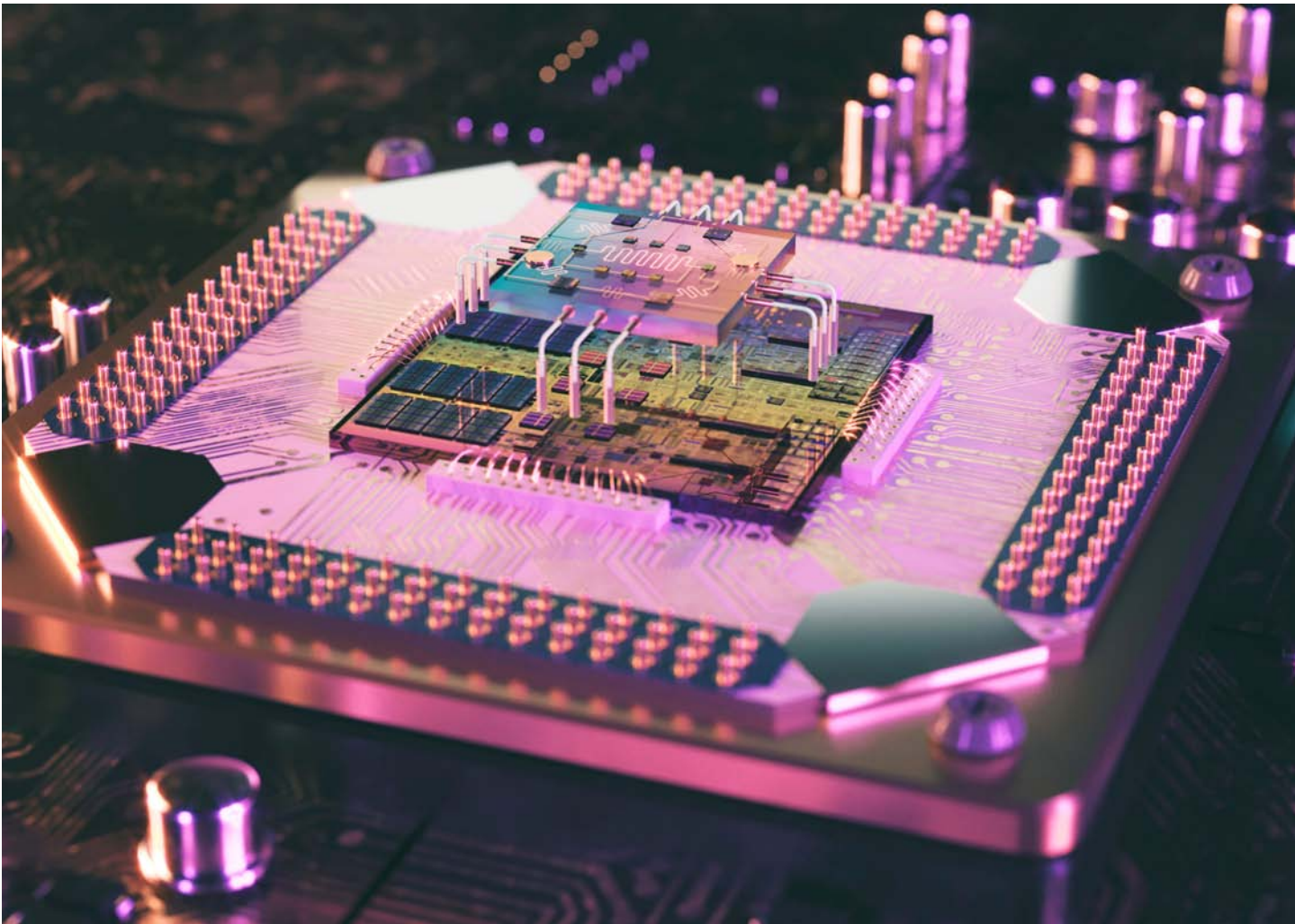




AI趨勢下次世代半導體創新與應用

# 量子電腦掀起 超級運算大革命

具高速運算優勢的量子電腦（Quantum Computer）被認為是下一代驅動人工智慧、醫療、通訊、半導體等重要變革的技術。台灣在全球半導體產業中名列前茅，量子電腦出現後，對以矽為基礎的半導體產業將產生什麼影響？台灣是否還能維持領先？成為近期關注議題。



量子電腦即將邁入商業化量產，如何突破技術瓶頸將是業界一大挑戰。



史丹福大學電機系教授Jelena Vuckovic。



史丹福大學教授Chuck Eesley。



美國量子電腦新創公司Rigetti Computing  
工程主管Matthew Reagor。

撰文／王志鈞

**量**子電腦來了！去年11月，IBM宣布研發出全世界第一台50量子位元（qubit）的量子電腦，並在年初CES 2018中正式亮相；同一時間，在會場的另一端，英特爾（Intel）則展示49量子位元測試晶片。兩家IT大廠互相比較勁，宣告量子電腦即將邁入商業化，引發市場高度重視。

