



車用氮化鎵功率模組 之技術進展

Progress in Technologies
for Gallium Nitride Power Modules for Vehicular Use

彭明燦

工研院機械所
智慧車輛技術組
電能系統部

吳至強

交通大學
機械工程系
研究生

成維華

交通大學
機械工程系
教授

關鍵詞(Keywords)

- 電動車 EV
- 功率模組 power module
- 氮化鎵 Gallium nitride

摘要(Abstract)

氮化鎵功率模組為次世代功率模組，其高速切換、高效率 and 體積小的特性，能進一步提升電動車驅動系統的性能而增加續航力，及縮小馬達控制器和散熱系統的體積重量。其中矽上氮化鎵(GaN-on-Si)元件更可利用量產成熟之低成本、尺寸大的矽晶圓來製作氮化鎵功率元件而迴避純粹氮化鎵晶圓所有較昂貴的問題，矽上氮化鎵

(GaN-on-Si)元件為目前研究的主流也是相關車廠投入新功率模組的研究焦點。近年氮化鎵高頻元件已發展應用有成，但如何將氮化鎵元件的功率進一步推入車用等級及提高可靠度則有待研究團隊持續努力，能否將可用規格落實為成功應用於電動車驅動的關鍵。

GaN power module is one of next-generation power module, which has advantages of fast switching, high efficiency and small volume. In particular, it draws tremendous attraction from EV industries by expectation of longer cruise range, smaller motor controllers and lighter cooling system thereof. Among all developing GaN technologies, GaN-on-Si particularly can reduce cost for mass-production with low-cost, large-size Si wafers, despite higher cost due to immature GaN wafer



manufacturing. GaN-on-Si devices are therefore the focus in the study of new power devices by 1st-tier vehicle manufacturers. In recent years, breakthroughs can be seen constantly emerging and the application of GaN power modules become more promising ever. However, how to push the devices onto a new power level and make sure its reliability is a key for future success in EV propulsion.

1. 前言

氮化鎵功率模組為各國研究投入的重點策略之一，更高效率的電能轉換是綠地球的築成關鍵，而應用於電動車驅動則可以突破目前 IGBT 的效率限制而延長車輛的續航力。有鑑於此，數年前工研院機械所和交通大學即開始開發車用氮化鎵功率模組的合作計畫，以電動車應用為標的，著手進行高功率氮化鎵磊晶、模組封裝、驅控等全面性的技術研發。本文就本研究所達到的成果做綜整說明，並藉由了解各國其它研究團隊所遭遇問題的他山之石，也可以說明及確認本研究將持續進行的方向。

2. 高功率氮化鎵元件開發

電動車驅動之功率模組的功率等級大致落於 600 V/200~600 A 區間[5]，而以現階段的發展成果判斷，單晶粒上(on-single-die)氮化鎵功率模組可達到的目標規格大致上為 600 V/100 A，要提高電流則須用並聯技術。目前相關的技術中有利用垂直式(vertical)氮化鎵元件[3,5]來進一步降低功率模組的導通電阻，然大部分的研究多傾向利用較自然的氮化鎵側式(lateral)元件，此也為工研院和交通大學合作計畫中的元件發展主軸。

氮化鎵晶圓由於製程的關係遠較矽晶圓昂貴且尺寸小(2~4 吋)，2010 年二吋氮化鎵晶圓要價 5000 美元[1]，隨著氮化鎵晶圓製程的成熟演進價格可以下降且晶圓尺寸可以增大，但以實際量產應用而言，較實際的作法是將氮化鎵異質層成長於矽晶圓上，藉由成長之緩衝層的參數及材料調變將原本晶格不匹配降低最低以得到高品質的氮化鎵功率晶體(HEMT)。本計畫的目標即為製作氮化鎵高耐壓高電流元件，使用有機金屬氣相沈積(MOCVD)成長不同氮化鎵緩衝層與調變成長參數，由氮化鋁鎵/氮化鎵異質界面所形成之二維電子層(如圖 1)傳導電流，可大幅增加電子導通率

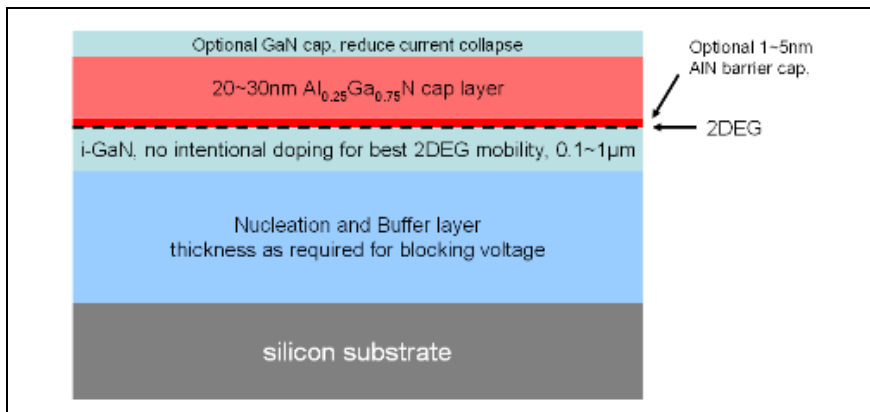


圖 1
矽上氮化鎵元件之磊晶結構層[4]

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】361期・102年3月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw