

## 知識物件上傳表

計畫名稱：節能照明與驅動電源技術開發暨應用推動計畫

上傳主題：寬能隙電源相關技術與趨勢研析

提報機構：工業技術研究院

提報時間：111年12月5日

與計畫相關	<input checked="" type="checkbox"/> 1.是 <input type="checkbox"/> 2. 否
國別	<input type="checkbox"/> 1.國內 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 國外:全球
能源業務	<input type="checkbox"/> 1.能源政策(包含政策工具及碳交易、碳稅等) <input type="checkbox"/> 2.石油及瓦斯 <input type="checkbox"/> 3.電力及煤碳(包含電力供應、輸配、煤炭、核能等) <input type="checkbox"/> 4.新及再生能源 <input checked="" type="checkbox"/> 5.節約能源(包含工業、住商、運輸等部門) <input type="checkbox"/> 6.其他
能源領域	<input type="checkbox"/> 1.能源總體政策與法規 <input type="checkbox"/> 2.能源安全 <input type="checkbox"/> 3.能源供需 <input checked="" type="checkbox"/> 4.能源環境 <input type="checkbox"/> 5.能源價格 <input type="checkbox"/> 6.能源經濟 <input type="checkbox"/> 7.能源科技 <input type="checkbox"/> 8.能源產業 <input type="checkbox"/> 9.能源措施 <input type="checkbox"/> 10.能源推廣 <input type="checkbox"/> 11.能源統計 <input type="checkbox"/> 12.國際合作
決策知識類別	<input type="checkbox"/> 1.建言(策略、政策、措施、法規) <input checked="" type="checkbox"/> 2.評析(先進技術或方法、策略、政策、措施、法規) <input type="checkbox"/> 3.標竿及統計數據：技術或方法、產業、市場等趨勢分析 <input type="checkbox"/> 4.其他：
重點摘述	<p>為因應各國政府於 2050 年節能減碳相關重大政策目標，以積極減緩全球氣候變遷，無論在創能、儲能以及節能技術領域，寬能隙(wide-bandgap, WBG) 功率半導體於電能轉換器的應用，為提升電能轉換效率與能源使用效率的重點技術之一。</p> <p>近年全球 WBG 半導體製程技術與應用市場快速穩定的發展，以 WBG 半導體為材料的功率元件，如碳化矽(silicon carbide, SiC)與氮化鎵(gallium nitride, GaN)，比矽基元件具備更優異的性能表現。由於 WBG 功率開關元件於操作時的損耗更低，在高溫環境表現也較穩定，可建構更小、更快而且更可靠的功率開關元件，相較於矽基元件為主的電源設計，減少了散熱機制的需求與成本。因此，在整個產品製程中所產生的能耗，無論在材料、製程、成本、運輸等，預期可降低對環境所造成的負擔。</p>

詳細說明

根據國際能源署(International Energy Agency, IEA)分析報告[1]，若採用寬能隙電源轉換技術，應用於筆記型電腦、平板、手機等消費型應用產品，預計每年有 77 億度電的節電潛力；應用於數據中心的伺服器電源，預計每年有280 億度電的節電潛力。綜合各相關研究單位的樂觀預估，若未來有90%的用電設備採用 WBG 半導體元件，全球的能源年度使用量會減少25%。因此，隨著 WBG 功率元件產品逐漸穩定落地，產學研致力於開發寬能隙電源產品與關鍵技術，提升用電設備效率與性能，滾動新世代電源產品更迭，有助於滿足全球節能目標。

以寬能隙功率元件市場現況分析[2]，相較於 SiC 功率元件，GaN 功率元件不僅具有成本優勢，而且應用於高效率小尺寸的產品效益最明顯，對於生命週期短的消費性產品，只要成本結構符合市場，相關產品就可快速普及，提升電能使用效率。但對於生命週期長的大功率設備，如電動車、基地台、伺服器等，對於導入未經長時測試的 GaN 功率元件，皆需從長計議，若能在可靠度上可以突破關鍵性指標，例如，平均故障間隔時間(Mean Time Between Failures, MTBF)大於10萬小時，建立產業信心，中大功率電源設備也有很大的發展空間。

現有 GaN 電源產品，仍受限於功率元件於高頻切換操作的缺點，如驅動功率開關的損耗、傳統控制策略瓶頸、缺乏高頻磁性元件優化經驗、以及雜散電容和寄生電感所引起的暫態突波與振盪等，皆是造成效率不佳與可靠度低的主因[3]。有鑑於此，為了提升 GaN 功率元件於切換式電源的性能表現，除了降低功率元件高頻驅動與切換造成的損耗之外，同時彰顯 GaN 功率開關於高頻操作的優勢，研發方向應朝新型電路架構與控制方法，使電源在各種應用產品皆具有優異性能，助於因應高功率密度的電源設計趨勢[4-6]。

以 GaN 功率開關設計的電源產品，現有技術聚焦在直流電源轉換器與交直流電源轉換器的應用產品市場。直流電源轉換器包含非隔離型與隔離型電路架構，技術開發著重提升功率密度，以縮小體積，因應高規格的負載需求。交直流電源轉換器則根據功率容量的不同，搭配適合的電路架構，因應變動範圍大的交流輸入電源，經過高效率的電能轉換以穩定提供直流電壓，且額定75W 以上之電源應具有功率因數校正，以符合 IEC 61000-3-2的標準，維持良好