### 採新舊混搭策略 及早累積量子新經驗

台灣在半導體產業具有領先全球的優勢，在經濟部技術處的支持下，2004年起，工研院與美國史丹福大學（Stanford University）建立交流合作平台，每年進行雙邊的互訪和研討會活動，以促進台灣與矽谷間的產官學研交流。

今年的研討會以「AI趨勢下之次世代半導體創新與應用」為主軸，邀請史丹福大學教授、美國知名量子電腦新創公司Rigetti Computing，和台灣多位高效率運算晶片技術的專家，同場分享研發半導體次世代技術以及量子電腦的未來趨勢。

史丹福大學教授Chuck Eesley從投資趨勢的角度指出，人工智慧的商業潛力已經相當明顯，根據他過去分析人工智慧、基因編輯技術（CRISPR）、機器人和奈米科技等新興科技的研究成果，他預估第一批商業化量子電腦將於不久的未來開始出貨，並預期年複合平均成長率可達25%，5年內可達到

50億美元市場規模。

美國知名的量子電腦新創公司Rigetti Computing，由工程主管Matthew Reagor來台分享Rigetti在量子積體電路和電腦的研究進度。2013年於美國加州成立的Rigetti Computing，目前已募集超過6,900萬美元資金，目標是「打造世界最強大的電腦」。

Matthew Reagor指出，量子電腦的商業化不代表傳統電腦的終結，而是更加帶動其他市場與技術的深度運用，特別是在機器學習、物流路線最佳化、機器人、化學分子計算與乾淨能源等領域，皆為高度需要量子電腦運算能力的運用範圍。

雖然目前全球處理量子計算的途徑有許多種，但Matthew Reagor表示，矽晶圓積體電路是Rigetti Computing最主要的候選方案，因為以矽晶片製造的量子處理器所需工作溫度比絕對零度（-273.16°C）高，缺點則是目前技術能取得的量子位元數量較少。

Rigetti Computing目前所採取的是混合量子計算（Hybrid Quantum Computing）策略，善用傳統電腦與量子電腦的優勢，相互整合出最佳的運算模式，並提供完整的量子電腦解決方案，包括晶片、硬體、作業系統與各類延伸運用等。

Matthew Reagor認為，目前量子位元雖少於



工研院產業經濟與趨勢研究中心（IEK）主任蘇孟宗。



鈺創科技董事長盧超群。



成功大學特聘教授郭耀煌。

50，且錯誤率為1%，但未來5年內有機會發展到1,000量子位元與0.1%的錯誤率，並在15~20年內發展出100萬量子位元與0.0001%以下的錯誤率，量子電腦將正式進入大量運用的商業化時代。

### 矽光子實用化 提高量子電腦實用性

至於在5年內即將廣泛運用的矽光子部分，史丹福大學電機系教授Jelena Vuckovic指出，光子學（Photonics）應用廣泛，從光通訊、傳統和量子運算到感測與成像等皆需要，為科技業明日之星；然而，現有光源技術產生的光子體積大、效率低，且易受環境影響造成損耗，阻礙光子學的實用化。

為此，史丹福大學研究團隊捨棄了傳統直覺式設計方法，考量製造限制與結構穩健性的平衡下，透過參數化過程，開發可持續優化奈米光學結構的演算法。Jelena Vuckovic指出，這一套演算法會利用人工智慧來協助設計，因此可精確模擬光在不同材質與參數下的路徑，並設計出符合預期的迴路。

除了光子積體電路，史丹福大學研究團隊的自動化奈米結構設計演算法，也可運用在鑽石晶格內，創造高效率的矽空隙色心（SiV color center）以捕捉更多光子，提高量子電腦硬體的實用性。

### 矽世代4.0來到 可望突破摩爾極限

面對量子電腦的世代即將到來，台灣半導體產

業該如何因應呢？

工研院產業經濟與趨勢研究中心（IEK）主任、史丹福大學共同研討平台計畫主持人蘇孟宗表示，未來半導體技術發展將走向微小化和多樣化，產業界必須積極透過導入新材料和新電晶體結構，以克服微縮製程所產生的挑戰。

他認為，量子電腦的發展預期能滿足人工智慧、系統模擬和最佳化分析等高效能運算的特定需求，不僅將會對許多產業產生重大影響，亦是半導體產業跳脫傳統電子晶片的另類途徑，值得產業界重視。

