



圖片來源：buffaloboy/Shutterstock

最佳二極體選擇：

傳統矽、矽蕭特基二極體或 碳化矽的蕭特基二極體？

碳化矽 (SiC) 在功率電子產品中的使用正在加速增長，因為與矽 (Si) 元件相比，碳化矽元件可以降低這些產品的功耗、開關損耗、外形尺寸和價格，因此對於功率半導體元件開發人員的吸引力越來越大。

■作者：Thomas Bolz、Emilia Mance
儒卓力標準產品銷售經理

在功率電子產品中，要求在更高的電壓下獲得更高效的開關性能。在為工業馬達控制系統、可再生能源發電和電動汽車等應用選擇元件時，空間要求、重量和效率也是關鍵因素。目標是在最大化提高產品品質的同時，要最小化成本和工作量。

雖然矽 (Si) 材料的二極體通常是這類應用的標準產品，但是碳化矽 (SiC) 材料具有明顯的優勢，特別是在 600 V 以上電壓的應用中。由於電路應用中的高效能元件始終使用脈衝電流，因此還需要考慮開關損耗以及因為逆向恢復電流帶來的電磁干擾 (EMI)。

開關損耗和順向電壓損耗

在開啓或關閉元件時，每一個開關過程都會產生開關損耗。隨著開關頻率的增加，相應的損耗也隨之增加，因此系統的整體功率損耗也隨之增加了。因此當開關頻率較高時，系統的總體功率損耗中的很大一部分是來自於開關損耗。如果在這些應用中採用矽材料的元件，便會出現高功率損耗和熱量，將會要求限制負載電流或實施昂貴的冷卻措施。

就網路頻率而言，順向電壓損耗的影響更大，而當開關頻率達到幾百赫茲以上時，所產生的開關損耗將成為舉足輕重的重大能量損耗。

逆向電壓很高時，逆向電壓損耗也會帶來影響，特別是在高溫下。碳化矽蕭特基 (SiC Schottky) 二極體在這些情況下成為一個理想的選擇，因為它們的逆向恢復電流非常低，逆向恢復時間也較短，這可以大大減少相關的能量損耗。

計算總體損耗的公式如下：

$PI = Ps + Pt + Pr$ (開關損耗 + 順向電壓損耗 + 逆向恢復損耗)

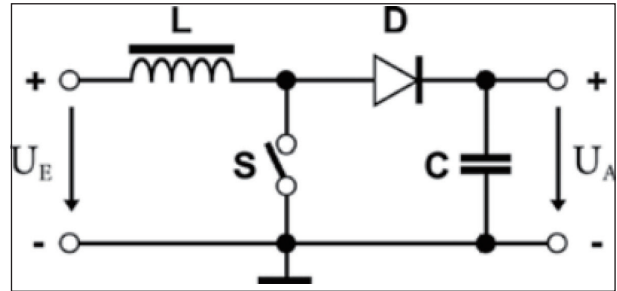
在順向偏壓下，二極體的功率損耗隨著順向電流上升而增加；在逆向偏壓下則保持恆定。因此，在升壓器中，碳化矽蕭特基二極體的漏電流 (IR) 佔據了總損耗的重要部分，而輸出電流很低。

另一方面，在大電流下，順向電壓 (Vf) 成為主要因素。由於蕭特基二極體的大部分時間都處於逆向偏壓工作，因此逆向恢復電流會對二極體的功率損耗產生重大影響，因此僅僅保持二極體的順向電壓盡可能低是不夠的。考慮串聯 IR 和 Vf 並評估它們如何影響二極體的總損耗，具有很大意義。

升壓器的輸出電壓越高，接通時間越長，蕭特基二極體保持逆向偏壓的時間就越長。使用蕭特基二極體降低順向電壓會增加殘餘逆向電流，因此有必要物色理想的二極體選擇。

因此，在選擇二極體時，必須使順向電壓損耗、開關損耗和電荷最小化，同時還要使擊穿電壓和軟

圖 1: 升壓轉換器原理



圖片來源：儒卓力

換向最大化，這一點至關重要。為了確保良好的能源效率，考慮總體功率損耗而不是個別的模組參數時，通常使用蕭特基二極體是更合情合理的。

由於碳化矽蕭特基二極體的開關損耗較低，而且在關閉二極體時不存在逆向電流尖峰，因此其效率要比矽二極體高得多，能夠相應地減少了無線電干擾，並改善了整個系統的電磁干擾。

工作溫度和散熱設計

散熱設計在功率電子產品系統中具有關鍵作用，可確保高功率密度，從而能實現更小型的系統設計。在高電流下，矽蕭特基二極體容易產生過多的熱量。高熱量和漏電流 (IR) 的結合會導致封裝和環境溫度的升高。因此，不適當的散熱設計可能會產生無法散發的熱量，結果可能是熱失控，也就是熱量的迅速累積，這可能會損壞元件，甚至可能損壞整個系統。

