

寬能隙製程難度高、層層都珍貴！

「非破壞式檢測」受青睞

本文作者：COMPOTECH ASIA 任苙萍 2023-02-14 14:12

前言：

由陽明交通大學和國科會主辦、國際半導體產業協會 (SEMI) 及筑波科技 (ACE Solution) 協辦的「化合物半導體產業交流研討會」，針對第三類半導體——碳化矽 (SiC)、氮化鎵 (GaN) 等寬能隙 (WBG) 的前景與測試有精闢論述。



照片人物 (左起)：盛新材料科技虞邦英、鴻海研究院半導體研究所組長蕭逸楷、陽明交大光電工程研究所教授郭浩中、筑波科技董事長許深福、GaN Systems 副總經理莊淵棋、磊拓科技總經理李文中、筑波科技業務專案經理謝易錚、SEMI 資深經理呂玉文

SiC 當今市況&產業挑戰

主辦方代表陽明交大光電工程研究所教授郭浩中揭示，牽引逆變器 (Traction Inverter)、汽車板載充電 (OBC)、DC/DC 轉換器三大領域，正積極從絕緣柵雙極電晶體 (IGBT) 轉向 SiC，尤其 OBC 主流已是 SiC 的天下。GaN Systems 副總經理莊淵棋認為，受到數位經濟、電子化與節能需求帶動，寬能隙半導體將是大勢所趨。以汽車板載充電為例，當操作頻率從原有 50 ~ 60kHz 提升至 100kHz，SiC 在開關損耗 (Switching Loss) 和電力傳導損耗 (Power Conduction Loss) 之於原有矽基元件，明顯佔上風。

鴻海研究院半導體研究所組長蕭逸楷就製程成本觀點拆解，晶圓部分就佔了四到五成，

電子儀器/WLAN測試整合專家



筑波科技股份有限公司
ACE. Solution Co., Ltd.

台灣: +886-3-5525633#3801 / 3800
蘇州: +86-512-89188620
深圳: +86-755-29351095

www.acesolution.com.tw / service@acesolution.com.tw



微信



其中，又有 45% 皆花費在基板 (Substrate)，且源於長晶、製造或封裝過程的缺陷，致使良率常不到 30%；再往下到模組，依然還可能產生良率損失。他統整目前 SiC 產業面臨的挑戰有：長晶環境嚴苛、關鍵材料掌握在國外大廠手上、需要高速檢測及缺陷演算分析輔助——因為一旦上游晶圓產生缺陷，會一路轉移到下游模組且形式多樣，將嚴重衝擊最終元器件的效能表現。

盛新材料科技虞邦英表示，SiC 長晶時間十分漫長，一是由於碳化矽非天然原料，須經由合成獲得；二是可能產生逾 200 種晶態，如何從中取出最適用的 4H-SiC，難度極高；三是它屬於氣相生長，由基板磊晶 (Epitaxy) 一層一層堆疊而成，但每層磊晶厚度只有 0.2~100 μm ，要生長到 20,000 μm 的每片晶圓目標值，其間變數甚多。她指出，自有專利、熱場模擬、實作數據庫是長晶致勝三寶；至於「擴晶」，又是另一門學問。這些，亟需仰賴「非破壞式檢測」相助。

材料影響大、製程缺陷多！太赫茲 & 高壓檢測成必備法寶

研討會主持人磊拓科技總經理李文中統整，SiC 原子差距大，製程控制相較於傳統矽基元件難得多。其中，材料品質影響甚鉅，而目前對缺陷 (defect) 的認識還在逐步探索中，此時，檢測、分析工具相對重要。有鑑於此，非接觸、非破壞性量測就顯得至關重要。筑波科技副總經理陳治誠透露，目前光學只能檢測 10 μm 的深度，只能磨掉一點表面或切片才能繼續往下檢測瑕疵；但太赫茲 (Terahertz, THz) 探測能利用穿透、反射，在不損耗生成不易之晶圓的情況下取得影像掃描原始資料，並進一步做時域訊號波比較、晶圓厚度分佈以及結構特性等數據分析。

