

電機領域（含奈米電子與系統研究中心）

計畫主持人：謝漢萍教授

- **整體目標：**在學術及產業衝擊上，成為世界主要的奈米電子與顯示技術研發與教育中心，並對我國產業的前瞻技術研發做出顯著的貢獻。
- **與所設目標之差異：**
 - 微機電電子鼻在系統消耗功率部分離全系統 100 uW 的目標仍待加強，將透過奈米先進製程中的低功率製成，同時藉由高階系統層級設計演算法的改進，來解決系統功率消耗的問題。
 - 論文發表及獎項獲得上，98 年都較 97 年來的豐碩，而非國科會的計畫數雖然增加，但總金額減少了約一仟萬元，主要是因為金融海嘯的原因，各公司都縮減了產學案的經費，預期明年度此現象會有所好轉。
- **成果及特色：**
 - 奈米電子與系統研究中心申請專利共 41 件、已獲證 14 件、審查中 27 件。獲得非國科會計畫總數共 33 件，總金額逾 1 億 2,447 萬元。
 - 過去 5 年，在電子元件領域的頂尖期刊 *IEEE Electron Device Letters* (EDL)、*IEEE Trans. on Electron Devices* (TED) 發表的論文，交大歷年均居全球首位。
 - 在頂尖國際會議 Int'l Electron Devices Meeting (IEDM) 發表的論文，交大全球排序第 16，全球大學中排序第 5（僅落後史丹福、普渡、新加坡、東京大學）。*Symp. on VLSI Technology* (VLSI)，本校全球排序第 17，全球大學中排序第 4。
 - 在電路及系統領域的頂尖期刊 *IEEE Trans. on Circuits and Systems* (TCAS)，交大全球排序第 2，全球大學中排序第 1；在 *IEEE J. Solid-State Circuits* (JSSC) 交大全球排序第 11，全球大學中排序第 5。
 - 在顯示科技領域的頂尖國際會議 Society for Information Display (SID)，交大發表的論文數量全球排序第二（僅次於韓國三星電子），而於學術界則排名第一。

表 1：權威學術期刊及頂尖國際會議論文全球排名（奈米電子、電路、系統領域）

	交大		台大		成大		清大		MIT		Stanford		Berkeley		U. Tokyo	
	排名	數目	排名	數目	排名	排名	數目	排名	數目	排名	數目	排名	數目	排名	數目	
<i>EDL</i>	1	154	22	22	5	64	4	74	17	28	14	34	34	18	86	8
<i>TED</i>	1	95	24	31	13	38	19	35	9	47	4	57	17	36	29	27
<i>IEDM</i>	16	31	90	4	90	4	49	9	24	23	7	53	20	26	13	39
<i>VLSI</i>	17	17	NA	0	58	2	40	5	NA	0	29	9	40	5	10	24
<i>TCASI</i>	2	45	4	31	34	11	NA	NA	30	12	16	18	73	6	73	6
<i>JSSC</i>	11	35	3	56	NA	NA	NA	NA	4	54	15	33	8	41	19	30

Rank includes world-wide Universities, Industrial Companies, and Institutes.

Data collected: *EDL/TED*: 2005-04/2010 ; *IEDM/VLSI*: 2005-2009 ; *TCAS-I/JSSC*: 2005-01/2010.

NA: The Institution is not within TOP 100.

- 首次觀察到單一量子環磁光特性：磁場下的量測發現量子環具有與量子點迥然不同的反磁能量位移特性，成功解釋了量子環本身些微的不對稱性造成了此特殊現象。
 - 在矽基前瞻元件領域:70 nm 的 III-V 族量子井場效電晶體(Quantum-Well FET) 被 Semiconductor Today 選為 2009 年 III-V 族領域最重要的 2 項成就之一。
 - 在 SRAM 設計、劣化現象分析、及 UTB SOI 與 FinFET SRAM 上發表了近 30 篇論文。
 - 整合微機電製程技術，使用尺寸僅數十奈米 SnO₂ 薄膜晶粒開發出零敏度達 200 ppb 的電子鼻氣體感測系統。
 - 成功發展出 120 Hz 低耗能雙色場色序法（獲得全球最頂尖的國際顯示研討會-SID2009 傑出論文獎及 J.-SID 2009 年度最佳學生論文獎）。
 - 內建光感測電路於顯示畫素陣列中，可維持背光源的穩定，延長面板的使用時限。整合後的估算，其整體耗能僅需現行面板的 20%（32 吋電視僅需 20 Watt）。
- 學術地位對國家產業、社會發展之重要性及貢獻：我國「半導體」與「影像顯示」於民國 95 年邁入年產值"逾兆元"的里程碑，是支撐我國今天在 PC、NB、通訊、消費性電子等 IT 產業世界性地位的主力。如何在前瞻技術上的增進、應用介面的擴展、高級人才的培育，以使爾後十年的成長率持續達 10% 以上，為我國經濟成長的最重要驅動力之一，亦是我國在世界上"戰略性"的

