

HON HAI
RESEARCH
INSTITUTE

2022
YEARBOOK

鴻海研究院年鑑

2022



發行人 劉揚偉
總編輯 李維斌
專案統籌 溫怡玲
美術設計 Javick Studio、鄭琬蓉
採訪協力 溫怡玲、楊育青、陳梓元
出版者 鴻海研究院
地址 236 新北市土城區自由街 2 號
出版日期 2023/05/31

All Rights Reserved. 版權所有，翻印必究

圖片提供：鴻海科技集團、財團法人人工智慧科技基金會

CONTENTS 目錄

- 4 院長的話：挑戰科技創新 蓄積產業未來成長動能
 - 6 執行長的話：分享、合作、共榮 賦能電動車共創科技新世代
 - 8 鴻海研究院諮詢委員簡介及勉勵
-

10 研發成果

- 12 More than Moore 探索新世代半導體無限可能
 - 14 從 6G 到低軌衛星 遇見智慧車聯網新商機
 - 16 掌握量子計算 具備定義未來的能力
 - 18 量子模擬應用於電池及藥物開發 啟動創新契機
 - 20 引領產業前瞻技術研發 倡議 AI 安全與可信任
 - 22 研發 EV π 共享平台 聯合產官學布局未來網宇安全
-

25 技術精進

- 26 主題一：車用碳化矽高功率元件研究
 - 28 主題二：氮化鎵前瞻光電技術研究
 - 30 主題三：多模態基礎模型
 - 34 主題四：智慧醫療
 - 37 主題五：低軌衛星通訊系統的多重波束 RFIC 與天線設計
 - 40 主題六：量子模擬
-

42 趨勢分享

- 44 **NExT Forum 系列 1) 人工智慧與資通訊安全**
技術非 AI 唯一挑戰 安全、信任更應提前佈署
 - 50 **NExT Forum 系列 2) 新世代半導體的技術與應用**
致力開發次世代半導體 找尋台灣產業新機會
 - 54 **NExT Forum 系列 3) 新世代之新型態通訊**
從線性邁向 3D 通訊網路 驅動產業轉型
 - 58 **NExT Forum 系列 4) 量子通訊與應用**
加速投入量子通訊發展迎接科技新生態
-

- 62 2022 年鴻海研究院大事記

挑戰科技創新 蓄積產業未來成長動能

文／鴻海研究院 院長 劉揚偉

2022 年是充滿變動、難以預測的一年。疫情在歐美雖已走到尾聲，但中國大陸的動態清零政策造成全球製造供應鏈與市場巨大變動。美元快速升息再加上俄烏戰爭所造成的能源價格暴漲，連帶原物料全面上揚；影響所及，金融市場也遭遇逆風，全球消費力再受重挫。因此，台灣產業界在短短一年內，面對了科技製造業高庫存、供應鏈重組，以及地緣政治風險……等短中長期不同階段的關鍵議題。

正因為有這麼多挑戰同時來臨，對於企業而言是體質韌性的考驗，卻也是創新突圍、重新定義未來的最佳時機。

如同大家所熟知，鴻海在 2019 年正式宣佈將積極佈局三大未來產業，聚焦電動車、數位健康、機器人領域，這三者不僅是 2025 年市場規模達 1.4 兆美元以上，同時具有高年複合成長率的市場。更重要的是，與鴻海過去的產業經驗與優勢能夠高度結合，產生巨大的創新動能，能夠推進並維持企業與產業下個階段的成長。而這樣的佈局，則必須積極投入研發三項主要技術：人工智慧、半導體、新世代通訊，來做為公司發展的核心優勢。

肩負扎根技術 培育人才之使命

以技術做為未來經營佈局與轉型的動力，是鴻海的重要策略。於是經過一段時間的籌備之後，鴻海研究院在 2021 年元月正式揭牌，擔負起鴻海科技集團前瞻技術研發、培養未來人才的重責大任。

研究院已正式揭牌滿二年，從一開始就有清楚的價值主張：對社會與產業要有清楚的貢獻，維持企業成長動能，以及永續經營。而透過這兩年的努力投入，具體展現出鴻海所重視的「基礎」與「分享」核心基本價值，並且在 2022 年 10 月的鴻海科技日 HHTD22 首度完整呈現在社會大眾面前。

HHTD22 科技日當天，研究院的五個研究所和一間實驗室的負責人，全部上台公開以深入淺出、簡潔扼要的方式說明研究成果，這些成果說明也全部都上傳到鴻海官方網站上的影音平台，供大家隨時觀賞。

以電動車為核心 建構嶄新科技面貌

2022 年研究院的成果主要是以電動車為核心，涵蓋未來建構車聯網所需要的重要科技，包括人工智慧、半導體和新世代通訊，如 5G、6G 與低軌道衛星等，不僅與集團 3+3 發展策略緊密結合，更期許能為台灣相

關產業整體發展挹注能量。

其中，人工智慧在 ChatGPT 出現之後，應用範圍更廣，潛在商機更大，也是三大產業不可或缺的關鍵技術。在過去這一年，鴻海研究院 AI 所主要投入兩項重要技術的研究，分別是基於自監督式學習（Self-supervised Learning）的基礎模型（Foundation Model），以及生成式 AI（Generative AI）。由於同仁們的全心投入，模型的準確度超過國際大型科技公司，未來將可期待有更多元應用。

而半導體在過去兩、三年一直是世界各國與產業界密切關注的焦點，對於鴻海而言，功率與光電半導體的技術創新是關鍵課題；因此，鴻海研究院積極布局新世代晶片，特別著墨在建立和擴大車用半導體的競爭優勢。透過技術合作，優化產品性能，以確保半導體供應穩定，滿足鴻海科技集團的夥伴和電動車客戶需求。

同時，鴻海也積極投入 5G、6G 以及低軌衛星通訊，由研究院新世代通訊研究所統籌設計與規劃，包括衛星酬載（Payload）、衛星本體、系統軟硬體設計、與地面衛星接收站，一方面是打造未來電動車聯網環境的垂直實驗場域；也藉由低軌衛星的研發，積蓄進入太空領域的實力，布局前瞻產業。

在人工智慧、通訊衛星、半導體晶片、電動車等新興科技的快速發展下，資安的重要性與日俱增，防範的難度和複雜度隨著情境及環境的變動增加。資安已成為科技發展不可或缺的角色，也是鴻海密切關注的議題。

資安所與北科大及 MIT 聯合打造 EV 資安驗證平台 -EV π ，以模組化、開放式的硬體設計，透過開源軟體建構而成，此架構亦與 MIH 架構相容，並公開與各界分享，期許共同打造 EV 資安生態圈，為產業做出貢獻。

此外，在金管會要求上市櫃公司需設立資安專責單位的情況下，資安所也協助集團成立資安治理委員會，透過新思維與新作法，訂定資安策略方針，並持續落實及精進各項資安防護工作，藉以強化內部資安意識及責任義務，為集團鍛鍊出足夠的資安韌性。

提升台灣量子計算實力 掌握最顛覆性的創新科技

當然，展望未來五年，量子計算無疑是最具顛覆創新爆發力的科技，也是必須提早布局的重點。因此鴻海研究院成立量子研究所，以及台灣民間企業第一座離子阱實驗室，並投資以量子科技為主要內容的影集，透過基礎技術研發、軟硬體並進，以及科普教育等方式，提升台灣產業界在量子計算的能力，進一步促成轉型。

這是一個技術不斷迭代創新的時刻，也是即將步入典範轉移、新產業生態系出現的關鍵年代。台灣企業轉型勢在必行，如何在既有優勢基礎上，突破舊有格局，有足夠的視野與能量創造新局，是鴻海積極努力的方向。在前瞻技術研發上，鴻海研究院會持續扮演產官學的溝通橋樑，與各界攜手努力，創造更多研發成果，共同打造創新科技，並以「分享」、「合作」、「共榮」的理念，讓台灣能用科技實力，持續在全球市場扮演關鍵角色。

分享、合作、共榮

賦能電動車 共創科技新世代

文／鴻海研究院 執行長 李維斌

2021 年正式掛牌至今兩年，協助集團專注 3+3 未來產業發展路徑，進行前瞻三到七年的技術研究，是研究院最重要的目標；而去年的關鍵任務就是賦能（empower）電動車（electric vehicle），透過前瞻技術創造更多價值。經過研究院五個所與一個實驗室共同努力，已逐步累積令各界矚目的成果，並且在 2022 年 10 月的鴻海科技日首度公開展示。相信這不只是鴻海集團投入科技研發重要的時刻，更將是帶動電動車產業起飛的里程碑。

做為鴻海集團轉型的重要樞紐之一，研究院相信轉型的重點在於瞄準科學，引領未來科技發展趨勢，最重要的是知識「基礎」；因此我們從定義問題出發，投入研究並發展有價值的前瞻技術。

這本年鑑的內容，主要與各位分享 2022 年本研究院的整體研究成果。

研發業界第一顆實驗低軌道衛星

通訊研究所和國立中央大學、創未來科技及國際廠商合作，發展出台灣業界的第一顆實驗低軌道通訊衛星。由於低軌道衛星能解決傳統衛星的延遲及高成本的問題，採用低軌道衛星通訊來建構非地面的網路，並結

合智慧車聯網的新商機，是新世代新型態通訊最重要的應用。而可以進一步想像的是，隨著低軌道衛星日益普及、應用愈來愈多，將會興起新的「太空經濟」領域，這將是另一個充滿無限可能的新產業。

模組化的 EV 實境模擬開放平台

此外，資通安全研究所則攜手麻省理工學院 MIT 與國立台北科技大學，打造模組化、開放式的資安驗證平台 EV π 。這是一個電動車實境模擬的開放平台，提供產業、學術研究和政府部門可以進行資安測試和攻防研究，以解決過去資安研發人員無法在車輛上進行實作的困境。因此，這個平台相容 MIH 架構，並以開源軟體建構而成；更重要的是，應用範圍並不限於資安，資安只是起點，未來包括人工智慧、通訊、量子和半導體等相關技術，都可以在這個平台上進行實驗。

整合不同功能半導體 超越摩爾定律

而半導體研究所 2022 年主要聚焦在電動車、次世代通訊跟 AR、VR 等技術研發，並選用光達（LiDAR）做為測試場域。大方向定調在「best junction for the function」，透過半導體異質整合與奈米光學技術，跳

脫過去半導體開發致力於追求尺寸縮小的限制，致力於整合不同功能，「More than Moore」，也就是希望在應用方面超越摩爾定律的限制，讓元件發揮最佳效能。

基礎模型及生成式 AI 為研發重點

同樣是車聯網的核心關鍵之一，人工智慧研究所主要投入兩項重要技術研究，分別是基於自監督式學習（Self-supervised Learning）的基礎模型（Foundation Model），以及生成式 AI（Generative AI）。同時，在看到技術能力愈來愈強大、應用層面愈來愈廣，尤其在 ChatGPT 推出後造成 AI 大爆發，的確產生許多新場景與新商機。但是，如何讓 AI 能夠發揮正面的功效，且及早避免可能對社會造成的傷害，更是人工智慧研究所關注以及持續努力的重點。

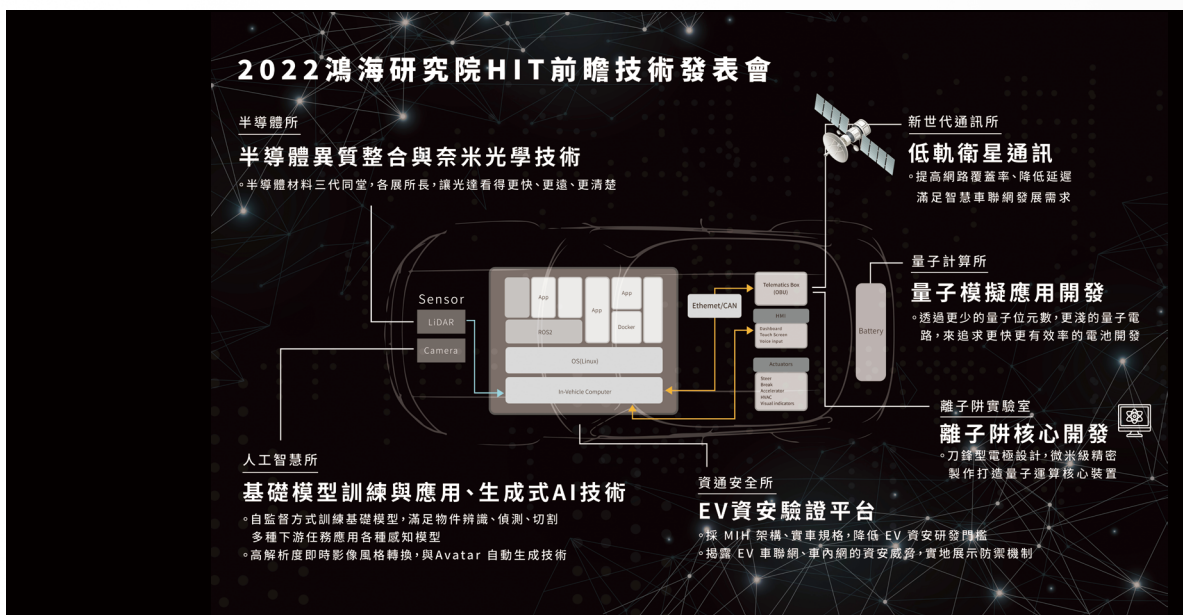
致力研發量子計算 軟硬體並進

至於量子所 2022 年主要研究成果，則以量子模擬為主。包括電池開發、藥物開發……甚至碳排放預估，只要是用來定量描述進行中化合物結構與能量關係，以及穩定分子的結構預測都可以應用。量子所在過去

一年投入電池開發與藥物開發這兩項，前者是以量子模擬來輔助了解電池化學反應，後者則是希望能夠深入了解藥理作用機制。

同樣以尋找下一個算力世代的解決方案為重點，量子研究所主要以軟體研究為主，而離子阱實驗室則專攻硬體。目前，實驗室已成功研發製作出第一代單區刀鋒型離子阱核心，並在 2022 年鴻海科技日公開展出。刀鋒型離子阱核心使用六片式電極施加交流的強電場來束縛離子，對於離子所在的空間位置提供較好的包覆性以隔絕外界干擾。同時，離子阱實驗室也與陽明交通大學進行產學合作，開發低光子偵測元件，達成更準確、更高效的量子位元量測。

做為鴻海集團的前瞻研究單位，研究院的所有研究成果不僅是理論，更必須能夠符合產業需求，因此，與集團不同事業體的分工、分享是重要的基本價值，而和全球最頂尖的機構、學校合作，透過產學研協作，加速累積研究的成果與培育科技人才，並進一步與台灣產業分享，是鴻海研究院設立的初衷，也是我們持續實踐的社會責任。我們也期待，2023 年將會有更令人驚喜的研究成果。





張懋中 博士

現任洛杉磯加州大學電機工程學系講座教授。對高速半導體元件和高頻無線及混合信號電路在通信、雷達、聯結、攝像等系統晶片的研究及開發貢獻卓著，在基礎研究和實際應用領域更是首屈一指。近年持續在可重組人工智能積體電路、無線通信系統及兆赫波之研究有開創性之成就。曾任國立交通大學校長。

“ 台灣步伐要加大，要更能欣賞和鼓勵特立獨行的人，走出不同的路。鴻海研究院不僅是技術交流平台，更有機會具備定義市場、定義未來的能力，最後進一步定義產品，帶動產業轉型升級。

——張懋中

”



張慶瑞 博士

中原大學講座教授，並為國際電機電子工程師學會會士（IEEE Fellow）、美國物理學會會士（APS Fellow）、俄羅斯國際工程院院士。主要研究量子計算，自旋電子學、磁記錄原理及應用、巨磁阻來源與應用、拓樸絕緣體與二維電子系統的自旋傳輸、介觀尺寸磁性體的動態翻轉機制等。曾任國立臺灣大學代理校長。

“ 全球量子科技近年發展快速，然而國內大型企業卻鮮少在相關研長期投入，台灣不論是硬體還是軟體，應該需要快速追趕。鴻海研究院積極投入，且規劃重點的都是全球未來發展方向，極具前瞻性。

——張慶瑞

”



李開復 博士

全球知名 AI 專家，曾出任「世界經濟論壇」第四次工業革命中心的人工智慧委員會聯席主席。2009 年 9 月在中國北京創辦專注於科技投資的 VC「創新工場」，出任董事長兼首席執行官，聚焦人工智慧 & 硬科技、機器人 & 自動化、醫療科技等領域。著有《AI 新世界》與《人工智慧來了》等書籍。曾任職於 Apple、微軟、Google 等科技公司。

“ AI 人工智慧正處在高速發展的階段，我將與鴻海研究院一起將 AI 作為基礎設施，與自動車、智慧醫療和機器人等場景深度融合，開啟新一波智慧化產業技術的應用創新能力。

——李開復

”



吳宗成 博士

國立臺灣科技大學資訊管理系特聘教授、兼任財團法人電信技術中心董事長。專精密碼學、資訊安全、及資料工程領域，並致力於資安人才培育，有豐富產官學研合作經驗，貢獻專業所學於實務場域，為資安研究領域注入能量。

“ 新興資通科技帶來更美好及更便捷的實務應用，但面臨的資安問題也更具多元及多變。研究人才是先進產業發展的基礎，希冀鴻海研究院持續引領新型態資安研發議題及資安人才培育成果，做為厚植產業資安能量的典範。

——吳宗成

”



研發成果

鴻海集團全力佈局 3+3 策略，聚焦
電動車、數位健康、機器人三大領
域，結合人工智慧、半導體、新世
代通訊三項主要技術，打造下世代
競爭力與全新動能。鴻海研究院的
前瞻研發成果，正是推動轉型的主
要動力之一。

「More than Moore」 探索新世代半導體 創造無限可能



半導體是台灣關鍵產業，而車用半導體的研發與應用，更是打造全球電動車生態系的重中之重。做為產業銜接學術界的橋樑，鴻海研究院半導體研究所所長郭浩中表示，半導體所在投入前瞻技術的開發的同時，還有與鴻海集團密切合作，打造「More than Moore」的新世代半導體應用路徑。

郭浩中表示，半導體所的技术研發，主要聚焦在電動車、次世代通訊跟 AR、VR 等的應用，而大方向主要是呼應中研院院士、鴻海研究院諮詢委員張懋中提出的「best junction for the function」。透過半導體異質整合與奈米光學技術，跳脫過去半導體開發致力於追求尺寸的縮小，致力於整合不同功能，「More than Moore」，在應用方面超越摩爾定律的限制，讓元件發揮最佳效能。

因此半導體所在 2022 年選用光達 (LiDAR) 做為測試場域，光達有三個趨勢，分別是體積要小、安全，還有效能提升；效能不只是看得更快更遠更清楚，並且要具有可靠度。要做到這一點，不只需要把光達微型化，更需要「固態化」，也就是沒有可動

部件，讓整體系統更加穩定。

集合眾人之力 開發光達先進光源模組

在這樣的架構下，半導體所與包括陽明交通大學等多家學研單位合作，共同開發出 OPA 光達先進光源模組。郭浩中進一步說明，這個模組需要整合幾個關鍵技術，包括高電子遷移率電晶體 (HEMT, High Electron Mobility Transistor)、光子晶體面射型雷射 (PCSEL, Photonic Crystal Surface-Emitting Lasers)，以及超穎介面 (Metasurfaces)。而這個模組也是典型的「三代同堂」，整合不同世代的半導體材料組合而成。

如同大家熟知的，第一代半導體的材料是矽、第二代是砷化鎵 (GaAs) 和磷化銦 (InP)，第三代則是氮化鎵 (GaN) 和碳化矽 (SiC)，又稱為寬能隙半導體，三代各有不同的特色。例如矽有成本優勢，通常拿來做邏輯電路；砷化鎵的光電轉換效率很高，所以用來做雷射能夠發光。而第三代半導體氮化鎵能夠耐高壓高頻跟高溫，適合做功率元件。

郭浩中說明，三個世代的半導體各有不同長處與用途，其實並沒有世代交替的概念，「所以我們等於搭建一個舞台，讓三代同堂，各展所長。」

PCSEL 實現更佳輸出、更高精度

至於光子晶體雷射，簡單來說就是一個特殊排列的奈米結構特殊排列。例如蝴蝶翅膀為什麼是藍的？因為當光打在這個奈米結構上時，只會反射特定的頻譜，而蝴蝶翅膀上的那個結構剛好就是讓藍光反射，所以基本上這是一種仿生結構。

