

新通訊

Communication
Components
Magazine

元件雜誌

▶ www.2cm.com.tw

▶ 掌握通訊產業脈動



5G IIoT厚植製造產線效率

P. 69

智慧家庭疫起來

「疫」助需求/「通」力合作 智慧家庭萬事俱備商機起
Matter成互聯互通解方 激勵AI智慧家庭應用開枝散葉



趨勢大追擊

擁抱疫後新常態消費模式
智慧家庭產業力促整合互通

劍指B5G/6G非地面網路
HAPS通訊乘飛行器上高空

總號第250期 NTS\$200

12/2021

ISSN 1608-747X



書碼 1RTC250 書店發售期限 111年2月20日



技術博學堂

活用保護元件防過載瞬變
高速傳輸介面不怕外電衝擊

高頻運作減少動態損耗
SiC MOSFET革新光伏電源

量測快易通

量化聲音延遲/訊號干擾
TWS耳機使用體驗實測對決

運用錐削加權克服旁瓣
相位陣列天線優化有譜



線上供應超過
1040 萬款產品

DIGIKEY.TW

高頻運作減少動態損耗 SiC MOSFET革新光伏電源

文 | Steven Shackell

根據國際能源署的資料顯示，到2030年，太陽能光伏(PV)裝置的裝機容量有望達到3,300TWh，意謂著能源供應的比例在不斷上升。光伏裝置的安裝是將微型、迷你和電力公司規模的混合，但無論哪種情況都採用類似的PV技術，電池串聯可獲得較高的可用電壓，並聯可獲得更高的功率。當前趨勢是增加面板串的電壓，以獲得相應的低電流的優勢，在連接和布線中產生較少的功率損失。典型的標稱面板安裝電壓約為500V至1,000V，但預計未來1,500V會更常見^[2]。

為實現可擴展性、經濟性和容錯性，每個板串通常都各自配備功率相對較低的逆變器，而不是使用單個中央逆變器。設備內部的PV電壓通常會提升至適合輸入到DC-AC轉換級的穩壓直流值，最大功率點追蹤(MPPT)控制器可最佳化面板上的負載，以實現最佳的能量利用。升壓式DC-DC轉換器和逆變器是高效的開關電路，其使用各種技術的半導體。

PV電源轉換半導體選項

過去，絕緣閘極雙極性電晶體(IGBT)在大功率DC-DC和AC-DC轉換領域一直占主

導地位，而新型寬能隙(WBG)半導體，如碳化矽(SiC)MOSFET現已問世，其額定功率高達數十kW，在並聯時甚至更高。這兩種技術不僅可作為通用封裝中的單一設備使用，還可作為功率整合模組(PIM)使用。PIM在工業標準外殼中整合多個開關，有時還帶有二極體，甚至驅動器和保護電路。這可為單一封裝中的轉換器和逆變器功能提供完整的功率級。

IGBT和SiC MOSFET在幾個方面明顯不同；由於動態損耗，IGBT只能用於低頻，但在導電時會降低標稱恆定飽和電壓，進而導致與電流成正比的功率損耗。相比之下，SiC MOSFET可在數百kHz頻率下切換，且動態損耗較低，但在導電時會出現標稱恆定電阻，進而導致與電流平方值成正比的功率損耗，隨著功率輸送量的增加，其劣勢就越明顯。圖1顯示在類似條件下50A額定IGBT PIM和38A SiC PIM的電壓下降與傳導損耗成正比，在大約25A時可實現最佳效率交叉點。該圖示適用於接面溫度為125°C(典型值)的應用。

動態損耗取決於頻率，如果在相同低頻下，大約20A至30A開關電流下比較圖1中的IGBT和SiC MOSFET，兩者的傳導損耗相

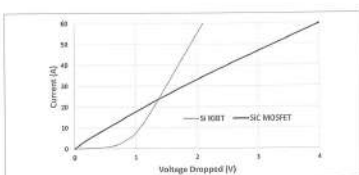


圖1 125°C條件下，IGBT和SiC MOSFET PIM的壓降比較。

表1 升壓轉換器在16kHz條件下的損耗分解

	PIM-IGBT	PIM-SiC
傳導損耗	13.33 W	12.17 W
開關頻率	16 kHz	35 kHz
傳導損耗 E _{on}	3.8 W	3.17 W
關斷損耗 E _{off}	34.65 W	3.06 W
總損耗	51.79 W	18.39 W
T _j (T _c = 95°C)	137.9 °C	109.9 °C

表2 IGBT(16kHz條件下)和SiC MOSFET(40kHz條件下)的損耗比較

	PIM-IGBT	PIM-SiC
傳導損耗	13.33 W	13.9 W
開關頻率	16 kHz	40 kHz
傳導損耗 E _{on}	3.8 W	7.22 W
關斷損耗 E _{off}	34.65 W	8.34 W
總損耗	51.79 W	29.16 W
T _j	137.9 °C (T _c = 95°C)	133.6 °C (T _c = 110°C)

