

具良好歐姆接觸氧化銦錫層之磷化鋁銦鎵系發光二極體

顏志泓¹、劉亦浚¹、余國輝²、林佩琳²、陳梓斌¹、蔡宗翰¹、陳利洋¹、黃南義³、李忠義³、劉文超^{1,*}

¹ 國立成功大學電機工程系、微電子工程研究所

² 奇力光電科技磊晶工程部門

³ 義守大學電機工程學系

wcliu@mail.ncku.edu.tw

[IEEE Electron Device Letters 2009, 30, 359-361](#)

摘要

本文探討一具有優異p型磷化鎵(GaP)窗層(window layer)/銦錫氧化物(indium-tin oxide, ITO)歐姆(Ohmic)接觸之磷化鋁銦鎵(AlGaInP)系多重量子井(multi-quantum-well, MQW)發光二極體之光電特性。磷化鎵/銦錫氧化物良好的歐姆接觸乃因加入一金鈹(AuBe)高溫合金退火層於p型磷化鎵材料之上。實驗結果發現,所研製之發光二極體元件相較於習知傳統元件(不具ITO電流傳導層及金鈹高溫和金層),在100mA操作電流之下其外部量子效率提升了26%。這是因為金鈹合金退火層有效地降低了元件接面之寄生串聯電阻效應,且覆蓋於合金層上之ITO層更提供了良好的電流散佈(current-spreading)功能

傳

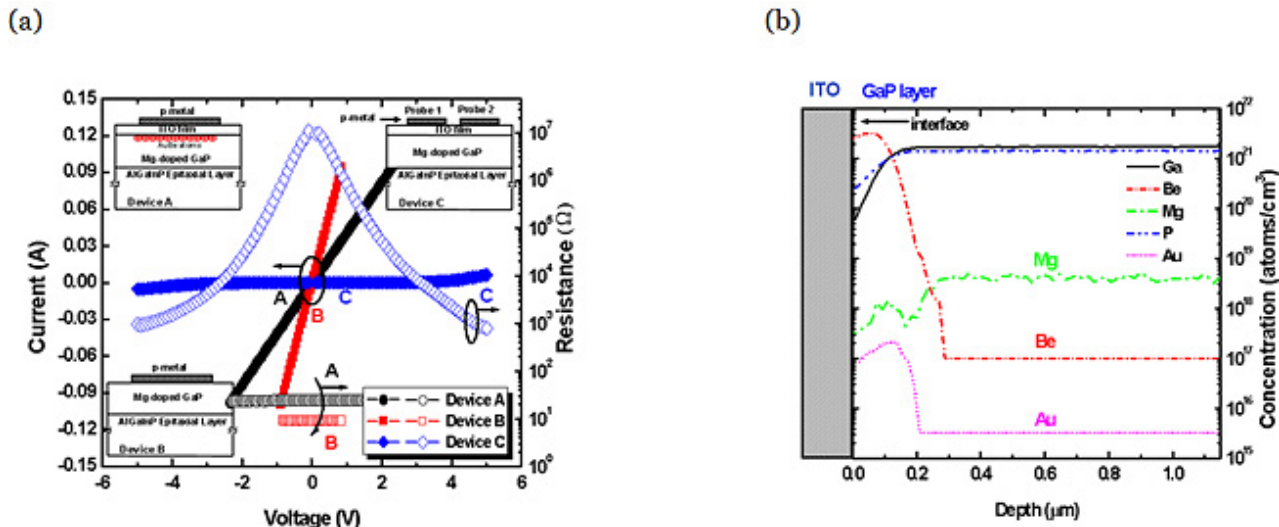
統利用低溫金屬有機氣相沉積法(LP-MOCVD)成長之四元磷化鋁銦鎵系材料，

具有直接能隙值1.99至2.25 電子伏特(eV),適合用於高量子效率光電元件之製造,例如發光二極體。吾人可藉由調控能隙值得到由黃綠色至紅色波段的發光波長。近年來由於磊晶(epitaxy)成長技術之精進, 磷化鋁銦鎵系發光二極體之內部量子效率(internal quantum efficiency)已接近100%。但是,因內部四元材料與外部空氣間存在相當大的反射系數(reflective index)差異,其外部量子效率(external quantum efficiency)仍然較低。為了最大化多重量子井的光取出(light extraction)率,吾人需利用一具相當厚度,高能隙值,且高導電率之覆蓋層(cap layer),並使電流於其上均勻散佈,例如 GaP 或 AlGaAs材料。最近,銦錫氧化物 (ITO) 層已被提出能有效提升磷化鋁銦鎵發光二極體之電流散佈。可惜的是,此種材料並不能與GaP窗層形成良好的歐姆接觸。高的寄生接觸電阻將嚴重劣化元件的光電轉換效率,尤其在高電流操作情況下。在本論文中,吾人提出一簡單且可靠的方式來提升ITO與GaP層的歐姆接觸,即在原結構之中引入一金鈹合金退火層。實驗結果發現接面之不完美歐姆接觸特性獲得改善,接觸電阻亦降低了。



