

節能系統設計②大功率製程封裝

# Infineon 「超接面製程」為銜接 GaN、SiC 材料作緩衝

■文：任苙萍

開關式電源 (Switch Power) 旨在控制開通和關斷的時間點以維持穩定的輸出電壓，一般由脈衝寬度調變 (PWM) 控制 IC 和金氧半場效電晶體 (MOSFET) 構成，輕量、提高工作頻率的耐受度是主要方向；而如何在高壓功率元件獲得良好的崩潰電壓及導通電阻？向來是業界不斷精進的課題。在氮化鎵 (GaN)、碳化矽 (SiC) 等新一代寬能隙 (Wide Band-gap) 半導體材料未臻成熟前，借助高摻雜濃度的「超接面」(Super Junction，簡稱 SJ) 結構，能有效優化上述兩項技術指標、達到節能目的，並突破矽 (Si) 材料極限，故成為新型高壓功率元件的新寵。

## 功率元件選購準則：效能、價格、易用性與產品組合

英飛凌 (Infineon) 是最早將 SJ 製程商用化的半導體廠商，率先於 2001 年推出首款 SJ MOSFET 產品——CoolMOS C3。英飛凌電源管理與多元電子事業處資深行銷經理陳志星表示，



照片人物：英飛凌電源管理與多元電子事業處資深行銷經理陳志星

經過近二十年的淬煉，CoolMOS 系列已能將效能、價格、易用性與產品組合 (portfolio) 之間取得最佳平衡。他建議，效能和價格固然是採購的基本準則，但電磁干擾 (EMI) 和射頻干擾 (RFI) 對於系統設計的影響亦不容小覷，否則善後工作會很棘手且耽誤開發時程；而往往切換頻率越快，RFI 越明顯，因此，設計前應做全方位的考量，這即是所謂「易用性」的要義。

就系統角度而言，還須考慮

週邊元件的適配度；例如，選用功率密度 (High Density) 高的元件，「扼流器」(Power Choke) 等被動元件的體積亦可隨之微縮；以伺服器為例，可連帶使整個電源模組、乃至機殼外型都更為輕薄，以極大化利用有限的資料中心空間；若功率元件廠商能提供多種  $R_{DS(ON)}$  導通電阻等級和不同封裝方式的「產品組合」，工程師也有更多選擇的可能性。「這也是為何我們在原有極致效能的 650/600V CoolMOS

C7 之外，再鎖定全面性的多樣化需求，另推 CoolMOS P7 的動機所在」，陳志星說明。

## CoolMOS 高壓 MOSFET：增加頻率範圍，實現新型拓樸

陳志星介紹，2013 年問市的 CoolMOS C7 SJ MOSFET 系列在功率因數修正 (PFC)、雙電晶體順向式 (TTF) 和其他硬切換拓樸中，擁有媲美 GaN 的性能；適合高功率開關模式電源 (SMPS) 應用，如：超大型資料中心、電信基地台、太陽能及工業等著重高效率、降低物料清單 (BoM) 和整體持有成本 (TCO) 的應用。其 PFC 效率增幅可從 0.3% 提升至 0.7%，選

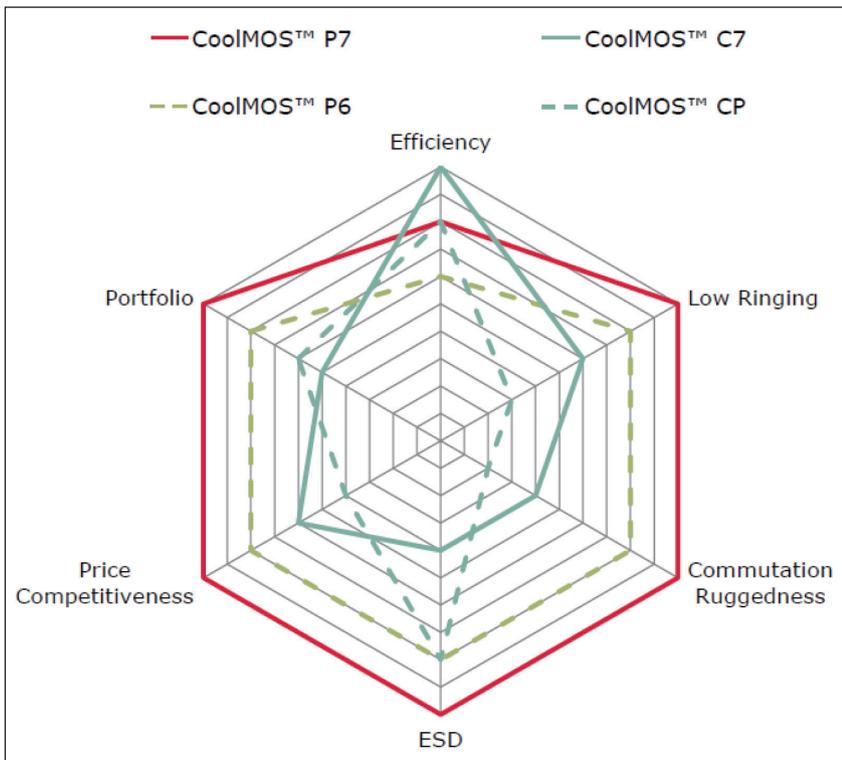
輯鏈路控制 (LLC) 拓樸效率則增加 0.1%；因能有效減少開電荷和輸出電容，使切換頻率得以增加一倍、達 200 kHz，同時將損耗達到極低、可大幅縮小磁性元件的尺寸，進而降低整體 BoM 成本。

