

## 光電科技領域（含跨領域光電科技研究中心）

計畫主持人：賴暎杰教授

- **整體目標及分年達成情形：**中心之整體目標為逐漸成為國際公認之亞太頂尖光電中心，也擠身於世界一流的光電中心，如美國 Rochester 大學的 Institute of Optics、Arizona 大學的 Optical Science Center（College of Optical Sciences），Central Florida 大學的 CREOL Center（College of Optics and Photonics），英國 Southampton University 的 Optoelectronics Research Centre（ORC）等之列。在分年達成量化指標上，中心自 95~99 年總共發表論文數（SCI、EI 等）超過 800 篇，中心核心成員於 96 年精簡為 21 人左右，年度發表論文數由 96 年 145 篇微幅成長至 99 年 153 篇，平均每位成員年度發表論文數已達 7 篇。另外 95~99 年獲得非國科會計畫總共 89 件，總金額逾 1 億 2 仟萬餘元、技術移轉件數共 28 件，總金額逾 3 仟 1 佰萬餘元及舉辦 5 場國際會議。
- **與所設目標之差異：**基本上已達成所設定的初步目標，整個計畫已經整合精簡為現有三個強項領域（跨領域光電科學、奈米／能源光電、光纖通訊）來集中發展，目前這三個領域也都已經產生具突破性的世界領先成果（見下所述），能與國際上最好的研究團隊來作競爭。交大光電研究成果在頂級光電期刊中所發表之論文總數及總引用數已可擠身於世界知名四大光電中心之鄰，可見我們在論文發表的質與量上應已是國際水準。本中心已經能產生許多具突破性的研究成果，未來在擴大研究成果的影響性上則還可來作更大的努力。
- **成果及特色：**中心已在跨領域光電科學、奈米／能源光電、光纖通訊這三個強項領域建立起研究特色，並更已在以下幾個研究主題獲得具突破性的領先研究成果：
  - 持續領先世界研究團隊製作出可於室溫下操作的電激發連續光 GaN 藍光面射型雷射（VCSEL），讓藍光 VCSEL 雷射元件朝真正實用化邁進一大步，有機會成為未來藍光光碟的新光源。其中布拉格反射鏡之關鍵製程也已獲得日本專利，大為加強國內在藍光雷射上的智慧財產權實力。2010 年 10 月 Compound Semiconductor 雜誌也撰文讚揚此一研究成果，研究團隊成員更連續三年受邀在 Conference on Lasers and Electro-Optics

(CLEO) 國際會議上發表邀請演講。

- 在磊晶技術方面，我們與美國空軍共同開發原子層沉積技術 (ALD)，可將氮化鎵磊晶層的缺陷降至  $10^7/\text{cm}^2$ 。製作奈米級圖形化基板之技術已在台灣、美國等地申請專利，並引起國內磊晶大廠晶元光電以及基板大廠中美矽晶的高度興趣。在元件製作與萃取效率方面，舉凡像是表面粗化、奈米柱製作、光子晶體、覆晶製程、薄膜氮化鎵發光二極體等方面都已有非常好的成果。目前也已針對 LED Efficiency Droop 的關鍵瓶頸來作探討與改善，也已獲得很好的成果，多次被 Compound Semiconductor 雜誌所報導。
- 發展出第一個室溫光激發 GaN 光子晶體面射型雷射，有潛力來製作較高功率之單模面射型雷射。在室溫下觀察到 ZnO/GaN/AlGaIn 半導體微共振腔結構中的激子 (Exciton) 與光子 (Photon) 強耦合交互作用，並且成功量測到寬能隙半導體中在室溫下最大的共振腔真空 Rabi splitting 效應，有潛力來製作微共振腔量子光電元件。首度在理論上提出並證明了量子糾結光固子對的產生與偵測方法，成果發表在 2009 PRL。
- 發展低溫 thin film Silicon solar cell 製程，是 2010 CLEO 的邀請論文，並已有 2010 IEDM 論文發表。也發展出具低反射率之奈米 ITO 技術，有潛力能應用來增進未來太陽能電池的效率。研究成果發表在 *Advanced Materials* (2009) 之上並獲得 NPG Nature Asia-Material Highlight 的報導。
- 中心團隊在新型矽量子點光電元件的研究上也有突破性的成果，除了利用成長於 porous silica 之 Si 量子點製作出世界第一個 Si-based ferroelectric-like nonvolatile memory 及 Si-based near infrared photodetector 外，更利用雷射及非線性光學技術探討此元件中之 Interface electron-phonon coupling 特性來釐清其中的物理機制。
- 液晶相分離現象的研究成果在 *Physical Review Letters* (2008) 發表，並獲選為當期封面故事。關於不需偏光片之軟性可撓式光電開關研究成果也獲邀在 2008 SPIE Newsroom 上作專文報導。後續利用藍相液晶所製作之快速可調液晶透鏡陣列獲 2010 年第五屆奇美獎首獎。
- 發展出世界記錄之 60 GHz 28-Gb/s 16-QAM OFDM 光纖載無線傳輸技術，有最好的信號品質。因為此研究上的突破，中心團隊已在 *Journal of Optical Networking* (OSA)、*Journal of Lightwave Technology* (IEEE/OSA)、

