

電子元件研發傑出學人

王永和 電機系特聘教授

成大電機系 67 級



成就歷程

王永和教授自認求學過程十分幸運。首先在張俊彥院士之戮力指導下，研習最新科技，並接受最扎實之訓練，接著能在教學與研究中獲得博士學位，並在母校電機系任職。

1989 至 1991 之間透過 AT&T 和台灣間之合作協議，有幸獲選為第一批前往美國貝爾實驗室研究之成員，開啟王永和教授人生另一頁。在分子束磊晶之父-卓以和院士(Dr. A.Y. Cho)門下學習磊晶及面射型雷射相關技藝，同時有機會接觸心中之大師，與他們合作共事。大師之風範深深對王教授在學術領域產生了重大影響。

王永和教授表示，以院士之知名度，對於事情細節要求嚴謹，讓人佩服。如論文內容用字遣辭，要求極為精準，以其精深之英文造詣，仍然請 Dr. Russ Fisher 好好精練。同時告誡王永和教授，在論文撰寫上，別用 "for the first time" 及 "the best of all" 等詞，謙虛嚴謹之作為。奠定了王永和教授在學術研究領域上之紮實基礎。此外，王永和教授常接受會議之邀請演講，每在檢說前，定會一個人在其自己小房間內做好充分準備，並透過錄音，再三聆聽，演練修正，王教授之演說因而總能掌握恰到好處，內容毫無贅字。許多人表示，聽王教授演講是最大的聽覺享受。此外，令人服膺在胸的是：王教授不會教微積分等課，但王永和教授請大家注意一下，他是

如何成功的。身教重於言教，看過太多貝爾實驗室人員之興衰。淺顯的一句話，如暮鼓晨鐘，鞭策自己！王教授也常以此例和學生分享！

重要研究成果

主要的研究成果綜整分為三個部份，簡述如下：

(一) 以液相氧化層研究 III-V 金氧半場效應電晶體

率先提出利用液相氧化法(LPCEO)成長氧化層之應用。無需外加任何能量輔助、低溫成長如自然成長般之氧化層於 III-V 族高速場效電晶體，即形成金氧半-異質接面場效電晶體(MOS-HEMT)。金氧半-異質接面場效電晶體同時結合了金氧半的低漏電流、較高的崩潰電、較大的閘極擺幅壓與異質接面場效電晶體的高移動率二維電子雲等優點。在成長氧化層上，液相沉積法(LPD)亦為一相當優秀的方法，具有低溫(40°C)、低成本(不需真空設備)、容易操作的優點，由於在低溫下成長，故可避免熱應力造成的氧化層劣化。

傳統上通常將二氧化矽做為金氧半-異質接面場效電晶體閘極介電層使用，在 SiO₂ 的成長上，我們已將 Al₂O₃，SiO₂，TiO₂ 2/3 成長於 GaN 上，王教授研究團隊已將此氧化層當做閘極介電層來使用，製作成氮化鋁鎵/氮化鎵金氧半-異質接面場效

電晶體，與氮化鋁鎵/氮化鎵異質接面場效電晶體相較，漏電流至少可減少3個order左右。

本實驗室也針對液相沉積高介電常數材料如二氧化鈦、鈦酸鋁和氧化鋁進行研發，在氮化鎵上沉積氧化鋁製作金氧半-異質接面場效電晶體已製作成功，與傳統的異質接面場效電晶體相較，金氧半-異質接面場效電晶體在電流、轉導、漏電流等方面均有大幅改善，且可靠度相關的應力(stress)量測也有完整的分析，電流衰退(current collapse)在經過氧化鋁的鈍化(passivation)效果後，亦有大幅改善。已獲有中、美專利，並成功應用於功率晶體之研發上。此方面之成果獲得國外相當之重視，除常被請益外，亦多次應邀專題演講。將一低溫且可靠之液相氧化法應用於高鈦比例之金氧半變晶高電子移動率電晶體的閘極氧化層製作。

除了衝擊離子化效應之改善外，本研究首次探討次臨界電流與高頻特性。一般文獻很少討論次臨界電流與高頻特性，本液相氧化法由於能減少表面復合電流密度進而改善次臨界電流，此將有助於功率散逸與電路的應用。另外，由於能減少閘極-源極電容進而改善最大震盪頻率，此將有助於高速元件的應用，尤其在後矽時代，化合物半導體CMOS中將扮演重要角色。

(二) 微波積體電路MMIC之設計研製

研究團隊主要致力於微波無線通訊系統之研發，針對小型化、高性能與寬頻存取之趨勢，以學理為基礎進而應用於實作中，目前本團隊業已研發具溫度補償之Ka頻段1W發射器系統，使用高頻陶瓷基板並搭配aluminum金屬材質的housing將各個MMIC與被動電路進行電子構裝，具體的實現了本團隊對於系統整合之能力，而Ka頻帶積體小型化升降頻晶片的製作不僅能降低收發器組裝時所耗的時間與人物力，亦能縮小收發器系統整體的體積，此外亦以務實創新之研究方針務求提升射頻微波電路之電路特性。