筑波科技業務專案經理謝易錚說明，寬能隙半導體已快速滲透消費電子電源充電器、車用板載充電、工業 / 不斷電系統 (UPS)、大功率電力系統等範疇。其中，電動車載應用更是備受矚目。筑波與美商泰瑞達 (Teradyne) 合作推廣的 Eagle Test System (ETS) 測試整合方案涵蓋電池管理系統、DC/DC 轉換器、分離式 MOSFET/IGBT 元件或模組，有三大系列：針對低腳數元件測試的 ETS-88、面向高腳數數位及混合訊號應用的 ETS-364，以及對應更高電壓或高電流、通道數和吞吐量，具有全功能測試範圍並提供汽車級測試的 ETS-800。

ETS 軟體另有兩個獨到之處，可大幅縮短測試時間：一是可針對用戶不同電壓、電流等任務測項提供一個整合式的測試型態，可減少測試機台與待測物之間往返；二是可提供更長的時間軸，方便優化測試程序。筑波租賃營運副總黃瑞堅表示，除了基礎儀器外，還需要一些能量測高電壓半導體的特殊設備支援。但這些設備所費不貲，每台動輒數千萬台幣起跳，景氣波動劇烈時對廠商是不小的負擔；此時，租賃或租轉買就成了變通的替代選項。好處包括：只需按期均列費用，無須承擔一筆龐大支出的財務壓力，也不必



筑波科技股份有限公司
ACE Solution Co., Ltd.

電子儀器/WLAN測試整合專家

台灣: +886-3-5525633#3801 / 3800
蘇州: +86-512-89188620
深圳: +86-755-29351095

www.acesolution.com.tw / service@acesolution.com.tw



認列成資產而須攤提折舊，有損每股盈餘。

SiC 效能存在操作頻率上限！ GaN 長遠更具潛力

值得注意的是，就遠景而言，GaN Systems 更看好 GaN 的未來。莊淵棋直言，當操作頻率來到 120 ~ 150kHz 時，SiC 效能將出現停滯，開始顯得力有未殆；當挺進 150kHz 以上，則只有 GaN 能勝任，依舊可維持非常小的開關損耗。未來板載充電操作頻率將繼續上看 200kHz、500kHz，若加計電感、電容等被動元件成本，從系統層級來看，SiC 的整體物料清單成本 (BOM Cost) 將極為可觀，屆時 GaN 可望脫穎而出。他補充，現行 OBC 是 6kW 為主，未來將以 11kW、甚至是 22kW 為主，為了縮小變壓器尺寸，最好的方式就是拉高操作頻率。

其次，若不考慮開關損耗問題，牽引逆變器的 50 ~ 60kHz 操作頻率用來因應 250km/h 時速，已綽綽有餘；但實際狀況是：日常駕駛汽車多是間歇性地踩油門，由此所產生的開關損耗極大。「這個踩放過程可能佔據 99% 行駛時間，GaN 優勢將再下一城。若考慮到行駛場景，主打城市遊走的小汽車，將來可能傾向採用 GaN」，莊淵棋說。就他了解，目前承接汽車動力模組的外包廠，已開始雙軌並行發展 SiC 與 GaN。再就 DC/DC 轉換器論斷，SiC 在 600V 以下並無利基，而 GaN 在超過 1200V 以上亦無機會；重點在於：不同應用場域，材料選擇亦不同。

一般來說，傳統汽車電源是採「功率因數校正控制器 + 諧振控制器」(PFC + LLC) 兩階架構，若電池是 800V、但 DC/DC 轉換器是 650V 時又該如何？改架構或許是最佳解。莊淵棋解釋，將原有兩階架構改成三階，可改善壓降和電磁干擾 (EMI) 問題。雖然須多出一組電晶體、控制器和驅動器的成本，但整體 BOM Cost 仍具吸引力。最後，寬能隙可為用電量驚人的資料中心大幅降低 10% 能量損耗，進而降低營運成本。歐盟已明令將資料中心轉換效率從 94% 拉高到 96%，業者只有採改 GaN 才能達標，若考慮到功率密度更是如此，且能省下更多機架空間。

電子儀器/WLAN測試整合專家



筑波科技股份有限公司
ACE. Solution Co., Ltd.

台灣: +886-3-5525633#3801 / 3800
蘇州: +86-512-89188620
深圳: +86-755-29351095

www.acesolution.com.tw / service@acesolution.com.tw

