

# 先進絕緣封裝 SMPD™ 簡介

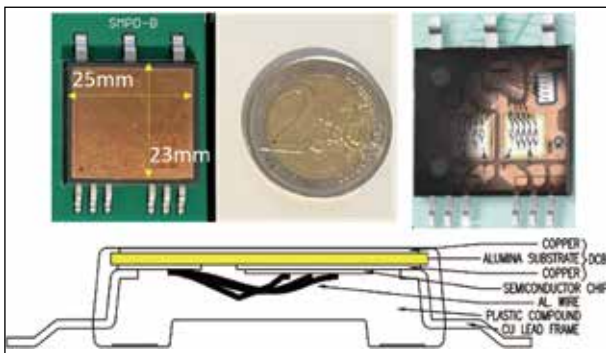
功率模組通常包含完整的拓撲結構，但其封裝處理要求具有複雜；然而，功率半導體分離式元件的標準封裝卻沒有考慮到一些特定的拓撲結構需求。Littelfuse 先進絕緣封裝 ( 如 SMPD ) 兼具功率模組的出色性能和分離式元件的高靈活性，填補了模組和分離式元件的缺欠。

■作者：Aalok Bhatt、Francois Perraud、José Padilla 和 Martin Schulz / Littelfuse 公司

## ISOPLUS – SMPD™ 的優勢

由 IXYS ( 現在是 Littelfuse 公司的一部分 ) 開發的表面安裝功率元件 (SMPD) 是革新性的先進頂部散熱絕緣封裝，簡化了設計工程師處理功率半導體系統整合和組裝的方式。它們可用於各種技術產品，如 Si/SiC MOSFET、IGBT、二極體、晶閘管、三端雙向可控矽，或客製化組合，具有從 40V 到 3000V 不同電壓等級。它們可用於標準拓撲結構，如降壓、升壓、橋臂 (phase-leg)。

圖 1：ISOPLUS SMPD™ 內部結構和尺寸



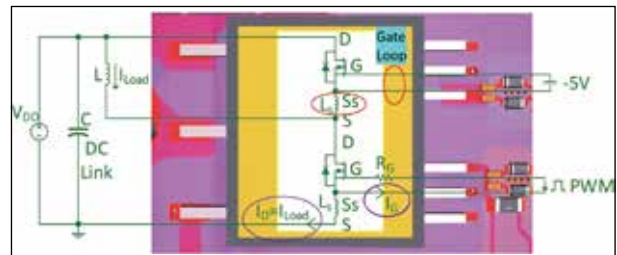
SMPD 的關鍵優勢包括：

- IXYS 專有 DCB 結構具有 2.5kV 最低絕緣電壓。
- 在元件中最佳化 DCB 空間的使用，提高功率密度，簡化熱管理。
- 整合 DCB 絕緣，可在功率和溫度迴圈下提供最佳的可靠性。
- 允許全自動取放以及標準回流焊接，便於製造。

## 採用 SMPD 封裝 SiC MOSFET 的應用優勢

下圖的 SMPD 元件安裝在標準負載電路 PCB 上。

圖 2：安裝在帶有標準負載電路 PCB 上的 SMPD



SMPD 的優勢包括：

- 減少元件數目。
- 可縮短功率環路來使得雜散電感最小化，從而減低閘極振盪和漏極電壓過衝。
- 大部分雜散電感  $L_s$  被排除在閘極環路之外，實現了更快的開關速度，不僅降低了損耗，還提高了效率，並減少了閘極振盪。
- 由於獨立的 Kelvin source 極腳 (S)，閘極驅動路徑與負載電路分離。負載電流沒有負反饋到閘極回路中，這改善了 EMI，並減少了寄生導通的風險。
- 最大限度地減少了封裝的相互寄生電感和耦合電容。
- 最大限度地減少了損耗，提高了效率。SMPD 還將結溫  $T_{vj}$  保持在低水準，從而簡化了散熱設計。
- 基於 DCB 的絕緣封裝，減化了封裝和冷卻設計<sup>[1]</sup>。

