

氮化鎵功率電晶體之電性萃取

Extraction of GaN Electrical Characteristics

鄭時龍

大華科技大學
電機與電子工程系
副教授

吳至強

國立交通大學
機械系
研究生

成維華

國立交通大學
機械系
教授

關鍵詞(Keywords)

- 氮化鎵 GaN
- 空乏型 depletion mode
- 加強型 enhance mode
- 電性特性 electrical characteristics

摘要(Abstract)

本研究檢測氮化鎵 FET 之輸出電性特性。電性特性量測包含 I_D-V_D 特性曲線、臨限電壓及功率寄生電容的量測。透過 I_D-V_D 特性曲線量測可以檢知功率電晶體最大飽和電流、轉角電壓及導通電阻等特性；臨限電壓量測可以檢知多少閘極偏壓下能使功率電晶體導通；寄生電容量測則可以得知功率電晶體寄生電容影響功率電晶體的開關切換速度。量測的電性特性規格建立在參考市售的加強型、空乏型 MOSFET 及加強型氮化鎵 FET。比較目前加強型氮化鎵 FET 及交大實驗室

所研發空乏型 NCTU 氮化鎵 FET 之輸出電性特性。透過建立一套標準規格的電性量測可以提供設計上所需的必要資訊，並可將量測的電性參數建立至元件等效電路模型以模擬實際電路。高功率的輸出應用勢必需並聯多個功率晶體，因此晶體的電性萃取、參數的差異篩選及電性特性模型建立對於晶體的並聯均流在功率系統中是一門相當重要的議題。

This study examined the output electrical characteristics of novel GaN power transistors, including the current-voltage (I-V) output characteristics, threshold voltage, and parasitic capacitance. The I-V output characteristics can be used to obtain information on a transistor, including its maximal saturation current, knee voltage, and on resistance. Detecting the threshold voltage can indicate the gate voltage at which the transistor turns on and conducts current from the drain to the source.

Measuring parasitic capacitance indicates the effect on the switching speed. Experimental measurements revealed that both the enhanced- and depletion-mode GaN field-effect transistors (FETs), with different components of identical specification, yielded a varied maximal saturation current between the GaN FET and the parasitic capacitance; hence, the quality of the FETs was inconsistent. Establishing standardized electrical measurements can provide necessary information for designers, and measuring electrical parameters can establish a transistor's equivalent circuit model for circuit simulations. Moreover, high power output requires multiple parallel power transistors; thus, the difference between the electrical parameters in a power system is critical.

1. 前言

MOSFET 為過去 30 年間最被廣泛使用的功率電晶體，但 MOSFET 製程技術發展成熟，效能改善增長趨於飽和。下一代功率電晶體的發展需仰賴新興的寬能隙材料，如 GaN (氮化鎵) 或 SiC (碳化矽)。新興三族氮化物半導體材料如氮化鎵、氮化銦等正快速被發展並投入市場運用，三族氮化物半導體具備高電子遷移率、寬能隙、高崩潰電場、低導通電阻及高飽和電子速度等優越條件 [1]。以氮化鎵 FET 為例，此材料應用於製造高溫、高電流、高切換頻率的功率電晶體上是相當有潛力的，相較於同列為新興功率電晶體的碳化矽，氮化鎵 FET 的導通與切換電能損失小，而且氮化

鎵磊晶片有多家供應商，沒有壟斷顧慮。此外氮化鎵多年應用於發光二極體及射頻的技術將有助於氮化鎵 FET 的開發，且成本較碳化矽優勢。功率氮化鎵 FET 適合用於高電壓高電流之應用，在馬達控制、工業自動化系統以及汽車電子等方面都能夠有優異的表現。

新興氮化鎵 FET，目前電性特性的文獻探討並不多。氮化鎵 FET 從半導體工廠出廠，歷經切割、打線、封裝後，由於磅線(wire bond)材料的不同、線徑的差異，抑或封裝形式的不同，將會造成氮化鎵 FET 封裝前後電性的不同。對於氮化鎵 FET 開發應用而言，電性特性參數的檢知是一個重要步驟。因此實際應用於電路前，必須先檢測一些電性特性規格，提供給工程師於電路設計參考。氮化鎵 FET 可分成空乏型(depletion mode) 與加強型(enhancement mode)兩種。空乏型的氮化鎵 FET，在閘極端不施加電壓的情況下是處於導通狀態。要使功率電晶體關閉，必須在閘極與源極端提供負電壓。加強型氮化鎵 FET 驅動特性類似一般 MOSFET。但是，驅動加強型氮化鎵 FET 閘極電壓準位需求比一般功率 MOSFET 晶體嚴謹。一般驅動 MOSFET 晶體閘極電壓可從 9 V 到 20 V 變化，但是對加強型氮化鎵 FET 標準電壓準位為 5 V，超過 6 V 就造成氮化鎵 FET 燒毀 [2]。本文實驗量測氮化鎵 FET 電性參數，先以加強型 MOSFET [3] 及空乏型 MOSFET [4] 為量測樣本，比對其實驗結果與文獻資料吻合，確認量測電路準確性，再執行加強型氮化鎵 FET [5] 及交大實驗室所研發空乏型氮化鎵 FET 量測。功率電晶體電性參數量測，包含有：(1) I_D - V_D 特性曲線量測：檢知功率電晶體最大電流、飽和電壓以及導通電

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】379期・103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