

為 DSO-20-85 和 HSOF-8-3 TO 無導線封裝的

寬能隙功率電晶體 開發低熱阻路徑

■ 作者：Bernd Schmoelzer / 英飛凌科技應用工程師

Fabian Schnoy / 英飛凌科技表面黏著技術工程師

Wei Deng / 英飛凌科技高壓 GaN 資深產品行銷經理

許多應用對更高功率密度的需求，正持續推動寬能隙半導體的發展。相較於矽基標準功率電晶體，以寬能隙 (WBG) 材料為基礎的裝置，例如碳化矽 (SiC) 或氮化鎵 (GaN)，具有明顯的優勢。目前正在使用矽氮化鎵 (GaN-on-Si) 平台來實現高電子遷移率電晶體 (HEMT)，以創造出能提供更高功率密度來滿足未來市場需求的功率電晶體。

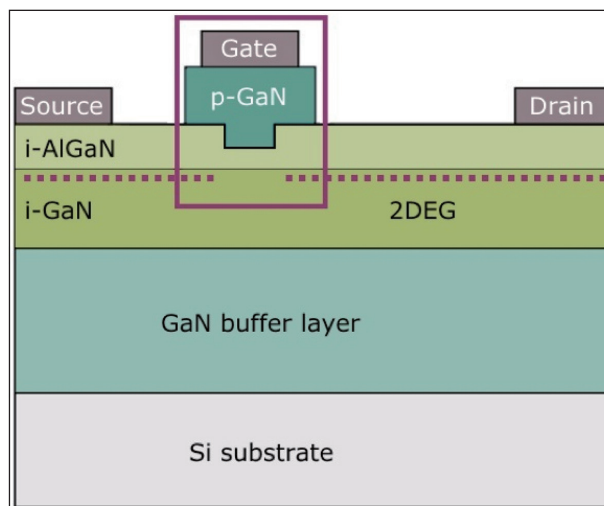
氮化鎵的優點

HEMT (例如英飛凌的 CoolGaN e-mode HEMT) 與其他類型電晶體之間的主要差異之一是，HEMT 是橫向形成而非垂直形成的。加上氮化鎵的材料特性，例如更高的崩潰電場 (約為矽的 10 倍)，以及幾乎是矽的兩倍的電子遷移率，這帶來一種具有幾個有利特徵的結構。HEMT 提供低 10 倍的輸出電荷和柵極電荷，以及零反向恢復電荷，並具有線性輸出電容特性。

這些特徵可實現新的功率轉換拓撲、電流調變方法，並透過快速且近乎無損的切換，在諧振電路中提供更高的效率。對於終端使用者而言，間接但更具影響力的優點包括更高的功率密度，進而帶來更小、更輕且具有高效率的功率轉換器電路，如此將可節省運作成本。此外，亦可降低物料清單 (BOM) 成本，進而降低總體系統成本。如圖 1 所示，英飛凌的 CoolGaN 電晶體為常關 p 型增強模式 HEMT。

