

功率元件的演變

■作者：Ali Husain

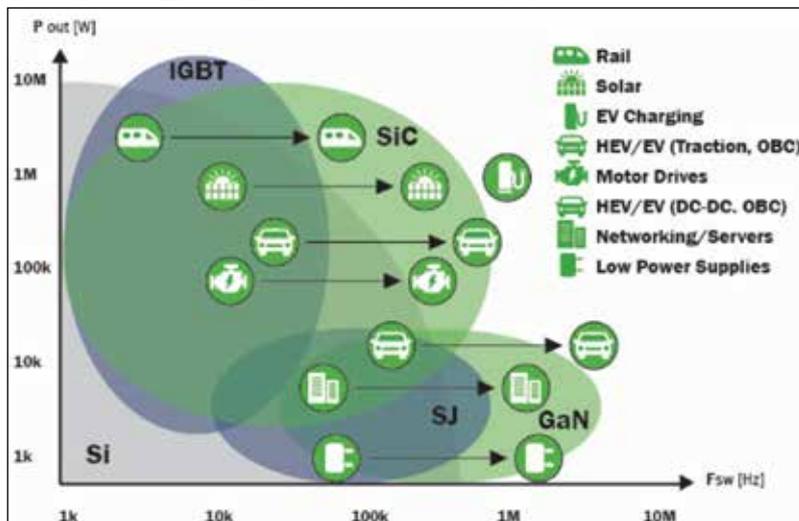
安森美 (onsemi) 企業策略與行銷資深經理

隨著世界中產階級的增加以及汽車、空氣調節系統 (HVAC) 和工業驅動更加電氣化，電力需求只會增加。在每個功率級 (發電、配電、轉換和消耗) 所能達到的能效將決定整個電力基礎設施的負擔增加程度。在每個功率級，能效低會導致產生熱量，這是主要的副產物。通常，消除熱量或以其他方式處理熱量需要消耗更多的能量。因此，減少在每一功率級產生的廢熱具有相當大的影響。

主要在轉換級，電力電子元件產生的熱量主要歸咎於導通損耗和開關損耗。更高能效的半導體意味著更少的熱量，因此也減少了能源浪費。低能效的半導體產生的熱量是不可利用的，且大多是不需要的，但得益於半導體技術和材料的不斷改進，能效提高，也越來越可避免產生大量的熱量。

功率半導體不斷發展，這在很大程度上由終端市場的需求所驅動。如今，所有垂直產業、市場或應用都有其特定的功率需求。即使在近期，這些不同的需求不得不以基本相同的半導體技術來滿足：

圖 1：功率半導體技術現在解決所有現有的和新興的應用



矽場效電晶體。對所有應用都使用相同的技術，不可避免地會導致一些應用表現出比其他應用更大的損耗，這完全是基於元件的侷限性；沒有哪一種技術 / 方案是萬能的，我們需要根據需求去客製。

WBG 功率電晶體讓開關選擇更廣泛

目前，功率開關有幾種不同的選擇。功率金氧半場效電晶體是最基本的元件，多用於擊穿電壓低於 200 V 的應用。超接合面 MOSFET 是它的延伸，旨在達到更高的電壓，具有相對快速的開關特性。IGBT 可看作是雙極結晶體管和 MOSFET 的混合體，它的開關波形較慢，但很適合硬開關拓撲結構，用於大功率應用。

如今，包括碳化矽 (SiC) 和氮化鎵 (GaN) 在內的廣義上的寬能隙 (WBG) 技術，已發展到在應用於特定電源應用時，每項指標都可挑戰矽 FET 和 IGBT。WBG 帶來的主要優勢之一是它們在高頻下高效開關的能力，這可直接轉化為電源中更小的無

源、磁性元件。另一個優勢是它們相對沒有反向恢復電流，能在各種電源拓撲結構中代替二極體，這不僅提高了整體能效，而且有可能實施全新的架構。

WBG 功率電晶體的開發為 OEM 廠商提供了更廣泛的開關方案選擇，從而可以替代拓撲提供更高的能效和功率密度。這種選擇水準不僅在現有應用中具有優勢，實際上還實現了全新的用電方式。圖騰柱 PFC 拓撲結構是個很好的例子，若選用 WBG 器件則會更有益和可行。

