



碳化矽晶圓複合加工技術

Hybrid Machining Technology of Silicon Carbide Wafer

¹丁嘉仁 / ²翁志強 / ¹劉俊葳

¹工研院機械所 先進製造核心技術組 光學系統技術部

²工研院機械所 先進製造核心技術組 電漿系統計數部

摘要：碳化矽雖具有優異材料物理特性，目前為繼矽晶圓材料之後，被注目看好之替代材料。但其材料堅硬(達莫氏硬度 9.25~9.5)加工耗時成為產能上之瓶頸，導致成本居高不下。本研究以大氣電漿改質軟化輔助拋光之技術，結合化學機械拋光製程，整合開發創新碳化矽晶圓複合拋光技術，達到加速 4 吋碳化矽晶圓拋光製程之移除效率，並提升基板之表面拋光品質。

Abstract : Silicon carbide (SiC) is considered as a replacement material for Si semiconductor due to its superior physical properties in electronics industry. As the Mohs scale of mineral hardness of SiC material is about 9.25~9.5, which is obviously harder than silicon, the machining and polishing of SiC are more time consuming than that of silicon. Therefore the high process cost issue of SiC wafer is a key problem to tackle. In this study, we investigate the atmospheric plasma assisted surface softening technology, combined with the chemical mechanical planarization (CMP) process to polish 4 inch SiC wafers. Therefore, the material removal rate and surface quality are enhanced in wafer polishing process.

關鍵詞：碳化矽晶圓、拋光、複合加工、大氣電漿改質

Keywords : Silicon Carbide Wafer, Polishing, Hybrid Machining, Atmospheric Plasma (AP) Treatment

前言

目前全球 40% 能量被使用為電能而消耗，其電能轉換最大耗散是半導體功率元件。曾經的「中流砥柱」Si 功率元件已漸趨其材料發展的極限，難以滿足當今社會發展對於高頻、高溫、高功率、高能效、耐惡劣環境以及輕便小型化的新需求。碳化矽 (SiC) 因其寬能帶隙、優異的導熱性和良好的化學穩定性，適合做為高功率以及高溫的半導體元件。以碳化矽等為代表的第三代半導體材料，將被廣泛應

用於光電子元件、電力電子元件等領域，以其優異的半導體性能在各個現代工業領域都將發揮重要革新作用，應用前景和市場潛力巨大。

在 LED 半導體照明領域，碳化矽技術同樣發揮了重要影響和引領作用。以碳化矽為襯底，有效地解決了襯底材料與氮化鎵 (GaN) 的晶格匹配度問題，減少了缺陷和位錯，更高的電光轉換效率從根本上帶來更多的出光和更少的散熱。高密度級 LED 技術可實現尺寸更小、性能更高、設計更具靈活性



的 LED 照明系統，經過優化設計的光轉換系統可實現最佳散熱性能和光學性能，並且使得系統層面的光學、電學、熱學、機械學成本大幅降低。

2014 年美國總統歐巴馬親自主導成立了以碳化矽為代表的第三代寬禁帶半導體產業聯盟。這一舉措的背後，是美國對以碳化矽半導體為代表的第三代寬禁帶半導體產業的強力支持。據瞭解，這個產業目前已經獲得美國聯邦和地方政府總計 1.4 億美元的合力支持。而早在 2013 年日本政府就將碳化矽納入「首相戰略」，認為未來 50% 的節能要通過它來實現，創造清潔能源的新時代。

碳化矽晶圓雖具有優異材料特性，但由於碳化矽為莫氏硬度 9.25~9.5 (僅次於鑽石) 之超硬材料，如在最末段拋光加工製程仍需移除材料 1~2 μm 之深度，以傳統 CMP 拋光碳化矽晶圓需耗時約數十小時，因此加工耗時成為產能上之瓶頸，導致成本居高不下，約占晶圓售價約一半之加工成本，因此國內外均致力提升大尺寸(直徑 ≥ 4 吋)碳化矽晶圓之加工效率。

