



氮化鎵功率元件之 散熱封裝技術

A Heat Dissipation Packaging Technology
of the GaN Power Devices

陳柏志

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

鄭泗東

國立交通大學
機械系
教授

鄭詠仁

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部
經理

陳俊漢

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

顏鴻程

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

翁英哲

工研院機械所
先進機械技術組
節能機械系統部

關鍵詞(Keywords)

- 高效率變頻器 High Efficiency Inverter
- 氮化鎵 Gallium Nitride
- 散熱 Heat Dissipation
- 封裝 Packaging
- 紅外線 Infrared
- 微拉曼 Micro-Raman

摘要(Abstract)

在本文中，為提升氮化鎵功率元件的效能，我們開發一種具有新式封裝的矽基氮化鎵高電子遷移率電晶體(GaN HEMT)元件。為增進此元件的散熱性能，特別設計了一個具有 V 型凹槽的銅基

板，使元件貼附在 V 型凹槽中，並且承載在 TO-3P 的導線架上。封裝結構設計在元件的周邊表面上以提升矽基板的散熱效果，並研究結構設計與製造程序對元件效能與熱阻的影響。使用紅外線熱影像儀與微拉曼光譜儀來實際量測元件之溫度分布及傳熱情形，並比較兩種量測方法的實驗結果。由實驗結果得知，此單晶片在 100 V 的汲極偏壓下具有 22 W 的功率散逸。在提升氮化鎵電晶體的散熱性能之後，將進一步使採用氮化鎵功率元件的變頻器的效率更高、體積更小，達成節能減碳的目標。

In this paper, a new device of Si-based GaN HEMTs with a heat dissipation packaging is proposed to enhance the performance of the GaN power device. In order to improve the heat dissipation of the device, a V-groove copper base is



specially designed. The device is attached in the V groove, and the copper base with the attached device is mounted on the TO-3P leadframe. Our packaging structure is designed on the peripheral surface of the device for enhancing the thermal dissipation of the Si substrate. The effects of structure design and fabrication processes on the device performance and thermal resistance are studied. The IR thermographer and the micro-Raman spectroscopy are used to measure the temperature distribution and heat dissipation of the device. The comparison of experimental results from the two different methods for measuring temperature is also made. The experimental results indicate that a 25 mm single chip shows 22 W power dissipation with a drain bias of 100 V. The enhancement of heat dissipation of GaN HEMTs further results in the GaN-based inverter with higher efficiency and smaller volume so as to achieve the goal of energy saving and carbon reduction.

1. 前言

由於節能減碳已逐漸受到全球重視，做為驅動馬達與進行電力轉換的高效率變頻器更因此受到世人的矚目。高效率變頻器必須藉由高效率的電力電子元件始能達成，因此電力電子的發展與高效率變頻器有著極為密切的關係。在市面上所販售的變頻器中，其功率半導體材料仍是以矽為主，但由於矽材料有其物理極限，原來使用矽的功率半導體已很難飛躍性提高其性能。因此，產

業界尋找新的材料如碳化矽、氮化鎵、氧化鎵等來突破矽的物理極限。氮化鎵具有高電子遷移率與高崩潰電壓等優異特性，且在同樣的耐壓下比碳化矽低的導通電阻[1]。此外，氮化鎵功率半導體能夠克服傳統矽半導體在大電流、高電壓環境下的漏電問題。因此，我們採用氮化鎵來製作高效率變頻器的電力電子元件。

為了將氮化鎵高電子遷移率電晶體(GaN HEMT)應用至功率電子上，一個需要克服的問題是使其具有高散熱性能。GaN HEMT 在不同的基板上製造，如藍寶石基板、碳化矽基板，以及矽基板[2]，在這些材料當中，矽是最便宜的，然而生長氮化鎵用的矽基板其熱傳導比碳化矽小。因此，熱管理對矽基 GaN HEMT 的設計與其封裝是極為重要的[3]。在本文中，我們將利用熱阻計算及 ANSYS Icepak 模擬以求得較佳的封裝製程方式。使用 ANSYS Icepak 來分析元件的熱阻，並使用紅外線熱影像儀(Infrared thermographer)與微拉曼光譜儀(Micro-Raman spectroscopy)來量測具有側向散熱結構設計的元件之溫度。在功率元件工作時，紅外線熱影像儀可得到元件結構與封裝的大尺度溫度圖。然而，AlGaN/GaN 當中的焦耳熱發生在閘極接觸的汲極端的 0.5 μm 的範圍內，且紅外線熱影像儀之空間解析度為 2 μm 。因此，使用具有 0.5~0.7 μm 空間解析度的微拉曼光譜儀進行量測可使結果更加精確[4]。

2. 電子構裝的發展

電子構裝也稱為電子封裝，是一種提供電連接、冷卻、保護、支撐與人機界面的方法或裝置，

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】355期・101年10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