近期亮相的 800/700V CoolMOS P7，則是面向今後「準諧振返馳式拓樸」趨勢而來，號稱更為面面俱到，適用於軟切換拓樸應用，藉由改善切換損耗 (Eoss)、開極電荷 (Qg) 與輸入電容 ( $C_{iss}$ ) / 輸出電容 ( $C_{oss}$ )，可將系統效能最佳化，提升返馳式充電器的全機效率並降低裝置溫度。今年新增的 600V 版本可涵蓋 100 W ~ 15 kW 的功率等級，目標應用包括充電器、適配器、照明、電視、PC 電

源、太陽能、伺服器、電信及電動車充電等，具備 37 ~ 600 mΩ 的寬廣通態電阻  $R_{DS(on)}$  範圍；另本體二極體 (Body Diode) 能在 LLC 電路的硬式換流事件保護裝置。

特別一提的是，P7 的導通電阻選項更多、啓動電壓更精準；且整合齊納二極體 (Zener diode)，具備更高的靜電放電 (ESD) 耐受性，可減少良率損失並改善組裝產能。P7 600V 版本提供表面黏著裝置 (SMD) 或插入型封裝，適合多種應用與功率範圍；「除了導通電阻和損耗問題，封裝亦會關係到負載與電路板空間運用效率，以及穩壓效果」，陳志星指出。他透露，由於穩壓效果佳，C7 目前正在發展符合車規的版本。此外，為求更好的散熱效果，C7 另提供 TO 無引線封裝的「600V C7 Gold」版本 (簡稱 G7)，適用於更高電流的設計。

圖 1：英飛凌 CoolMOS 系列產品定位之落點分析



資料來源：英飛凌提供

## 立足「矽基板氮化鎵」，持續挺進下個明星製程：GaN 與 SiC

在將 SJ 製程發揚光大之餘，英飛凌對於有較高切換頻率的 GaN，以及較高功率承受能力的 SiC 等新材料之技術研發亦未缺席；格外看好具有十倍於矽材的電場強度、高三倍的熱導率、寬三倍的能隙、高一倍的飽和遷移速度等特性，適合 1200V 以上的高壓應用，如：汽車和太陽能。事實上，英飛凌於 2015 年併購美國國際整流器公司 (IR) 後，不但進一步擴

圖 2：600 V CoolMOS C7 是邁向 GaN 等更高切換頻率製程的基石



資料來源：英飛凌提供

圖 3：英飛凌 EASY 1B IGBT 模組導通電阻  $R_{DS(ON)}$  僅 45 mΩ，整合式本體二極體確保低損耗續流功能，適用於馬達驅動、太陽能或焊接技術領域



資料來源：英飛凌提供

充關於 GaN 的專利產品組合，也

拓展了「矽基板氮化鎵」(GaN/Si) 產品、GaN/Si 磊晶製程，以及 100 ~ 600 V 的技術。結合兩大新興技術，推出「SiC 射頻功率電晶體」的首款 GaN 系列產品。

相較於既有的射頻功率電晶

體，新產品效率更高、功率密度與

頻寬更大，具備更高的資料傳輸量，支援頻率範圍達 6 GHz 頻段；英飛凌還將它整合至自家 SMD 封裝，以提供高效易用的 600 V 氮化鎵功率裝置。日前更成功展示採用溝槽式技術的 1200V CoolSiC MOSFET 模組平台和拓樸，動態損耗比 1200 V Si IGBT 降低一個數量級，首批產品將用於支援包括太陽能逆變器、不斷電系統 (UPS) 及充電器／儲能系統等應用，後續可延伸至工業馬達驅動、醫療技術或鐵道用輔助電源供應等；受惠於更低的失效率 (FIT) 和出色的短路容量，耐用性更佳。

SiC MOSFET 可提供極快的切換瞬變，且英飛凌的技術可透過閘極串聯電阻來促進瞬變調整的簡易度，進而輕鬆實現最佳化的電磁相容性 (EMC)。雖然與全球 LED 照明龍頭科銳 (Cree) 旗下 Wolfspeed 電源和 RF 部門的交易暫時告吹，然而，奠基於既有專利製程及封裝技術紮根甚深，又是自有晶圓廠的 IDM 大廠、可視市況動態調控產能；或許正是支撐英飛凌連續多年穩居功率半導體市場寶座的最重要原因。CTA

# 「智慧應用開發論壇」

## 敬邀入座

詳請：

<http://www.facebook.com/lookcompotech>