所以光子晶體雷射就是取自於大自然的一種結構，嵌入所設計之光子晶體結構於元件中，形成一種具有優異光學特性的雷射，可以讓雷射得到更好的同調性。

郭浩中舉例說明 LED、雷射跟光子晶體雷射的不同，想像一道光束裡，LED 就是很多散亂的光子，像是小朋友們放學走出校門一樣，是散開的。而一般雷射像是行軍的隊伍排隊一起走，看起來整齊多了。

光子晶體雷射的同調性更高，像是儀隊一樣，舉手投足都是整齊劃一的。所以輸出的光點愈來愈小；再加上光子晶體雷射的發散角度很小，讓光達點雲更加細緻，也就是能夠看得更清楚。

最重要的是，一般雷射因為光束發散角度相對較大，需要一個透鏡組來聚焦；出光的時候還要搭配整形器。但光子晶體雷射不需要搭配其他模組，可以化繁為簡，讓模組更簡單、元件體積更小，有效降低系統的複雜度。

超穎介面 值得期待的破壞式創新

超穎介面則是利用奈米結構來控制光束

行進的方式，相較傳統玻璃鏡頭，體積可以達到 50 萬倍的微縮。所以超穎光學是相當令人期待的破壞式創新技術，只要一個極小的光學元件就能取代許多鏡組。再加上可以兼容於半導體製程，將會對既有產業生態產生很大的影響。

像大家熟悉的手機，以現有的製作流程來看，一般會有感應器和鏡頭，通常那要去半導體廠做感測器、光學廠做鏡頭，再到封裝廠進行封裝，這就是傳統光學模組。但如果採用超穎介面，就可以垂直整合所有流程，全部在半導體廠完成，甚至不需要封裝與接合。

包括蘋果跟很多大廠目前都正在發展相關技術。郭浩中指出，像很多人用 iPhone，為了臉部辨識功能，目前 iPhone 都有俗稱的「瀏海」。如果改用超穎介面，只需要頭髮大小的奈米元件就可投影高精結構光，手機就可以達到真正的全螢幕。同時，這個技術也能夠應用在 AR、VR 的顯示器上，將成為下一代的重要顯示技術。

郭浩中強調，半導體技術研發精進，必須集眾人之智才能成功，鴻海研究院半導體所在過去兩年積極和陽明交大、UCLA 以及台灣半導體中心合作，不僅發表 35 篇論文並申請多項專利。同時，還透過和集團內鴻揚半導體合作，將研發成果與產品密切結合。展望未來，相信可以在過去多年台灣累積的半導體優勢上，定義下一個世代的創新科技。

從 6G 到低軌衛星研發 遇見智慧車聯網 新商機



2022 年鴻海集團宣佈投入低軌衛星研發，負責研發工作的鴻海研究院新世代通訊研究所所長吳仁銘表示，鴻海相信採用低軌衛星通訊並結合智慧車聯網的新商機，是新世代新型態通訊最重要的應用，是新電動車生態系不可或缺的關鍵。同時，「我們相信方法論與邏輯，把邏輯想清楚，節點做仔細，確定可以完成這件事。」

長期觀察每個通訊世代發展，都有一定的發展邏輯跟脈絡。一開始會從願景發想，也就是解決人類社會的需求開始，而這個需求有哪些問題？應該用哪些技術克服？達到什麼樣的規格？都必須有全世界好手討論並發展出不同的技術，來滿足規格的需求。

接著是如何從各種不同技術中訂定出標準，繼而推出新的產品？再下一步則是必須有新的基礎建設，例如新的基地台、新的通訊裝置手機、收發器等，會激發新的商業模式出現，來滿足一開始的需求。

從追求「速度」演變到多元化應用

在過去的幾個發展階段中，雖然通訊的內容從語音增加到文字、影像等多媒體，但

追求的目標都是「速度」，速度愈快愈好。而我們說 5G 到 5G-A、6G 的發展趨勢將會改變為新型態通訊。有別於傳統型態的通訊只追求速度，新型態通訊要追求的是「三高一低」。三高是指高覆蓋率、高可靠度、高連結數；一低是指低延遲，這是支持新型態應用的核心基礎。

未來包括衛星通訊、智慧車聯網、觸覺互聯網、全息通信等在內的各種多元應用，歸根結底都是以新型態通訊做為基礎，再加上發展這些通訊跟應用需要的新資源。再來還會有信息技術跟通訊技術的結合，例如人工智慧跟機器學習技術的使用，使得通訊系統跟網路更加智能化。

低軌衛星帶動「太空經濟」興起

為什麼低軌衛星會成為新型態通訊的發展重點？吳仁銘解釋，主要因為火箭發射之後可以回收，成本大幅降低；兼之低軌衛星高覆蓋率跟低延遲特性，正好符合新型態通訊發展需求與趨勢。可以想像的是，隨著低軌衛星日益普及，應用愈來愈多，全世界將會興起新的「太空經濟」領域。

吳仁銘進一步說明，截至目前為止，全球網路的覆蓋率並沒有想像中的高，目前仍有 37%、約 29 億人口不在基地台的覆蓋範圍。而由於布建基地台考慮的是經濟效益，人口沒有達到一定密度就不會有基地台，就算是在歐美國家也是一樣。而低軌衛星正好可以解決通訊基礎設施不足的問題。

因此，鴻海研究院積極投入發展低軌衛星相關研究及技術，包括從任務的規劃、系統的設計、團隊組成與分工，一直到關鍵零組件與系統的垂直整合、軟硬體的整合等等，全部包括在內。

吳仁銘解釋，整個衛星的結構包括本體各次系統與通訊酬載，本體的部分研究內容包括衛星飛行姿態的控制、軌道追蹤、電源管理、軟硬體的更新等。通訊酬載的部分則包括大型相位陣列天線的波束傳送、上行下行的全雙工通訊，還有多模的寬頻通訊系統傳送，以太空規格混合商用規格的元件來進行垂直整合。

智慧車聯網結合低軌衛星 更精準更即時

另一個重要的新型態應用是智慧車聯網。當未來所有的車子都以無線方式連結、分享資訊跟資料的時候，對於通訊技術會產生哪些需求？

「單一台車內的感測裝置非常有限，它的相機、雷達、光達看到的視距跟視角都有限。」吳仁銘說，必須透過車跟車、以及車跟路側單元（例如交通號誌、路燈等）的合作感測、邊緣計算等進行資料分享與融合，才能夠即時且有效掌握道路所有的狀況。

低軌衛星結合車聯網能夠創造哪些新商機？根據聯合國統計，目前全球大概仍然有 60% 的陸地沒有基地台的覆蓋，所以當車

子移動時，很有可能進入沒有訊號覆蓋的地方，而低軌衛星的加入就能夠適時提供通訊管道，提升行車安全，提供車載導航等應用服務。全球無所不在的覆蓋率，就是最大的核心價值。

另一個值得關注的應用是進行高精度定位。吳仁銘表示，低軌衛星的高度相較於全球定位衛星系統，高度相差四十倍，訊號更強、延遲也更低，因此有機會提供更高精度的定位，讓系統更容易提高地圖的準確性。

結合產學界 取得進入太空產業門票

總結無線通訊發展的趨勢，「如果說 4G 改變人類的生活，5G 改變社會，6G 會進一步改變世界。」吳仁銘說，對鴻海而言，低軌衛星目前仍然在準備期，等到發射之後才是任務真正的開始。

任務是什麼？他說，首先是取得太空履歷，這是參與太空產業的開始。其次則是可以取得數據，因為太空中和大氣環境不一樣，包括太空設備運作時的電子參數在快速且劇烈的溫度變化下，必須與在地面運作的參數比較異同，並且計算其影響的老化速度、故障率、穩定度等。取得第一手參數是很有價值的，都可以做為未來參考。任務三則是做為日後衛星軌道的規劃，衛星入軌之後的行為觀察，以及如何操控的經驗，都是後續研究的重要參考。

「拉大家一起上太空」，吳仁銘表示，這是鴻海投入低軌衛星的初衷。這個計畫也和中央大學、陽明交大、台灣的創未來科技以及保加利亞新創公司共同合作。相信新型態的通訊即將帶來更多新型態的應用，激發更多創新的商業模式以及新的展望。

掌握量子計算 具備定義未來的 能力



科技發展跟算力有著高度相關，從古時候的算盤到現代的電腦，都是希望藉此能夠跳脫人力腦力限制的工具。再將時間拉近，回顧從真空管時代的電腦到如今的手機，雖然看起來效能相差很多，但同樣是在圖靈運算的架構下運作，差別只在於每秒鐘能夠執行幾行指令的能力。

不過，離子阱實驗室主任林俊達表示，光是這樣的差異，就已經非常重要。例如 20 年前我們絕對無法想像大數據與人工智慧帶來的改變，以及在化學、藥物、金融、能源等領域的應用，這些都是算力高度發展所產生的巨大影響。

基於矽工藝的傳統電腦效能一直以來遵循著摩爾定律的預測。然而，在元件愈做愈小且愈來愈精細的要求下，已碰觸到物質世界的極限—原子，而面臨難以突破的瓶頸。林俊達表示，下一代算力的希望在於量子科技，因為量子計算已經證明在某些重要的科學問題上會產生指數加速的效能，可處理的計算量可望量變帶來質變，使得未來的科技發展將不再是線性的。因此鴻海從 2020 年

就積極投入研發量子電腦軟硬體。他強調，未來是量子科技 2.0 的時代，唯有掌握量子計算，才更具備定義未來的能力。

離子阱技術效能可望超過超導位元

離子阱是一種抓住離子的技術。為了實現量子電腦，需要多個離子排成陣列，並將每個離子作為一個基本運算單元—量子位元。打造量子電腦的技術重點在於量子位元的設計與位元間的操控，目前世界各國投入的重點系統包括超導位元、量子點、光子或離子阱等，例如 IBM 和 Google 是使用超導位元做為量子電腦的核心。

比較目前領先的超導位元與離子阱兩者技術，林俊達說明，前者的製程相容於半導體工藝，量子位元數量多且操作速度快，因此相當受到業界青睞。而離子位元的優點則在於天生的「一致性」，資訊儲存時間長，且邏輯保真度高，具有最完備的位元連結性，且能夠移動重組排列，近兩年的效能已經領先超導位元。

量子運算的效能如何衡量？IBM 的科

學家們提出「量子體積」做為計算度量，用來描述一部量子電腦可解決的問題複雜度，其中包括能夠支配的邏輯量子位元數、可以做多少層運算。有趣的是，雖然這個方法由 IBM 提出，但離子阱的效能在 2021 年之後就超越 IBM 且持續領先。這樣的結果並不難理解，因為就可達成的計算深度，意即在量子資訊能有效維持的時限內可以完成的邏輯操作次數，離子系統是超導系統的 1000 至 1 萬倍。同時，離子陣列連結性、保真度高達 99.99% 都體現了離子系統的優勢。

自製刀鋒型離子阱核心系統

2022 年對鴻海研究院離子阱實驗室而言，是關鍵的一年，目前正如火如荼建置中。離子阱實驗的系統架構包括超高真空系統，以及用來照射、操控離子的穩頻雷射與精密控制系統，另外則是透過影像系統和光學元件收集原子發出的螢光之後，再透過光偵測系統導入精密電腦進行分析與處理來獲得運算結果。

目前，實驗室已成功研發並製作出第一代單區刀鋒型離子阱核心，並在 2022 年鴻海科技日公開展出。刀鋒型離子阱核心使用六片式電極施加交流的強電場來束縛離子，對於離子所在的空間位置提供較好的包覆性以隔絕外界干擾。其次，鴻海研究院離子阱實驗室也與陽明交通大學李佩雯與郭建男教授產學合作，開發低光子偵測元件，達成更準確、更高效的量子位元量測。

在量子運算領域發展新技術，必須跨領域尋求合適的專業組織和研究團隊進行合作。林俊達表示，例如目前實驗室和鴻海集團 C 事業群合作，透過鴻海製造的實力，已經能做出比肩國外水準的刀鋒型離子阱。同

時，也和中臺科技大學林志郎教授合作，藉由微米級 3D 列印技術開發 3D 列印離子阱，以縮短設計與測試時程，可望在未來達成可擴充性。期望可以透這些技術合作開發，帶給量子社群新的啟發。

產業轉型的關鍵學習與實驗

針對未來發展，林俊達表示軟硬結合是必須過程，所以離子阱實驗室會結合量子所的軟體能量，發展容錯計算、編譯器及模擬器。同時，結合鴻海集團的半導體技術，研發晶片與集成系統，朝模組化及完善位元連結性方向發展。最後，量子計算的最終解決方案勢必仰賴大型可擴展性架構，其中包括量子電荷耦合元件，以及離子穿梭技術，都是重要研發方向。

量子計算雖然距離技術成熟仍有許多待努力之處，林俊達坦言，「我們也擔心外界有超過現實的想像。」實際上，這是產業典範轉型的學習與重要實驗，技術絕非一蹴可幾，需要反覆試錯、累積經驗。不過，無可否認，量子計算絕對是下個世代的「聖杯」，而鴻海研究院的努力投入，並與國內外進行技術合作，也累積出值得肯定的成果，相信能夠推動量子計算的技術，促成產業典範轉移，定義未來新科技與新市場。

量子模擬應用於電池 及藥物開發 啟動創新契機



電腦發明至今 70 多年，才從足球場一般大的體積發展成為人手必備的手機；人工智慧從提出到 ChatGPT 的出現，也將近 70 年，破壞式創新從來都不會是優化某個小零件就能發生的，需要長時間、不斷投入、探索才可能達成。量子電腦也是。

鴻海研究院量子計算研究所所長謝明修表示，2022 年諾貝爾物理學獎頒給鑽研量子糾纏的學者，台灣政府也投資了史上最多的金額，並成立量子國家隊投入前瞻技術研究，在在顯示，量子運算無庸置疑是未來最重要的科技創新。

IBM、Google、Intel、Microsoft 百度等科技巨頭，以及 PsiQuantum、Xanadu、IonQ、Rigetti Computing、Honeywell Quantum Solutions 等新創公司都積極投入量子科技的相關研究。鴻海正是因為看見此前瞻技術的發展性而積極投入，期許能夠強佔量子技術得先機。

謝明修分析，目前量子研究有四大區塊，分別是量子計算、通訊、模擬跟感測，目前較成熟的在模擬及感測，而鴻海研究院

在四大塊都有佈局；因為在科技發展早期，佈局要愈廣愈好。同時，也要把時間維度拉長，「這必須是以十年為單位的思考模式」不僅在技術，更重要的是必須培養出未來的量子人才。而 2022 年，量子所將重點放在量子模擬。

量子模擬開發兩大關鍵

為什麼需要量子模擬？謝明修引用 1965 年諾貝爾物理獎得主、知名物理學家費曼的話，「大自然不是古典的，如果你想要進行模擬，最好是使用量子力學，而這不是一個簡單的問題。」

例如電池內部的化學反應，因為牽涉到複雜的電子交互作用，至今無法精準模擬。兩相比較，量子模擬只透過 n 個量子位元，可以描述 2^n 可能的量子狀態，而古典模擬則需要 2^n 個位元數。簡言之，無論在效能、資源各方面，都將跳脫目前的侷限，開創超乎想像的新局。

那麼，量子模擬究竟是什麼？鴻海研究院量子計算研究所所長謝明修說明，如果想

要了解某個物理系統的「能階分佈」，透過輸入「組態資訊」，也就是物理系統的一些環境參數，以及想要觀測的物理量訊息，輸入到一台能夠控制的量子電腦後，進行計算而得到結果，這就是量子模擬精髓。

按照這樣的邏輯，量子模擬設計開發有兩大關鍵。首先是如何優化輸入的組態，這需要具備欲處理問題的領域知識；第二個關鍵，則在於必須開發高效的量子模擬系統。舉凡需要高效能的物理或化學反應，都可以利用量子模擬進行描述。

應用於鋰硫電池開發 超越 IBM 成果

量子模擬應用的範圍很廣，謝明修舉例，包括電池開發、藥物開發……甚至碳排放預估，用來定量描述進行中化合物結構與能量關係，以及穩定分子的結構預測。例如藥物開發，因不同化合物的結構會產生不同物理或化學性質，進而影響藥理性質，透過量子電腦模擬，可以預測不同藥物的穩定性，能夠提高用藥安全。

2022 年鴻海研究院量子所的主要研究成果，就包括電池開發與藥物開發這兩項。謝明修表示，前者是以量子模擬來輔助了解電池化學反應，後者則是希望能夠深入了解藥理作用機制。

下世代最受矚目的鋰硫電池因為原料便宜、開採容易，且製作過程中的排放量較少，對環境友善，因此備受業者重視。

例如全球汽車大廠 Mercedes-Benz 就與 IBM Quantum 合作，透過 IBM 量子模擬器，用 21 Qubits 了解穩定結構狀態下的結構、鋰原子及硫原子的鍵長，找出能量與距離的分佈圖。謝明修說，量子所同樣在 IBM 模擬

器上只用 8 Qubits 就達到同樣的效果；福特汽車也針對三元鋰電池開發量子模擬方案，討論兩個鈷原子之間的能量與距離相對方案，使用了 20 Qubits 跟數萬個邏輯閘，量子所則只需要 8 Qubits、數百個邏輯閘，電路深度節省高達 90%。

與國際新創合作 模擬藥物異構物開發

量子模擬同樣可以運用在藥理作用機制上，相同的分子式、不同的結構會影響藥效穩定性，因此了解異構物是藥物開發中非常重要的議題。謝明修說，他們與國際新創英科智能 (Insilicon Medicine) 在台灣的研發團隊合作，選擇 FDA 批准、用於治療肌萎縮的 Edaravone，開發出量子模擬三種異構物的方案。這個開發方案同樣只需要 8 Qubits，超越其他團隊需要數百個 Qubits 的成績。

量子模擬的下一步，將會大量運用在材料方面。謝明修指出，包括能夠模擬更大的物理系統，並在減少量子計算資源的同時，還能提高量子模擬精準度，都是需要繼續努力的方向。

「軟體應用是量子所，離子阱實驗室則主攻硬體」謝明修進一步勾勒出鴻海研究院的量子研究布局與努力方向，「學術單位可以很數學，但鴻海研究院必須想像落地的場域。」因此，應用端的重要性不下於純理論研究，必須學習很多不同領域的知識 (domain knowledge)。同時也要和院內其他研究所合作，例如量子通訊跟通訊所合作；由於使用光纖，又跟通訊所、半導體所及資安所有關。集結不同領域專業，攜手找尋科技界最矚目的下一個「聖杯」。

引領產業前瞻技術研發 倡議 AI 安全與可信任



如同史丹佛大學發佈最新的 2023《THE AI INDEX REPORT》中指出，自從 2014 年之後，人工智慧重要技術進展已經由學術界主導轉移到產業界，如微軟、Google 或 Facebook 等科技公司引領風騷。鴻海研究院人工智慧研究所所長栗永徽說，身為台灣製造業龍頭，「鴻海有決心也有信心，要在 AI 領域中帶領最前瞻的研究。」

他指出，2022 年鴻海研究院 AI 所主要投入兩項 AI 重要技術的研究，分別是基於自監督式學習（Self-supervised Learning）的基礎模型（Foundation Model），以及生成式 AI（Generative AI）。

深度學習（Deep Learning）教父楊立昆（Yann LeCun）稱自監督式學習的基礎模型為，「近幾年 AI 領域最令人興奮的發展」。這樣的模型對於台灣產業發展也是個好機會，可藉此全面提升高階複雜的 AI 技術與應用。那麼什麼是自監督式學習的預訓練基礎模型？

大型基礎模型 促成 AI 典範轉移

栗永徽以「學習與考試」的例子說明，比較傳統的機器學習（Machine Learning）、深度學習，自監督式學習差異。例如有位同學念書不夠多、練習題做得少，考試成績不夠理想，這像是傳統的機器學習。而大約十年前出現的深度學習，讓大家非常驚豔，因為像是針對某科目做了很多題目的同學，在某一科成績很好；但如果考別科就不行了，必須再練習很多題目才有辦法。

最近這兩年備受重視的自監督式學習，則是 AI 技術的一種創新典範轉移，所訓練出來的模型稱為基礎模型。他形容就像有一種學生，平常看很多似乎跟考試無關的東西，也沒有針對某一科特別練習，但因為基礎知識非常豐富，所以只要稍微讀一點跟考試相關的資料，就可以表現非常好

不同於傳統監督式學習一階段式的訓練，栗永徽說明，自監督式學習技術訓練分成兩個階段。首先是預訓練階段，在這個階段讓模型讀很多資料，並不針對特定任務，只是餵進各種不同的資料，就如同大家所熟知的 ChatGPT 一樣。