*Journal on Selected Area in Communications* 有多篇 Invited Papers；在 Optical Fiber Communication (OFC) conference 有 Invited Talk，在 CLEO 有 Postdeadline Papers。同時在國際產學合作方面，與國際公司 Corning 有長期的產學合作計畫，並已有多篇共同研究論文發表。

- **學術地位對國家產業、社會發展之重要性及貢獻：**在學術地位方面，若單就世界各校光電系所中心來作比較，2008~2009 年國內主要大學光電系所之 SCI 論文數與被引用數之統計資料請參見表 1，世界四大光電中心(美國 U. of Central Florida、英國 U. of Southampton、美國 U. of Rochester 和 U. of Arizona) 的統計數字也並列於表中作比較。由這些數字可明顯看出我們已能與世界四大光電中心來並列競爭。

表 1：光電系所 2008~2009 年 SCI 論文引用數及論文數與世界四大光電中心之比較

	Florida	交大	Southampton	Rochester	Arizona	台大	成大
論文數	317	381	210	198	240	215	146
引用數	1490	1271	1128	1043	892	837	463

(資料統計至 2011.01.30)

在國家產業與社會發展方面，依據光電科技工業協進會(PIDA)的預測，2010 年台灣光電產業產值規模有機會突破 2.2 兆台幣，其中 LED 與太陽能是當前國家綠能產業發展(如 2008「永續能源政策綱領」、2009「新能源兆元產業旗艦計畫」及「綠色能源產業旭升方案」)的主軸之一，另外像光纖科技則持續在當代通訊網路中扮演骨幹的角色，資訊光學的應用也是有增無減，奈米光電則是各種新興光電突破的基礎，在材料與元件的層次來推陳出新，這些事實都在在顯示我們所從事的光電研究之重要性。中心團隊過去在產學合作上已有很好的成績，合作對象包括國內主要光電模組／元件／磊晶公司(晶電、光寶、海立爾、隆達、鼎元、中美矽晶等)，更包括知名的國際公司(如 Corning 等)。在人才培育方面，30 年來交大培育了超過 1000 位光電碩士與 300 位光電博士，他們在國內光電產業界很多都已是各公司機構研發的主力，包括有近 20 位副總級以上系友。透過本計畫的執行，我們在光電人才之培育上已可因更好的教學研究環境之建立而更具國際競爭力。

- **延攬及培育優秀人才、研究團隊建立之作法與成效：**在研究團隊之建立方面，中心各分項領域基本上都是基於我們已有的強項研究領域來作規劃，以期能持續保持並進而擴大我們在學術上的已有成果與地位。此外為達到提升中心

國際競爭力之目標，我們除了積極與國際知名研究機構之研究人員交流與合作研究之外，也積極延攬國際知名學者回國講學／研究／任教，並搭配各分項研究團隊從事長期前瞻性研究，目前已有多位國際知名光電學者（如美國 RPI 之林尚佑教授等）每年不定期到中心參與相關分項之研究。目前中心研究團隊每年研究經費之來源主要包括國科會的各種資源（個人／群體專題研究計畫、國家奈米計畫、國家能源計畫等）、教育部頂尖大學計畫、經濟部科專計畫、及各項產學合作計畫等，每年都能保持穩定的基本研究經費額度。在研究設備與研究環境資源方面，中心主要研究團隊都已在核心強項領域建立起精良的研究環境，譬如像光子工廠（包括多種大型雷射系統與多種超快與近場精密光電量測設備等）、GaN 半導體雷射元件完整製程設備（包括磊晶、製程、模擬設計、量測、及材料分析所需的各種設備等）、光通訊系統傳輸實驗環境（包括各種光纖傳輸與高頻光電量測設備）等。這些研究環境都是透過中心各研究團隊多年來努力才得以建立到目前的水準，也是我們在研究發展與吸引培育優秀人才上的最大優勢。在空間資源方面，主要的中心團隊已搬進新落成之田家炳光電中心大樓，已經有良好的硬體空間設施來作更進階的發展。