尤其是偏好在相同 (或較少) 空間中擁有更高

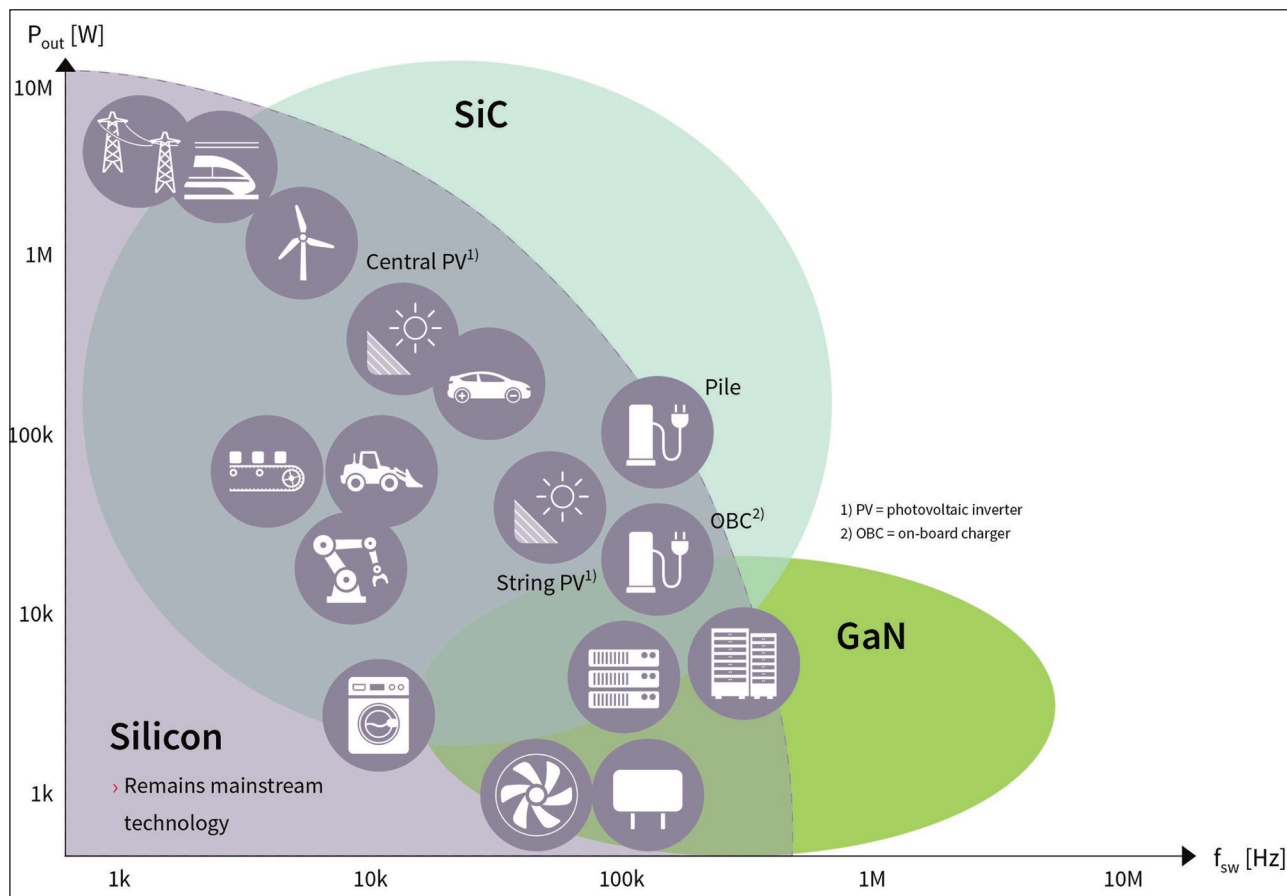
圖 1：GaN-on-Si 寬能隙 HEMT 結構



功率的資料中心，它們持續承受著提高功率密度的壓力。英飛凌的 CoolGaN e-mode HEMT 提供解決此設計難題的完美解決方案，據報導的數據顯示，CoolGaN 可帶來兩位數的營運成本改善，同時讓每個機架的運算能力提高一倍。概括而言，圖 2 指出了氮化鎵、碳化矽和矽基功率開關具有價值主張的應用領域。

為了保持寬能隙 HEMT 的優勢，此裝置必須採用表面黏著封裝。這些封裝的低寄生性可確保整體裝置性能的最大化。然而，可能存在的擔憂是如何從安裝在標準 FR4 PCB 上的表面黏著裝置，有效地散發其產生的熱量。正如您將在以下看到的内容，英飛凌的工程師已經研究並成功建立最佳解決方案

圖 2：了解寬能隙適合的位置



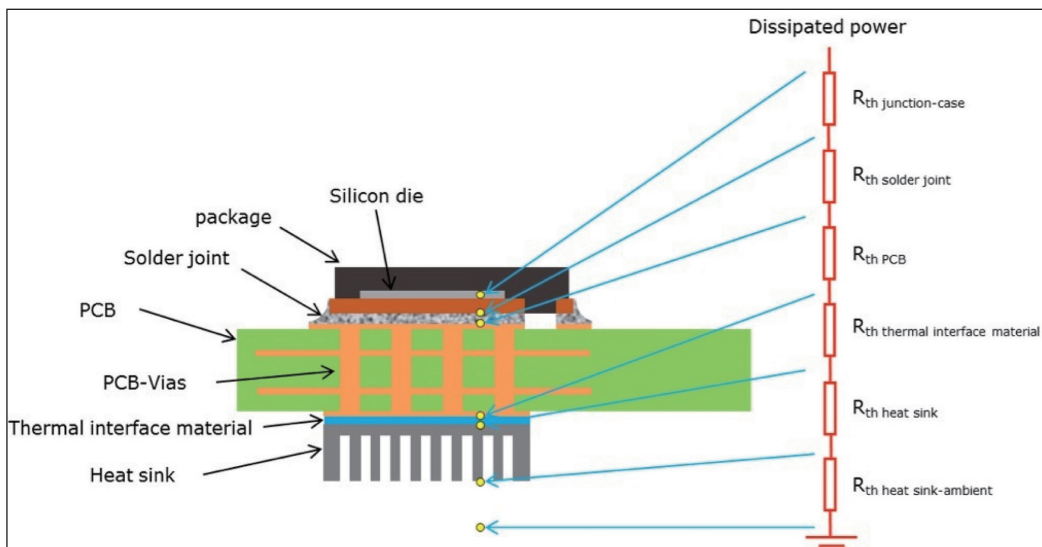
的模型。

會導致許多物理障礙，最明顯的原因是該接面以更有效的方式深埋在裝置內部。圖 3 顯示從表面黏著封裝的接面到周圍大氣的熱路徑模型。每個步驟的

熱管理

儘管與矽電源 圖 3：焊接至 PCB 的無導線封裝的熱模型

開關相比，HEMT 的損耗有所減少，但仍必須移除和管理其功耗。沒有半導體裝置可以在無限制的接面溫度下工作，而且隨著每一次開關動作，接面溫度都會升高。若未管理此程序，裝置將會損壞，但從接面散發熱量