兩階段訓練 準確度超越大型科技公司

第二段則進入模型的微調，用少量的已標註資料來訓練模型，讓模型可以很快適用在某個特定的任務，無論是影像分類、物件偵測或者是影像分割等，都能夠在第一階段的基礎上，使用少數的資料，就產生很好的成果。

在基礎模型研發方面，鴻海研究院 AI 所在過去一年多提出多種新方法，準確度超過 Google 等大型科技公司。特別像未來應用於自駕車時，受限於車上有限的硬體資源，所以必須儘可能做到「單一模型、多任務部署」。他說，可以只使用一個基礎模型，後面接上不同的 prediction head，就可以同時做到距離估測、車道影像分割等不同的任務。

多模態基礎模型 打造新人機對話場景

這個領域目前最受矚目的發展趨勢稱為多模態基礎模型（Multi-Modality Foundation Model），顧名思義就是訓練模型時輸入的資料包括文字、語音或影像，資料愈多、基礎知識就愈多，能力也就會愈強。

有了這個模型之後，可以想像一下，當未來自駕車行駛在路上時，看到一棟特殊的建築例如 101 大樓時，可能就會主動介紹「左前方高樓是台北 101，有全世界最大的跨年倒數計時鐘。」栗永徽說，這根據當下的場景跟使用者進行資訊交流，或類似目前 GPT-4 已經做到的有意義對答，稱為「Context Aware Vehicle-Human Interaction」。

生成式 AI 模擬充滿想像力的元宇宙

第二個關鍵技術生成式 AI，在 2022 年被《MIT Technology Review》評選為十大最具突破性的新科技之一。這個基於 GAN 技

術生成的模型，剛開始只被使用於影像，經過幾年發展，已經可以處理文字、影像和聲音；從即時風格轉換到動態影片生成，應用範圍非常廣泛。

栗永徽表示，鴻海研究院 AI 所不僅投入資源研發更好的生成模型，也期望未來可以很快應用在更多場景。包括模擬真實街景用來訓練自駕模型、模擬製造現場、或者做很逼真的 Avatar 做為虛擬社交、互動使用，「當模擬能力愈來愈強時，就可以創造一個全新且充滿想像的元宇宙。」

快速進展同時 及早預防可能傷害

不過，隨著技術能力愈來愈強大、應用層面愈來愈廣，對於 AI 安全性的重視也必須儘速跟上。在算力、模型和數據三者並進的過程中，栗永徽說，的確看到許多新應用場景與新商機。但是，如何讓 AI 能夠發揮正面的功效，且及早避免可能對社會造成的傷害，會是下個世代 AI 領域最關鍵的議題。

例如，在各種大型基礎模型大量使用資料的狀況下，對於國家、企業與個人來說，如何治理不斷增加的資料，將是個新挑戰。他指出，目前已經可以看到的問題包括資料隱私保護、AI 安全、AI 倫理和數據偏見等；同時，還有對教育衝擊、人才培養、工作取代等許多疑慮，都是必須儘早面對並討論可能對策的問題。

鴻海研究院也從 2021 年開始倡議 AI 資通安全（AI Security），並持續推動「可信任 AI 生態系」（Trusted AI Ecosystems），希望不只和產業共同致力 AI 發展，也讓世界看到台灣在 AI 生態系的重要性與影響力。

研發 EV π 共享平台 聯合產官學各界 布局未來網宇安全



電動車、車聯網是這兩年產業最熱門的議題，無論是新的車子、新的商機、新的競爭者或是新的佈局，在在吸引所有人目光；尤其鴻海集團號召發起 MIH (Mobility In Harmony) 平台之後，帶動整個生態系發展。然而，當中更值得重視車輛的資通安全，因為在車的使用情境中會牽涉到人的生命安全與人的隱私。

當人進到車子裡面，內部通訊可能就開始被記錄，為了保護人的安全，各種駕駛數據、行為數據甚至通話紀錄都可能會被紀錄下來，但是否會侵犯到個人隱私？數據有沒有可能外洩？車子智慧化 AI 模型有沒有可能被攻擊？攻擊會從什麼地方來？如何有效預防？這都是資通安全研究所目前積極投入研究的重點項目。

從資安開始的整合性 EV 實證平台

首先，為了讓資安研究人員了解實車的軟硬體，資安所基於 MIH 公開的 Open EV Platform 平台架構，與美國麻省理工學院 (MIT) Media Lab 合作，共同打造「EV π

實證平台」。EV π 電控訊號相容於實車，其車體為模組化結構，可拔插運算模組、各類無線模組、感測器 (LiDAR、雷達、相機等)、制動器等等。EV π 軟體與自駕系統皆使用開源軟體，可自由移植功能元件與演算法。

EV π 由鴻海集團董事長暨鴻海研究院院長劉揚偉親自命名，其用意在「不是只有資安，只是我們從資安開始」，未來包括人工智慧、通訊、量子和半導體領域都可以用這個平台做實驗，並逐漸延伸到機器人 (Robotics) 領域。更重要的是，基於「分享、合作、共榮」的理念，EV π 會採取開源的方式公開給各界使用。

EV π 上可實現對電動車或自駕車的各類型資安攻擊與防禦，實證從最內底層 CANBUS 電控訊號、ECU 韌體安全、通訊安全、向上到應用軟體安全與 AI Vision 安全等。這完全涵蓋資安所框定的四大 EV 資安重點：V2X Security、Intra-networking Security、Application Security，以及 AI Security。

圖一 EV π

電動車資通安全四大範圍

電動車資安首先最關鍵的是通訊。第一個要注意的是資料從哪裡來？在目前電腦網路環境發生的資安問題，在車聯網的環境中同樣會重演。例如冒名資訊如何防範？如何確認資料來源？是否值得信任？這類傳統資安問題將因為車聯網而形成新的挑戰。

車聯網的運作得兼顧時效與正確性。因為每台車子行駛中所溝通對象絕大多數是陌生人，必須導入公開金鑰基礎建設（Public Key Infrastructure, PKI）或區塊鏈（Blockchain）技術來管理使用者身份認證。為了維護個人隱私，數據必須匿名；但如果發生了意外需要進行調查時，又需要反匿名。這些都是觀念的重要轉變，也是目前極需和各界共同投入研究的重要技術。

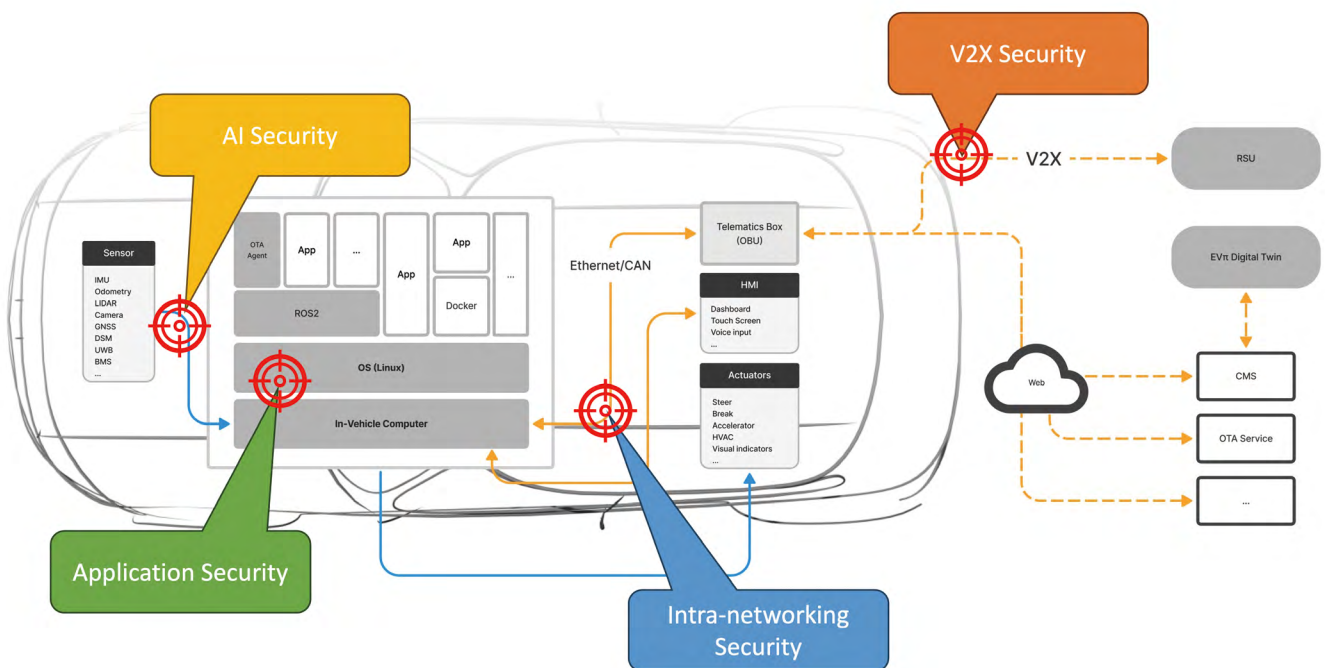
目前，鴻海研究院和中華電信集團、香

港城市大學、國立陽明交通大學、奧義智慧科技等單位合作，研究包括如何找出攻擊腳本以事先評估風險，做出有效的防禦機制；還有行車軌跡感測、類似飛機的黑盒子完整紀錄，都正在持續協力進行技術研發。

倡議 AI Security 超越技術的宏觀布局

AI Security 也是鴻海研究院密切關注的領域。2021 年資安所和人工智慧所就開始倡議，電動車的 AI 系統不能只關注分析與預測的準確度，AI 本身的安全性更是不能掉以輕心的問題。

由於這個領域很新，資安和 AI 專家都無法完全熟悉掌握，因此鴻海研究院跟香港城市大學、陽明交通大學共同探索研究。包含從資料蒐集到模型訓練，有哪些真實環境中的條件會造成誤判？假設遇到外界來



圖二 EV 所涵蓋的資安議題

的攻擊，在防禦同時是不是會降低正確性？如何在正確率與安全性中間取得平衡？等研究議題。

而「自駕的 AI 正確率降低多少、安全性提高多少，這個答案不是鴻海可以單獨決定，因為這不單純是科技的問題。因此，研究院在 2022 年開始提出人工智慧系統的資安問題，並且和工研院、人工智慧科技基金會等多個單位合作，從 AI 安全的框架、影響範疇、技術創新多管齊下，共同倡議攜手打造可信任的 AI 生態系。

凝聚各界共識 迎接 AI 賦能安全時代

在 2022 年底 ChatGPT 等大型人工智慧生成模型推出之後，AI 安全是各種產業立即會面對的挑戰，世界積極投入發展 AI 技術的國家，幾乎也都同步投入資安的認證標準研究，從美國、中國、歐盟、德國、英國、新

加坡等，在擘劃國家 AI 發展策略時就將 AI 安全視為不可或缺的部分。由於 AI 的特質跟過去電腦資安的概念不一樣，無法等被攻擊或被植了木馬程式才解決，「必須是 default（預設前提），不能再是補救。」

美國國家科學及技術委員會（NSTC）定義，AI Security 應該包括四大重點，首先，系統規格驗證，確保功能、安全、穩健性與公平性；其次是 AI 所做的決策能被信任；再來，能偵測與減少對抗例的輸入（Adversarial Inputs）；最後則是 AI 賦能系統能夠被信任。

這四項裡就包括了技術、專利標準、認證、法令規範、甚至文化等多種領域的共識，加上應用範圍廣，已經成為大家生活的一部分，直接牽涉每個人的財產、健康甚至是生命安全。目前政府部門已經投入相關計畫，並期待能借鏡資安過去的發展經驗，及早規劃完整策略，共同迎接 AI 賦能新時代。

技術精進

以前瞻技術佈局未來，結合既有核心優勢創造全新價值，鴻海研究院2022年技術研究六大方向，掌握產業成長關鍵脈動。



主題 1

車用碳化矽高功率元件研究

碳化矽 (Silicon Carbide) 是推動電動車時代來臨的重要動力。SiC MOSFET 具有寬能隙和高電子飽和速度等優異的材料特性，可以取代 Si IGBT 在高功率、高頻和高溫的應用環境中使用。但是，過高的介面缺陷密度 (Interface State, D_{it}) 導致電子遷移率大幅下降，從而嚴重影響元件的特性。因此，如何從根本上解決缺陷問題並優化元件特性以提供優異的碳化矽元件，成為致勝關鍵之一。半導體研究所自 2022 年開始，從長晶、製程、到技術發展等方面，對 SiC MOSFET 進行了一系列全面的探討。

碳化矽的介面缺陷密度是從晶粒開始就存在的，並隨著後續的長晶和晶片切割等製程而不斷增加。半導體研究所探索主要缺陷型態的生成脈絡，從而了解缺陷對元件的影響。當一個好的碳化矽晶片生成後，提升元件特性是下一個要面臨的課題。當元件導通時，電子會從兩側的源極流經 P-Body 區域，再往中央的 JFET 區域聚集，最終向下流到汲極形成導通電流。然而，JFET 區域被兩側的 P-Body 區域侷限，導致導通電流受到限制。為了解決這個問題，半導體研究所以仿效大禹治水的方法，透過逐漸拓寬 JFET 區域形成如階梯狀的 JFET 區域。根據模擬結果顯示，這種設計可以有效降低 20% 以上的導通阻抗。

除了深入研究碳化矽元件外，半導體研究人員也關注具有更高能隙 (4.9 eV) 的第四代半導體材料——氧化鎵 (β -Ga₂O₃) 的發展。並試圖從材料特性、長晶方法、元件製程、元件架構和元件特性等方面進行完整的研究和討論。

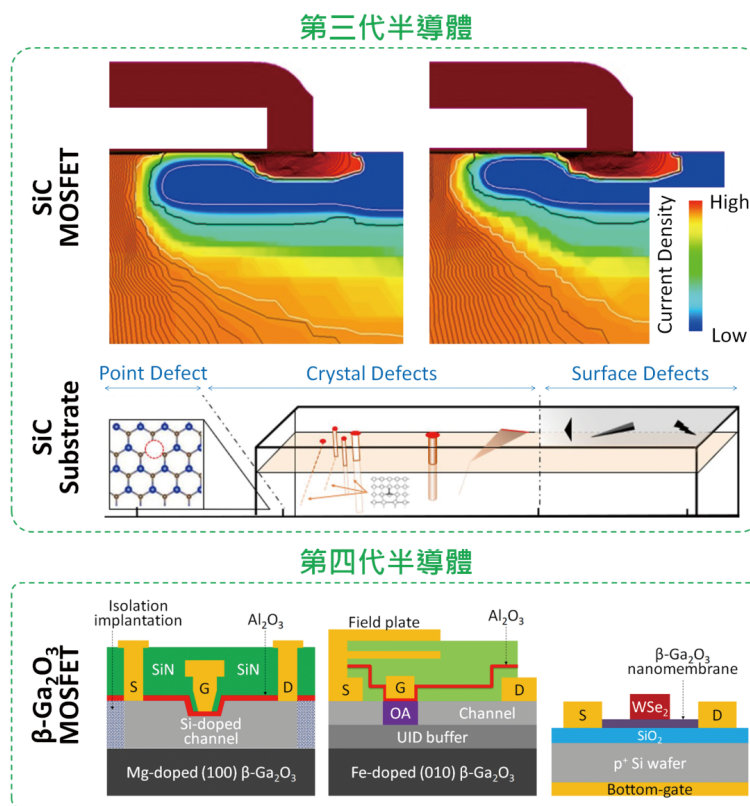
在 2022 年，鴻海研究院半導體研究所針對可應用在高功率領域的碳化矽元件從長晶到製程到未來的發展上已進行全面性的深入了解，並積極地鏈結產官學研，結合集團內的資源，著手進行具有高可靠度 / 可信度的碳化矽元件與模組的研究，對集團未來 3+3 的發展提供技術上的奧援。

主要貢獻

碳化矽晶圓的磊晶層品質會直接影響表面的缺陷，過高的介面缺陷密度會對碳化矽元件的性能、可靠度及良率造成負面影響。因此，需要從長晶開始探討各種的缺陷型態，並了解其對元件的影響，如此才能從根本上掌握介面缺陷密度對元件特性的影響。

為了降低碳化矽元件的導通阻抗，利用 TCAD 模擬軟體調整離子植入製程以形成階梯狀 JFET 區域，可有效緩解電流限制的問題。模擬結果顯示將可有效地降低 20% 以上的導通阻抗，並維持崩潰電壓。

此外，第四代半導體材料 β -Ga₂O₃ 具有更高的能帶隙和更大的崩潰電場，被認為有潛力取代 4H-SiC。為深入探究最前沿的 β -Ga₂O₃ 功率元件以掌握先機，我們從材料特性、生產晶圓及磊晶方法等方面進行介紹，以進一步了解 β -Ga₂O₃ 在未來半導體技術中的應用前景。



相關論文列表

項次	論文名稱
1	Review of Silicon Carbide Processing for Power MOSFET
2	Recent Advances in Silicon Carbide Chemical Mechanical Polishing Technologies
3	Defect Inspection Techniques in SiC
4	Optimization of JFET Implantation in 1700-V-Class SiC VDMOSFET
5	Methodology to Reduce JFET Resistance in 1700-V-Class SiC VDMOSFET
6	State-of-the-Art β -Ga ₂ O ₃ Field-Effect Transistors for Power Electronics

主題 2

氮化鎵前瞻光電技術研究

光達 (LiDAR) 是以雷射來量測物件距離之技術，可實現高準確以及高效率的目標資訊採集。惟現今市售的機械式光達體積較大，且易有機械故障之疑慮。因此，研究人員希望發展更輕巧以及更安全的雷射光源模組用於光達系統。我們與國立陽明交通大學透過國科會前瞻技術產學合作計畫，共同開發 OPA 光達先進光源模組：整合氮化鎵高電子遷移率電晶體 (GaN HEMT) 與光子晶體面射型雷射 (PCSEL) 與超穎介面 (metasurface)，透過異質整合技術，讓半導體三代同堂，各展所長。我們利用有限元素分析法 (FEM) 建立光機電熱耦合物理模型，開發獨特的散熱結構與覆晶 (flip chip) 封裝技術，可大幅提升晶片散熱性能以及微縮光達模組體積。相較於傳統驅動元件 Si MOSFET，GaN HEMT 可承受更高電壓、更高頻率以及更高溫度，讓雷射驅動電路開關更快、能耗更低、以及功率更大，讓光達看得更快、更遠、更清楚。

Micro-LED 為次世代顯示器的關鍵元件，擁有高亮度、高解析度與低耗能等許多優點，極具應用於新興產品的潛力，如車載顯示屏、AR/VR 以及各種穿戴式裝置等。為此，研究人員正嘗試使用紅 (R)、綠 (G)、藍 (B) 三種顏色的 micro-LED 來實現全彩微型顯示器。隨著 micro-LED 元件尺寸微縮，氮化鎵鎵基 (InGaN-based) 藍光與綠光 micro-LED 仍可保持優異的外部量子效率 (EQE)，但常見的磷化鋁鎵鎵基 (AlGaInP-based) 紅光 LED 會因尺寸微縮與溫度升高而導致效率驟降。近期，研究人員發現 InGaN 紅光 micro-LED 的尺寸與溫度效應皆相對較小，且可實現單一材料 RGB 全彩微型顯示。然而，鎵 (In) 含量高的 InGaN 紅光 micro-LED 發光效率仍受限於量子侷限史塔克效應 (QCSE)，故如何提升 EQE 遂成為該領域研究人員的重要課題。我們與沙烏地阿拉伯阿布杜拉國王大學 (KAUST) Prof. Kazuhiro Ohkawa 跨國合作，共同開發高效率 InGaN 紅光 micro-LED，掌握了三項關鍵製程技術：(一) 使用分佈式布拉格反射鏡 (DBR) 提高元件的光萃取效率；(二) 使用超晶格 (SL) 結構作為緩衝層，釋放應力與減緩 QCSE；(三) 使用原子層沉積 (ALD) 鈍化處理，減少元件側壁的漏電流。

