

寬能隙半導體將成爲 資料中心電源系統的新寵

資料中心使用的電源轉換系統的典型結構包括多個電壓轉換器，整個資料中心的效率完全取決於這些轉換器。儘管矽 (Si) 是最知名的技術，但其帶隙比像氮化鎵 (GaN) 和碳化矽 (SiC) 這樣的寬能隙 (WBG) 材料要小，這降低了其工作溫度，限制了其在較低電壓下的使用，並降低了其導熱率。本文詳細介紹了 WBG 半導體在代替矽元件上的優勢特性，及其在數位中心電源轉換系統中的典型應用。

■作者：Rolf Horn

資料中心在日益數位化、互聯化和虛擬化的世界中發揮著關鍵和重要的作用。由於資料中心有巨大的能源需求，因此需要能夠減少電力損失、提高效率 and 加強熱控制的電源解決方案。

近年來，由於使用者數量增多，行動裝置和社交網路的廣泛使用，以及資訊在雲端的遠端存放，網際網路的流量有了很大的增長。據分析人士稱，這種流量的增長仍未達到完全飽和。

這些增長預測提出了有關設備效率和電力消耗的問題，這刺激了新的節能電力轉換技術的發展，如寬能隙 (WBG) 功率元件所提供的技術。

效率最重要

除了實體基礎設施外，資料中心是一個容納聯網的電腦伺服器的結構，用於電子處理、儲存和資料分發。資料中心的關鍵組成部分是伺服器，這是一個儲存資料的設備，為網際網路、雲端運算和企業內部網路提供動力。

由於創建、處理和儲存的數位資料量不斷增加，能源需求也不斷上升。除了為機架、資料儲存和網路單元供電外，資料中心還需要輔助的冷卻和通風設備，以消除資料處理和電力轉換過程中產生的熱量。

資料中心使用的電源轉換系統的典型結構包括多個 AC/DC、DC/AC 和 DC/DC 電壓轉換器，整個資料中心的效率完全取決於這些轉換器。降低為資料處理和存放裝置供電的轉換器中的損耗有兩大關鍵優勢。首先，不需要供應不被轉化為熱能的能量；其次，處理廢熱所需的能量也減少了。

資料中心的效率通常用電力使用效率 (PUE) 指標來衡量。PUE 由綠色電網組織開發，是比較資料中心能源使用的標準方法，定義為資料中心整體能源使用與資訊技術 (IT) 設備能源使用之比。

$$PUE = \frac{\text{Datacenter electricity use}}{\text{IT equipment electricity use}}$$

PUE 指標是一個基本的統計資料，足以確定發展方向。儘管不是一個完美的衡量標準，但它已經成爲一個行業標準。PUE 最好接近統一，這意味著資料中心只需要電力來支持其 IT 需求。然而，根據國家可再生能源實驗室 (NREL) 2 的資料，平均 PUE 約為 1.8。資料中心的 PUE 值範圍很廣，但注重效率的資料中心經常達到 1.2 或更低的 PUE 值。

PUE 值高原因可能不盡相同，比如以下原因：

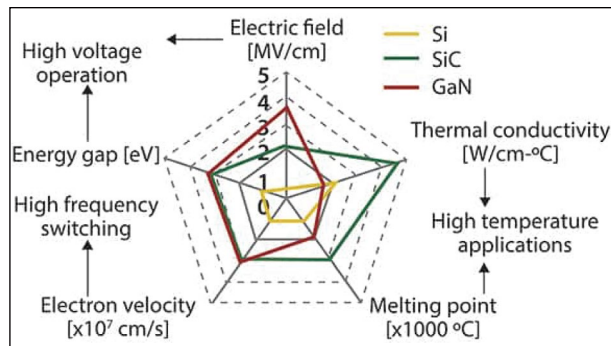
■存在“僵屍”(或“昏迷”)伺服器和不斷電供應系統(UPS),意味著設備已經打開,但沒有得到充分利用。它包括無意中間置的設備,這些設備在沒有可見性或外部通訊的情況下消耗電力。

■低效率的備份和冷卻策略

■資料中心更注重可靠性而非效率

在冷卻風扇上添加變頻驅動器(VFD)和儘量減少伺服器和UPS的數量是降低PUE的兩種常見方法。在過去幾年中,從傳統的12V架構過渡到更高效率的48V解決方案(見圖1),減少了大量的功率損失(I^2R 損失),為日益增長的耗費電力的處理系統提供了更高效率的解決方案。在電源結構中使用48V電壓,可使 I^2R 損耗降低16倍。考慮到效率提高一個百分點就能在整個資料中心層面節省千瓦級電力,因此這有助於滿足要求不斷提升的能源效率要求。

圖1: WBG 半導體提供了比矽元件更好的性能。



圖片來源: Researchgate

WBG 半導體在資料中心的優勢

儘管矽(Si)是最知名的技術,但其帶隙比像氮化鎵(GaN)和碳化矽(SiC)這樣的寬能隙(WBG)材料要小,這降低了其工作溫度,限制了其在較低電壓下的使用,並降低了其導熱率。