熱阻都會影響從接面到環境的整體熱阻 (R_{thja} ，以每瓦絕對溫度或 K/W 表示)。為了獲得最佳效能，需要低熱阻。

在多層 PCB 上佈銅通常涉及使用與銅走線相連的鍍通孔或通路。SMT 封裝下方的通路矩陣可為散熱片提供有效的熱路徑。直覺可能會想到要使用的通路形式的類型，但為了避免任何假設，英飛凌的工程師對此進行廣泛的研究，並在應用說明中提出了結果「B.Schmölzer, F. Schnoy; "表面黏著半導體封裝的熱效能，英飛凌應用說明"，2018 年 3 月」。

藉由開發一系列 PCB 設計，並使用測試夾具準確測量 R_{thja} 來收集以下結果。在所有情況下皆使用相同的焊料面積，僅改變阻焊層下方和內部 PCB 層中的銅量。出現總體趨勢，顯示出設計之間的差異。

參考的應用說明也涵蓋兩種用於 GaN 的封裝，即 DSO 和 TO-leadless (TOLL)，如下所述。

DSO 套件

研究 8 種不同的通路形式。建議使用變體 6，除非設計有空間限制，在此情況下建議使用變體 1。

TO-leadless (TOLL) 封裝

表 2 顯示考量到成本和性能，用於 GaN 的 TOLL 封裝的首選通路形式。不同於 DSO 封裝，TOLL 明顯且強烈地顯示出對通路密度的依賴性。

結論

在 SMT 封裝中使用寬能隙 HEMT 裝置時，重

表 1: DSO 建議

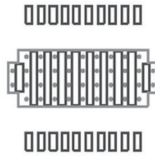
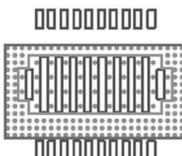
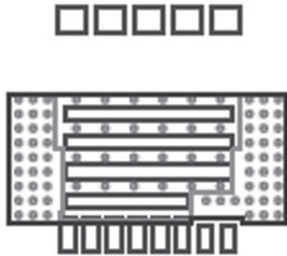
	變體 1	變體 6
通路內部	4 x 11	4 x 11
通路間距內部	1.5 mm	1.5 mm
通路矩陣外部	4 x 11	13 x 25
通路間距外部	1.5 mm	0.75 mm
PCB 結構		
可獲得的最佳 R_{th}	4.8 [K/W]	4.7 [K/W]

表 2: TOLL GaN 建議

變體 6	
通路內部	4 x 6
通路間距內部	1.5 mm
通路矩陣外部	4 x 6 + 6 x 9
通路間距外部	0.75 mm
PCB 結構	
可獲得的最佳 R_{th}	3.3 [K/W]

點是要考慮裝置的熱管理，以維持效能並使效率最大化。如本文所述，在 FR4 中使用通路形式有助於大幅降低接面至環境的熱路徑總電阻。CTA

昕諾飛助北市打造 LED 智能隧道照明系統

全台灣共有 131 條隧道連接國人的日常交通所需，提供南來北往便捷之徑。為確保用路人來往安全，照明領導品牌昕諾飛 (Signify) 自 2019 年起依照國際照明委員會 CIE088 隧道照明標準，協助北市府進行 8 條 LED 智慧調光隧道改造工程，除汰換傳統水銀日光燈為 LED 智慧燈具，智慧系統可依照白天、夜晚隧道外的日照亮度隨時調整隧道內的照度，減短駕駛眼睛適應亮度時間，進而提升隧道行車安全。昕諾飛近年透過旗下飛利浦 LED 燈具產品及照明互聯網系統，有效幫助包括台中精密機械科技創新園區、美國紐約及洛杉磯、印尼首都雅加達等 58 個國家地區大規模落地 LED 智慧路燈，加速其智慧科技城市進程。

台北市率先改造完成 8 條隧道的智慧照明系統，包含民權隧道、金龍隧道、懷恩隧道、康樂隧道、莊敬隧道、辛亥隧道、大湖隧道、安泰隧道，可根據隧道內外日照程度動態調整隧道內明暗度，使駕駛出入隧道時能快速適應光強度的變化，避免傳統昏黃的燈光可能導致的交通隱患。同時相較於改裝前的傳統鈉氣燈，LED 隧道照明的總用電量節省 50% 以上，實際用電量更下降了 70%，順利達成環保節能目的。