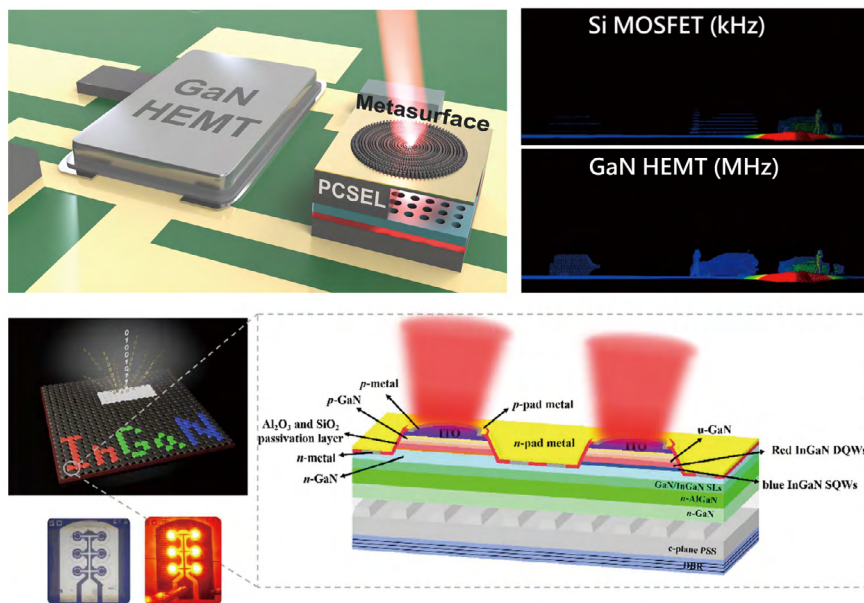
主要貢獻

鏈結產官學研，開發全球首創 OPA 光達先進光源模組，並已布局關鍵專利，讓半導體

材料三代同堂，各展所長。讓光達看得更快、更遠、更清楚。

同時攜手國際學者，合作突破 InGaN 紅光 micro-LED 外部量子效率紀錄，助推全彩化微型顯示技術發展，且同時整合顯示與通訊兩項功能，落實 best junction for the function。

藉由以上努力建立學術聲望，相關成果已發表於國際頂尖光電期刊 Photonics Research 以及國際頂尖光電會議 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO)。



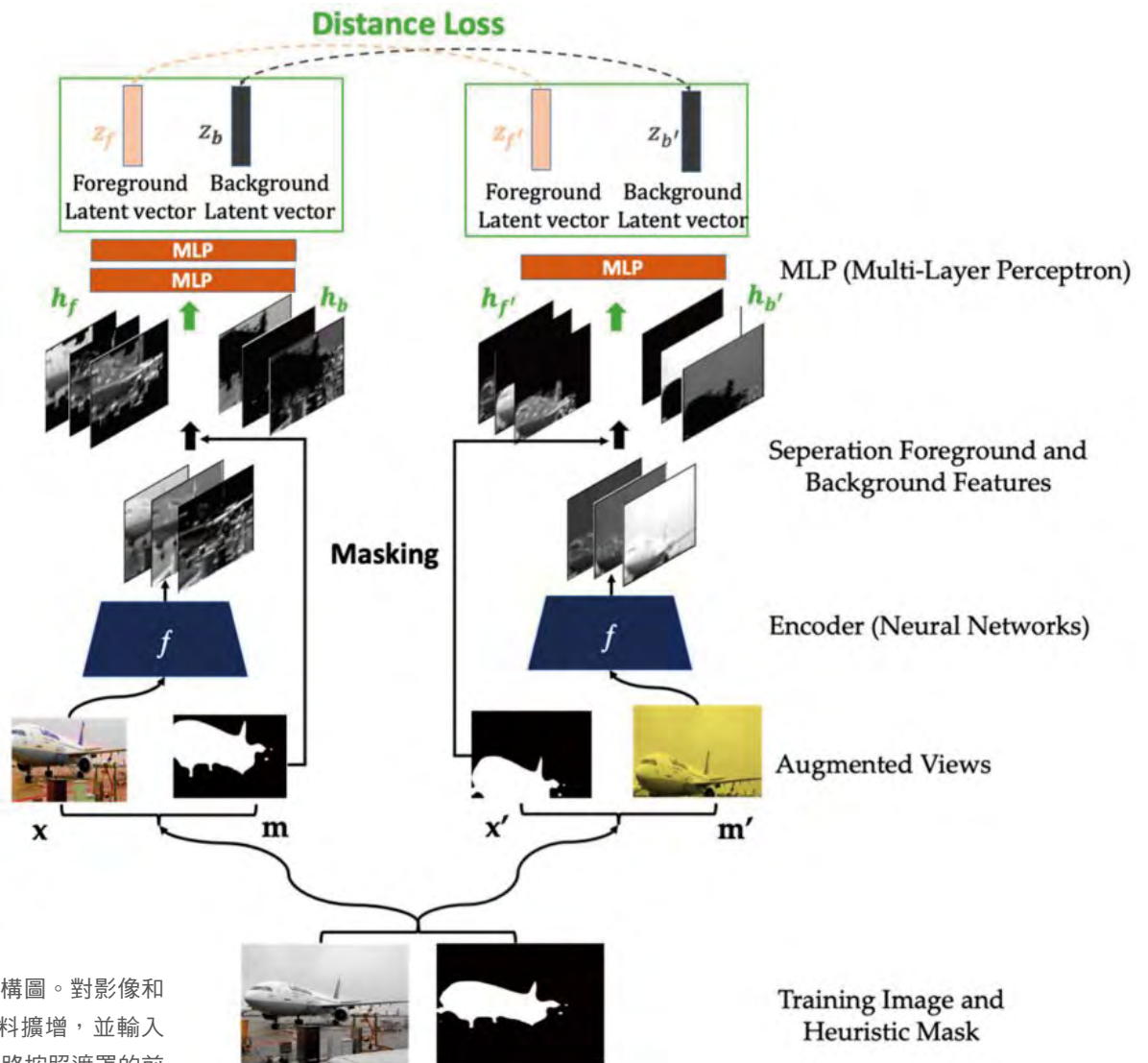
相關論文列表

項次	論文名稱
1	Buffer Traps Effect on GaN-on-Si High-Electron-Mobility Transistor at Different Substrate Voltages
2	Enhancement-mode High Frequency InAlGaN/GaN MIS-HEMT Fabricated by Implementing Oxygen-based Digital Etching on the Quaternary Layer
3	A Simple Method to Build High Power PCSEL Array with Isolation Pattern Design
4	Progress of Photonic-Crystal Surface-Emitting Lasers: A Paradigm Shift in LiDAR Application
5	Ultracompact Nanophotonics: Light Emission and Manipulation with Metasurfaces
6	High-Efficiency InGaN Red Micro-LEDs for Visible Light Communication
7	Toward High Bandwidth Yellow-green Micro LEDs utilizing Nanoporous Distributed Bragg Reflectors for Visible Light Communication
8	Micro-LED Backlight Module by Deep Reinforcement Learning and Micro-macro-hybrid Environment Control Agent

主題 3

多模態基礎模型

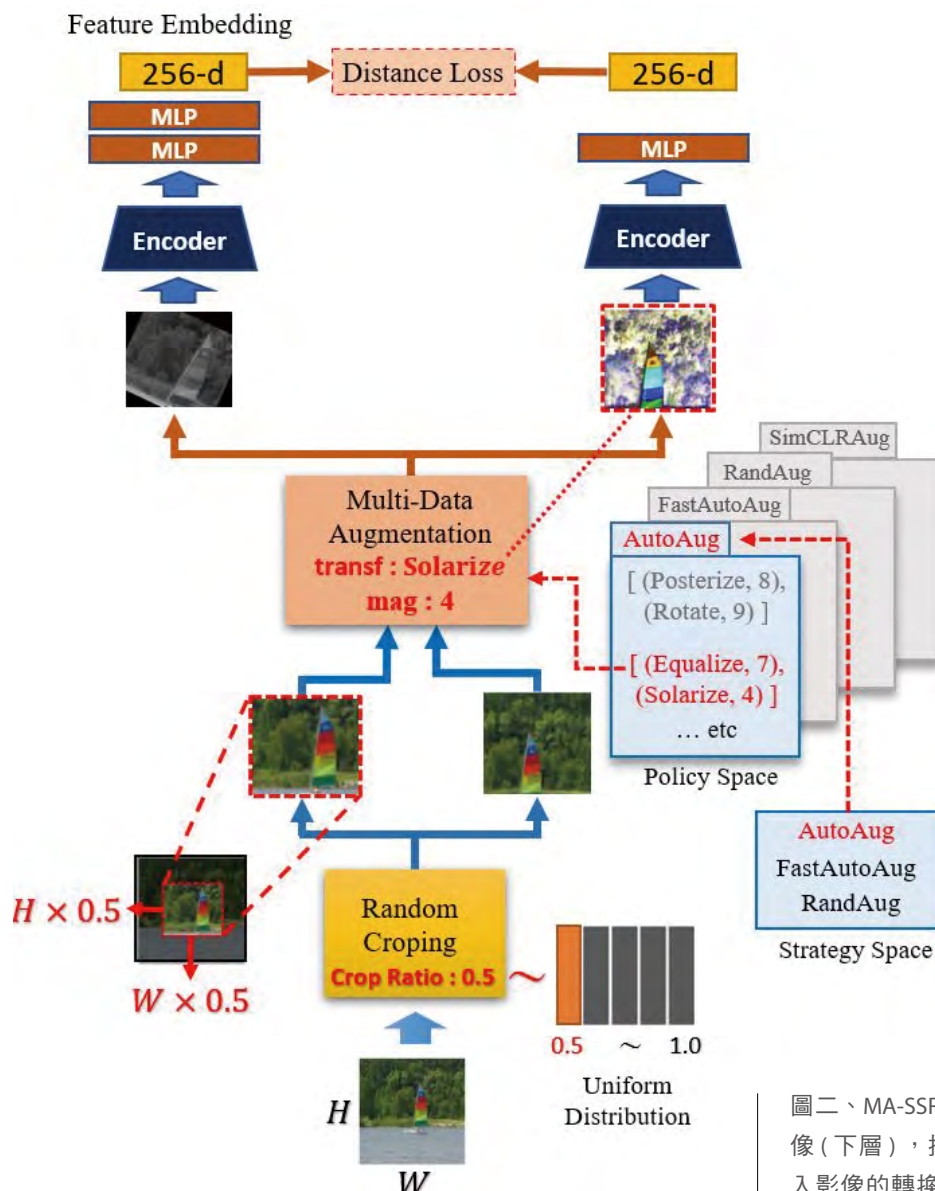
AI 所提出基於遮罩注意力的表徵學習方法 (Heuristic Attention Representation Learning, HARL) 來改進以往的預訓練框架 (圖一)。原本的預訓練框架是以成對的影像進行相似性比對來學習特徵，而我們更進一步將影像配對的內容精細到像素層級的匹配任務來提升任務難度，也使模型在任務中學習到像素層級的特徵表示。



圖一、HARL 網路架構圖。對影像和對應的遮罩進行資料擴增，並輸入於網路 (下層)，網路按照遮罩的前景點提升注意力 (中層)、區分兩張影像中前景、背景點相似度 (上層)。

此外，也針對預訓練框架中資料擴增的部分進行設計，並提出多重資料擴增（Multiple-Augmentation）技術（圖二），讓網路自動幫我們找出多樣的資料擴增轉換，以擴增多種樣態的資料給後續的網路進行預訓練，使模型在任務中學習到多樣性的特徵表示。

這些改進使預訓練的基礎模型在影像分類（表一）最高提升 13.1% 的 top-1 準確率，並於提升細粒度類型的物件任務上，在物件偵測（表二）、物件分割（表二）最高取得 2.8%、4% 的平均精確率提升；此外，受益於多樣的特徵資料，預訓練的基礎模型在分類任務上呈現極佳的表現，同時仍保持泛化於各影像資料集分類的能力（表三），並於影像分類任務上最高提升了 30.9% 的 top-1 準確率（表四）。



圖二、MA-SSRL 網路架構圖。隨機裁減輸入影像（下層），按照搜尋的資料擴增策略進行輸入影像的轉換（中層）、輸出不同類型的擴增影像作為預訓練資料，並進行預訓練（上層）。

Method	Semi-Supervised Learning		
	Top-1	Top-5	
	10%	1%	10%
Supervised	56.4	48.4	80.4
PIRL [11]	-	57.2	83.8
SimCLR [9]	65.6	75.5	87.8
MoCo [17]	-	-	-
MoCo v2 [54]	-	-	-
SimSiam [18]	-	-	-
BYOL [13]	68.8	78.4	89.0
HARL (ours)	69.5	79.2	89.3

表一、ImageNet 上的影像分類結果

Method	Object Detection						Instance Segmentation		
	VOC07 + 12 Detection			COCO Detection			COCO Segmentation		
	AP ₅₀	AP	AP ₇₅	AP ₅₀	AP	AP ₇₅	AP ₅₀ ^{mask}	AP ^{mask}	AP ₇₅ ^{mask}
Supervised	81.3	53.5	58.8	58.2	38.2	41.2	54.7	33.3	35.2
SimCLR-IN [18]	81.8	55.5	61.4	57.7	37.9	40.9	54.6	33.3	35.3
MoCo [17]	82.2	57.2	63.7	58.9	38.5	42.0	55.9	35.1	37.7
MoCo v2 [54]	82.5	57.4	64.0	-	39.8	-	-	36.1	-
SimSiam [18]	82.4	57.0	63.7	59.3	39.2	42.1	56.0	34.4	36.7
BYOL [13]	-	-	-	-	40.4	-	-	37.0	-
BYOL (repo)	82.6	55.5	61.9	61.2	40.2	43.9	58.2	36.7	39.5
HARL (ours)	82.7	56.3	62.4	62.1	40.9	44.5	59.0	37.3	40.0

表二、COCO 資料集上，物件偵測與物件分割結果

Methods	Foo d101	CIFA R 100	Car s	DT D	Sun39 7	Pets
<i>Fine-tune:</i>						
MA-SSRL (ours-300 epochs)	85.4	85.8	84.3	70.4	63.5	80.5
BYOL (repo 300-epochs)	85.1	83.3	86.1	71.3	62.3	85.3
BYOL [9] (1000 epochs)	88.5	86.1	91.6	76.2	63.7	91.7
SimCLR[2] (1000 epochs)	88.2	85.9	91.3	73.2	63.5	89.2

表三、Natural Distribution 資料集上的影像分類結果，該資料集共分六個子集，以上呈現各子集上的表現

Method	Linear Evaluation		Semi-Supervised			
	Top-1	Top-5	Top-1	Top-1	Top-1	Top-5
			1%	10%	1%	10%
Supervised IN [2]	76.5	-	25.4	56.4	48.4	80.4
PIRL [26] 800-epochs	63.6	-	-	-	57.2	83.8
SimCLR [2] 1000-epochs	69.3	89.0	48.3	65.6	75.5	87.8
MoCo v2 [27] 1000-epochs	71.1	-	-	-	-	-
BYOL [9] 1000-epochs	74.3	<u>91.6</u>	53.2	68.8	<u>78.4</u>	89.0
BYOL [9] 300-epochs	<u>72.4</u>	90.7	-	-	-	-
BYOL (repo) 300-epochs	<u>72.8</u>	91.0	52.4	67.7	77.9	88.5
MA-SSRL (ours) 300-epochs	<u>73.8</u>	<u>91.5</u>	<u>56.3</u>	<u>69.1</u>	<u>80.4</u>	<u>89.1</u>

表四、ImageNet 上的影像分類結果

主要貢獻

現今運用 AI 解決各種任務時，大多需要針對每個任務訓練一個對應的模型，其中有許多任務還需要仰賴多模態的資料（例如影像和文字、文字和語音）才能達到良好的表現。

運用了我們提出的方法所訓練出的視覺模型，於各類任務的準確度均超越了 google 提出的 SimCLR 模型，以及 deepmind 提出的 BYOL 模型。

這些方法的提出促使多模態基礎模型的效能提升，使各類下游任務的模型基礎能力進一步增長，並提升集團核心產業：自動駕駛、智慧醫療、機器人視覺等下游應用上的成效表現。

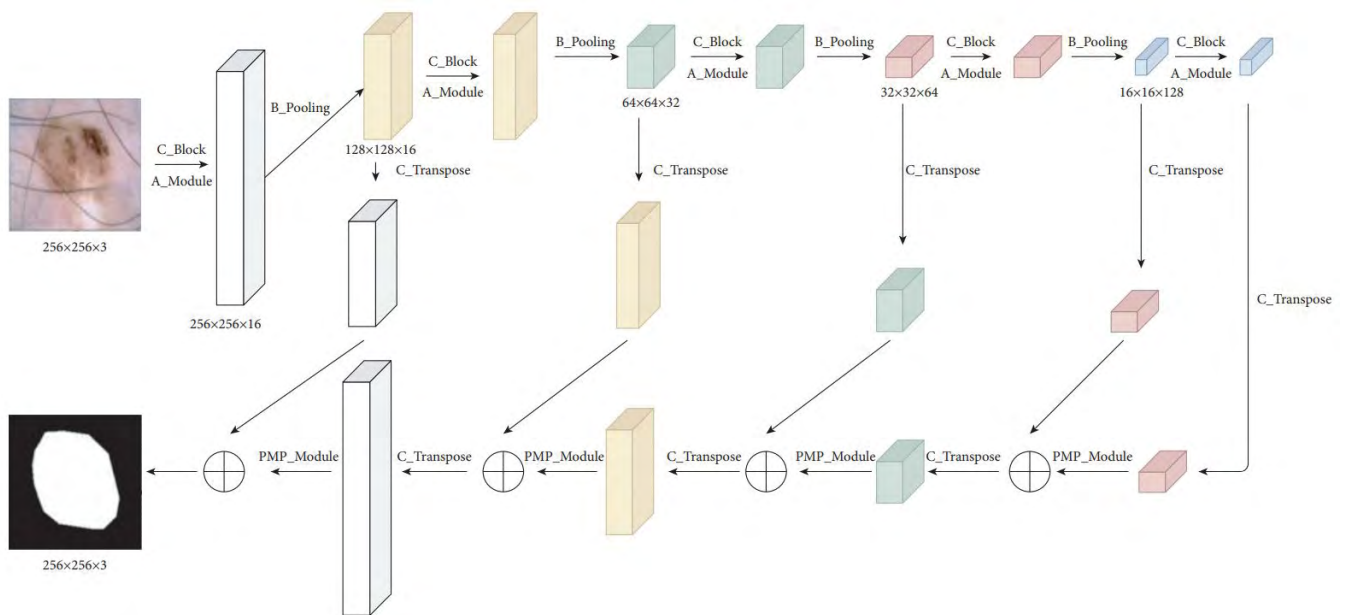
相關論文列表

項次	論文名稱
1	Heuristic Attention Representation Learning for Self-Supervised Pretraining
2	Self-Supervised Learning Framework toward State-of-the-Art Iris Image Segmentation
3	Multi-Augmentation for Efficient Visual Representation Learning for Self-supervised Pre-training
4	Referring Expression Comprehension via Enhanced Cross-modal Graph Attention Networks

主題 4

智慧醫療

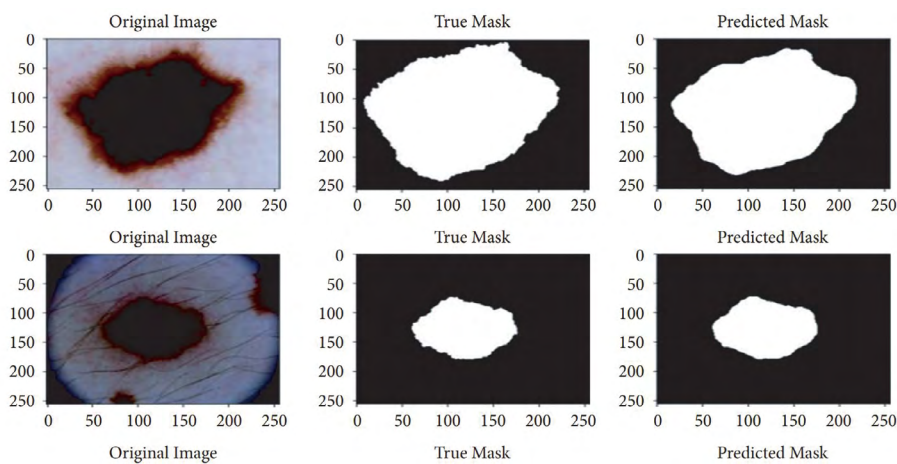
於癌症檢測的應用上，提出基於抗疊影雜訊的空間注意力卷積（Antialiasing Attention Spatial Convolutional, AASC）模組來改進以往的皮膚癌分割框架（圖一）。原本的預訓練框架多採用多層的 U-Net 架構擷取輸入影像的特徵，而我們更進一步於每層網路層中加入基於空間域的混合池化模組，將每層影像的重要特徵擷取出來。