似，但動態損耗截然不同。圖2顯示的是兩種開關損耗電源，分別為開和關能源(E_{on}和E_{off})。這裡也有一個交叉點，但與E_{on}相似，兩種設備類型的傳導損耗大約為25%。IGBT略差，但絕對值不是很大。然而，由於存在「尾」電流，IGBT的E_{off}明顯更高，少數載流子須在關斷時從元件N區移區清除，將導致集電極電壓升高，進而產生瞬態功率損耗。圖2顯示兩種設備的E_{off}相差約10倍。

表1總結在16kHz和95°C條件下，實際PV升壓轉換器(輸入為500V，25A，輸出

為800V DC時)的差異。SiC整體功耗明顯降低，總損耗僅為IGBT電路的三分之一，且接面溫度更低，可靠性更高。

SiC MOSFET在高頻表現更出色

除了節能外，利用SiC提高效率的好處可以視為減小尺寸，降低散熱成本，同樣的散熱性能時溫升更低，或者同樣的散熱性能和溫升時功率輸送量更高。這些都是有價值的增益，但值得研究的是，如果利用SiC的高頻能力會發生什麼，將SiC MOSFET(40kHz頻率下)與IGBT(16kHz頻率下)進行比較，可得到表2中的數字。

SiC元件擁有更高的接面溫度，但作為WBG元件，其額定工作溫度通常比矽高25°C。SiC MOSFET的結果仍表明其效率明顯高於IGBT，損耗只有IGBT的一半多，優勢旗鼓相當。不過，頻率的增加也使升壓電感值和體積減少大約三倍，進而降低了成本，減小了體積和重量。此外，在基頻和低諧波下，EMI濾波可以更小，進而實現進一步的節省。SiC MOSFET確實有非常快的邊緣速率，但必須仔細考慮高頻濾波，以滿足排放標準。

損耗並不是IGBT和SiC MOSFET之間的唯一差異。例如，MOSFET中有一個體二極體，而IGBT中卻沒有。這對於開關中需要反向或「第三象限」傳導的轉換級非常有用。雖然SiC MOSFET體二極體的正向壓降相對較高，但可以用於此。當以這種方式使用IGBT時，必須增加一個額外的並聯二極體。

因此，可以藉此找到一個平衡點，即在更高頻率下使用SiC會使系統獲得大量好處，遠遠超過兩種技術之間PIM單位成

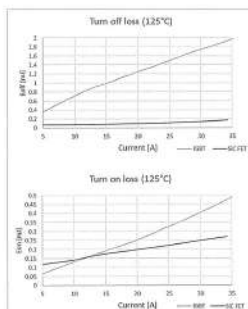


圖2 16kHz下，IGBT和SiC MOSFET的動態損耗比較示例。

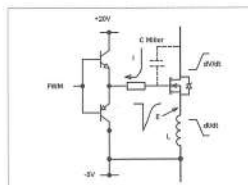


圖3 共源極電路和米勒電容可防止元件關斷。

本的差異。隨著新一代元件的推出，SiC MOSFET的導通電阻下降，越來越多應用的有利交叉點增加到更高的功率等級。

SiC需要精心設計以利用其功能

IGBT和SiC MOSFET的開極驅動名義上看似相似，但SiC元件的晶片外驅動對於實現較低傳導損耗更重要，且必須儘可能接近實際的絕對最大值，通常為25V。為此，通常採用20V，以提供一定

的安全邊際。兩種設備類型名義上都透過0V開極驅動關斷，但兩者通常都由幾伏特的負電壓驅動。這樣可實現更小的E_{off}，更少的關斷時間振鈴，並有助於防止「幻像開啟」，其原因可能是與開極驅動環路共用的源極或發射極電感的尖峰。

任何設備的米勒電容(Miller Capacitance)也可能會在漏極或集電極電壓邊緣速率較高的情況下偽裝開啟設備。同樣，負開極驅動有助於避免問題。圖3說明了效果。

SiC MOSFET的dV/dt和di/dt比IGBT高得多，在實際電路中，必須使用小心解耦的高頻布局技術，以避免不可靠的運行和過度的EMI。驅動器必須靠近SiC MOSFET PIM，任何至MOSFET源極的可用開關文連接(Kelvin Connection)應用作為驅動器回路導線，以避免共模電感。

由於邊緣速率非常快，準確測量SiC MOSFET PIM的動態性能可能較困難，所以通常設備應使用300MHz頻寬和高頻測量技術。電壓探針應與最小的接地回路連接，並透過高性能感測器監測電流。

開關從IGBT向SiC MOSFET轉換可在更高功率級上實現純系統優勢，同時PIM可提供簡單的解決方案。當然，同時仍需整體重新評估極驅動的安排、布局和EMI濾波，才能實現最佳性能。

(本文作者為安森美工業業務開發經理)

參·考·資·料

- [1] <https://www.iaa.org/reports/solar-pv>
- [2] <https://www.solarpowerworldonline.com/2018/11/high-voltage-solar-systems-save-contraction-cost/>