鈺創科技董事長盧超群以「矽世代4.0」為題，點出半導體產業在製程微縮上已取得重大突破，但也即將面臨極限，未來必須努力透過異質整合（Heterogeneous Integration），擴大晶片的應用領域，才能突破線性成長的限制，帶來指數型成長。

盧超群認為，矽世代4.0的特色是重視功能的整合，而非晶片面積上的微縮，因為矽晶片目前還無法進入1奈米製程，將來必須思考在5奈米上面著力，在固定面積上面蓋101大樓，再搭配應用廣泛的人工智慧，才能創造半導體產業在數位經濟的更高價值。

前行政院科技會報執行秘書、成功大學特聘教授郭耀煌表示，早在2005年國科會就考慮布局量子電腦，但因故未執行，所幸目前科技部已投入每年



科技部前瞻量子科技研究中心計畫主持人牟中瑜。



工研院電子與光電系統研究所組長林建中。

7,000萬預算來推動量子電腦專案計畫，希望結合台灣半導體產業的優勢，培育相關人才，協助產業搶先布局。

郭耀煌提醒，目前人工智慧的大趨勢可以置入（Inside）到每一個系統，但卻不能「硬塞」到每一個地方，台灣一定要思考自身的利基點，發展出適合自己的人工智慧特色，並與本地市場的特色相結合，才不會讓創新技術如浮萍，無法帶動產業鏈共同發展。

## 發展異質整合 半導體晶片可續強大

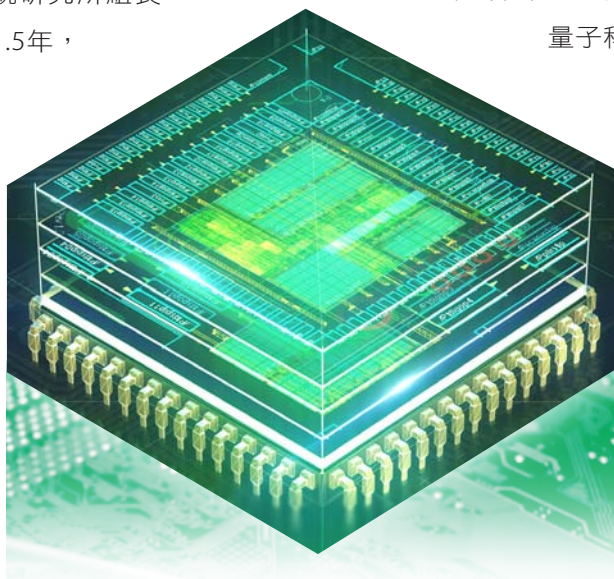
工研院電子與光電系統研究所組長林建中指出，雖然每隔1~1.5年，半導體晶片功能可強大2倍的摩爾定律，在未來10年內仍然有效，不過，也有很多人擔心盡頭即將到來；當傳統矽晶片透過曝光、顯影等製程技術而來到極限時，透過異質整合技術的非傳統晶片，成了讓半導體晶片功能繼續強大的解決關鍵。

他表示，異質整合是將不同晶片透過封裝或其他技術放在一起，使晶片功能更強大；例如，過去記憶體與中央處理器的晶片是分開的，如今，兩者整合已成為趨勢，不僅如此，包括把感測器與非矽材，如LED或通訊晶片等結合在一起，也是現在半導體產業的熱門方向。

早在10年前，工研院就已經投入相關領域的研發，包括台積電的晶圓級封裝技術InFO（Integrated Fan-Out）、矽光子技術（Silicon Photonics）、微發光二極體（Micro LED）等，都是半導體異質整合的應用案例。

目前擔任科技部前瞻量子科技研究中心計畫主持人、清華大學物理系教授牟中瑜認為，類比傳統積體電路的發展，量子電腦尚處於摸索與突破的真空管年代，但因量子位元具有量子糾纏（quantum entanglement）的特性，兩個量子位元在很遠的地方仍可互相溝通，且任一個狀態被改變了，另一個也會跟著變化，可運用此特性開發不會被破解的保密功能。

牟中瑜指出，量子通訊的重要性，完全不亞於量子計算，透過量子密碼來傳輸資料，不但可以完全保密，任何竊聽也都會被發現；另外，量子雷達的發展甚至可讓隱形戰機藏不住，這些都是量子科技的破壞性威力，也引發各國競爭投入資源來開發。



量子電腦是未來高速運算方式的解答，台灣產業必須早做準備。

至於量子電腦何時可以取代現有超級電腦5%的市占率呢？與會者多數認為還需要10~15年的時間，讓技術應用逐漸成熟，顯示量子電腦尚有許多技術瓶頸待突破，台灣產業需及早掌握先機，布局卡位，搶占下一世代的關鍵技術！■