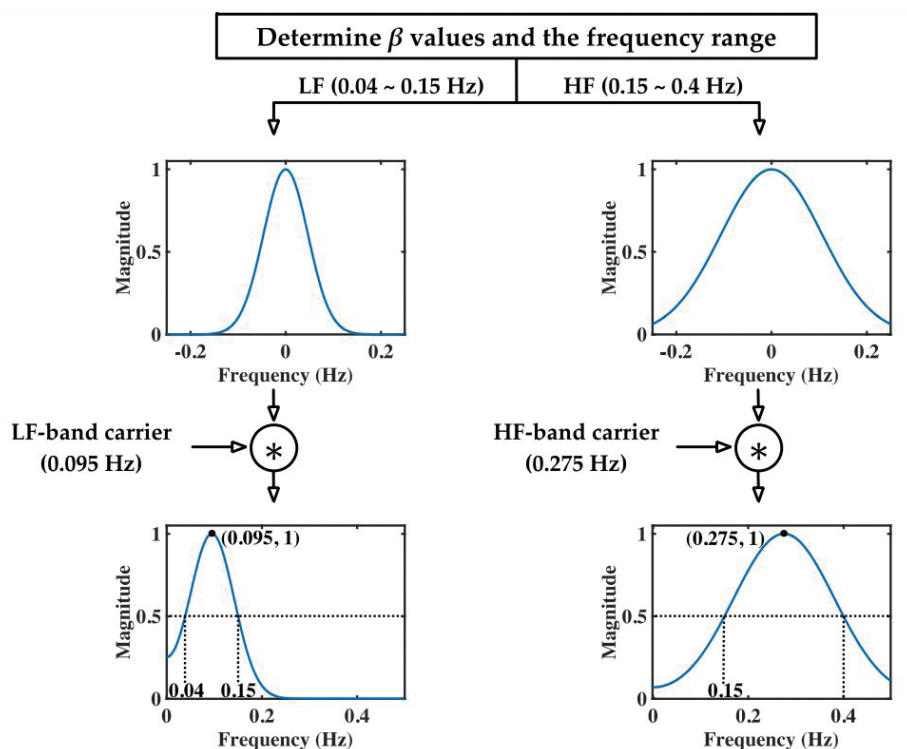
圖一、基於抗疊影雜訊的空間注意力卷積網路，每層網路區塊擷取輸入的影像特徵至更細粒度的層級，每層網路區塊間有池化模組進一步導引網路的注意力，最後依照每層粒度所擷取的特徵合併生成皮膚癌對應遮罩。

這樣的改進不但讓每層網路能擷取出更細微的特徵，也減少每層網路區塊原本所需的運算量，進而使模型呈現出色的皮膚癌分割效果（圖二）。

至於在心血管疾病預防領域中，感壓反射（Baroreceptor Sensitivity, BRS）是維持血壓恆定的一個重要機轉，當 BRS 數值異常時，可能會促成後續的心血管失調；因此，提出了基於調變高斯濾波（modulated Gaussian filter, modGauss）來預測 BRS 的技術（圖三），改進以往基於高斯均值濾波分解（Gaussian Average Filtering Decomposition, GAFD）所造成效率低下的問題。



圖二、病變區域分割視覺化呈現，白色區域為預測的癌症病變區域，黑色為正常區域。



圖三、modGauss 模型分解 BRS 訊號流程

以往採用 GAFD 的方法，BRS 訊號需藉由三層樹狀結構的高斯窗來擷取不同頻段訊號，但我們僅使用高、低兩個頻段的濾波器即足以擷取同樣的訊號，並大幅減少原本 GAFD 的算法所需時間和每層濾波器的超參數設定。透過以上的改進，modGauss 模型也在 BRS 預測的任務上呈現良好的效果（表一），並同時保有高效率的推論速度。

Method	modGauss	GAFD	AR	Wavelet
<i>p</i> value (SW)	4.88×10^{-11}	3.21×10^{-10}	3.22×10^{-11}	4.10×10^{-11}
Elapse time (s)	0.05 quartile	0.0093	0.0117	0.0129
	Median	0.0109	0.0128	0.0135
	0.95 quartile	0.0159	0.0166	0.0347
<i>p</i> value (Wilcoxon)	1.0	2.89×10^{-10}	1.59×10^{-12}	7.41×10^{-17}

表一、BRS 預測任務的評價，第一行為模型推論時間，而我們提出的方法推論速度最快

主要貢獻

隨著各樣病症如癌症年輕化的趨勢，癌症檢測、心血管疾病預防等數位醫療應用逐漸興起，運用 AI 解決相關醫療任務已成常态化的需求。然而在實際的醫療應用場域中，使用者大多對模型判斷的精確度、可靠性有高度的需求，並且模型的運作速度也需要達到實時推論的層級，同時又需能運作在輕量化的硬體環境，以普適地部署於不同裝置上。

為達到以上的需求，我們主要採用輕量型的架構來設計網路；同時也針對所欲解決的醫療任務對網路模組進行特殊的設計。我們所提出的各類網路架構都在所應對的任務上形成一套端到端的解決方案。

這些方法的提出也積蓄集團於智慧醫療的核心產業上有相應的研究量能，並改善智慧醫療應用上的成效表現。

相關論文列表

項次	論文名稱
1	Antialiasing Attention Spatial Convolution Model for Skin Lesion Segmentation with Applications in the Medical IoT
2	A Novel Method for Baroreflex Sensitivity Estimation Using Modulated Gaussian Filter
3	Embedding Biometric Information in Interpolated Medical Images with a Reversible and Adaptive Strategy

主題 5

低軌衛星通訊系統的多重波束 RF IC 與天線設計

低軌衛星通訊系統是通訊所與陽明交通大學產學合作的主題。在此 B5G/6G 的前瞻研發計畫當中，我們選擇了三個主要的技術挑戰進行研究。第一是多波束相位陣列天線設計，如何以較低的硬體複雜度支援較多的使用者同時接取網路。第二是高速基頻訊號處理，如何在惡劣天候或偶發通訊屏障的情況下，能夠共用多個衛星的實體波束，盡量保持使用者衛星通訊的無線鏈路不間斷。第三是衛星星系網路工作協同，如何在低軌衛星快速相對運動的條件下，能夠以接力的方式提供無縫換手的服務，並且配置足夠的無線資源接取地面網路。

在第一個研究主題當中，傳統的相位陣列天線硬體設計中每個波束需要一個射頻鏈 (RF chain)。當需要數個波束時就要有數倍的電路元件，將相移器、功率放大器、低雜訊放大器、可調增益放大器、功率分配器等諸多電子元件以倍數成長的方式整合在有限的電路板面積中。在此研究案中，我們改善了傳統扇形的單波束天線輻射區域，變成了以一個射頻鏈就能形成多個波束，分別指向分散在不同方位角的多個使用者（見圖 1），訊號發射範圍不須涵蓋沒有使用者的空間區域，減少不必要的能量損耗。

在此研究專案中，我們實作了 RF IC 與相位陣列天線，於實驗室內完成概念驗證。除此之外，為了比較此創新設計與傳統設計的效能表現，我們以電腦模擬的方式將使用者分布角度大小區分了三個應用場景 (Case 1. 60° 、Case 2. 40° 、Case 3. 30°)。在 Case 2 中有二個使用者在 -18° 與 $+18^\circ$ 方位角上；在 Case 3 中有二個使用者在 -10° 與 $+10^\circ$ 方位角上（波束場型見圖 2）。實驗結果重點如下：

1. 在具有相同射頻鏈和天線數目的條件下，此創新設計的傳輸速率總和 (sum rate) 比傳統設計還要高；當使用者分布角度愈小時優勢愈突出（見圖 3）。
2. 在硬體複雜度減半的情況下，於相同信噪比的條件下，傳輸速率總和僅微幅下降（見圖 4）。即使只有一個射頻鏈，這個系統設計仍然可以達到接近傳統具有多個射頻鏈的系統性能。

圖 1. 低硬體複雜度的智慧多重指向天線系統模型

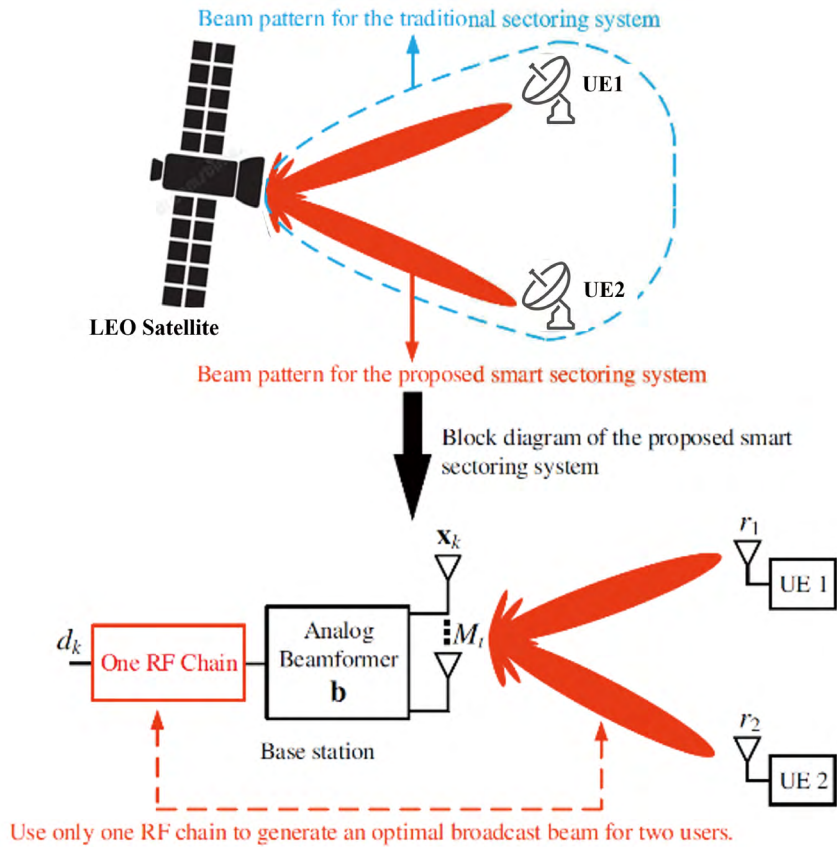
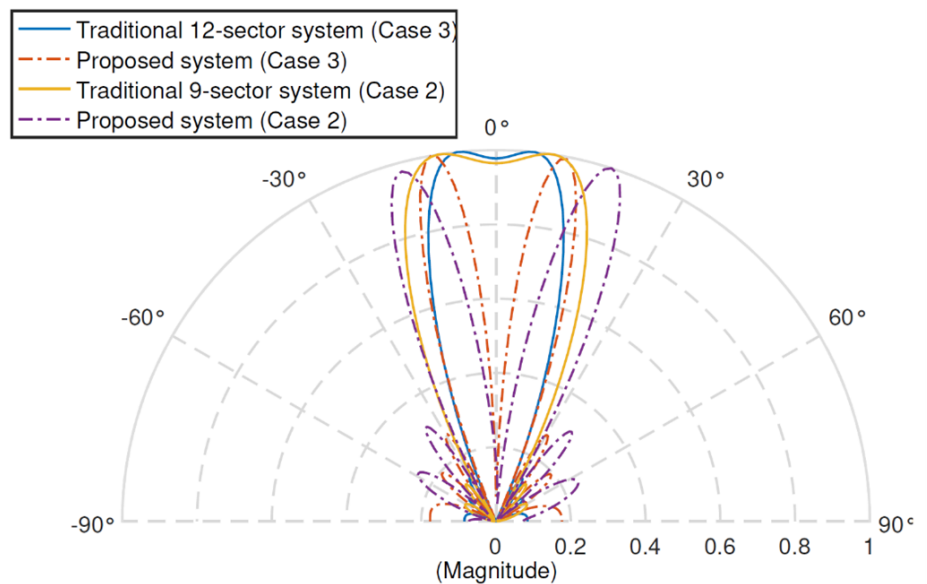


圖 2. 使用一個射頻鏈生成的雙波束天線場型與生成傳統扇形的單波束天線場型比較



主要貢獻

此創新設計可以在微幅犧牲效能的條件下大幅降低硬體成本，以單一個射頻鏈即可使相位陣列天線形成多個毫米波波束。在相同的硬體成本條件下若與過去已知技術比較，此創新設計可以用相同射頻鏈和天線數目達到比較高的傳輸速率總和。

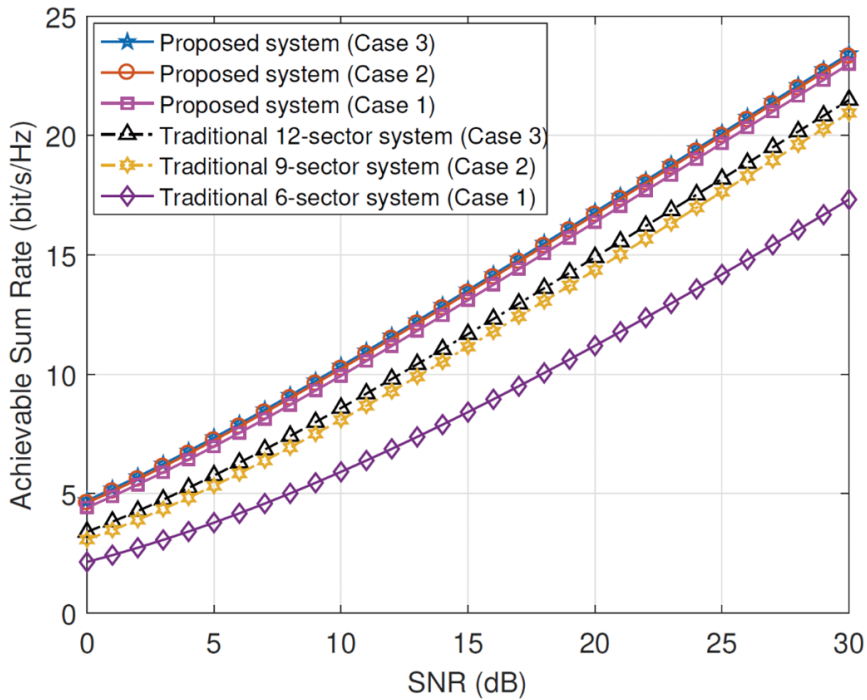


圖 3. 在具有相同射頻鏈和天線數目的條件下，此創新設計與傳統設計的效能比較

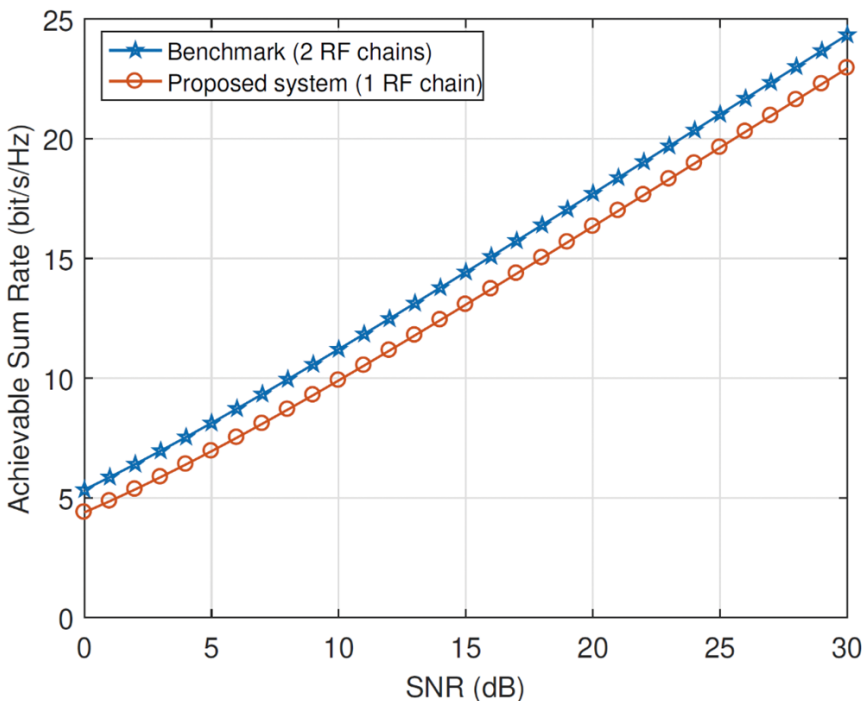


圖 4. 使用一個射頻鏈生成的二個波束比使用二個射頻鏈生成的二個波束的傳輸速率總和僅降低了 1.39 bit/s/Hz

相關論文列表

項次	論文名稱
1	He, Yan-Yin, Shang-Ho Lawrence Tsai, and Jen-Ming Wu. "Novel Smart Sectoring and Beam Designs in mmWave Broadcast Channels." 2022 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC). IEEE, 2022.

主題 6

量子模擬

量子模擬是一個應用廣泛的技術，可以用於設計新材料、研究化學反應、開發新型電池和藥物等。費曼是量子模擬的先驅之一，他認為大自然是量子的，所以要模擬它，最好使用量子力學。隨著量子電腦的發展和計算能力的提高，量子模擬在化學領域中的應用逐漸受到關注。

量子模擬在化學領域中提供了一種嶄新的研究方法。傳統的計算化學方法通常基於半經驗的近似方法，如密度泛函理論（DFT）和分子力學（MM）等。這些方法在許多情況下是非常有效和可靠的，但是對於某些複雜的化學問題，如大分子反應和化學反應中的量子效應等，這些方法往往達不到足夠的準確度。

量子模擬則提供了一種更加準確的方法，可以用來解決這些複雜的化學問題。其中一種常用的方法是基於量子化學理論的變分量子本徵值求解器（VQE）。VQE 可以模擬化學鍵的強度、角度、電子結構等相關物理量。通過調整這些參數，VQE 可以求解分子的能量和反應機制等問題。VQE 的另一個優點是它可以進行量子相互作用的模擬，這在設計新的化學反應路徑中非常有用。

除了 VQE 之外，還有一些其他的量子化學方法也被開發出來。例如，基於哈密頓量模擬的量子相關性發現方法（QCC）可以用來計算複雜分子的性質和反應機制。此外，還有許多其他的基於量子算法和量子電腦的方法被用來解決化學問題，並且仍在不斷發展中。量子電腦模擬為解決複雜的化學問題提供了一種全新的研究方法，它將為未來的化學研究帶來革命性的變化。

量子所今年利用量子模擬發展藥物開發與電池模擬的相關研究。然而，藥物開發過程往往耗時耗力，成功概率低。近年來，機器學習和深度學習技術的最新進展減少了發現過程的時間和成本，從而改善了藥物研發。電池模擬在電動車、能源儲存及消費性電子產品都是重要的課題，對於其續航力、安全性和成本有顯著的影響。量子電池模擬可以提高電池模型的精確度，加速新材料的開發，並減少實驗成本。幫助研究者了解電池芯的性質並優化其設計和性能。

主要貢獻

量子所與 Insilico Medicine Taiwan 合作藥物開發中，我們用變分量子電路（VQC）代替了 GAN 的每個元素，並證明在小藥物發現中的量子優勢。利用 GAN 雜訊發生器中的 VQC 來生成小分子，在目標導向基準測試中獲得了比經典同類產品更好的物理化學性能和性能。此外，我們還展示了在 GAN 生成器中只有數十個可學習參數的 VQC 生成小分子的潛力。我們還證明 VQC 在 GAN 鑒別器中的量子優勢。在該混合模型中，可學習參數的數量明顯少於經典模型，並且仍然可以生成有效分子。在量子鑒別器中只有幾十個訓練參數的混合模型在生成的分子性質和實現的 KL 散度方面都優於基於 mlp 的混合模型。

另一個範例是關於改進電池模擬的方案。這項方案使用量子計算技術，將原先需要使用 20 多個量子位元進行模擬的電池，簡化至僅需要 8 個量子位元，並將電路深度降低 90%，從而節省時間和資源。這種方法可以幫助設計更高效和安全的電池，同時也能減少對環境的影響。