在Ku、K與Ka頻帶混頻器之研發，致力於寬頻與小型化之研發標的，提出新穎的設計概念針對操作頻寬、中頻頻寬、埠際隔離度、簡化佈局與被動電路小型化進行改良，經由新架構的研發，所設計的混頻器業已達成寬頻操作、埠際隔離度之提升、中頻頻寬之擴展與晶片微小化之要求。如利用多重耦合型式的開路與短路殘段來實現180度混成器，此方式可改善其插入損耗進而降低二倍頻器的轉換損耗與縮小晶片面積。由於傳統Colpitts壓控震盪器常因偏壓電流源而惡化其相位雜訊針對此缺點作一改善。藉由利用PMOS來實現偽電流源的架構，相較於一般採用NMOS的型式，其產生的雜訊功率可大為減少，進而改善壓控震盪器的相位雜訊。

此外基於散射矩陣的推導，提出一個微

小型集總式 90° 混成器，可減少被動元件的使用，且無須使用接地製程，可減少製作成本，而頻寬特性亦較傳統集總式 90° 混成器為佳。設計不等量Wilkinson功率分波器利用電磁能隙共面波導技術來取代傳統的傳輸線架構，能有效地增加殘段寬度，並降低其設計與製作時之難度。應用了多重耦合線來實現平面三路等功率分配器，並解決傳統三路功率分配器需要立體結構來製作並且會浪費大量的面積之缺點。使用微型180耦合器製作K-Ka頻段雙平衡環型二極體混頻器。在此領域成果非常豐富具體，發表於IEEE雜誌論文超過四十篇以上。

隨著國防和商業上的應用，高性能的Ku頻段和Ka頻段固態高功率放大器持續被開發，在發展高頻高功率假晶型高電子移動率電晶體單晶微波積體電路時，需要同時考量到磊晶材料結構的設計、晶圓製程的設計、電路模擬的設計、以及機構與組裝的設計，以解決在縮小的晶片面積上常會發生的散熱和振盪訊號等問題。實驗室將著眼於砷化鎵高功率微波元件與積體電路之理論分析與模擬設計之研究，再透過假晶型高電子移動率電晶體技術來開發Ku頻段和Ka頻段兩種高功率單晶微波積體電路。此外，本實驗室將發展微波單晶片整合技術，並應用於軍事雷達與汽車防撞雷達系統，近年來，汽車防撞雷達之射頻收發模組與天線多利用低溫陶瓷共燒技術同時製作在陶瓷基板上，射頻收發模組之電路面

積依然相當龐大，隨著半導體元件製程技術的發展，使得毫米波主動元件以及毫米波單晶積體電路(MMICs)具備相當優異的特性，對於越高頻的微波電路設計，主動元件與被動電路必須有精確的分析模型，使得射頻發射器之小型化以及單晶片化成為現今相當重要的課題，同時也增加了電路設計的困難度。有鑑於此，本實驗室將設計並研製積體整合小型化K頻帶高功率軍事雷達收發器、24GHz與60GHz頻帶頻率調變連續波(FMCW)雷達微波收發器系統。

(三)有機薄膜電晶體

軟性電子是全球各主要半導體與光電產業廠商研發競爭的主戰場，有機薄膜電晶體(Organic thin-film transistors, OTFTs)亦是因要達成此一目標而蓬勃發展。研究領域包含可溶性有機材料開發(主動層、塑膠基板、介電層、電極)、元件製作及元件電特性分析，最後將結果實現在可溶性全有機的軟性電路上，在此計劃從材料開發到軟性電路的研究過程中，預期可對學術、技術及產業做出相當大的貢獻，以現階段有機薄膜研究而言，是以市售有機材料來製作OTFT從事研究為大宗，此種研究僅僅是在結構上或是在一些介面處理上著墨，在有機材料的開發上卻是寥寥可數，本計劃將以材料開發為出發點，並輔以新材料合適的製程研究，最後實現軟性電路，在材料開發上，這一些新的材料亦可以進行專利的申請佈局，擺脫市售有機材料的專

利桎梏，可以讓臺灣在軟性電子的材料的研發中不落人後，而這些結果也可發表於國際期刊上，增加台灣學術的能見度，此研究規劃已獲得國科會總經費約2000萬元補助。

在有機薄膜電晶體(OTFT)方面相關的研究成果可分為兩大項 (a)高分子有機薄膜電晶體方面、(b)小分子有機薄膜電晶體方面

(a)高分子有機薄膜電晶體方面

此方面的研究以開發新的主動層材料及不同元件操作原理為主：

(i) 以新結構polymer electrolyte(高分子電解質)/conjugated polymer(共軛高分子)為主動層來製作OTFT元件，從實驗結果中證實以電場來驅動polymer electrolyte中的離子摻雜conjugated polymer藉以控制通道的導通率，是屬於一項嶄新的方式。因polymer electrolyte和conjugated polymer型態為高分子溶液，可以以溶液製程來製作薄膜，對其後以全溶液製程來製作OTFT非常有幫助。

