



寬能隙新勢力： 從粉體到封裝的全鏈進化

技術主編：吳禹函 Y. H. Wu

現職：工研院(ITRI) 材料與化工研究所 先進陶瓷與無機半導體材料研究組 副組長

學歷：國立臺灣師範大學(NTNU) 化學系 碩士

專長：陶瓷材料、半導體材料、化學合成

隨著全球高科技產業的快速發展，半導體材料正面臨性能瓶頸與應用需求的雙重挑戰。第三代寬能隙化合物半導體材料，如碳化矽、氮化鎵、氮化鋁及氧化鎵，因具備高熱導率、高擊穿場強、高電子遷移率及耐高溫等優異特性，已成為新能源車、5G/6G通訊、工業電源及再生能源等關鍵領域的重要支撐技術。

在眾多材料中，碳化矽憑藉其在高壓功率器件與高頻元件中的優越性能，市場需求持續攀升。為滿足高品質單晶生長的需求，高純度碳化矽粉體的製備與穩定量產成為核心關鍵，單晶品質與原料純度呈高度線性相關，粉體粒徑分布與物相穩定性更會直接影響缺陷密度，因此高純度、低缺陷且物性穩定的粉體開發已成為全球研究焦點。

化合物半導體晶體生長技術可分為體積生長與薄膜磊晶兩大類。在本專題中將會介紹布里奇曼法、梯度凝固法、柴可拉斯基法、PVT法、助熔劑法與行進加熱器法；薄膜磊晶技術包括液相磊晶、化學氣相運輸、化學氣相沉積及分子束磊晶。各種方法皆需精確控制化學計量、溫度場與冷卻速率，以提升晶體完整性與抑制缺陷形成。

隨著材料性能的提升，檢測技術的重要性亦日益凸顯。化合物半導體製程中，從原料到成品，每一環節的物理、化學與電性參數都可能影響最終性能。現代檢測技術涵蓋成分分析、結構分析、缺陷檢測及可靠性驗證等，全球研究機構特別針對寬能隙半導體材料持續開發更高靈敏度的檢測方案，以支撐大尺寸、低缺陷晶體的量產需求。

另一方面，化合物半導體元件的效能不僅取決於材料本身，還受封裝技術的影響。功率模組在高功率、高頻下運作會產生大量熱量，若熱管理不足將造成效能衰退甚至失效。而液態封裝材料因其良好的流動性與熱傳導性，在化合物半導體功率模組中展現出優勢，有助於減少熱阻、提升系統可靠性，並可滿足電動車、5G基地台、穿戴式裝置等對高效散熱的需求。

在基板技術方面，絕緣金屬基板(IMS)因兼具高導熱與絕緣性能，成為中高功率模組的理想選擇，特別是在車用充電器、射頻功放及再生能源系統中展現廣泛應用潛力。與陶瓷基板相比，IMS在導熱效率與成本上更具有競爭力，使IMS在化合物半導體功率模組中兼顧高效散熱與加工整合性，為國內外產業提供具競爭力的材料解決方案。

綜合以上，本專題探討包含了：高純度原料製備、晶體生長、高解析檢測、高可靠封裝、高效導熱基板的完整產業鏈。隨著市場對高頻、高功率、高溫元件需求的擴大，化合物半導體產業的技術深度與廣度將持續拓展，並在新能源、通訊、工業控制及國防航太等領域展現更強的影響力。🔗