以上兩個例子都說明了量子模擬在科學技術領域中具有重要的價值和前景。隨著量子硬體和軟體技術不斷進步，我們期待看到更多關於量子模擬在各種領域中取得突破性成果。



相關論文列表

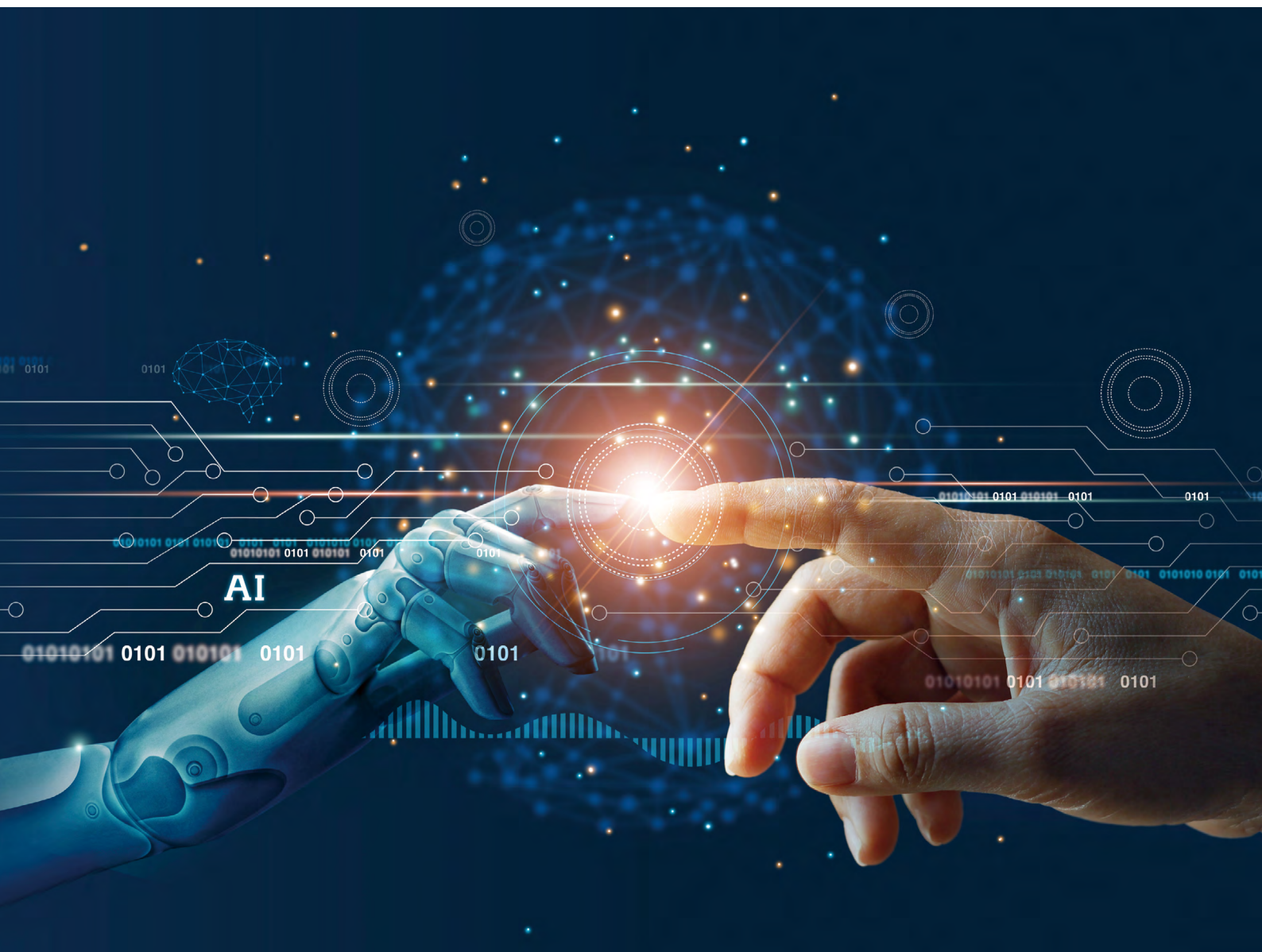
項次	論文名稱
1	Quantum Advantage in Small Molecule Drug Discovery
2	Quantum Simulation of Preferred Tautomeric State Prediction



趨勢分享

透過每季一次的公開技術論壇「NExT Forum」，鴻海研究院邀請國內外重要企業專家及學者，共同分享半導體、人工智慧、新世代通訊、資通訊安全，以及量子運算等全球最新趨勢，是台灣產業界的創舉。

技術非 AI 唯一挑戰 安全、信任更應提前佈署



人工智慧的強大功能奠基於資料，而「技術向善、造福人類是我們技術人共同的目標。」鴻海研究院諮詢委員、創新工場董事長兼首席執行官李開復強調，人工智慧技術最終將為人類帶來巨大優勢，但過程中仍要善用技術加上法律規範，以防止對於人類社會產生傷害或負面影響。

AI 治理是全球必須共同解決的事情，每個國家都應該提出適合自己的方案，李開復觀察到在這些共識間存在許多相似性，他也相信，許多國家能在求同存異的共識中，尋找跨領域合作機會。「技術的力量是非常龐大的，每一次重要技術的革命，都能夠推動人類進步。」李開復指出，而每一個技術革命剛開始都會出現一些新問題，例如電剛出現時，可能會電死人；網際網路剛開始使用時，病毒的問題非常嚴重，但這些都靠著技術的不斷進步而解決。

鴻海研究院執行長兼資安所所長李維斌認為，隨著資安議題逐漸受到重視，AI 帶來的新威脅和脆弱點也必須即刻受到重視，這正是台灣發展 AI Security 的重要機會，也是鴻海研究院舉辦本場論壇的主因。

聚焦 AI 安全 有效預防多種攻擊

資安是這兩年的重要議題，金管會也宣布在 2022 年第一季前，符合一定條件的證券商、期貨、投信投顧與銀行業，須設立副總級以上資安長，顯見網宇安全（Cybersecurity）的重要性。然而，這幾年已廣泛應用於車聯網、數位健康、機器人的人工智慧科技，針對 AI 安全的討論卻尚未獲得廣大的重視。

李維斌強調，AI 是功能強大的軟體，但無論從理論或實務看來，AI 會成為駭客攻擊的對象。國立陽明交通大學資訊工程系講座教授林盈達也同意 AI 很厲害很方便，但有許多方式可以欺騙系統，造成錯亂或是誤判。因此他與學生投入研究 EAT（Ensemble Adversarial Training）方法，希望能抵禦各式攻擊，並能反向檢驗 AI 系統的模型。

針對 AI 系統的攻擊種類與來源很多，

造成傷害程度也不相同。林盈達說明，輕者如車牌辨識錯誤，導致繳費發生問題；重者影響保全識別系統，引發安全危機。他說，防禦單一攻擊相對容易，但遇到其他攻擊時，依然會造成系統的危機，而這類對抗式攻擊（Adversarial Attack）的特性是，如果攻擊會對 A 模型有威脅，就也會有蠻大機率能夠威脅到 B 模型，所以只有單一類型的防禦顯然不夠。

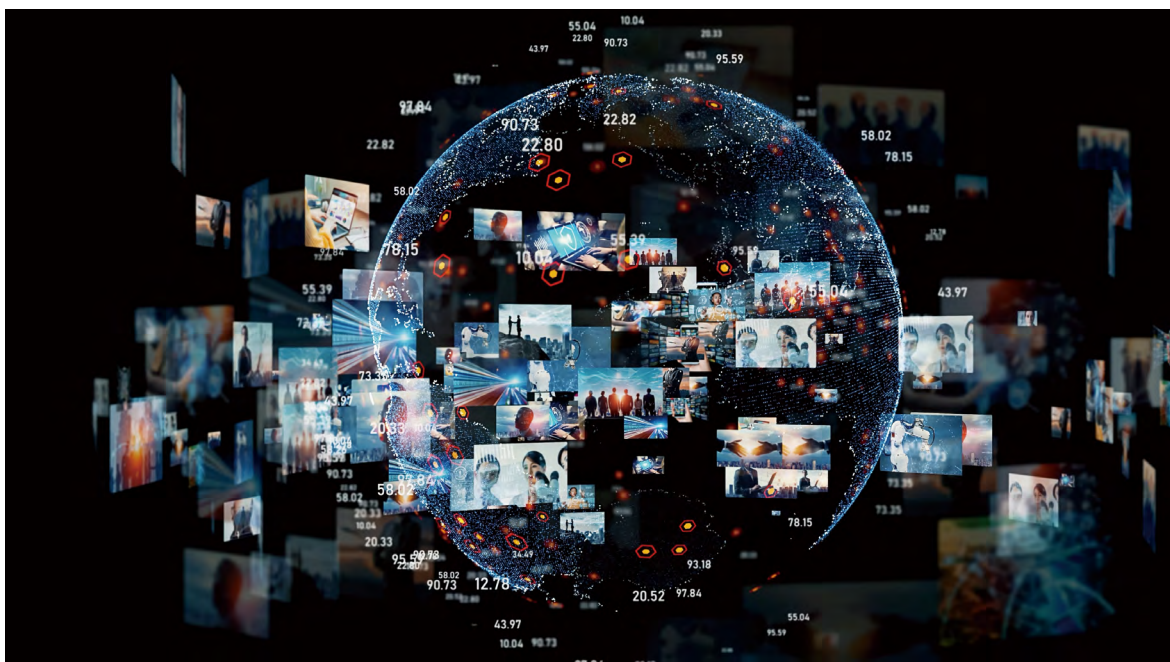
EAT 就是從兩個層面來強化模型：一是知己知彼，也就是 Adversarial Training，透過負面教材的訓練，讓模型認識並了解什麼是 Adversarial Attack；二是眾志成城—Ensemble，集合各種模型的優勢，截長補短。訓練中也證實，結合這兩種層面的 EAT，可以讓模型獲得強大防禦力。

國立中央大學資訊工程學系特聘教授王家慶則分享在音訊領域常見的攻擊，他說，語音及音訊系統就像圖像辨識系統一樣，隨著深度學習技術飛速進展，各種深度神經網路模型也蓬勃發展。但模型的落地也帶來了威脅，對抗性樣本就是其中一種。

例如一個已經訓練好的語音辨識模型，故意在錄音後加入特定雜訊，就會影響模型的準確度，更可能會造成隱私洩露或是系統不穩定等更嚴重的安全疑慮。

非預期失誤 Vs. 惡意攻擊

香港城市大學計算機科學系教授王聰特別以自駕車來說明 AI 系統安全的重要性。自駕車涵蓋許多不同技術領域，如自駕系統、數據、光感應、製造……等，儘管許多科技大廠投入，但是仍然不時出現事故，這可以將其歸類為「非預期失誤」，可能因為光線、天氣等因素，顯露出機器學習模型在



決策中的誤判。而由於模型不夠完美，攻擊者加以利用並放大它的缺陷，使得機器更容易犯錯，這就是「惡意攻擊」。

這些攻擊會讓精心訓練的模型輸出錯誤結果，或變成攻擊者所指定的結果，因此防禦者必須在模型遇到攻擊時，不受到攻擊影響或降低干擾，仍然輸出正確結果。

整體而言，完整的機器學習系統有四個流程，包括感測（Sensor）、資料預處理（Data Preprocessing）、機器學習模型（Machine Learning Model）、決策（Decision Output）。透過感測器去接收物理世界的訊息，拿到這些資料後，透過資料前處理的步驟，從這些原始資料萃取成為特徵集，最後才能讓機器學習模型做決策。而每個流程都可能因為有意或無意的雜訊、擾動造成最終決策錯誤。

可以想見，目前自駕車的技術缺陷仍然非常多，然而好消息是，已經有許多國家開

始從法規的層面逐漸落實佈署，在這個框架之下，更需要學界和業界共同合作。王聰分析，技術還需要很長的探索時間，往往在新的攻擊出現後，就會找出新的防守方法，一來一往才能讓自駕車安全網更穩固、可信，「與其說是軍備競賽，不如將這個過程定義為攻防演練」。

以聯邦學習落實隱私權保護

除了攻擊與防禦之外，還有另一個關鍵問題：隱私權保護。因應世界各國重視數據隱私保護而發展出來的聯邦學習，是近期學術研究中備受矚目的熱門技術議題，目前主要應用於智慧金融、智慧醫療、政府合作、跨機構合作等場景中。全球最大的先進技術創新組織電機電子工程師協會（Institute of Electrical and Electronics Engineers，IEEE）聯邦學習標準制定委員會副主席馮霽解釋，簡單而言，聯邦學習就是，「透過只將數據留

在本地訓練模型，並對模型進行聯合訓練的分布式場景方式，達到保護隱私的目的」。

目前符合隱私保護原則的數據使用，主要有四種流派，分別是多方安全計算（MPC）、差分隱私（DP）、安全屋（TEE）及聯邦學習。其中以深度神經網絡、決策樹為核心所建構出來的聯邦學習，是目前被認為最重要也最具效能的技術。

馮霽解釋，隱私保護、端部定製及協同合作是聯邦學習的三大特點。隨著歐盟、美國、中國等各國數據治理法規的推出，隱私保護是各國共同的規範。端部定製指的是針對客戶端或 AIOT 等嵌入式的行為，可以根據端部輸入的資料滿足個人化的需求。例如手機用戶在輸入文字時，讓用戶的輸入過程只保存在各自手機中，並能對用戶微調提供特製的文字推薦。

協同合作則是讓客戶端、企業端、政府端在保證數據不出本地的情況下，不同組織間的數據透過共同模型的參數更新與傳遞，依然能達到協同合作的目的。

聯邦學習三大主要研究範圍

為了符合這三個特點，目前聯邦學習相關研究主要集中在三大範圍。其一是如何防禦攻擊者侵入？例如攻擊者侵入訓練過程，透過侵入監聽通訊系統的梯度或參數訊息，恢復或還原數據樣本進而可能造成資料外洩的危機。又或者，當訓練資料被攻擊者進行微幅的擾動，也可能影響模型的結果。解決這個問題的主要方法是結合密碼學，對系統進行同態加密。

第二是如何針對非獨立同分佈（Non-I.I.D）的資料進行聯邦式學習，尤其面對串流

資料（streaming data），這類隨著時間流逝，分布產生變化的資料。馮霽提到，他的工作團隊也曾經藉由 Gradient Boosting Machine 的設計，處理數據遷移的情況。

最後則是如何實現去中心化網絡拓撲結構的聯邦學習架構。主要是除去以中央伺服器儲存參與方的非數據知識，只讓參與者之間進行有限的網路通訊，目前學術界也已提出一系列的版本，希望能實現該架構。

從 AI 安全標準大綱到可信的數據經濟框架

隨著人工智慧應用快速普及，安全與資料隱私保護勢必成為重中之重。馮霽在 2021 年 5 月就已在 IEEE 啟動「AI 安全標準大綱」。他指出，雖然許多企業對聯邦學習感興趣，但如何在不同機構、不同聯邦學習或數據安全架構下建立合作框架；以及不同場景該選擇何種方案？都是未來的挑戰。因此必須透過安全標準大綱，建立指導手冊並列舉風險，讓不同需求的用戶都能了解並及早準備因應措施。

加州大學柏克萊分校電機工程及電腦科學系教授、Oasis Labs 創辦人 Dawn Song 指出，雖然許多資料都是經過匿名處理才被售出，但是匿名化並不足以保護個人的隱私。科技的進步加速對資料的需求，因此，我們更迫切的需要建立一個可信賴的數據經濟框架。

什麼是可信賴的數據經濟？Dawn Song 認為，首先，必須最大化資料對於個人、組織、政府及社會的效用；其次，為了避免資料被濫用或誤用，需要建立或執行數據的權利以做為數據經濟的基礎。再者，資料所創

造的價值要能被公平的分配。

三管齊下 全面且有效保護個人隱私權

她進一步指出，建立可信賴的數據經濟牽涉複雜，就目的而言，一方面希望能盡量獲取大量的資料，但一方面又必須保護敏感資料與個人隱私；從本質來看，資料不具敵對性（non-rival），不同的網路服務業者可以透過不同的管道得到同一位使用者的資訊，但是，卻無法輕易監控資料到底如何被應用。所以，為了建立可信賴的數據經濟，除了透過技術協助之外，也需要給予數據提供者適當的獎勵機制。最後，則是建立一個能支持數據經濟的法律框架。

Dawn Song 提到，就算是經過匿名處理的資料，對於個人隱私的保護也有限，有心人依然可以透過不同方式取得機密資料。且資料一旦被複製，資料所有者就喪失了這些資料的主控權。因此，需要發展新技術以因應相關需求。

這就牽涉到定義「什麼是數據權？誰可以選擇數據？」的重大挑戰。Dawn Song 舉例指出，數據雖然在對抗疫情上有著極大的幫助，包括接觸者追蹤、藥物開發，以及診斷醫療保護等，但依然要特別注意敏感資料的處理，以及夾雜在其中的隱私問題。她認為，若無法妥善因應如何保護敏感資料的問題，將成為數位時代經濟成長的阻礙。因此，建立可信賴的數據經濟框架是當務之急。

綜觀相關規範 AI 帶來的不只技術問題

法律框架如何建立？國家通訊傳播委員會前主任委員、人工智慧科技基金會常務董事，同時也是數位經濟暨產業發展協會

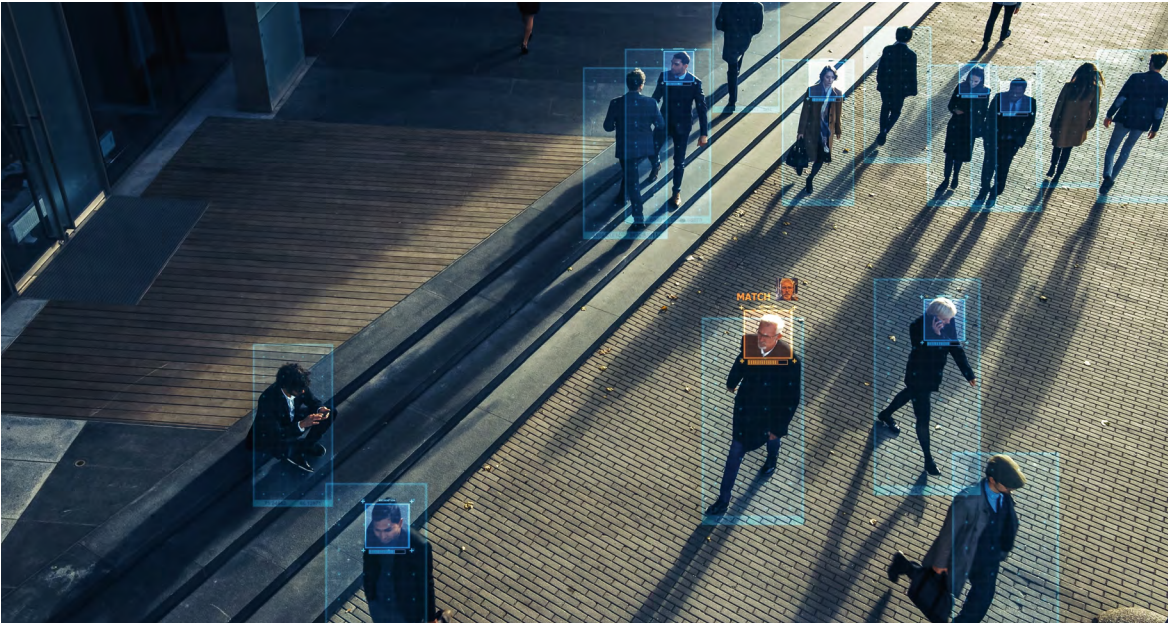
（DTA）副理事長詹婷怡指出，身處數位環境已成常態，我們所面對的不再只有技術問題，必須思考不同產業的決策、工作與互動等多種維度的問題。

詹婷怡綜觀世界對於 AI 的相關準則，例如 IEEE 在 2017 年即發布第二版人工智慧設計的倫理準則，其中強調隨著自動化跟 AI 應用的影響無所不在，需要建立社會與政策方面的指南，以確保這些系統是以人為本，並服務於人類價值和倫理準則。在這個準則下，AI 技術應用與開發應該遵循五大原則，包括不侵犯國際公認的人權、在設計和使用中優先考慮人類福祉的指標、設計者和操作者是負責任且可問責、確保運行方式透明，以及濫用的風險需降到最低。

歐盟執委會也在 2018 年 6 月成立人工智慧高級專家組（The High-Level Expert Group on Artificial Intelligence, AI HLEG），2019 年提出「可信賴的人工智慧倫理準則」（Ethics Guidelines for Trustworthy AI）並公佈「可信賴的 AI 政策及投資建議」（Policy and Investment Recommendations for Trustworthy Artificial Intelligence），其中明訂，可信賴的 AI 應具備合法、合乎倫理且強大穩健等三大條件。

