



國立成功大學電機工程學系

王永和 特聘教授

挫折是變強的磚石

Failure is a Stepping Stone to Success.

撰文：林麗娥

摩爾定律 (Moore's Law) 預測矽基半導體的積體電路上可容納的電晶體數量，每隔約兩年會增加一倍，但隨著技術達到物理極限，其放緩成為趨勢。化合物半導體因其耐高壓、高頻、高溫特性，展現出矽基技術無法取代的優勢，並在「超越摩爾定律」(More than Moore) 的新時代中成為關鍵推手，透過異質整合等技術提升晶片效能與功能。¹為此《科儀新知》244 期特別推出「化合物半導體驅動材料新革命」專題。外界對國立成功大學電機工程學系王永和特聘教授的印象，除了最廣為人知的國家實驗研究院前院長身分外，他同時也是臺灣化合物半導體研究的先驅。本期我們邀請王教授擔任「人物專訪」的受訪嘉賓，一同瞭解王永和教授如何走過求學的挑戰與研究的磨練，以及深厚累積的學術底蘊；肩負國研院院長重任時，他更在行政管理上展現不凡的遠見與魄力。在這場專訪中，他將帶領讀者一同回顧這段精彩旅程，分享其中的甘苦與心得，並透過真切的體會，啟發我們對科研與領導的另一種想像。

師承名師奠定深厚研究基礎

王教授在國立成功大學電機工程學系攻讀碩士學位時遇見了生涯中的第一位啟蒙恩師—前國立交通大學校長、美國國家工程院外籍院士—張俊彥教授，開啟了他對於半導體元件及物理、化合物半導體工程等相關的研究。回憶當年，有段時間在辛苦摸索製作電晶體，每一步都要靠雙手實作，連光罩都與同學「土法煉鋼」，在實驗室架起相機，用照相成影的方式刻畫電路圖樣。好不容易製作出來，滿心期待拿給指導教授看，張老師回說：「這個我以前早就做出來了。」張教授嚴謹治學、用心教學，對學生的要求從不寬鬆。雖然當時讓他感到挫折，卻也因此老師的帶領下，獲得了難得的實作磨練，為他未來的研究之路奠定紮實基礎。

碩士班畢業後，成大電機系正在擴班，學生愈來愈多、苦無師資，於是張俊彥教授鼓勵他繼續留在成大攻讀博士，讓他一邊擔任講師教課、一邊唸書作研究。在張俊彥教授的帶領下，建立了臺灣第一台分子束磊晶 (molecular beam epitaxy, MBE) 系統。實驗室草創時期，事事皆需從零開始。王教授笑說，一開始沒有實驗衣，他就去跟當醫生的朋友要幾件綠色手術袍來充當。就連純水，也要靠自己用蒸餾塔酸鹼中和來製造，所有配電也是自己拉，不像現在做實驗這麼方便，很多器材都可以買到現成的。一開始也不知道怎麼操作 MBE 系統進行磊晶。幸得在與 MBE 技術創始人卓以和 (Alfred Y. Cho) 教授亦師亦友關係的鄭克勇教授 (前國立清華大學電資學院院長) 指導協助下，成功掌握 MBE 技術，並成長高品質砷化鎵 (GaAs) 半導體元件，開啟臺灣相關研究的新局。

除了張俊彥教授的引領入門外，王教授亦受到成大電機系「通訊組」的創立推動者李肇嚴教授的啟發，帶領他們首次接觸電腦輔助設計 (computer aided design, CAD)。李教授自美歸國後首度將此技術引進臺灣，不僅教導學生如何運用 CAD 軟體進行電路設計，還會將完成的設計送往美國，檢驗學生的成果是否正確。王教授笑說：『為了拼設計，常常連續兩三天不睡，交完卷一碰到床就像被按下關機鍵，連作夢的時間都省了。』CAD 的設計課程，讓他們了解如何將現有的電路板或產品拆解進行反向工程，從其物理結構和功能中推導出設計原理、電路圖和佈局，最終創建其 CAD 模型檔案，以達到仿製、改進、優化或技術創新的目的。

