



# 電動車用 馬達驅控功率模組技術 之關鍵零組件開發

Key component development of power module  
in motor control unit for electrical vehicles

魏拯華

清雲科技大學  
電子工程系  
助理教授

李隆盛

工研院  
電子與光電研究所  
功率電子技術部  
副理

## 關鍵詞

- 氮化鎵 Gallium nitride, GaN
- 碳化矽 Silicon carbide, SiC
- 功率半導體 power semiconductor

## 摘要

在高效能車用電動馬達系統中，高效能的高功率電晶體與高功率二極體是該系統的核心元件以及能量損耗所在之處。因此本文章針對高效能功率元件作為切入點，對於矽基與寬能隙半導體（氮化鎵、碳化矽）材料所做元件之性能優勢、缺陷作分析。最後挑選出較為適用於電動車的功率電子元件技術。

In the high-performance electrical automotive system, high-performance power transistors and diodes are the key components and the main source of energy loss. In this report, performances of the silicon (Si), silicon carbide (SiC) and gallium nitride (GaN) high power semiconductor devices are briefly discussed. After comparing the performances and weak points of these power devices, we will try to choose a good power electronics technology for the electrical and hybrid vehicles.

## 前言

在現今面對氣候變遷與全球暖化的議題中，降低對石化能源的依賴，發展綠能產業是全世界的重點方向。其中車輛產業就是一個石化能源的



主要消費者，因此開發全電動車(electrical vehicle, EV)與油電混合車(hybrid vehicle, HV)相關技術將是國內車輛產業轉型發展的新商機。目前的EV/HV的研發重點除了高效能電池提高車輛行駛里程外，高效率電動馬達更是可以同時達成提高行車速度、降低散熱系統需求、提高電池使用效率(也就是提高行駛里程)。

在高效能電動馬達系統中，高效能的高功率電晶體與高功率二極體是該系統的核心元件以及能量損耗所在之處，因此如何作出高效能功率元件將是車用電子的關鍵之一。在本文章中將先由現有的 Si IGBT 作為切入點，除了介紹其工作原理與性能外，更點出此組合之缺陷所在以及矽基功率元件用在車用電子會遇到的困境。接著介紹以寬能隙半導體材料如 GaN, SiC 所開發的功率電晶體與二極體元件特性以及應用在車用電子元件。最後由系統特性與可靠性來挑選出最適用於 EV/HV 的功率電子元件。

## 矽基車用功率電子元件之現況與挑戰

表一是在現今 HV 車用電子所需的功率元件規格與運用範圍『註一』，可以看出除了部分系統如溫控系統、與外接電器電源等之規格在 100~200V 外其他組件的電壓要求可達 1200V、電流規格可到 600A。這些高功率元件目前都是以 IGBT 為主，同時在一輛車內需要使用多顆 IGBT 或模組化 IGBT。以圖一為例『註二』，在 HV 的功率控制單元(PCU)內所使用的 IGBT 模組包含 14 顆 IGBT，組成多組變頻器(inverter)以供 booster, motor, generator 之用。在此 PCU 系統中，inverter 提供數萬瓦特的 DC to AC 電流調變。為提高 EV/HV 的行駛距離，良好的 PCU 也是一關鍵項目，系統之轉換效率在操作區間需要維持在 96~98%。由於 IGBT 是主要的功率調變元件，所以進行 IGBT 的特性改善便是車用電子的開發重點。

表一 HV 車用電子所需的功率元件規格與運用範圍。『註一之表 1』

Table 1 Requirement of power semiconductor devices in EVs and HEVs

Module	Peak Power	Devices	Current	Voltage	Switching Frequency
Inverter for Propulsion	10-100 kW	IGBTs Diodes	100-600A	200-1200V	10-25kHz
Inverter for Range Extender	40-100kW	IGBTs Diodes	400-600A	200-1200V	10-25kHz
DC-DC Voltage Boost Converters for Battery	10-100 kW	IGBTs Diodes	100-600A	100-1200V	10-25kHz
Heating, ventilating, and air conditioning (HVAC) converters	2-4 kW	IGBT- MOSFETs Diodes	10-20A	100-400V	10-25kHz
Main Power DC-DC Converters for 14V Auxiliaries	1-2 kW	MOSFETs Diodes	20-40A	200-400V	50-200kHz

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】344期・100年11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](http://www.automan.tw)