歐盟採持續對話機制形成政策建議

「可信賴的 AI 政策及投資建議」報告中也提到，公部門應扮演人工智慧增長及創新之催化劑，以確保歐洲具有世界一流之研究能力；但是政府如果以「保護社會」為由，建立一個普遍的人工智慧監督系統將非常危險。政府應承諾不針對個人進行大規模監視，並以遵守法律及基本權利為前提，發展人工智慧。



更重要的是，這些規範並非提出後就不再更動，必須持續關注並保持討論。因此，歐盟成立「歐洲人工智慧聯盟」做為對話跟溝通的機制。並在 2021 年提出「人工智慧法律調和規則草案」(Proposal for a Regulation Laying Down Harmonised Rules on Artificial Intelligence (Artificial Intelligence Act) and Amending Certain Union Legislative Acts)，透過持續討論形成許多指導原則、政策的建議，以及對話的機制，在短時間內廣納各方的意見。

詹婷怡分析，歐盟的數位發展策略非常清楚，包括發展為人民服務的技術、建立公平且有競爭力之經濟體，以及發展民主開放且永續的社會等三大項目標。而過程中提出的各種規範，只是第一步；如何建立一個值得信賴的 AI 生態系統是更重要議題。

當務之急 建立產官學及跨領域對話機制

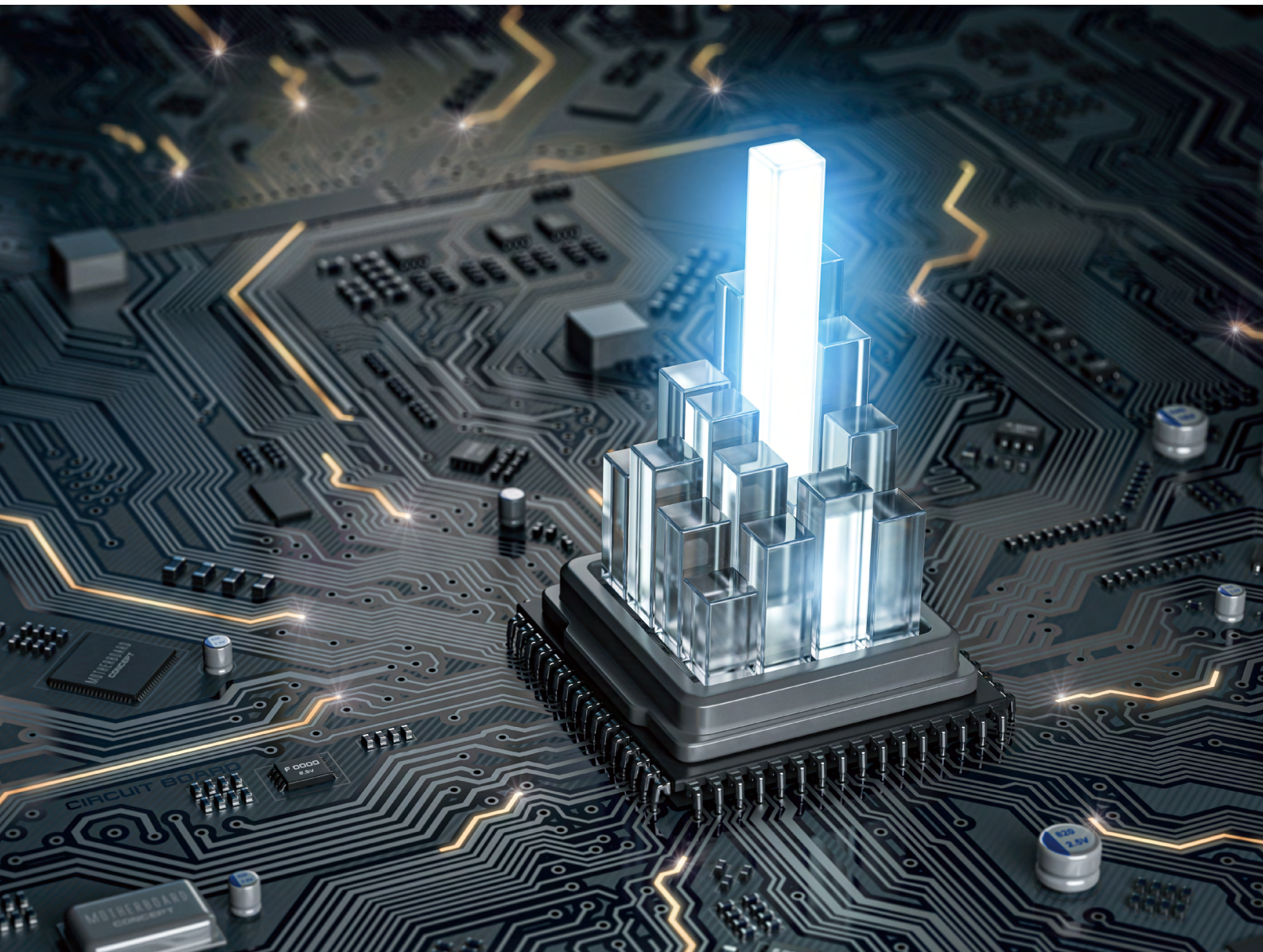
當中牽涉到許多面向議題，她舉例，在人工智慧應用最大的挑戰除了技術，就

是法律 (legal)、政策 (policy) 和監管 (regulatory) 的面向。再加上新的 AI 技術應用，極可能開啟新的操控或攻擊工具，同時也將涉及隱私的議題。除此之外，如何避免資料偏見也是不可避免的挑戰，顯見這不再只是單向的科技技術應用，更將帶來經濟與政治等各個層次與面向的變化。

2022 年底，大型基礎模型以及生成式 AI 如 ChatGPT 的推出，勢必造成 AI 有更普及、更全面的產業應用，鴻海研究院人工智慧研究所所長栗永徽表示，對抗式攻擊、深度偽造 (Deepfake) 所帶來的安全風險會更加顯著，若沒有及早著手研究佈署，將成為 AI 應用發展的限制與潛藏危機。

他建議，AI 和資通訊安全兩個領域的專家應該更積極展開對話。這也是舉辦本次論壇的原因，希望連結兩大領域產官學界的力量，重視聚焦於 AI Security 議題的討論，並藉此次倡議，讓世界看到台灣產業在 AI 安全的投入與成果，成為被信任的國際 AI 產業夥伴。

致力開發次世代半導體 找尋台灣產業新機會



電動車產業蓄勢待發，以及全球對於淨零排放的高度重視，帶動次世代半導體的蓬勃發展。台灣在矽元件製造代工的優勢，是否能繼續維持？應該採取哪些策略？是最受關注的議題。

第三代寬能隙半導體從 2021 年開始受到全球產業矚目，特別在 5G 及電動車蓬勃發展後，更成為全球晶圓大廠兵家必爭之地。根據調研機構 OMDIA 的統計，寬能隙化合物半導體 2021 年產值為 17.6 億美元，預計到 2025 年將成長到 75 億美元，是整個半導體市場中成長最快速的領域，而帶動這一切的主因，正是汽車電子產品、再生能源、航空以及綠能等應用領域發展。

所以，從 2021 年開始連續兩年，鴻海研究院都攜手國際半導體產業協會（SEMI）舉辦 NEX T Forum。2022 年聚焦於近來備受關注的氮化鎵（GaN）、碳化矽（SiC）等寬能隙半導體，邀請海內外重量級產學代表，探討新世代半導體的技術與應用發展趨勢。

基板多樣化、應用範圍廣

市場研究機構 Yole Intelligence Power & Wireless 總監 Claire Troadec 在論壇上指出，雖然台灣在 SiC 基板領域的發展上速度較慢，但在化合物半導體代工領域表現仍傑出。未來，專業製造技術的晶圓代工廠將有機會扮演更重要的角色。

Claire Troadec 解釋化合物半導體的特性，一是基板多樣化，像 GaN 可磊晶在 Sapphire、SiC、Si 等基板上；也因此應用範圍很廣，而且在某些領域的表現比矽元件更為優異。例如智能手機、電動車、通訊基地台、國防太空、工業製造、醫療等。她評估，化合物半導體基板的全球市場規模目前大約是 10 億美元，預計到 2027 年可成長 2.2 倍，最大的成長動能來自於製造 SiC SBD/MOSFET 所需的 SiC 基板及射頻電路的 GaN 基板。

她表示，目前看來，台灣在基板與磊晶的材料領域雖然進度較慢，但在化合物半導

體代工領域的表現仍然非常傑出。例如像光電和射頻通訊產業的穩懋、宏捷、晶成等；在照明和顯示產業的晶元、隆達、銖創等，都是極具發展動能與力的企業。

台灣化合物半導體代工仍有很大機會

很多人關心的是，在技術不斷快速演進的驅動下，台灣所熟悉的代工商業模式，是否能在快速成長的功率元件產業占有一席之地？

Claire Troadec 說明，SiC MOSFET 領域目前仍以歐美日的 IDM 廠為主，不僅製程相對複雜，同時對於封裝也是一大挑戰，因此擁有從研發、設計到製造的 IDM 模式主導這個領域的狀況，短期內應該不會有太大的變化。然而投入大量資本研發製造技術的代工廠同樣有機會扮演更重要的角色，這也是鴻海集團的鴻揚半導體與在 SiC 耕耘多年的漢磊的機會所在。

碳化矽元件之所以備受關注，也跟在電動車領域的應用有密切關係，因為不僅能有效降低導通阻抗、提升開關速率，還能快速散熱且有效降低系統成本。這樣的特性，也為電動車產業開啟一片藍海。

不過，由於目前碳化矽元件的缺陷密度遠高於矽元件，甚至達百倍以上，如果要應用到車規產品上，是一個相當大的挑戰。

以 AI 進行良率檢測 有效降低風險

以智慧檢測知名的美商科磊（KLA）公司，主要是以 AI 進行 AOI 智慧檢測良率，區域產品行銷經理周發業在論壇中指出，從切割成基板時，這些隨機產生的缺陷，就已經存在，且隨著磊晶與製造過程一路轉移到元件，並對元件的可靠度造成極大影響。因此，工程師需要隨時監控與檢測可能產生缺

陷的原因，才能有效降低缺陷密度；當然，也需要更多的可靠度測試與 burn-in 以確保元件的可靠度。

周發業說明，從基板到磊晶的過程中有一道製程 buffer layer，是控制缺陷密度的關鍵，透過非破壞性的檢測技術來監控缺陷是其關鍵所在。科磊利用雷射光，針對尚未圖形化的晶圓提供非破壞性的缺陷檢測系統，許多不同的檢測技術可檢測缺陷，並隨時擴充資料庫。同時，也運用機器學習（Machine Learning）針對缺陷進行分類，還可以接受工程師針對故障分析提供 device corrective actions 以提高製程品質。這樣的技術與系統，科磊同樣運用在已圖形化的晶片，可以更容易掌握缺陷對元件的影響，以降低生產過程風險。

同時，設備商的領域知識（know-how）也是協助業者達成技術突破的重要因素。周發業指出，透過與儀器商的互動，半導體生產商可以更進一步提早掌握缺陷的生成原因，並即時因應。

透過 HEMT 解決元件良率過低問題

至於 GaN 元件技術開發目前遇到哪些問題及技術挑戰？國立陽明交通大學電機工程學系講座教授陳科宏說明，目前較常使用的方法，是將 GaN 磊晶成長在 6 吋矽晶圓上的技術，也同步開發長在 8 吋晶圓上。若技術成熟，基板的製作成本便可大幅下降。

但是，矽基板與 GaN 的晶格常數會因為差異過大導致過多缺陷存在，使得部分性能不好或良率過低而無法量產。因此，有廠商便嘗試將 GaN 成長在 SiC 基板上，雖然基板的缺陷密度下降，但製作成本卻大幅提高。

另一方面，由 GaN 製作出來的高電子移

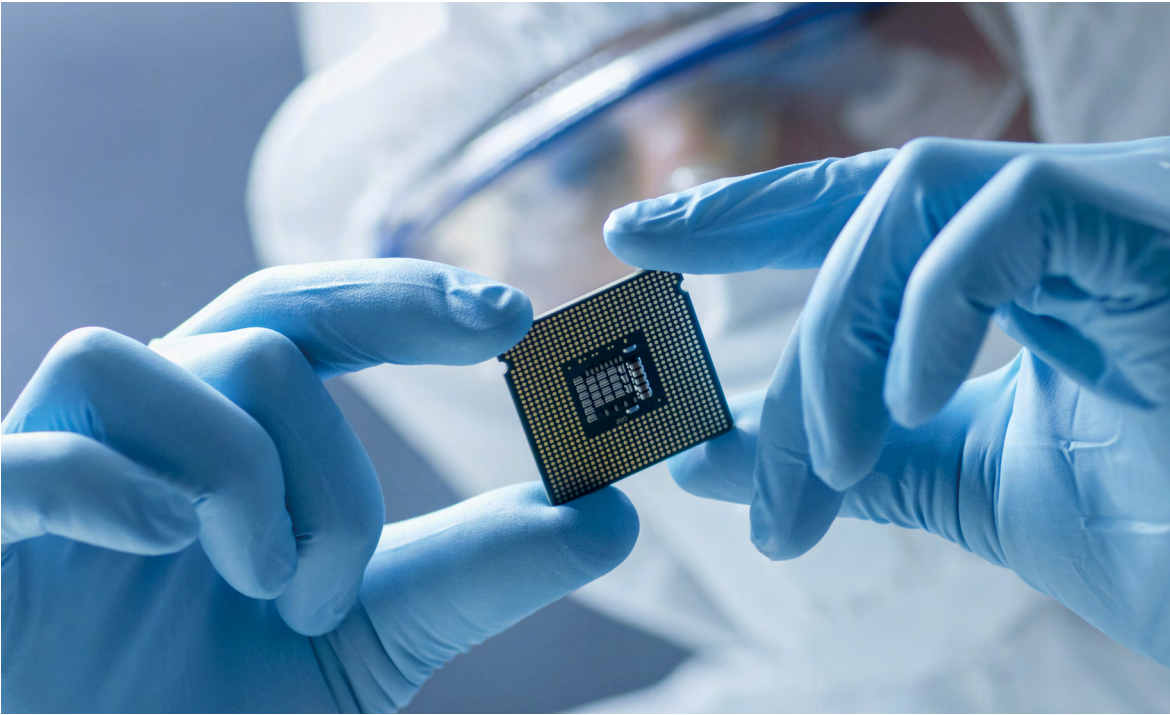
動率場效電晶體（HEMT）具有高電壓操作、低寄生電容、低導通電阻，及趨近於零的逆向回復電流等特性，因此適合在高頻及高功率密度狀態下操作。

從驅動電路設計出發 穩定高溫環境操作

目前 GaN HEMT 的缺陷主要是，當操作溫度上升時，熱載子會從通道注入到 AlGaIn 及 Buffer layer，進一步導致電流減少。另一個問題則是前面提到的，在 GaN 及矽晶圓的 buffer layer 有許多磊晶成長所形成的缺陷，這部分也會抑制電流的流通，並增加導通阻抗。因此，該如何從驅動電路的設計出發，彌補這些缺陷所造成的影響，讓 GaN HEMT 可以在高溫下穩定操作，也就成了當前熱門的研究題目。

此外，偵測元件是否有短路現象造成元件毀損風險，進而啟動保護電路以保護元件，也是目前在整合 GaN 單晶片電路的重要項目之一。搭載電流感測器是目前業界認為最佳的保護方式。在電感式負載操作下，元件在切換瞬間會因為電感效應而導致瞬間突波，這將造成很大的功率消耗及損毀元件風險，因此需要有偵測突波的電路以保護元件。

如果能藉由整合單晶片電路將偵測或保護電路跟 GaN HEMT 製作在一起，就能有效的偵測 GaN HEMT 的特性變化，透過電路控制電晶體的操作，進而避免電路失效或降低電晶體毀損的風險。這種 GaN 整合單晶片解決方案可以提供功率超過 240W 並符合 USB 3.0 規範。200~300W 的交流轉直流轉換器也可以被製作出來，在 8 吋矽晶圓上製作的 GaN 基板也會在 2023 年開始被製造出來，而在 8 吋 SiC 晶圓上製作的 GaN 基板則會在



2024 年被製造而成。亦即，隨著技術演進，具智慧型電流偵測功能的 GaN 整合單晶片解決方案將會被實現。

半導體在節能減碳扮演重要角色

論壇也回應近幾年能源的需求，國際知名半導體大廠英飛凌（Infineon）台灣總經理黃茂原表示，半導體在節能減碳上扮演舉足輕重的角色，寬能隙半導體將會是提升能源效率的關鍵要素。

他舉例說明，在電動車方面，英飛凌就能提供 OBC、Inverter、HV DCDC 和能源管理全套技術協助，可以讓電動車駕駛距離增加 5% 到 10%。另外，在車聯網通訊 5G 方面最關鍵的技術指標，是能量轉換效率及基地台的尺寸，這些同樣與功率密度高度相關。

黃茂原表示，在半導體元件的發展上，

矽材料技術不會消失，但有些缺點仍需要化合物半導體補足，例如 SiC 在高功率、高開關頻率有優勢，而 GaN 的優勢則是在中功率、最高開關頻率方面。

鴻海研究院半導體研究所所長郭浩中表示，5G、電動車、綠能、航空這些新應用，的確推升化合物半導體的重要性，而鴻海也從過去的全球重要晶片採購者，往上延伸進入研發、供應鏈串連。因此，半導體研究所致力於開發次世代晶片與培育相關前瞻技術的研發人才，並著重於功率與光電半導體的技術創新。

為了達成這個目標，除了和集團內相關事業單位密切合作，研究院也鏈結政府的相關單位，包括國家科學與技術委員會、陽明交通大學和台灣半導體中心，攜手加入前瞻技術的研發。希望秉持分享共榮的精神，帶動整體產業轉型發展。

從線性邁向 3D 通訊網路 驅動產業轉型



在 5G 之後，無論是 6G 或低軌衛星的發展，都備受關注。不過，只有「速度」增加是不夠的，如何找到最有價值的多元應用，成為驅動產業轉型的力量，才是關鍵所在。

2020 年被稱為 5G 元年，接下來這兩年，包括低軌衛星在內的下一代通訊技術趨勢，如 B5G (Beyond 5G)、6G 持續成為討論熱潮；特別在電動車生態發展中最重要的車聯網，更是新型態通訊的最佳垂直應用場域。除了技術發展之外，更被關注的是標準的制訂、應用的可能，以及對於產業社會產生的系統性影響。

鴻海研究院新世代通訊研究所所長吳仁銘表示，目前關於 6G 的標準討論才剛要起步。但值得注意的是，過去從 1G 到 4G 是條追求速度與效率的線，但到 5G 之後，有兩大特點：一是大量機器的連結，像物聯網、車聯網就是典型；二則是因其「三高一低」的特性會應用於關鍵通訊 (Critical Communications) 上，「三高一低」指的是高覆蓋率、高可靠度、高度連結、低延遲。

這些特點使得原本直線式的通訊交錯連成完整的面，再加入衛星，就成為從天到地連接的 3D 通訊網。不過他坦言，目前 5G/B5G 與 6G 真正全新的應用仍在探索中，但通訊技術的發展將會推動新的應用產生，並且再促進更多新技術出現。例如，應用在智慧車聯網，除了車與車之間可以透過網路交換道路訊息，也可以得到高解析度地圖或即時路況，讓行車更加安全。另外，車子內的影音以及各式的相關應用，都是機器跟機器之間的連結，當開始進入生活中時，人們會更加有感。

以單一通訊平台驅動垂直場域轉型

國家通訊傳播委員會委員、國立臺灣大學資訊管理系教授孫雅麗則指出，B5G 與 6G 不僅用來增強上網服務的體驗，更重要的目的是提供並支援未來各種創新應用服務

的標準通訊平台。儘管目前尚未出現殺手級應用，但網路的部署只是起手式，真正的價值在於帶來數位轉型動力，「驅動垂直場域的轉型才是其最大的影響所在。」

目前全球先進國家都已展開垂直場域的驗證，結合各方關係人，包括 5G 的營運商、設備商、垂直場域業者、系統整合商及應用服務開發者，共同協助企業部署垂直場域。她認為，企業的數位轉型現在才正要開始，至少會延續 10 年直到 6G 時代來臨，以滿足多領域、各行業的需求。

未來新通訊網路應用的四大關鍵

聯發科技通信系統設計事業部總經理黃合淇以目前 5G 的應用，說明未來新通訊網路的應用會有幾個重要關鍵。首先是方便移動、大頻寬及低延遲，這在未來更多的即時應用上會有高度需求。裝置於基地台之間移動時會有一個自動化換手行為，由不同的基地台以無縫接軌的方式持續提供網路服務。