## 使用基於 SiC MOSFET 的 SMPD 元件組成功率級架構

Littelfuse SMPD 可用於標準的功率電子元件。圖 3 是使用 SMPD 的 22kW AFE 轉換器，若交流輸入 380V，直流輸出 750V，開關頻率 55kHz，散熱器溫度 65°C。設計人員在 AFE 轉換器中使用

圖 3：使用 SMPD 的 22kW AFE 設計示例

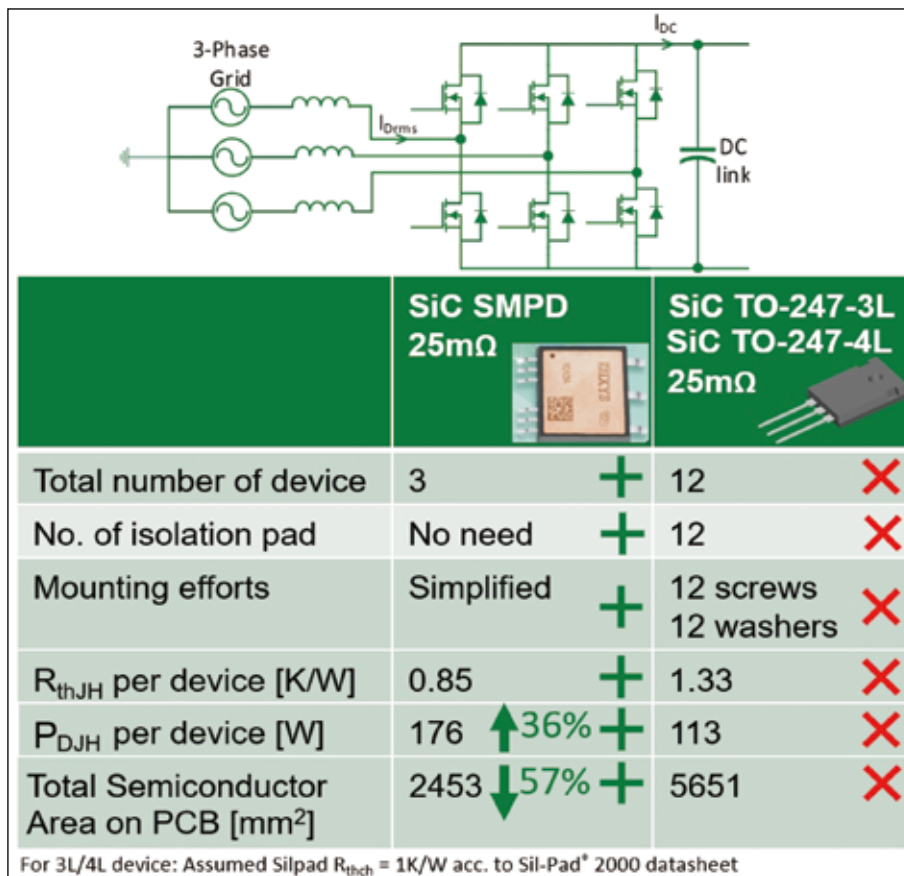
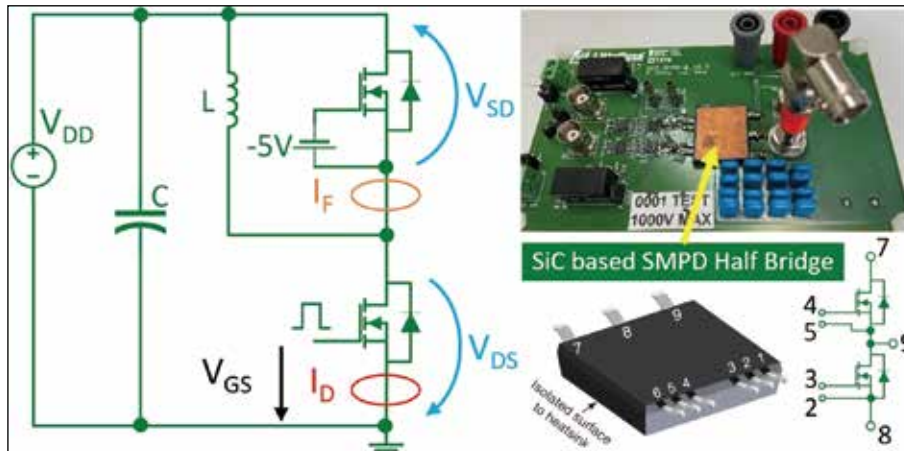