博士學成後，王教授有幸赴美國貝爾實驗室深造，而最令人難以置信的幸運，是能夠進入「分子束磊晶之父」—卓以和教授，這位傳奇人物的實驗室實習。卓教授對他謙虛表示：「你已經是學校的老師了，甚至很多學科都比我熟，所以我不會教你微積分、也不會教什麼其他的，但是你可以看我是如何成功。」王教授表示，從卓教授準備演講的過程就可以看出其謹慎踏實、專心致志的處世態度。受邀演講前，卓教授就會把自己關在房裡，不斷地練習、錄音，講給自己聽然後再改進練習，甚至請外國同事聽聽看他哪個地方講得不好，需要改進的。也因為這樣，卓教授的演講內容精煉流暢，全程幾乎沒有多餘的字句，分秒精彩並在預定時間內圓滿結束。成功者正是利用這些看似無關緊要的瑣事，培養對小事堅持、大事謹慎的態度，並將這樣的信念擴展到研究上。由於開創和奠基了 MBE 技術，為半導體材料的成長與應用帶來革命性進展，讓卓教授獲得了多項學術榮譽，如美國國家科學院院士、美國工程院院士、中央研究院院士等。

1. Mart Graef, "More Than Moore White Paper", 2021 IEEE International Roadmap for Devices and Systems Outbriefs, Nov. 30-30, (2021). 徐碩鴻, "從手機到電動車都靠它！什麼是次世代化合物半導體？" 科技大觀園, (2022). <https://scitechvista.nat.gov.tw/Article/c000003/detail?ID=f74c7b49-0dfc-425f-bc48-521a2b51ba6f>

遇到研究挫折，其實是在幫自己變強

在碩博士階段的研究歷程中，總會遇到數不清的挑戰和失敗，王永和教授回憶，自己常徹夜留在實驗室，甚至抱著設備入睡。實驗設備不足，讓他靈活運用替代工具；數據不如預期，則訓練他更嚴謹地規劃實驗。年輕時的王教授，身處資源有限卻充滿機會的年代。那正是臺灣技術正在發展起飛的階段，也讓他逐漸培養出系統化的思維，面對任何挑戰，都能冷靜尋找出路。

王教授任教後，開始帶領學生投入研究，並經常勉勵他們要勇於創新、不怕失敗。其中最令人印象深刻的，是他與一名碩士生共同開發出臺灣最早的金屬氧化物半導體場效電晶體 (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor, MOSFET) 製造技術。起初，僅是一個「不妨試試」的想法，卻在實驗過程中遇到重重困難。學生一度反映製作相當艱難。王教授原本不願學生過度辛苦，考慮暫緩計畫，卻意外得到學生主動回應：「老師，我想再試試看。」於是師生持續往返討論、反覆修正與測試，最終獲得突破。這位學生後來取得博士學位，並在王教授的引薦下進入產業，表現深受肯定，甚至讓公司主管直言：「王老師，您所培育的學生實在太優秀了，以後您有這樣的學生通通都介紹到我們公司上班。」

王教授相信，有時挫折如同時光贈予的磚石，一塊塊靜靜堆疊。當歲月沉澱，會發現那些看似沉重的片刻，其實早已築成一堵堅實的牆，守護著你的夢與路。王教授與學生一起築夢踏實，創造出不少亮眼的成績，像是美國 IEEE Microwave and Wireless Components Letters 2007-2009 年幾乎全年的期刊，有好幾篇都是出自他們實驗室。

連任院長帶領國研院克服挑戰、開創新局

王教授於 2016 年 10 月 17 日就任國研院第六任院長，2019 年 10 月續任第七任院長，是國研院創院至今唯一獲聘續任的院長。期間帶領國研院克服困難、開創不少嶄新格局。像是福衛五號、七號相繼發射營運，超級電腦「台灣杉」啟用、與成功大學合作設立半導體中心…等等，皆為臺灣科研重要的里程碑。

王永和在訪談中，回憶起任內處理「勵進號」研究船建造案的驚險時刻，語氣中仍帶著一絲謹慎。當時，造船廠的新加坡母公司深陷財務危機，連帶影響到「勵進號」的建造進度。最大的挑戰是，如果按照原計畫在越南進行驗收，勵進號很可能成為母公司的債務抵押品，進而影響國家海洋研究的重大資產。「那時候壓力真的很大，我們必須在保障國家權益的前提下，找到一個既能確保船隻安全，又能避免風險的解方。」於是他當機立斷，與造船公司重新協商，將驗收地點從越南改為臺灣。儘管這是一個前所未有的決定，但國研院團隊在不變更任何驗收標準的前提下，確保了「勵進號」所有船體設備都符合法規並通過檢驗。隨後，由造船公司派員將船隻開回臺灣，並在返台過程中，嚴格遵守交通部航港局的相關規範。而最關鍵的是，即使船隻回到臺灣，造船公司仍需履行所有合約義務，直到最終驗收完成。