其次則是有了毫米波提供超高速傳輸，可以達到原先 Sub-6 Hz 的 10 倍之多，當然由於高頻訊號很容易被遮蔽及受到干擾，必須透過提高分散式基地台密度等方式來增加網路覆蓋面積。

第三，5G 通訊已提供 MIMO 的服務方式，使得基地台從單一大型的天線變為多個微型的天線，基地台尺寸如同一台筆電大小，減少佈建難度並提高可靠度。

最後，5G 提供了可靠的低功耗通訊裝置選擇，未來可能會創造出更多需求，例如山區的氣象站、城市中的智慧站牌、共享單車等。加入連網功能可以讓各項服務更為便利，而 5G 的低功耗則能降低營運成本，增加更多可以使用的情境，解決現在共享裝置



難以獲得網路資源的問題。

衛星將與地面通訊平行發展

新加坡科技設計大學教授 Tony Q.S. Quek 則進一步指出，討論 5G 時必須將衛星通訊也納入考量。他說明，就現行的 4G 或 5G 網路架構，都需要建立大量的基地台才能使用；但物聯網設備所需要覆蓋率遠遠大於目前 5G 的基地台的佈署，這也是為何新的 5G 標準將衛星通訊也納入考量的原因。

衛星通訊和地面通訊平行發展會是未來幾年的趨勢，他說，這當然需要一段時間加入整合。但從網路發展的願景來看，各個設備、包括自駕車或手機在內，都可以順暢的連結到衛星或是地面網路。

至於全球看好的車聯網究竟如何發展？Tony Q.S. Quek 說，汽車不會一下子全部都變成自動駕駛，一定會有不同的階段。因此，

在過程中車聯網（Vehicle-to-everything，簡稱 V2X）系統所扮演的角色就更重要。另外，自駕車在設計 AI 模型時，必須要更多考慮駕駛人的行為模式。

國立臺灣大學資訊網路與多媒體研究所所長施吉昇補充說明，車聯網的定義是「車與車要能相連，且相連成網」，不僅需要雙向即時（Two-Way Real-time），還必須是廣域（Wide-Area）的通訊技術，從目前可用的技術如 C-V2X、5G 再加上 DDS 通訊協議看來，車聯網的確可能實現。而低軌衛星也是一項重要技術，相較於 5G 或 6G，基礎建設佈置更容易，可以解決自駕車開往基地台較少的郊區時須順暢運作的問題。

可以想像的是，自駕車持續發展下去，將會對通訊產生各種不同面向的需求。施吉昇舉例，像車前進過程中，車跟車之間的短距離即時通訊；或是抵達路口時，需要一個

全域的通訊。再放大一點，整個市區的即時通訊，則可以透過低軌衛星進行傳輸。重點在於，不同通訊架構必須要能相輔相成，才能建構出完善的自駕車系統。

低軌衛星補足車聯網完整連結

創未來科技執行長王毓駒也認為，自駕車的需求將會驅動車聯網及衛星通訊服務的發展，他並進一步勾勒出發展全自動駕駛車安全標準，須有三項不可或缺的條件：充分的圖資、穩定精準的導航，以及可相對應的車聯通訊。

王毓駒指出，目前既有的車聯技術，在 LEO (Low Earth Orbit) 通訊前有兩個部分，一個是 DSRC (IEEE 802.11p)，另一個是 C-V2X (3GPP)，二者都較偏重於短距離的車對車溝通，或者需要基地台才能存在。不過一般而言，需要自駕的狀況大部分是在無聊的路段，往往也是缺少 5G 基礎建設的地方，這就是為什麼需要低軌衛星的重要原因。

低軌衛星通訊的最大功能，是大幅提升高速通訊的覆蓋率，但當然還會有一些相對應的挑戰。王毓駒分析，首先是高速通訊的標準尚未完全確立，其次是地面訊號接收站要能普及使用，且當移動速度快的低軌衛星與地面上的自駕車都在移動的狀況下，地面接收端必須要能追蹤自駕車與衛星的軌跡。

新通訊系統要注意資安問題

的確，標準的確立是通訊系統關鍵問題。孫雅麗在論壇開場就表示，隨著標準的制定，5G 的網路建設與部署將會與時俱進，各方利害關係人也將一一提出他們的願景與創新應用，只是相關技術仍待學研單位一起

努力。

另一個問題則是 5G 的資安，也需要儘快注意並進行相關討論。其中有三個不同層次，包括開放架構下的資安、核心網路資安，以及應用服務的資安。每個層次各自牽涉到不同面向的專業與問題。雖然目前已有人關注，但與實際的需求仍存在相當大的距離。特別是目前許多軟體開發並沒有嚴謹的安全開發流程，她提醒，在規劃、設計與開發的每個階段，都需要注意將資通訊安全納入其中一併考量。

通訊技術不斷精進，相較於傳統的高速率，「三高一低」已經是不變的技術指標，未來將會要求更高的速度、更高的覆蓋率、更高的連結性，以及更高的可靠度。所謂的可靠度就是錯誤率要很低，連線不能時常斷掉，要如何達到這些嚴苛的技術指標，就是個大挑戰。

台灣機會在更多元的應用發展

綜觀全球的新世代通訊發展，吳仁銘坦言，相較於部分先進大國，台灣在資通訊產業的技術能量、技術的標準制定及資源部分都處於劣勢，要掌握市場主導性存在著一定的難度。不僅資通訊技術的標準制定，幾乎都是由大國主導，台灣還有研發技術人才不足、缺乏創新技術與資源等問題，而這些挑戰與情勢，未來也會一直持續下去。

他認為，台灣產業必須更仔細深入找到自己的優勢、策略，及定位，才能在更多元的發展與應用中找到新的機會。另外，也應該積極透過國際合作的機會與其他國家接軌，藉此發揮台灣的優勢，包括半導體、IC 設計、系統整合、系統製造等，才能繼續在國際舞台上發揮無可取代的影響力。

加速投入量子通訊發展 迎接科技新生態

持續往量子新世代邁進！2022年 NEXt Forum 聚焦「量子通訊」主題，邀集國際相關產學專家分享，掌握未來資訊安全關鍵，布局關鍵技術發展。



2022 年諾貝爾物理學獎由美國學者約翰·克勞澤、法國學者阿蘭·阿斯佩、奧地利學者安東·塞林格三位共同獲得，得獎原因是透過糾纏光子實驗，確立了違反貝爾不等式的證據，開啟量子資訊科學的發展與後續研究和應用，包括量子通訊、量子密碼學、量子計算與量子感測等領域。而這也是科技產業邁向量子新世代的重要里程碑。

各主要國家、全球科技巨頭及新創公司紛紛投入這場量子競賽。鴻海集團同樣布局關鍵技術發展，並以成為量子世代的領導者為目標。一方面在鴻海研究院成立量子計算研究所、離子阱實驗室，是台灣企業投入量子電腦前瞻基礎研究的先行者；並在每年的 NEX T Forum 上邀請國際重要產學領袖，共同分享研究成果。

鴻海研究院諮詢委員、中原大學量子資訊中心主任張慶瑞指出，NEX T Forum 是全台唯一持續聚焦量子科技的論壇。2021 年論壇主軸是量子計算，今年則聚焦在量子通訊相關面向，「如果將量子計算比喻為能攻擊的長矛，量子通訊則像是能抵禦攻擊的盾。」張慶瑞期待，未來進一步結合量子計算、量子通訊，及量子感測器，將能組成一個名為量子網路的超級網路。

為什麼 2022 年需要著重在量子通訊？這要從現在加密通訊的技術限制談起。

研發量子通訊降低資安風險

「我們現在的加密通訊，其實是有條件性的安全。」清華大學物理系教授褚志崧在論壇中說明，目前的加密通訊安全，主要建立在電腦運算能力還不夠快的前提下；但隨著量子電腦技術的突破，其所具備的高速運算能力，將對傳統密碼學中定義的「安全性」

產生威脅。

褚志崧解釋，將訊息加密的方式就像是為家中的門打造一個鎖，擁有鎖匙的人才能夠打開，因此，加密通訊主要是利用特殊的私密金鑰（Private Key）來鎖定消息，通訊者透過相應的私鑰來解鎖並閱讀資訊。

那麼，密鑰要如何安全發送而不被有心人士取得呢？目前主要加密技術建基於質因數分解的計算題，當數字越大，需要破解的時間就越長，就需要強大的電腦運算能力才能計算。也就是說，一旦電腦的運算能力愈變愈快，會立即降低破解加密訊息所需要的時間與成本，也使得安全風險愈形增加。為了尋找更安全的加密方式，運用量子特性而發展出的量子加密通訊也逐漸開始發展。

量子密鑰分發技術相對成熟

原理是量子具有不可複製的特性，任何觀察或測量都會改變其原本的狀態，所以不可能偷窺或是竊取資訊。褚志崧解釋，密鑰是 0 或 1 的組合，當資訊傳輸時，一次只會發送一個光子給接收者，這個光子可以同時存在於許多狀態，只要有人從中嘗試竊取並複製光子時，接收者也會發現收到的狀態和原本的不一樣，並察覺到通道不安全。雙方可以相互比對，以確認當中的光子是否有被攔截，這種安全發送加密密鑰的技術稱為量子密鑰分發（Quantum Key Distribution）。

要如何想像量子密鑰分發呢？台大光電工程學研究所所長吳育任從工程的角度分析，第一步是將資訊編碼成量子態，可以看成將無數的零與一對應成光子能量的高低。而測量方式，則是在傳遞光子時同時控制相位的差分，如此一來，將投過光纖所傳遞到的能量，經過正確相位測量、解碼後便是所

要傳遞的資訊。

目前量子密鑰分發 (QKD) 在量子科技相關技術中相對成熟，應用也逐漸增加。褚志崧坦言，量子通訊比量子電腦製造的技術困難度來得低。但雖然國外已經開發出商用系統，但台灣仍需要跟上的原因在於「安全性」，尤其是牽涉到資訊或通訊安全議題，製造過程是關鍵，「因為跟別人買，你並不知道製造過程中，被放入了哪些東西。」

克服「後量子密碼」系統部署

效能不佳問題

而除了運用量子特性發展出的加密技術之外，能在傳統電腦設備上進行加密與解密以抵抗量子電腦攻擊的「後量子密碼」(Post Quantum Cryptography) 系統同樣值得關注。

新創公司 BTQ 首席密碼學家鄭振牟博士說明後量子密碼與該領域的發展現況。

鄭振牟指出，密碼學家們正積極開發的「後量子密碼」(Post Quantum Cryptography) 系統，不只能在傳統電腦設備上進行加密與解密，還可以抵擋量子電腦的攻擊。目前已應用各種不同技術，如基於雜湊函數的數位簽章、基於錯誤校正碼的加密方法、基於多變數多項式的加密方法、基於晶格數學問題的加密方法，以及基於數學同源性的加密方法。

儘管目前許多後量子密碼系統的安全性已受到認可，但和古典密碼相比，許多系統仍有金鑰及數位簽章長度過長的問題，當實際部署到資訊安全基礎設施時，效能表現通常不如預期。因此，鄭振牟的團隊開發 PQScale，這是一個「簽章聚合 (Signature Aggregation)」，使用零知識證明 (Zero-knowledge proof) 的技巧，應用於基於晶

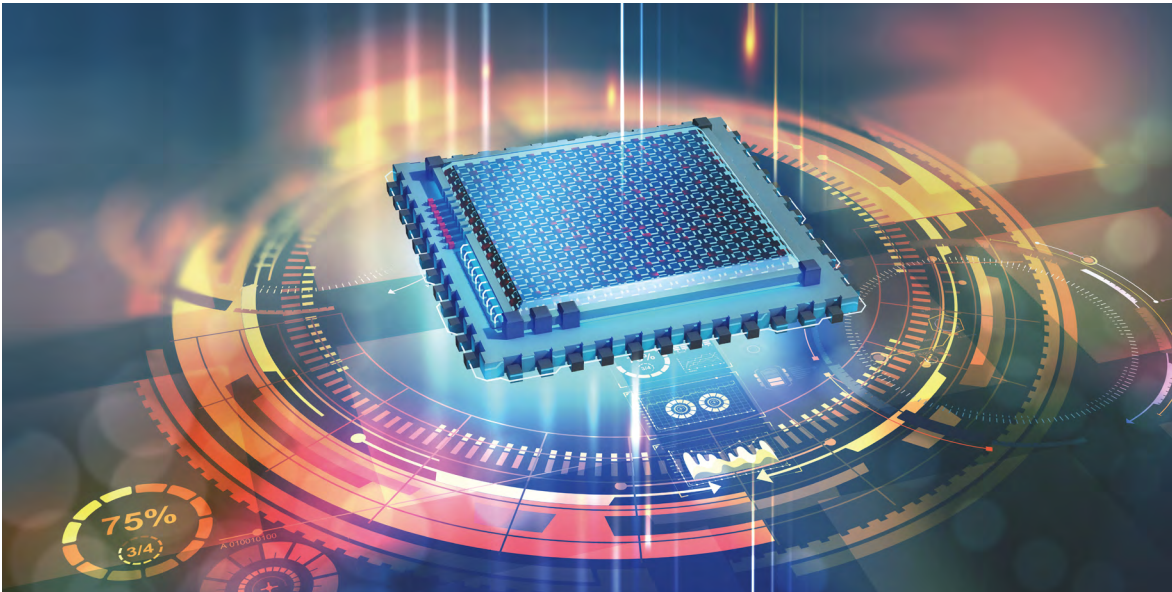
格問題的數位簽章系統，讓第三方可以在不用檢驗個別簽章的情況下，驗證訊息的真實性，大幅減少所需的計算資源。

結合積體光路晶片打造優勢

量子通訊的另一個重要研究方向，則是透過「光電積體電路」保障量子通訊安全。中央大學光電科學與工程學系教授陳彥宏的「非線性積體雷射光學實驗室」團隊，長期深耕這個領域，也是全球第一個在鈮酸鋰晶片上實現絕熱耦合的實驗室。他在論壇分享，若是積體光路晶片的技術發展成熟，並配合目前已發展的光纖網路連結與量子加密演算法，便能成功實現量子通訊，保障人們擁有更加安全的資訊傳遞方式，讓台灣跟上全球量子競賽的腳步。

目前大家所熟悉的積體電路是傳遞電子，而光電積體電路元件則傳遞光學訊號，因此被稱為積體光路晶片。不同於前述已經提及型態的量子位元，光量子位元不需控制溫度，只要在室溫條件下即可進行。其中光子的波動性質，如路徑、波長、頻率、振幅與偏向性等等許多控制參數，在設置實驗時便可進行調控。再藉由半導體製程技術，將所需的條件如調變器、開關、分光器等光學元件所形成的光路，集成在半導體晶片上，就能實現光量子位元。

陳彥宏說明，積體光路晶片的組成有三大要素，分別為光源、光路、探測器。光子之間難以進行交互作用的特性，使其在非真空與室溫下也不受嚴重干擾。如果選擇非線性晶體製作的壓縮光為連續變量光源，可以使之擁有更小的雜訊，並控制產生量子糾纏。在規模化時，透過壓縮光的技術與半導體製程技術，也能更容易達成多重量子糾纏



的要求。

目前相關技術乃在發展階段，使用光量子位元所面臨的問題是，隨著光子的傳播會產生光損耗，這代表著量子系統裡資訊流失；如果設計了龐大的光路，在長距離的傳遞下，累計的光損耗將會嚴重破壞量子資訊，使得實驗結果需要更嚴格的檢驗。

歐、中及新加坡均計劃建立量子網路

本場論壇也邀請新加坡國立大學研究員 Marco Tomamichel 介紹量 通訊和密碼學研究的先驅理論進展。他指出，量子網路可說是量子通訊這一個子領域的追求目標，因此，不僅歐洲和中國已有相關建設計畫，新加坡也計劃建立自己的量子網路。

Marco Tomamichel 將整個領域的挑戰區分為實驗與理論，而大多數難題都來自實驗。例如，以目前的狀況來說，標準做法是透過測量等待量子糾纏產生，而我們能不能即時按照需求的創造糾纏態？又或者，在沒有中繼器的情況下，量子態只能在光纖中傳遞幾百公里，該如何創造量子中繼器？也可

能是如何把量子態從移動中的光子轉移到靜態的物理系統儲存，如固態物理系統的量子位元？這些實驗的挑戰都相當大。

另一方面，即使研究持續推進，對理論物理學家來說，還是得面臨許多挑戰，第一個就是，即使量子網路存在，能創造什麼應用？雖然量子密鑰分發（QKD）是個有趣的應用，也已經發展成熟，但是，並不具有強大的商業價值；第二個挑戰，同時也是這場演講的核心，則是如何在物理資源有限、系統大小侷限的 NISQ（Noisy Intermediate Scale Quantum，有噪音中等規模的量子系統）時代，建立量子通訊協議。

由於通訊系統牽涉到電機、通訊、工程等專業，更需要跨領域的合作，與會學者都期待能有更多不同專業的人才一起加入。即使台灣在量子技術的發展起步較晚，但目前量子領域實質仍在起步階段，尚未看到真正的贏家出現，對台灣學術界及產業而言，仍然充滿無限機會與創新發展潛力。

2022 年鴻海研究院大事記



03.03

舉辦 NExT Forum AI Security 論壇，從應用層面分享人工智慧本身所面臨的資安議題，討論如何發展值得信任的 AI



06.06

舉辦 NExT Forum B5G/6G 新世代之新型態通訊論壇，討論低軌衛星、車聯網，建構天地一體 3D 行動通訊網路

07.04

量子錯誤更正技術，再獲全球頂級期刊 PNAS 肯定；支持台灣量子國家隊，分享研究成果降低量子電腦硬體錯誤率



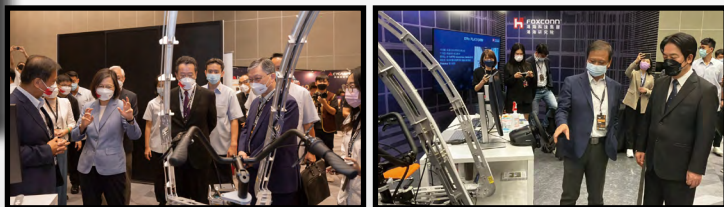
07.28

鴻海研究院與經濟部技術處合辦技術展示交流會，分享技術處科技專案成果，並與鴻海集團研發主管深度洽談



08.19

協辦 HITCON 2022 台灣駭客年會，對正副總統說明「EV π 實驗平台」，並以攻防劇本來展示資安的重要性



09.15

舉辦 NExT Forum SEMICON Taiwan 2022 功率暨光電半導體論壇，分享氮化鎵 (GaN)、碳化矽 (SiC) 在 5G、電動車引領的產業趨勢，深度討論功率、光電半導體的應用與未來趨勢

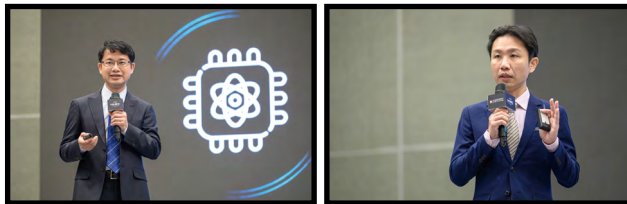
協辦 iThome 2022 臺灣資安大會，宣示鴻海對資安的重視。向副總統說明「EV π 電動自駕車資安防護開發平台」，鴻海已投入電動自駕車資安防護研發行列，並與 MIT 等國內外學界合作協力打造 EV π 完整的資安測試平台



09.20



鴻海科技日 HIT 前瞻技術發表會，五個研究所與離子阱實驗室首度公開發表前瞻研究成果，與全台產官學界分享，包括 LEO 低軌衛星通訊、EV π 資安驗證平台、半導體異質整合與奈米光學技術、基礎模型 (Foundation Model)、量子模擬應用開發，及最新的離子阱實驗室核心技術等



10.18



量子機器學習大突破，量子所提出「貧瘠高原現象」解決方案，藉由適當的給定可調變參數初始值進行改善，並於計算神經科學領域的學術會議「神經信息處理系統大會 (NeurIPS 2022)」發表

11.21

鴻海研究院與加拿大 Mitacs 共同宣布啟動量子研究計畫

11.23

舉辦 NExT Forum 量子通信技術與應用論壇，聚焦量子通信理論與硬體、量子密鑰分發和後量子密碼學

12.12



公布第二屆鴻海研究院傑出論文獎

12月

HON HAI RESEARCH INSTITUTE

2022
YEARBOOK