圖 4：雙脈衝測試裝置和動態特性分析平臺



SMPD，可以用更少的元件實現高出 36% 的功率能力。與基於 TO-247-3L/TO-247-4L 的具有相同晶片的設計相比，基於 SMPD 的設計佔用的 PCB 面積減少了 57%。

## 基於 SiC 的 SMPD 優於標準分離式元件

我們測量並比較基於碳化矽 (SiC) MOSFET 的 SMPD 和標準分離式封裝，如下圖所示。測量原理是基於標準的雙脈衝測試裝置，測試工具是 Littelfuse 的動態特性分析平臺。我們比較元件的 MOSFET 開關參數，如開關時間  $T_{sw}$  和開關能量  $E_{sw}$ ，還有二極體開關參數，如反向恢復時間  $t_{rr}$ 、最大反向電流  $I_m$  和反向恢復能量  $E_{rr}$ 。

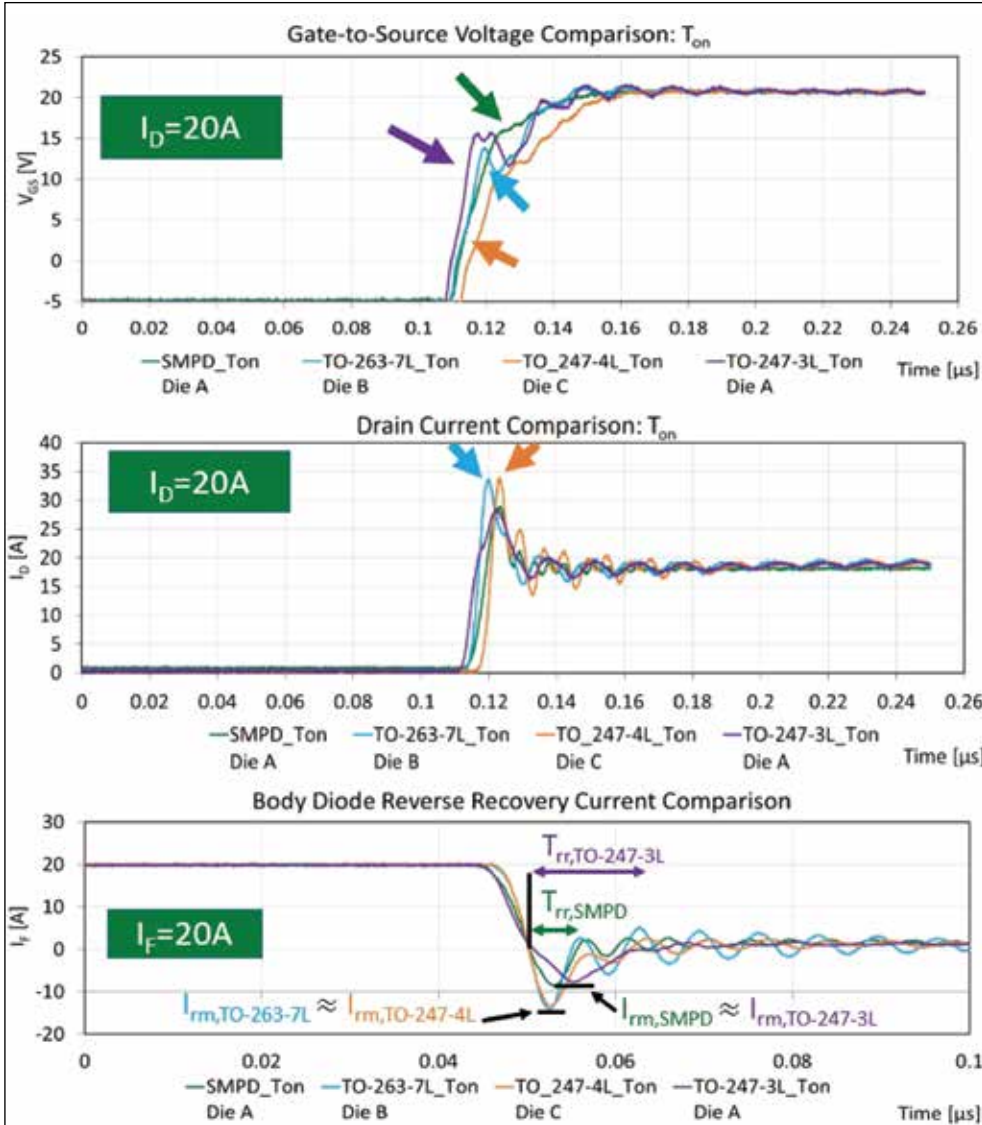
圖 5 將一個 1200V 的 SiC SMPD 元件與具有相近導通電阻  $R_{DS(ON)}$ ，在閘極至源極工作電壓 ( $V_{GS}$ ) 方面採用相近技術的標準分離式封裝元件進行比較。