碳化矽蕭特基二極體的溫度關係與矽蕭特基二極體的溫度關係，存在著很大的差異。碳化矽的熱導率幾乎是矽的三倍，這使得碳化矽非常適合更高的工作溫度。當使用碳化矽功率半導體工作時，較少的熱損失也意味著效率更高和散熱片可以更小，從而減低了應用產品的空間要求及其重量。

在較高溫度下，當順向電壓 (Vf) 隨著工作電阻而增加時，這有助於防止熱失控，從而使得碳化矽蕭特基二極體也可以並聯連接使用。由於正溫度係數特性，它們也比矽二極體更適合用於高壓下的並聯電路。

功率因數校正

歐洲標準 EN 61000-3-2 規定了公開出售的有效功率設備的電源電流諧波含量的限制，還定義了功率超過 75 W 的限制和例外情況。實際上，這意味著在許多情況下，基礎 AC/DC 轉換都不允許使用具備後續濾波功能的橋式整流器，因為這種情況下的電源電流是脈衝式的，並且諧波含量較高。使用稱為功率因數預調節器或功率因數校正 (PFC) 的升壓器，可使其大致保持為正弦波。

對於非常高性能的電源供應器 (PSU) 而言，連續導通模式 PFC 控制器 (CCM-PFC) 是首選的主動拓撲，此設計對返馳式二極體有以下要求：

- 低逆向恢復時間 / 電荷 (trr/Qrr)，以減少 MOSFET 的導通損耗和二極體的開關損耗
- 低順向電壓 (Vf)，以減少傳導損耗
- 柔和的逆向恢復曲線，可減少電磁輻射

因此，在這種情況下，碳化矽蕭特基二極體是理想的解決方案。

適合各種應用的最佳二極體

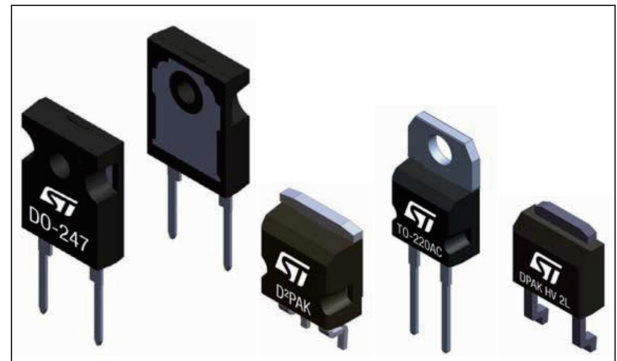
矽二極體是低壓應用的首選。另一方面，在 600 V 至 1200 V 的高壓應用中，碳化矽二極體則具有明顯的技術優勢，因此值得付出更高的成本。在 200 至 600 V 電壓範圍內，開關頻率和電流是關鍵因素。碳化矽二極體在各種應用中都需要，包括用於電動汽車和車載充電器 (OBC) 的充電站，用於電動和混合動力汽車的功率轉換器，開關模式電源單元和 PFC 電路，以及用作電感器和 MOSFET/IGBT 的返馳式二極體，還有用作太陽能和風能的 DC/AC

轉換器中的逆變器。

儒卓力提供來自意法半導體的超快速高壓二極體。它們是成本敏感型應用的理想選擇，並且具有低順向電壓，適合用於交流整流橋的輸入。這些 STTHxx 矽二極體設計用於 600 V 至 1200 V 電壓範圍的電流，電流容量為 5A 至 30A。

以碳化矽為基板的蕭特基整流二極體 STPSC10H12 則具有低的順向電壓和 1200 V 的額定電壓，這要歸功於該材料的寬能隙特性。由於採用了蕭特基構造設計，因此在關斷期間沒有逆向恢復時間，並且振盪趨勢可以忽略不計。它們的最小電容關斷行為與溫度無關。碳化矽二極體 STPSC10H12 特別適合在 PFC 和次級應用中使用，並在硬開關條件下提高性能。此外，它有寬達 -40°C 至 $+175^{\circ}\text{C}$ 的工作接面溫度 (junction temperature) 範圍。另外還提供 STPSC10H12-Y 形式的汽車使用 AEC-Q101 認證型款，該型款產品也支援生產部件批准程式 (PPAP)。CTA

圖 2: 碳化矽二極體特別適合在 PFC 和次級應用中使用，並在硬開關狀況下提高性能。



圖片來源：意法半導體

COMPOTECHAsia 臉書

每週一、三、五與您分享精彩内容

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