採用更有效的功率元件,如用WBG半導體代替矽,就是一個更有效的選擇。像GaN和SiC這樣的WBG半導體可以克服矽技術的限制,提供高擊穿電壓、高開關頻率,降低傳導

和開關損耗,進而實現更好的散熱和更小的外形尺寸(見圖1)。這使得電源和電源轉換階段的效率更高。如上所述,在資料中心中,即使效率提高一個百分點,也可以轉化為大量的能源節約。

GaN

GaN(氮化鎵)是一類新興的寬能隙材料,其電子帶隙比矽(1.1 eV)大三倍(3.4 eV)。此外,與矽相比,GaN具有兩倍的電子遷移率。GaN在非常高的開關頻率下具有眾所周知和無與倫比的效率,這是因其巨大的電子遷移率所決定的。

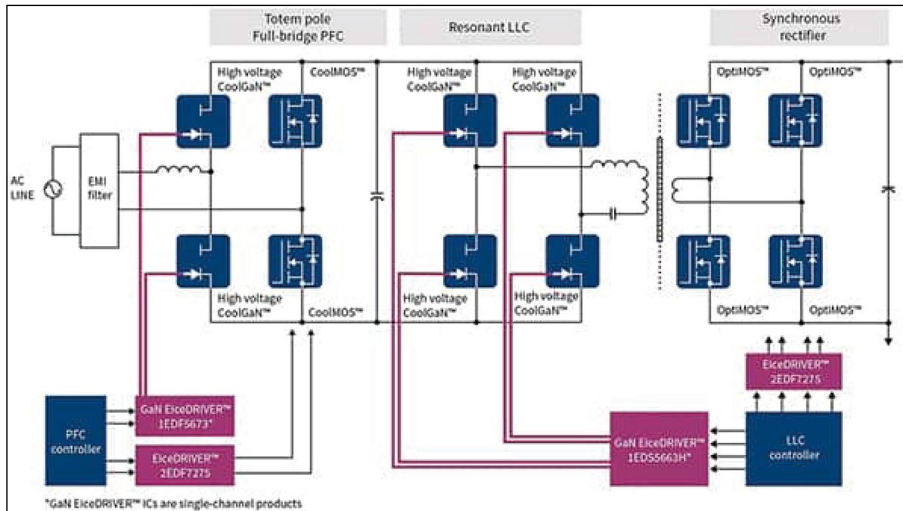
這些特性能夠讓基於氮化鎵的功率元件在更小的晶片尺寸內承受更強的電場。更小的電晶體和更短的電流路徑帶來了超低的電阻和電容,並使開關速度提高100倍。

減少了電阻和電容也提高了電源轉換效率,為資料中心的工作負載提供更多的電力。與其產生更多的熱量,從而需要為資料中心提供更多的冷卻,不如在每瓦特上完成更多的資料中心操作。高開關頻率也減少了儲能被動元件的尺寸和重量,因為每個開關週期儲存的能量大大減少。GaN的另一個優勢是它能夠支持不同的電源轉換器和電源拓撲結構。

GaN與資料中心應用相關的主要特性如下:

- 支援硬式和軟式開關拓撲結構
- 快速開啓和關閉(GaN開關波形與理想方波幾乎相同)
- 零反向恢復電荷
- 與矽技術相比:
 - 擊穿電場提升了10倍
 - 遷移率提高了2倍
 - 輸出電荷降低了10倍

圖 2：用於資料中心伺服器的高效 GaN 開關模式電源 (SMPS)



圖片來源：Infineon

0 閘極電荷和線性 C_{oss} (輸出電容) 特性降低了 10 倍

這些特性使得 GaN 功率元件能夠讓解決方案實現：

- 高效率、高功率密度和高開關頻率
- 減少外形尺寸和導通電阻
- 重量輕
- 近乎無損的開關操作。

圖 2 顯示了 GaN 功率元件的一個典型目標應用。這些高壓無橋圖騰柱 PFC 級和高壓諧振 LLC 級可以滿足伺服器 SMPS 的嚴格要求，在寬負荷範圍和高功率密度下實現 99% 以上的穩定效率。

SiC

歷史上，SiC 功率元件在資料中心的最早應用之一是 UPS 設備。UPS 對資料中心來說是必不可少的，以防止市電故障或中斷對其營運產生潛在的災難性影響。電源冗餘對於確保資料中心的運行連續性和可靠性至關重要。最佳化資料中心的電力使用效率 (PUE) 是每個企業家和營運管理層的首要任務。