圖 6 的測量波形顯示了閘極電壓、漏極電流和本體二極體反向恢復電流的情形。比較閘極電壓，顯示帶有 Kelvin source 的 SMPD 加快了閘極的充電速度，並且封裝電感較低，能夠減少閘極振盪。比較導通期間的漏極電流，則顯示了 TO-247-4L 和 TO-263-7L 封裝元件雖然具有相近的溝道電阻  $R_{DS(ON)}$  和相近技術 MOSFET 晶片，但前者的尖峰電流卻高約 25%。此外，最大反向恢復電流  $I_m$  值較高，顯示

圖 5：以 SiC MOSFET 為特徵的元件比較

	SMPD™	TO-263-7L	TO-247-4L	TO-247-3L
Configuration	Phase leg	Single with kelvin source	Single with kelvin source	Single
SiC Dice	Die A	Die B	Die C	Die A
$V_{(BR)OSS}$ [V]	1200	1200	1200	1200
$R_{OS(ON)25}$ [mΩ]	80	80	80	80
$I_{O25}$ [A]	25.5	30	36	39
$V_{GS,OP}$ [V]	-5 to +20	-5 to +20	-5 to +20	-5 to +20

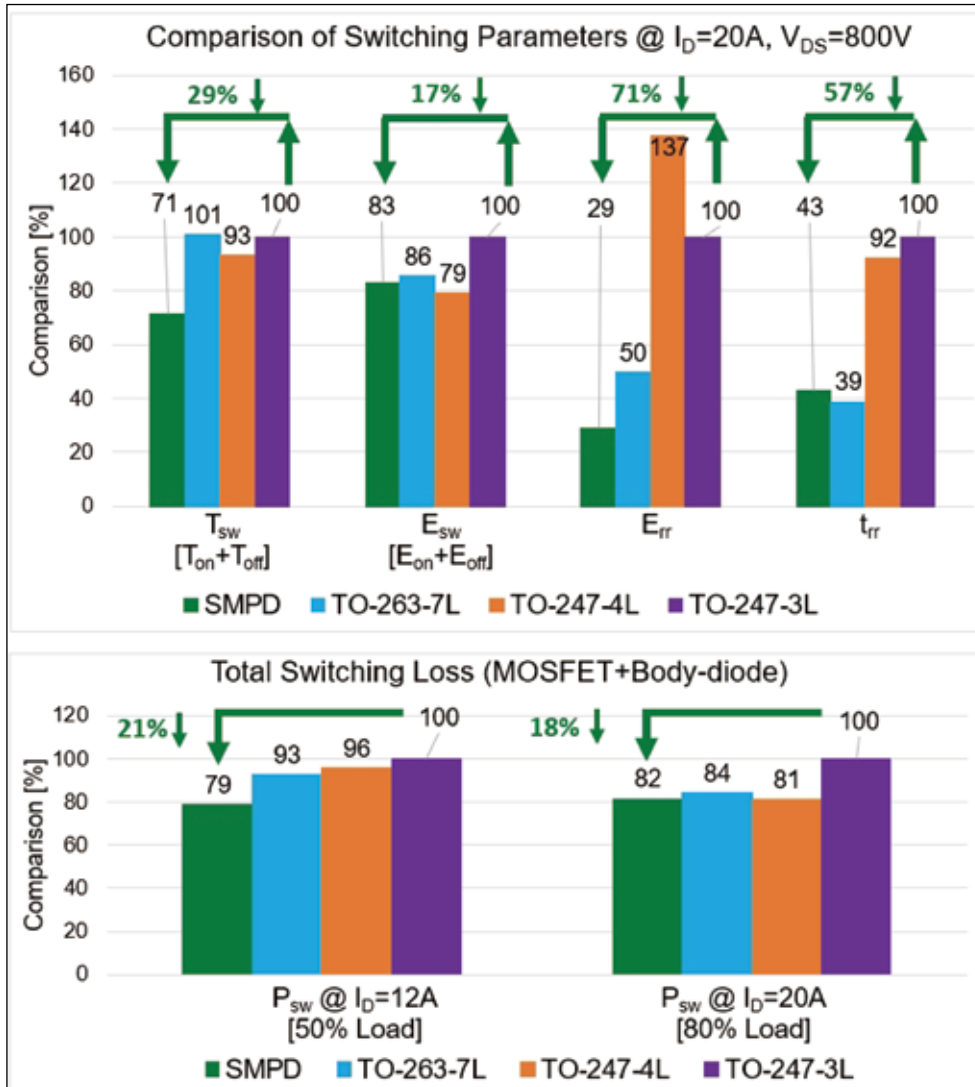
圖 6：SMPD 和標準 TO 封裝元件的波形比較



這些元件的本體二極體可能遭受更大的應力。比較本體二極體的反向電流，看到 SMPD 元件具有更短的反向恢復時間，更高的  $di/dt$ ，這又反過來減少了本體二極體的損耗，提高了整個系統的效率。

圖 7 量化了動態參數，並以百分比的方式進行比較。測量結果顯示，與標準分離式封裝相比，SMPD 所有動態參數都明顯減少。雖然在 SMPD 和 TO-247-3L 封裝中具有相同的晶片，但 SMPD 帶來了明顯的性能提升。