

# 微電子研究所發光發熱

張守進 半導體研究中心主任

成大電機系 72 級

成大電資學院微電子工程研究所張守進教授，擁有將近二十年教學經驗，研究成績相當豐厚，並在理工領域的學門中，特別重視科研論文的學術品質，近五年論文數篇數高達329篇、皆有很高的論文被引次數與最高被引用數。並且由張守進教授所指導博士班學生高達100位，碩士班學生也超過200位，師資結構與規模相當完整，張守進教授研究方向主要分為：GaN系列光電元件、二六族化合物奈米元件(ZnO, ZnSe, Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 奈米線)、SiGe元件、面射型雷射(VCSEL)與分佈布拉格反射器(DBR)、並且近年開發四元InAlGaIn之磊晶成長與光電元件，皆擁有相當不錯的成績。因此，目前由張守進教授的努力下將電資學院下的微電子工程研究所，創造出未來的榮景。

## 壹、最具代表性著作重要成果概述 GaN系列光電元件

張守進教授於2009年所發表Nitride-based LEDs with phosphoric acid etched undercut sidewalls", IEEE Photon. Technol. Lett., 論文期刊中提出以缺陷選擇性蝕刻(defect-selective etching)之方法而獲致之傾斜角可降低其缺陷密度，這是由於成長在藍寶石基板上之氮化鎵磊晶層的缺陷密度會隨著磊晶層厚度的增加而減少，因此我們只要氮化鎵磊晶晶片至入強酸之中，便可因缺陷密度的不同所造成之蝕刻速率不同，由於發光二極體所射出之光子係射向四面八方，因此便可藉此傾斜角而能夠使發光二極體內部所產生之光子更有效率的射出，並可進一步提升GaN系列發光二極體之輸出功率達30%，同時也不會

造成元件電性上之退化。此法簡單、易於製造且幾乎不增加成本，目前也與晶元光電等公司洽談技術移轉。此外在GaN系列發光二極體的抗靜電(ESD)特性方面亦已獲致世界級的水準。張守進教授除致力於發光二極體的研究之外，在光檢測器研製方面也有相當優異的成果。截至目前為止，已發表GaN系列紫外光檢測器相關論文100篇以上，並將基板圖案化應用在GaN系列紫外光檢測器。目前所研製出的GaN系列紫外光檢測器在響應度及雜訊抑制方面，均已達到世界一流水準。目前相關成果亦與晶元光電合作即將進入量產。

## 奈米元件氣體感測器

張守進教授於2007年所發表Highly sensitive ZnO nanowire ethanol sensor with Pd adsorption", Appl. Phys. Lett 論文期刊中提出以一維奈米結構，製作出各種感測器。目前已成功製作出ZnO奈米線的紫外光感測器、氣體感測器、壓力感測器、溼度感測器等各種感測元件。值得一提的是，張守進教授所提出的將奈米級貴重金屬(如Au、Pt……等)吸附至ZnO奈米線以提升各種感測器之靈敏度的方法，為世界首創，並已證實可大幅提升相關感測器之靈敏度。張守進教授除致力於氧化鋅氣體感測器研究之外，並致力於與中山科學研究院共同研發一維ZnSe-based 奈米線並製作成光檢測器之應用。目前已有多篇SCI 論文發表，張守進教授並已成功成長出ZnSe/Zn(Cd)Se(Te)/ZnSe 異質多重量子碟(multi-quantum disk :MQDisk)結構。此種結構具有極大之應用潛力，

世界上目前也只有張守進教授的研究團隊能夠成長出ZnSe 系列之MQDisk 結構，並已研製出相關之光檢測器，獲致其高之響應度。目前嘗試在奈米線中添加雜質已獲致P-N 界面，並朝向奈米發光二極體及雷射二極體而努力。

## MOSFET 元件

張守進教授與台積電、聯電等公司合作，探討奈米矽基半導體各項特性。如strain-stress 對n-, p-MOSFET元件特性的影響。隨著CMOS元件尺寸的縮小，元件漏電流機制也日趨重要。我們所使用之40nmCMOS示意圖。我們使用自行開發之制具來對此奈米CMOS元件外加應力，所獲致之PMOS及NMOS之I-V特性圖。我們發現對NMOS元件而言，漏電流主要是由band-to-band tunneling (BTBT)所主導，而對PMOS元件而言，BTBT與缺陷造成之漏電流均很重要。這些成果對國內矽基半導體廠也有一定之貢獻。

## 貳、未來的學術研究發展規劃

### 四元InAlGaN之磊晶成長與光電元件之研製

近二十年，以氮化鎵半導體材料為元件的應用非常廣泛，包含通訊、照明、感測器等光電元件。隨著綠色題材發酵，更凸顯氮化鎵半導體材料，因其所研製的發光顏色的LED，已漸進地取代傳統照明，成為更有效率的發光源之重要地位。然而，由於缺少與氮化鎵晶格匹配之基板，氮化鎵磊晶層中產生許多差排及缺陷，因而直接影響元件的光電特性。四元InAlGaN 材料由於能

夠同時控制材料的晶格常數與能隙，因此在研究光電元件方面，成為具有製作高效能元件之新興材料的潛力。以調變不同的 In 與 Al 組成，使得 InAlGaN 磊晶層在相同晶格常數底下，得到不同的能隙寬度，如此一來即可消除傳統異質界面如 InGaN/GaN 成長中因晶格常數不匹配而產生的內應力。並改善磊晶品質，也因此可克服晶格常數不匹配所延伸的缺陷及應力問題，更使吾人得以研製高效能氮化鎵系列光電元件。未來主要目的是發展InAlGaN磊晶技術，並研製出高效率InAlGaN系列LED、PD (photodetector)與Solar Cell等光電元件。因此我們將使用不同的緩衝層與不同的基板，成長高品質的InAlGaN薄膜及相關異質介面(Heterostructure)。隨後以InAlGaN為主動層之光電元件為基礎，應用晶片黏著與基板剝離技術製作垂直元件則是本計畫的重心。將從探討InAlGaN磊晶成長的機制為核心，結合不同的基板及元件製程技術，以期能製作不同結構的高效能光電元件。

### 氧化鋅奈米柱

將嘗試製作p-type ZnO nanowires，並藉由p-n junction的行程而製作light-emitting diodes, laser diodes, photodetectors ……等各種光電元件。

### 硒化鋅系列奈米結構之成長與應用

持續與中山科學研究院合作，並將嘗試將ZnSe系列奈米結構成長於晶 相對匹配的GaAs基板之上。預期可成長出垂直的ZnSe系列奈米線，並製作出各種光電元件。