一個可靠的、持續的電源對資料中心來說

是必要的。為滿足這一要求，經常採用與電壓和頻率無關的 (VFI) UPS 系統。一個 AC/DC 轉換器 (整流器)、一個 DC/AC 轉換器 (變頻器) 和一個 DC Link 組成了一台 VFI UPS 設備。旁通開關主要在維護期間使用，將 UPS 輸出直接連接到輸入端的交流電源上。在市電發生故障的情況下，通常由許多電池組成的電池組連接到降壓或升壓轉換器，為電源供

電。

由於輸入端的交流電壓被轉換為直接電壓，然後再次轉換為精確的正弦輸出電壓，這些設備通常是雙轉換電路。其結果是消除了任何供電電壓的變化，讓 UPS 能夠向負載提供穩定和乾淨的訊號。除了將系統與電源隔離外，電壓轉換過程還使負載免受電壓波動的影響。

直到最近，具有三層開關拓撲結構的絕緣閘雙極電晶體 (IGBT) 才實現了最佳的效率結果。由於這種方法達到了 96% 的效率水準，與早期基於變壓器的模型相比，這是一個重大的改進。

碳化矽電晶體使得在雙轉換 UPS 系統中的功率損失大大減少 (>70%)，並使得效率提升成為可能。這種超凡的效率 (超過 98%) 在低負荷和重負荷的情況下都會持續保持。

由於碳化矽的固有特性，這種類型的結果是可以獲得的。與傳統的矽基元件 (如 MOSFET 和 IGBT) 相比，SiC 可以在更高的溫度、頻率和電壓下工作。

基於 SiC 的不斷電供應系統的另一個優勢是具有更好的熱損值 (或排熱)，並使之能夠在

更高的溫度下運行。這一個特性能夠讓設計者採用更加緊湊和經濟的冷卻解決方案。整體來說，基於 SiC 的 UPS 比採用矽基元件的同等型號更高效率、更輕、更小。

基於 SiC 的半導體由於其固有的特性，相比傳統矽半導體可以在更高的溫度下工作。由於 UPS 的熱損耗較低，並能在較高溫度下運行，因此客戶的冷卻成本可以降低。

當需要最大限度地利用資料中心的可用空間時，與傳統的矽基 UPS 相比，基於 SiC 的 UPS 減少了重量和尺寸。此外，基於 SiC 的 UPS 需要的地面空間更少，這也增加了特定區域內的可用電力容量。

結語

總之，像 GaN 和 SiC 這樣的 WBG 材料，是新興的半導體，將為資料中心等高要求應用開闢一個新的電力電子發展航道。其優勢全面，包括提高系統效率，降低冷卻系統要求，在更高溫度下運行，以及更高的功率密度。隨著 GaN 和 SiC 功率元件整合到電壓轉換器和電源中，能幫助資料中心營運商實現了更高的效率，最大限度地利用地面空間，並降低整個設施的營運成本。

作者的話

正如文章所言，在資料中心中，即使效率提高一個百分點，也可以轉化為大量的能源節約。考慮到資料中心規模不斷增長的趨勢，對於資料中心的營運者而言，如何減輕能耗焦慮，一直是一個重要的課題。從 Si 轉向 WBG 已經成為一個成熟的選擇，而 GaN 和 SiC 無疑將扮演重要的角色。您是否正在利用 WBG 進行電源系統的設計和應用？您在 Si 轉向 WBG 功率元件的過程中有哪些心得和經驗？ [CTA](#)

AMD 與法國原子能與替代能源委員會 CEA 攜手開創 AI 運算的未來

AMD 宣布與法國原子能與替代能源委員會 (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, CEA) 簽署合作意向書，合作開發先進技術、零組件和系統架構，共同塑造 AI 運算的未來。此次合作將結合雙方的優勢，突破節能系統的極限，以支援從能源到醫學等領域世界上運算最密集的 AI 工作負載。

透過這項計畫，AMD 與 CEA 將展開結構性合作，專注於新一代 AI 運算基礎架構的技術進展。AMD 與 CEA 也計劃在 2025 年舉辦一場關於 AI 運算未來的研討會，邀集歐洲的權益關係者和全球技術供應商、新創公司、超級運算中心、大學和政策制定者，以加速圍繞最先進和新興 AI 運算技術的合作。

AMD 院士暨研究負責人 Ralph Wittig 表示，透過與 CEA 和法國頂尖工程師的合作，我們的目標是透過推進滿足未來 AI 工作負載需求的系統架構，讓 AI 研究更貼近實際應用，同時增加國際之間的聯合研發機會。

CEA 技術研究部門總監 Julie Galland 表示，CEA 致力於透過推進新一代技術來推動 AI 運算的創新，開闢兼具效能和能源效率的突破性架構。我們與 AMD 的合作代表著在促進高效能運算國際合作方面邁出的重要一步，匯集世界級的專業知識，共同應對日益增長的 AI 工作負載需求。藉由結合 CEA 的研究領導地位和 AMD 的頂尖技術，我們的目標是開發突破性的解決方案，開創歐洲及其他地區的 AI 運算未來。