的電力品質。GaN 電源的現行產品與目標規格列於表1。

表1 GaN 電源現有技術規格與產品目標

應用	功率容量	輸出電壓等級	市場驅動因素
伺服器/通信電源	1 kW ~ 6 kW	12V、48V	80 plus 鈦金；功率密度；效率>94%
隔離型直流電源	500W ~ 2 kW	12V、48V、56V	高變壓比；功率密度；效率>98%
LED路燈照明/一般LED 照明	50W ~ 600W	12V ~ 60V	功因>0.9；低輸出漣波；效率>92%
電競電腦電源	300W ~ 600W	19V、48V	80 plus 白金；功率密度；效率>92%
AC/DC 適配器	100W ~ 600W	12V ~ 48V	高性價比；高功率密度
運算單元電源	100W ~ 200W	1.8V、3.3V、5V	低雜訊；高頻率；>50A
LCD & LED TVs	50W ~ 150W	19V	高性價比；功因>0.9；效率>90%

另歸納 GaN 功率元件於電源適配器設計的技術瓶頸，如表2：

表2 GaN 功率元件於電源適配器設計技術瓶頸

應用	功率容量	電路架構	現行技術瓶頸
快速充電器、LED 照明	< 75W	ACF、HBF、LLC	切換頻率< 500 kHz
3C 電子適配器	75W ~ 300W	Boost PFC + LLC	無最佳性價之電路解決方案
電競電腦、工業電腦、住商設備電源	300W ~ 1kW	Interleaved BoostPFC + LLC	切換頻率< 200 kHz
伺服器、儲能系統、UPS、電動車充電器	> 1 kW	Bridgeless totem-pole	GaN可靠度與穩定度待驗證

GaN 功率開關元件應用於電壓應力在100V 和600V 之間的電源，搭配使用更小、更高效的驅動控制晶片，進而降低成本和碳排放。由於 GaN 功率元件的橫向結構能夠將功率 FET 與驅動、邏輯、保護、傳感和控制集成在一起，所以相對於 SiC 更適合應用於住商消費型的產品開發，例如快速充電器、無線充電、3C 電子產品的電源適配器以及照明電源等，產品應用分布如圖1。然而，目前除了 GaN 快速充電器已打入高端消費型市場，GaN 電源的可靠

度與成本在其他消費型產品的開發上，仍待明顯的突破，以求主導市場機制與技術主流。

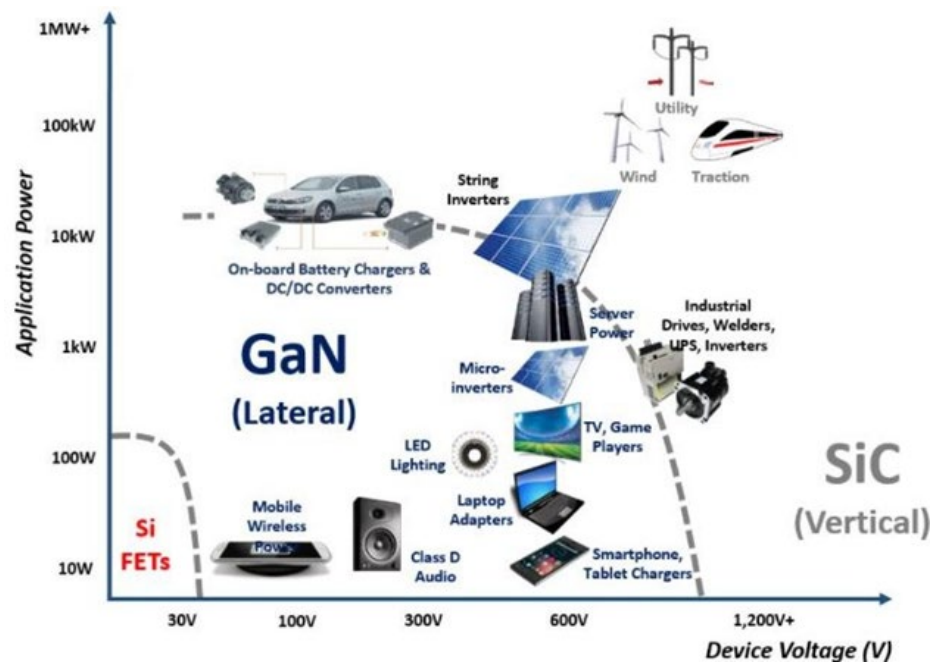


圖1 寬能隙功率元件(GaN、SiC)應用之產品型態與規格

參考文獻：

- [1] M. Makoschitz, K. Krischan, P. Bergmann, A. Díaz, and R. Brueniger, "Wide Band Gap Technology: Efficiency Potential and Application Readiness Map," 4E Power Electronic Conversion Technology Annex, May 2020, IEA 4E Publication.
- [2] M. Di Paolo Emilio, "Gallium Nitride and Silicon Carbide Devices and Technology," EE Times Europe, Power Electronics News, Aug. 2020.
- [3] G. Lakkas, "MOSFET power losses and how they affect power-supply efficiency," Texas Instruments, Analog Applications Journal, 2016.
- [4] L. Xue and J. Zhang, "Highly Efficient Secondary-Resonant Active Clamp Fly-back Converter," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 65, no. 2, pp. 1235-1243, Feb. 2018.
- [5] Y. Qiu and L. J. Lu, "High-power-density 400VDC-19VDC LLC solution with GaN HEMTs," 2018 1st Workshop on Wide Bandgap Power Devices and Applications in Asia (WiPDA Asia), 2018, pp. 66-72.
- [6] X. Zhang et al., "A GaN transistor-based 90W AC/DC adapter with a buck-PFC stage and an isolated Quasi-switched-capacitor DC/DC stage," 2014 *IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition - APEC 2014*, 2014, pp. 109-116.