- **提升教學績效、學術研究之創意機制與成效：**由於光電科技的跨領域研究特性，我們特別重視「基礎研究—材料元件—系統應用」之垂直整合研究架構，由基礎研究發現新原理與概念，以協助各種前瞻材料、元件、模組、系統、製程、與應用的設計與實現。中心研究計畫涵蓋這些不同研究層次，透過讓不同專長研究人員的相互合作與交流，不但可以互相激發新的想法，也能來進行專業分工的整合研究。這樣的創意機制已經產生很好的效果，譬如中心光電科學的研究團隊已與光電元件的研究團隊來共同探討發展新穎奈米功能性光電元件，又如中心光纖通訊的研究團隊也已與光電元件的研究團隊來共同探討發展新穎慢光元件、矽基光電元件、與光連結技術等，對交大整體光電學術研究與教學的深廣化有很好的助益。
- **與國內外相關學校、研究機構合作之具體作法及成效：**就合作研究而言，中心團隊與許多國際研究機構都已建立研究交流的管道，包括與美國 RPI 大學的 Smart Lighting Center 以及香港的 Nano and Advanced Materials Institute (NAMI) 有正式的研究合作夥伴關係，與日本東京工業大學 Koyama 教授及 Iga 教授執行 VCSEL 台日合作計畫(2009-2011 年)，與史丹福大學 Yamamoto

教授在可調控光子輻射等量子光學主題進行合作研究，與 Fan 教授合作 Photonic crystal laser，與耶魯大學 Han 教授合作 Growth of non-polar GaN，與 H. Cao 教授合作 Random Nano Laser，受美國空軍研究實驗室（Air Force）支持執行 Quantum Cascade Tera-Hertz 合作計畫（2008-2010 年），與 Corning 公司合作發展 60 GHz OFDM Radio-over-Fiber 技術。就國內研究機構而言，中研院應科中心設在交大的光電分部已密切參與光電科學等方面之研究，中心主任張亞中教授為國際知名學者，參與的多位年輕研究員也都各有研究專長與成就，目前已有很好的合作研究成果。

- **未來執行重點：**在未來五年之第二期頂尖大學計畫中，本中心將擴大結合清華與陽明大學光電相關研究團隊來建立一個跨校前瞻光電研究中心，整體研究計畫架構係基於三校研究團隊過去已經建立的強項研究領域來作規劃，研究內容則涵蓋光電領域基礎科學、元件與材料、系統與跨領域應用等之完整層次。透過此種跨校研究中心整體研究架構的建立，各校一方面可以選擇各自的重點來作互補式發展，各研究團隊亦可依屬性融入相關分項計畫中，組成更大的跨校研究團隊來提升研究能量。

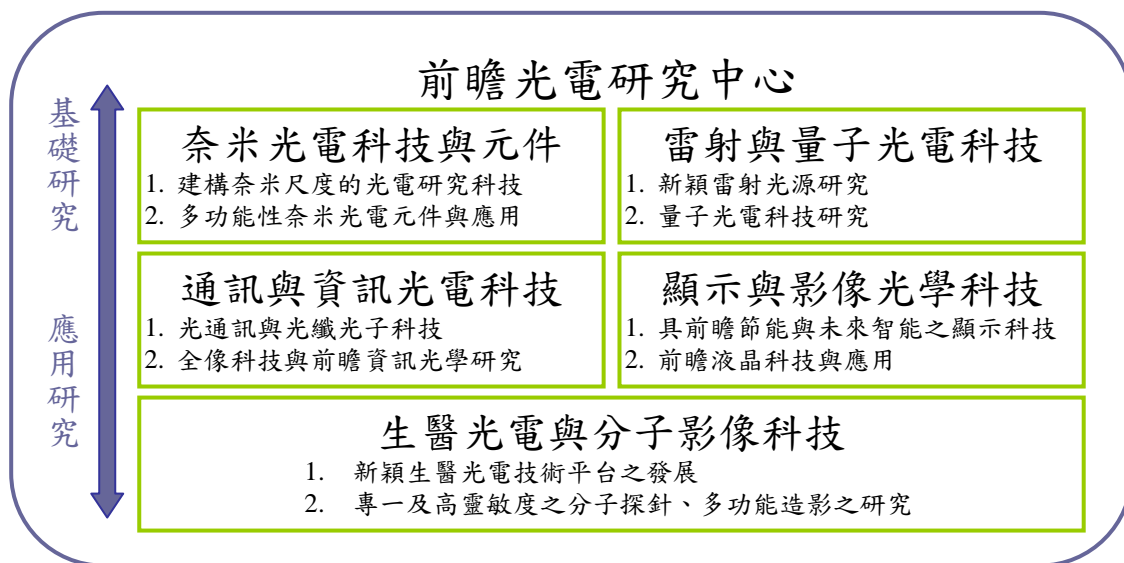


圖 1 第二期頂尖大學計畫跨校前瞻光電研究中心計畫架構