(ii) 利用不同於典型OTFT元件理論的”去摻雜”(dedop)方式來製作OTFT元件，先以摻雜過的poly(3,4-ethylenedioxythiophene) poly(styrenesulfonate) (PEDOT:PSS)混合poly(ethyleneimine)(PEI)為主動層，透過電場的作用驅使PEI去將PEDOT的摻雜源PSS拔除，此為文獻中不曾出現的空乏型有機薄膜電晶體

(D-mode OTFT)，可突破其後以全溶液製程來製作OTFT電路缺少D-mode元件之困境。

(b)小分子有機薄膜電晶體方面

(i)source/drain 電極與有機主動層的歐姆接觸

本團隊成功將修飾層薄膜插入在source/drain和有機半導體之間以增加載子的注入，電性也提升了許多，插入LiF後在相同偏壓下Id電流提升約6倍，field-effect mobility共提升了約5倍，也因使用了ITO此元件具有透明性，其在可見光之穿透率平均約為71.2%。此外本團隊亦成功在PES軟性基板上以液相沉積法成長出二氧化矽薄膜，此二氧化矽薄膜可以加強軟性基板隔絕水氧的能力，減緩有機元件電性衰退，增加元件的壽命。

(ii)全溶液製程high-k材料應用於OTFT

本團隊成功研發出利用旋塗成膜方式沉積高介電常數如氧化鉛應用在五環素有機薄膜電晶體中。利用有機主動層與無機氧化層之間表面能匹配，使得有機主動層有較好的排列導致較高飽和載子移動率，在應用上是可以降低其操作電壓小於5伏，移動率高達9 cm²/sec，臨界電壓為1伏，次臨界電壓斜率100mV/dec，也可以突破以往多製程步驟，進而達到良好電性表現，這些結論對於未來有機材料應用在軟性電子元件上有更進一步的貢獻與突破。

除權氧化鉛外，本研究團隊成功開發多種具有高介電常數之絕緣層，如：、鈦酸鋇、鋇鈦

酸鋇、鈦酸鋇、銦鈦酸鋇、鎳酸鋇、銦鎳酸鋇等等，利用其材料之特性在相同電場下可提供較高之電容值，應用在有機五環素薄膜電晶體絕緣層中，成功地降低整體電子元件之驅動電壓；在實驗量測中，觀察出在飽和載子移動率有大幅度地改善，故本團隊詳細鑽研其薄膜介面之變化，利

用多種方式去分析其飽和載子移動率大幅增加之原因。最後，為了提升整體有機五環素薄膜電晶體之應用價值，王永和教授及其團隊致力研發相關電子元件如增強型負載反向器與正醇類感測器等等，其結果也得到相當優越之增益值與感測靈敏度。

王永和

生日

民國45年12月2日生

學歷

中華民國國立成功大學電機工程 學士(67級)

中華民國國立成功大學電機工程 碩士(69級)

中華民國國立成功大學電機工程 博士(74級)

經歷

國家晶片系統設計中心代理主任 (2010/07 至 2010/10)

國家太空中心代理主任 (2010/01至 2010/04)

科技政策研究與資訊中心代理主任

(2009/01至 2009/06)

國家奈米元件實驗室代理主任(2008/01至 2008/07)

國家太空中心代理主任(2007/06至 2007/12)

國立成功大學校友聯絡中心主任 (2005/02至 2007/01)

國立成功大學工學院副院長(1999/10 至 2003/07)

國立成功大學電機工程系系主任(1996/08 至 1999/07)

國立成功大學電機工廠主任(1995/08 至 1996/07)

國立成功大學電機工程研究所副所長(1993/08至 1996/07)

國立成功大學電機工程學系教授(1992/08至今)

美國AT&T貝爾實驗室PMTS(1989/07至1991/02)

國立成功大學電機工程學系副教授(1985/10 至 1992/07)

日本Anelva公司 (1982/07-1982/11)

現任

財團法人國家實驗研究院副院長(2007/01~)

國立成功大學電機工程學系、微電子工程研究所、

光電科學與工程研究所特聘教授(2003/08~)

傑出優良事蹟

行政院國科會傑出研究獎(2004)

以微電子領域之傑出研究成果獲獎

中國工程師學會傑出工程教授獎(2006)

成功大學「李國鼎科技講座」金質獎章(2005)

中國電機工程學會傑出電機工程教授獎(2004)

2003、2006、2009連續三次獲聘為國立成功大學特聘教授。

2006、2007、2008 及2009 學年度連續四年獲得國立成功大學「發展國際一流大學及頂尖研究中心計畫」研究及產學成果獎勵: A 類(傑出獎)獎勵。

已發表國際期刊論文超過320篇，會議論文200篇，4本英文國際專書中之一章。

獲中華民國專利104件。獲國外專利30件，其中美國專利21件。

培育博士生超過四十位，碩士生超過二百位，任職國內各大學與產業機構。

多次應邀於國際重要會議演講，如,EDMO,APMC,ICSICT,EDSSC,IMOST等。

為國際重要期刊雜誌之編輯、理事(board)；國際會議之主席、諮議委員、議程委員等。

指導學生多次獲國際會議最佳論文獎，晶片設計優良獎等。