重要技術，這是以電子研究起家，我國最大的電機領域團隊—交通大學所需積極投入的。「奈米電子與系統研究中心」以前兩年建立的「奈米電子資訊系統研究中心」之電子為主的四個領域核心研究團隊組成。在基礎研究，以"微小化" (smaller) 及"快速化" (speedier) 為次領域 (一) 奈米結構及量子元件 (Nano structure and Quantum Devices) 及次領域 (二) 奈米電子 (Nano electronics) 的重要目標，以元件物理、結構、新型元件，以突破結構、功能，速率的現況，爭取"世界第一"，"世界記錄"等的創新研究為主軸。在系統領域，則以次領域 (三) 超低功率無線電子鼻 (Ultra low-power SoC for Wireless electronic nose, SoC) 及次領域 (四) 智慧型顯示面板系統技術 (Intelligent Display System on Panel, SoP) 的兩項為載具，以"系統應用" (System Oriented)、"智慧型" (Smarter)、"安全" (Securer) 及"人性化" (Socially Responsible) 在節能、醫療、感測、人機互動等新型技術的突破導向為主軸，發揮交大過去數十年所累積的資源、專長、地緣關係、產學合作，為我國電子產業持續成長，及裨益相關領域發展為遠景，並結合相關中心，共同為交大 EECS 領域"世界前十大"為努力目標。在教育部頂尖大學經費的挹注下，使本校在多項學術與研發指標上 (教師人數、IEEE 期刊論文、重要學會 fellow、產學合作計畫件數、金額、高科技領導人才(CEO)的培育、對產業界的貢獻等)，均為全國頂尖，對於國家產業、社會發展之重要性具有極大的貢獻。

● **延攬及培育優秀人才、研究團隊建立之作法與成效：**

- 為了進行尖端的基礎研究，我們藉由此計畫整合了各項專長的教授形成一個研究團隊，專長包括了理論計算與實驗技術—(a)奈米結構成長與製作：林聖迪教授；(b)低溫強磁場之電性傳輸與磁光特性量測：孫允武教授；(c)超快光學量測：孫建文教授；(d)理論計算：霍斯科教授。透過每月一次的會議與約二十位研究生的相互交流，在第一期計畫中順利達成研究目標，並成功申請到兩項國家型計畫的挹注。
- 在延攬國際一流師資上，交大已延攬 Toshiba Research Lab. 的 NAND Flash 發明人 Riichiro Shirota (白田理一郎) 博士為專任講座教授，從事 3D NAND Flash 的研究；及其同實驗室的渡邊浩志 (Hiroshi Watanabe) 博士為專任講座教授，從事原子級的前瞻元件模擬分析。在強化研究成果的影響力與國際能見度方面，加強原有和國外學研單位的研究合作，並進

行學術交流、研究人員互訪和異地研究，如派遣 2 位博士生至 National Institute of Standards and Technology (U.S.A.) 從事一年 Tunneling FET 的研究。在複合物半導體元件的研究上，過去五年在美國英代爾公司支持下合作開發下世代 Post-CMOS 高速元件。在高介電常數材料與 III-V 族半導體整合研究上，與比利時微電子中心合作共同開發，研製 GaN MOSHEMT 與 III-V CMOS 等。日本方面，東京工業大學 Hiroshi Iwai 教授、Yasuyuki Miyamoto 教授和 Tohoku University 的 Yoshiro Hirayama 教授等專家已與交大合作多年，過去交大每年皆有多位學生至此三位教授從事合作研究，在三五及矽材料整合研究方面，或日本 NTT 之基礎實驗室，已有多年合作基礎，Hiroshi Yamaguchi 博士（實驗室主任）及 Toshiki Makimoto 博士每年皆來台從事研究訪問。