談及領導經驗，王教授分享核心方法是「會前溝通」。他表示，許多人習慣在正式會議上才提出想法或異議，但這往往會讓會議變得冗長與效率不彰。王院長的做法是「遇到重要的決策變革，我會事先了解每個人的立場、考量和潛在的疑慮，並盡力在會前就達成共識。」這種方式不僅能有效解決歧見，也能讓所有人在會議開始前就對決策方向有初步的了解。因此，當正式會議登場時，與會者要做的可能就只是「敲板定案」或者針對執行細節與

方式進行討論交流，而非從頭開始爭論。這不僅大大提升了決策效率，也讓會議過程更為順暢，避免了不必要的衝突。

從神山到長青，半導體的永續之路

臺灣的半導體產業被譽為「護國神山」，其成功基石主要來自以矽 (Si) 為主的第一類半導體。然而，隨著科技不斷進步，矽晶圓的物理極限逐漸浮現，為了讓這座「神山」持續屹立不搖，尋找下一個技術突破成了當務之急。被譽為臺灣研究化合物半導體先驅之一的王教授指出，從「神山」到「長青」，化合物半導體正是臺灣應掌握的關鍵方向之一。

半導體材料是現代電子產品的核心，第一類半導體主要是指矽和鍺 (Ge) 這類單一元素的半導體。矽在地球上儲量豐富，提煉技術成熟且成本低廉，電腦、手機、晶片幾乎都離不開它。除了矽之外，還有其他類型的半導體材料，如第二類半導體是由兩個或多個不同族的化學元素組成的化合物，像是砷化鎵和磷化銦 (InP)，在電子移動速度和發光效率上表現優異，因此廣泛應用於無線通訊、光纖網路和 LED 照明等領域。而第三類半導體同樣是化合物，但通常是由氮、碳、鎵等元素組成，像是氮化鎵 (GaN) 和碳化矽 (SiC)。它們最大的特點是耐高溫、耐高壓、高頻率，能讓電子產品更小、更輕、更省電。這使得它們在電動車、5G 基地台、快速充電器和太陽能發電等領域大放異彩。第三類半導體發展得如火如荼之際，氧化鎵 (Ga_2O_3)、氮化鋁 (AlN)、鑽石等第四類半導體材料也開始受到關注。其中，氧化鎵是國際普遍被關注並認可進行產業化的半導體材料。王教授強調，各類半導體各有優勢，彼此間互補而非取代關係，共同推動半導體技術發展。透過發展化合物半導體，臺灣的半導體產業將能觸及更多高階應用，確保在未來科技競賽中持續保持領先地位。

對國儀中心的期待

王教授表示，在學校進行研究時，最令人憂心的就是設備損壞。由於學校經費有限，很多貴重儀器的管理、維護與保養，常因研究經費不足而面臨營運困難。再加上研究生流動頻繁，缺乏專職技術人員照護，導致設備陷入維運困境。他以自身經驗為例，深知學術界進行研究時維運設備的困難，強調「要喝牛奶，不必養一頭牛」，與其耗費龐大經費養護儀器，不如將資源專注於後續的應用研究上。因此，王教授接任國研院院長時，延續推動國研院四大任務：「建構研發平台、支援學術研究、推動前瞻科技、培育科技人才」。致力於提供先進的研發平台和技術能量，協助國內產官學研界進行前沿研究，發展具有競爭力的科技成果，並透過推廣科學教育來培養未來的科技人才，以支持國家整體的科技發展。

王教授過去曾代理國研院國儀中心主任，這次受邀回到「娘家」接受專訪，特別參觀了核心實驗室，並聽取中心在真空與光學技術領域的最新成果。他在訪談中高度肯定國儀中心近年的努力，認為其在多項技術上皆有長足進展。正因中心致力於打造穩定的儀器科技基礎與服務體系，並提供尖端科學研究所需的客製化儀器設備研發支持，才讓學術研究擁有堅實而可靠的後盾。