可再生能源對未來的電氣化系統作用更大

從目前的許多應用領域來看，幾乎所有的領域都表現出對電力電子的強烈需求。在汽車產業，動力總成的功能電子化趨勢仍在繼續。隨著越來越多的混合動力汽車和純電動汽車的發展，需要 AC-DC 和 DC-DC 轉換用於車載電池充電和電動機驅動。現在，可再生能源在整個電力基礎設施中佔有較大的比重，且這一比重還將不斷增長。在光伏發電中，要求逆變器採用相對較低的電壓、但將電流高的直流電轉換為交流電提供更廣泛的電網使用。一個補充的應用領域是利用電池儲能來穩定對電網的需求。這技術正在取代效能較低的燃煤和天然氣發電機，因為這些發電機每次上線時都需要進行物理旋轉以加快速度，通常用於相對短時間運行的應用。

電力的生產方式正在從化石燃料轉向可再生的「綠色」能源，如太陽能、風能和波浪能。這些自然能源比能源產業所使用的資源如天然氣和燃煤的合規性要低。這在過去意味著每瓦特的成本更高，不過現在這種情況正在改變。更高效的電力電子技術是太陽能和風能成本低於化石燃料的原因之一。WBG 的出現和傳統半導體技術的不斷進步意味著可再生能源現在更加可行，並將在未來的電氣化系統中發揮更大的作用。

高能效是推動力

電力負載所需的電壓和電流水準相差很大，可從其由微到兆的量級明顯看出。當電能到達其終端應用時，其功率將處於最低狀態。這種受控的減少需要轉換，如前所述，這作為功率級的倒數第二級。可以說最重要的也在於能效。

運行中的電源（發電機）與使用中的能源消耗設備（電子設備）數量的比值太大，沒有意義。業界預計，將有數百億台新設備上線作為物聯網（IoT）的一部分，而我們卻沒有看到發電機數量的相應增長。為了維持這一趨勢，提高電力生命週期的每一級能效變得至關重要。

IoT 無疑將帶來大量的新設備，但實際上，有更多的設備已經投入使用並消耗電力，還有相當數量的設備正在開發或生產。雖然不是所有這些設備都將連接到全球資料網路，但它們將以某種方式成為國家電力網路的負荷。這些設備中的每一個所表現出的低能效都會導致總的電力損耗，或者說，每天每分鐘都會有能量以熱量的形式散失。為應用選擇最佳的開關技術，這些損耗可降到最低。

WBG 技術的主要特點，包括其相對較高的電子遷移率、高擊穿電壓、對高溫的耐受性和高帶隙能量使其適合於電源應用。這些特點有利於它們以比傳統矽基功率電晶體更高的頻率進行開關。它們還表現出較低的導通電阻，這在電源電路中至關重要，因為大部分的損耗在這裡以熱量的形式發生。

例如，GaN 電晶體可以以 MHz 的頻率開關幾十 kW。它們的高開關頻率使 GaN 電晶體對 RF 發射器和放大器等其他應用具有吸引力，但真正使 GaN 適用於電源電路的是快速開關高壓的能力。同樣，SiC 在開關速度和電壓方面也優於矽 FET 和 IGBT。SiC 和 GaN 技術在品質因數的交越有限，因此兩者是互補的而非互相競爭的，在高功率開關應用中各有設計優勢。

WBG 的優勢並非完全「免費」。除了相對較高的成本外，SiC 和 GaN 都需要不同於矽 FET 和 IGBT 的閘極驅動方案。有利的是，這些技術的供應鏈正在迅速發展。安森美現在為所有這些技術制定了策略，包括矽 FET、IGBT、SiC 和 GaN，以及專門為支持 SiC 和 GaN 而設計的相應閘極驅動器。

總結

電子產業很清楚，能量轉換始終會以熱的形式產生一定程度的損耗。然而，更高效的功率半導體的不斷發展正使逆變器和轉換器的開關損耗接近絕對最小。現在，在所有應用中都需要更多含量的功率半導體及持續的更高能效。有利的是，由於安森美在賦能技術的持續投資而處於有利地位，可很好地滿足這一需求。 CTA