 設有員工休閒中心及圖書室
- + 年度旅遊補助、家庭日活動、多元化社團
- + 生日禮金、三節賀禮、特約廠商優惠
- + 員工餐廳

## mti 台揚科技股份有限公司

若有任何招募事宜，歡迎來電洽詢人力資源部招募任用組  
Tel : 03-5773335 Fax:03-5777121

新竹市科學園區創新二路1號  
招募信箱：talents@mtigroup.com  
公司網址：www.mtigroup.com



auden 耀登集團  
Auden Techno Corp



- 天線研發工程師
- 軟韌體研發工程師
- 射頻電路研發工程師
- 溫室氣體盤查輔導師

— 歡迎研發替代役投遞 —

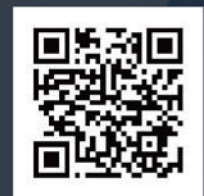
📍 334桃園市八德區和平路772巷19號

☎ 886-3-3631901

加入耀登  
捷足先登



耀登官網



加入我們



GARMIN®

# INSPIRE YOUR NEW ADVENTURE

- Garmin為GPS領導廠商，我們的產品用於五大領域
- 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。

## 招募領域 ▶▶▶▶



## 招募據點 ▶▶▶▶



職缺招募中！→  
更多資訊請掃描



# 加入欣興 成就新星



## ■ 欣興電子 ■

成立於1990年，是積體電路板 IC Carrier 及印刷電路板 PCB 的世界級供應商。  
創新與品質為欣興的競爭力來源，多年來持續突破技術並在全球快速擴張。

## ■ 全球生產基地 ■

- 臺灣 桃園廠區：山鶯廠 合江廠(中壢) 蘆竹廠 楊梅廠  
新竹廠區：新豐廠  
興建新廠：桃園楊梅II 新竹湖口
- 德國 Unimicron Germany
- 日本 Clover Electronics
- 大陸 蘇州群策 欣興同泰 昆山鼎鑫 黃石欣益興 深圳聯能
- 泰國 UMTH

## ■ 員工福利 ■

獎金類：分紅、調薪制度、達成獎金、績效獎金、年終獎金、年節獎金、專利獎金  
 訓練類：內外部教育訓練、輔導員制度、海外派訓  
 生活類：餐費補助、宿舍、員工餐廳、健身房、停車場、免費體檢、廠醫駐診、孕期關懷  
 休閒類：社團活動、家庭日活動、年終聯歡會  
 保險類：勞健保、團保、眷屬團保、退休金提撥、出差與海外派駐保險

還有更多!!



招募中心：03-3500386 #26800  
招募信箱：recruit@unimicron.com

招募網站



Facebook



LinkedIn





### 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，效益不倖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 170 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：

聯盟每季除紙本發行外，亦同時發行電子版本，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 170 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](mailto:weichenhsu@ntu.edu.tw)

## 聯盟會員專區

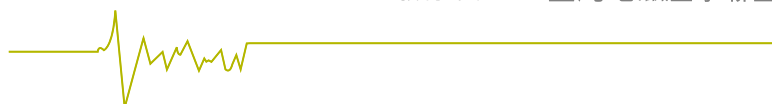
徵才媒合服務	<ul style="list-style-type: none"><li>轉發徵才或實習訊息</li><li>開放企業會員擺設徵才攤位</li><li>於季刊中刊登徵才訊息</li><li>可邀請聯盟教授於徵才說明會中致詞</li><li>相關說明：<a href="http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208">http://temiac.ee.ntu.edu.tw/app/news.php?Sn=208</a></li></ul>	
會員邀請演講	<ul style="list-style-type: none"><li>會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>申請案以彈性提出方式申請，下一年度請於前年度 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>	

## 編輯小組

發行人 吳瑞北

總編輯 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 [dnecyy@gmail.com](mailto:dnecyy@gmail.com)





0 5 2



# 臺灣電磁產學聯盟通訊

Taiwan Electromagnetic Industry-Academia Consortium Newsletter