- 與比利時 IMEC 微電子研究中心，進行 ECG 感測與讀取電路的研究，開發出超低功率的無線感測節點技術，平均功耗小於 100 uW，包括創新架構的無線近身網路，超低功率的數位設計技術，與陣列型多重氣體偵測的微機電電子鼻。
- 為了強化研究資源及人脈，積極與國際知名學者與團隊建立合作關係，包括：在液晶 (LC) 材料方面與 Shin-Tson Wu (吳詩聰) 教授 (UCF)；在 TFT 元件技術方面與 Yue Kuo (郭育) 教授 (Texas A&M Univ)；在 OTFT 與材料，與 Ching Tang 教授和 Shaw Chen 教授 (U. of Rochester, Merck, and Beckman Inst., UIUC)；在 High efficiency display materials 方面與 Army Res. Lab., DoD, U.S.等均建立密切的研究團隊與國際合作交流。
- **提升教學績效、學術研究之創意機制與成效：**本計畫中需要建置一個世界唯一的低溫強磁橢圓儀，在建置過程需要結合各項專長，經過數次修改設計與測試，最後順利完成運轉，在此過程中我們建立了一個良性團隊合作的機制，參與的師生從中收穫良多。藉由和國外學研單位的實質研究合作、學術交流、研究人員互訪和異地研究，培養研究人員與研究生之國際觀與宏觀視野。藉由與業界的緊密合作，提升研發能量，使研發人員直接面對半導體領域未來的挑戰，並聚焦於可能之解決方案。於電子元件頂尖期刊 (EDL 及 TED)，歷年均居全球第一。於電子元件頂尖國際會議 (IEDM, VLSI Tech.)，歷年均在全球大學排序前 5 名。本計畫為鼓勵研究生參加國際會議，並發表研究論文，同時參加各種競賽，以增廣視野。期間共發表國際會議頂級期刊論文如

ISSCC 共 5 篇，一般 11 篇，或 IC 設計相關競賽獎項 8 次。也榮獲多項國際知名資訊顯示學會 (SID) 頒贈的研究創意獎項，如：

—SID 2001：Best Paper Award

—SID 2004、2005、2009、2010：Distinguished Paper Award

—Journal of SID 2009、2010：Outstanding Student Paper of the Year Award

● 與國內外相關學校，研究機構合作之具體作法及成效：

- 在理論計算方面，趙光安教授 (Lund University, Sweden) 與 C. Wijers 教授 (Twente University, Netherlands) 和我們有密切的合作；Natomi 博士 (NTT, Japan) 在光子晶體整合研究方面關係密切，並有論文共同發表；與王文一教授 (Columbia University, US) 的合作則在樣品成長方面；施志剛教授 (UT Austin, US) 和 P. See 博士 (National Physics Lab., UK) 則與我們共同進行共振腔中單一量子結構的物理與元件應用探討。
- 在矽基 CMOS 領域，與產業界大廠台積電、聯電、聯發科、旺宏、華邦、智原等長期研究合作。積極參與多項國際合作，如東京工業大學 (Nano-Lithography)、東京大學 (年度研討會)、東北大學 (Emerging Devices)、U. of Central Florida (ESD, Nano-Wire Transistor)、Georgia Tech. (SRAM)、U. of Utah (Device Degradation Sensor and Variability Compensation)、Intel (III-V QWFET)、IBM (SRAM, 3D IC)、National Institute of Standards and Technology, U.S.A. (Tunneling FET), NTT (Emerging Devices and Materials) 等單位。在 III-V 元件、異質材料場效電晶體、Resistive RAM 領域，與華邦電子合作 Resistive RAM 產學計畫。
- 本團隊與國家晶片製中心、智原科技及聯電等機構合作，於計畫執行期間共開發出各類型晶片三十五顆，培訓數位、類比及混合晶片設計碩博士人員近二百員。主要的成效包括整合微機電製程技術，開發出可量產奈米級 SnO₂ 零敏度達 200 pp 的電子鼻氣體感測系統；開發出全球最快速 6-Bit 16-G/s 與具廣泛應用價值的 15-bit 125M/s 的 ADC；發明無石英內建式矽晶震盪器 (Embedded Silicon Oscillator)，並以 eCrystal 為註冊商標，並開發出 0.4V 256nW 56dB SNR 的感測前端類比電路。這些電路在性能上均屬世界一流等級。
- 已有博士後研究員前往 Philip Research lab. 進行前瞻顯示技術的開發與合作交流與 SHARP Co. 進行前瞻顯示技術交流，並簽署 NDA。

● 未來執行重點：

- 本計畫使用現有團隊與成功建立的優異儀器，進行量子結構群體行為的磁光特性研究，建立全新以半導體奈米結構組成的超物質，進而利用其特性發展新穎元件。
- 深耕與產業界大廠台積電、聯電、日月光、旺宏、華邦、智原等的研究合作。透過交大鑽石計畫，建立更有實質效益的長期合作模式，將在 IEDM 和 VLSI Technology 兩頂尖會議上發揮更大的影響力。
- 本團隊將持續研發具有產業應用價值得積體電路設計技術，在技術開發方面，我們會持續朝高挑戰性的電路設計發展，包括高性能之積體電路設計與高難度之微機電與電路整合。在技術推廣方面，除了目前執行中的兩個大型學界科專計畫中與業界密切合作外，我們已經朝結合產業申請學界科專計畫方向前建，一個提案中一個準備中。藉著透過與產業界更密切的合作，將所開發的技術落實於台灣產業界。並整合 Polarizer-free 與新型氧化物半導體 TFT (ex:IGZO) 並建構 3D 互動式平面顯示技術平台，達成 <15Watt “Battery-on” TV 的目標。