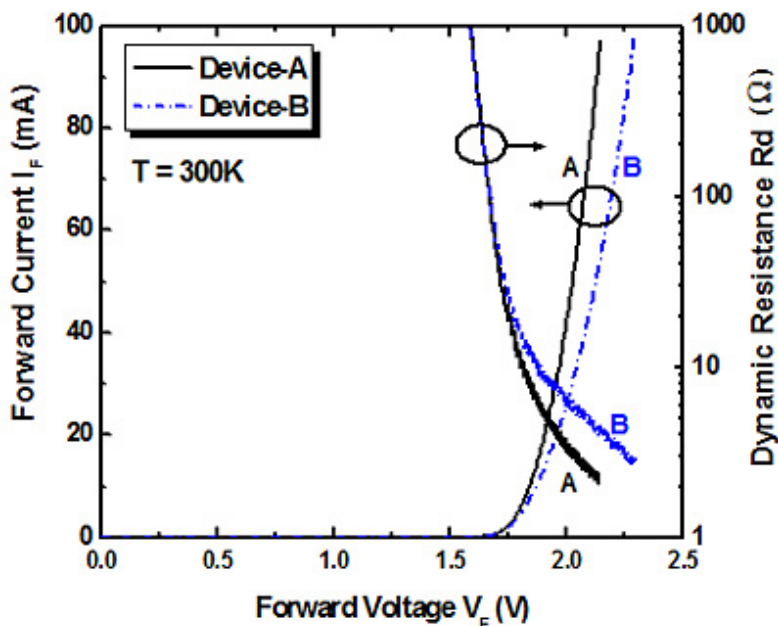
為達成良好之歐姆接觸,吾人使用熱蒸鍍法將金(5 nm)/金鈹(120 nm)/Au(250 nm)依序沉積在 p-GaP 窗層之上。該樣本於氮氣(N₂)環境上退火 20 分鐘,環境溫度則為485 °C。接著,吾人使用P.A.E.(磷酸蝕刻劑)和碘化鉀(KI)溶液蝕刻掉表面殘餘的金屬層。因蝕刻選擇性的差異,刻蝕過程將停止於GaP 層。然後厚度300 nm的 ITO 膜被沉積在其表面上,而吾人將此元件標為元件A。為了做比較,具相同磊晶結構之元件B 和C亦同時納入實驗結果與討論之中。其中元件B不具ITO與金鈹合金層,而C僅不具金鈹合金層。元件尺寸為280 × 280 μm²。圖一(a)簡單地畫出了這三種元件的插圖。圖 1 (a) 也顯示了元件的I-V接觸特性曲線。顯然地,元件B具有最小的接觸電阻(9.1 Ω)。然而,元件C在GaP/ITO接面則呈現非常差的歐姆接觸性質。另一方面,元件A因為引入金鈹合金退火製程,介面接觸電阻大幅降至24Ω。吾人相信,相較於元件C較優良之歐姆接觸特性,元件A因為經過濕蝕刻製程而使得表面變得粗糙,接觸電阻因而變大了。雖然濕蝕刻製程造成GaP 表面部分損壞,元件A 仍能表現出良好的歐姆接觸特性。這主要被由於通過熱退火,p-GaP表面金

鍍合金退火層之形成。圖 1 (b) 顯示元件A之二次離子質譜 (SIMS)分析。分析顯示，大量鍍原子被高溫退至表層內部淺層,因此在GaP表層形成類金屬界面。擴散深度約是 $0.1 \mu\text{m}$ 。



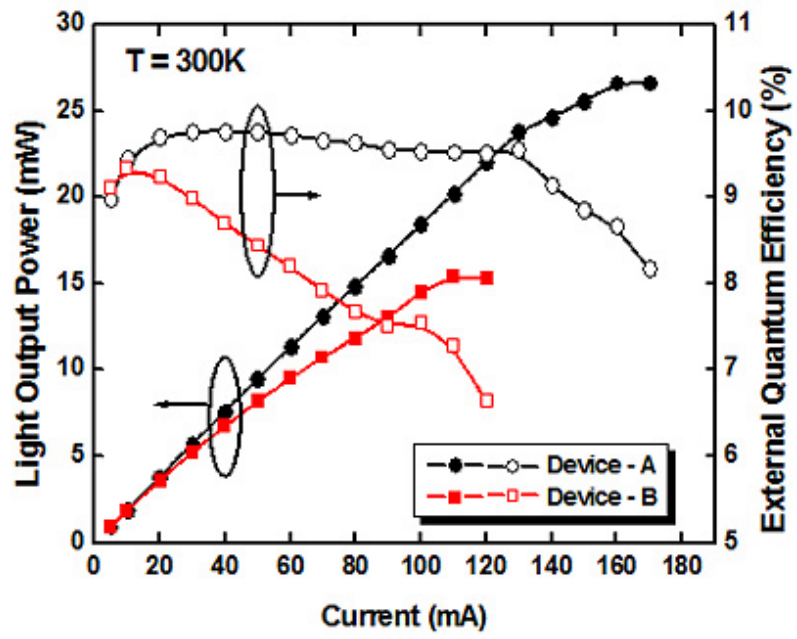
圖一(a)I-V 接觸電性曲線圖, (b)元件A之二次離子縱深分析

圖二顯示了元件A及B之元件I-V曲線及動態電阻分析。在20mA操作電流之下,元件A及B之導通電壓分別為1.91及1.96 V。同樣電流之下,兩元件之動態電阻分別為5.7及8.1 Ω 。雖然元件B在GaP/ITO界面有較佳的接觸電阻(如圖一(a)所示),然而元件A仍具有較低的導通電壓與動態電阻,因此其仍能具有較佳之電流擴散效率進而提升該元件之光電特性。



圖二 常溫下元件之I-V及動態電阻曲線

圖三顯示常溫下元件之輸出光功率與外部量子效率對操作電流之曲線圖。明顯地,元件A較元件B在高操作電流下有較優異與穩定提升的光功率表現,這意味著其較好之電流散佈與低動態電阻效應。在100mA操作電流下,元件A及B各有9.5 及7.5 %之外部量子效率。如此大的差異足已顯示,尤其在高電流下熱效應影響越趨明顯之情況下,本實驗元件性能元遠超過傳統元件的事實。



圖三 元件之輸出光功率與對應之外部量子效率對操作電流之曲線圖

Copyright 2010 National Cheng Kung University