假設應用的開關頻率為 80kHz，漏極到源極電壓為 800V，在 50% 負載條件下，SMPD 可減少 21% 開關損耗，在 80% 負載條件下可減少 18% 損耗。在 50% 負載下，與其他分離式元件比較，SMPD 降低損耗程度更為突出。在重載條件下，TO-263-7L 元件的性能與 SMPD 相當，但通常使用 TO-263-7L 元件需要一個絕緣金屬基板 PCB (IMS PCB)，這限制了 PCB 的層數和使得 PCB 設計變得更複雜，並且成本較標準 PCB 設計高出近 50%。此外，SMPD 提

圖 7：SMPD 和標準分離式元件的相關參數比較



供 Kelvin source 極腳 (S) 和最小化的封裝級雜散電感，從而改善了性能、效率和功率密度，並易於使用標準 PCB 進行製造，回流焊接能力和簡化的熱設計

[2] Littelfuse SMPD product offering; <https://www.littelfuse.com/products/power-semiconductors.aspx>

更加突出了 SMPD 優勢。

### 結論

SMPD 可以為應用減少安裝和節省空間，同時提供 DCB 絕緣，提高功率密度和效率；熱設計也可以較標準分離式封裝更加簡化。SMPD 封裝也可整合 NTC 熱敏電阻等感測元件來監測半導體的溫度，也可以使用分流電阻來測量元件電流。

如果要查詢 Littelfuse 的 SMPD 產品系列，請瀏覽 Littelfuse 網頁 [2]。

### 參考資料

[1] Application Note: ‘Mounting and Cooling Solutions for SMPD Packages’; [www.littelfuse.com](http://www.littelfuse.com).

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩内容

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