

減輕車重 增強續航力

碳化矽帶動電動車效能新突破

電動車是淨零運輸的主流，要減碳還要兼顧續航力，碳化矽（SiC）技術成為焦點。工研院發展「車載碳化矽技術解決方案」，提升功率密度，有效減輕車輛重量，讓車輛更省電，延長電動車續航力，降低駕駛者的里程焦慮，期能在車輛電動化時代，延續臺灣車用零組件產業的競爭優勢。



「車載碳化矽技術解決方案」已導入本土元件製造、模組封裝及系統業者，有助於帶動臺灣碳化矽功率半導體產業發展。

撰文／賴宛靖

「全球電動車市場處於快速增長期，隨之而來的是充電需求，開始出現充電基礎設施不足、搶充電樁的現象；想解決駕駛們的里程焦慮，就須提高充電效率及減輕車重。」工研院電子與光電系統研究所組長張道智表示，電動車的電池模組、電動馬達及相關控制系統都很重，為安全承載電池與馬達，車體結構也需加強，一般電動車比燃油車重高出20%到50%，連帶影響續航力。」

碳化矽具高效率、高耐壓、高溫穩定性

碳化矽是種寬能隙化合物半導體材料，能在高電壓、高溫的操作環境下保持穩定，尤其適用於高功率轉換器等功率元件。碳化矽的熱導率是傳統矽基材料的2至3倍，散熱能力更佳，更能提升元件性能和可靠性。相比傳統以矽基半導體為主的功率元件，具備高效率、高耐壓、高溫穩定性等優勢，是電能轉換效率提升的關鍵。

張道智進一步解釋，「電動車的電池輸出的是直流電，而馬達使用的是交流電，傳統的絕緣閘極雙極性電晶體（IGBT）的轉換效率約為95%，損耗5%；碳化矽則可將轉換效率提升至97%，降低能量損耗，也減少對散熱裝置的需求，可減輕車重、提升續航力。」

碳化矽的優勢顯著，但其發展仍面臨挑戰。首先，其長晶較傳統矽晶體慢，且需在2,500°C的高溫環境下，大大提高製程複雜度與成本。再者，碳化矽晶體的生長過程中，難以即時觀察其缺陷，使得缺陷控制成為一大挑戰，也進一步推高碳化矽的價格。此外，市面上碳化矽可靠性數據相對有限，需要更多實際應用和測試來驗證其長期穩定性，也是目前業界未全面採用的主因。

減輕整車重量 延長續航力

工研院專注於電動車核心技術，特別是馬達驅動、車載充電和充電樁系統，開發完整的「車載碳化矽技術解決方案」，將碳化矽技術應用於高功率模組、馬達驅動器與車載充電系統中，打造更輕量且高效的「心臟」系統。數據顯示，將馬達驅動器從傳統的矽基元件轉換為碳化矽元件裝置後，體積可縮減50%以上，降低的車重直接回饋在省電，延長續航力、降低里程焦慮。



相比傳統以矽基半導體為主的功率元件，碳化矽具備高效率、高耐壓、高溫穩定性等優勢，是電能轉換效率提升的關鍵。

此外，工研院採用創新的散熱技術，將傳統的散熱鰭片設計改良為水浪狀流道結構，使散熱效率提升10%至20%。不僅減少散熱裝置的面積，還縮小馬達驅動器的體積，進一步優化車內空間，實現更有效的電控系統配置，機電整合後比傳統分散式系統又可再節省10%以上的電能消耗。碳化矽的高操作頻率，也使其在高達50kHz甚至上百kHz的情況下運行，遠超過矽基材料的20kHz，系統所需被動元件減少，使整體體積進一步縮小。

「然而，高頻操作也容易產生嚴重的電磁干擾、引發電磁相容性問題」，張道智指出，為應對這些挑戰，工研院在功率模組中加入感測元件與電磁干擾抑制元件，並使用燒結銅取代傳統的燒結銀，進一步降低成本，提升產品的可靠性，延長車載電力系統的使用壽命。

技術突圍助臺灣進軍國際

2023年，歐盟聯合多家一線（Tier 1）汽車製造商和二線（Tier 2）半導體公司，組成研發聯盟，致力於提升碳化矽功率半導體的可靠性與使用壽命，目標將電動車電力系統壽命從現有的5年延長至15年。工研院在元件與功率模組壽命預測技術上擁有豐富經驗，也獲邀參與該計畫，顯示臺灣的技術實力逐漸受到國際重視。

張道智強調，雖然臺灣在車用半導體的起步較晚，但在電動電力系統關鍵零組件上有一定的技術優勢。此外，許多關鍵技術仍掌握在英飛凌、意法半導體等國際大廠手中，但憑藉創新設計，臺灣正逐步突破這些限制。例如，工研院針對電動車行駛中的震動問題，設計出創新的彈片設計，有效減少功率模組內部的應力，提升其耐用性，這項技術已申請專利並獲得多家國際廠商的肯定。

碳化矽技術的突破，讓臺灣在電動車零組件領域實力大增，未來在全球電動車市場中將占有更重要地位。工研院的「車載碳化矽技術解決方案」不僅是臺灣技術力的展現，更有機會指引未來電動車技術發展的方向。■