目前業界之碳化矽晶圓加工前製程，主要採用研磨(lapping)的方式，此種方式會導致表面有微細的刮痕進而造成元件效率低落，另有廠商採取輪磨

(grinding)進行粗磨或粗拋，但仍有效率低與表面粗糙度不佳等缺點，因此粗加工後需以化學機械拋光(chemical mechanical polishing, CMP)製程進行碳化矽晶圓精拋處理[1]，如圖 1 所示。另有文獻[2]發表改良式化學機械拋光製程，混合膠態二氧化矽及奈米鑽石磨料以提升材料移除速率。除此之外也採用二氧化鈦(TiO_2)及氧化銻(CeO_2)做為研磨液，不僅提升了移除速率也可同時維持表面的粗糙度品質[3]。日本大阪大學[4]則利用水氣大氣電漿進行碳化矽表面氧化之輔助式拋光製程。然而，上述這些針對碳化矽晶圓加工製程的材料移除率(material removal rate, MRR)相當地低，傳統材料移除率 $<0.2 \mu\text{m}/\text{h}$ ，以 4 吋碳化矽晶圓的拋光製程需耗時 ≥ 10 小時，導致產能無法有效提升且加工成本居高不下。

為有效提升碳化矽晶圓加工之材料移除率，本技術利用電漿輔助拋光技術，即運用一種電漿氧化、蝕刻的程序，藉由電漿激發時所產生的具高活性的反應性物種，與處理物表面原有的組成結構作用後，使表面產生不穩定的鍵結結構，用以促進拋光加工製程的移除率。本研究目的即在於以新型複合加工技術改良傳統輪磨與拋光設備加工材料移除效率不佳之瓶頸，期能有效縮短加工時間，提昇

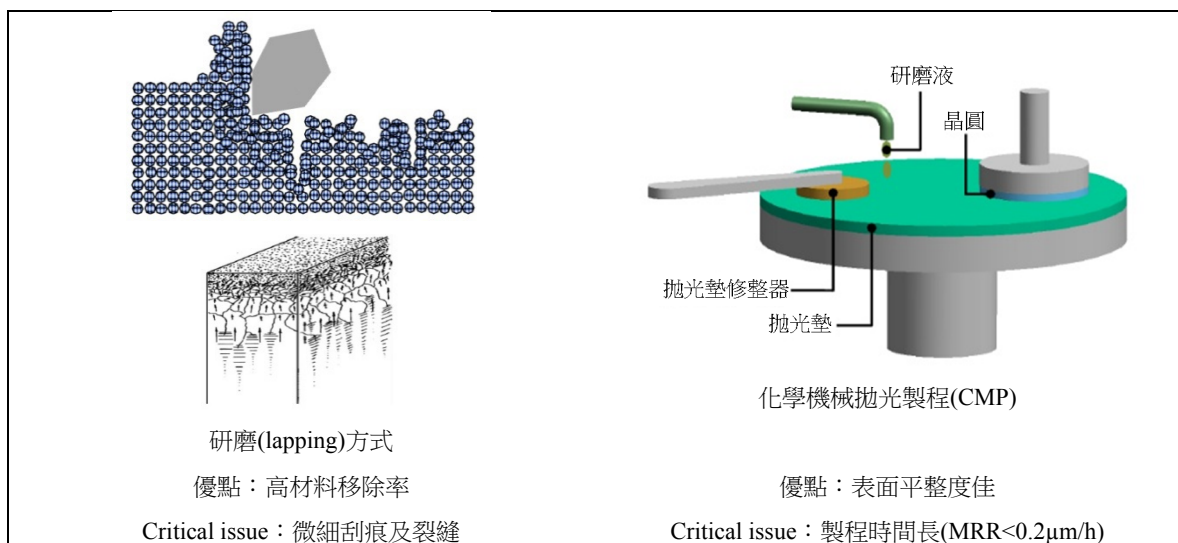


圖 1 既有技藝之優缺點

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】414期・106年9月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw