

研 究 主 論 文 抄 録

論文題目 紫外光を用いた先進的研磨法の実用化に関する研究

熊本大学大学院自然科学研究科 産業創造工学専攻先端機械システム講座
(主任指導 峠 睦 教授)

論文提出者 坂本 武司

主論文要旨

東日本大震災以後、電力エネルギーの有効利用が強く求められている。これまで原子力発電に頼っていた発電を、風力発電や太陽光発電などの自然エネルギーによる発電に転換することを考えた場合、電力を消費する端末装置の効率だけではなく、電力ネットワーク自体の変換効率、送電効率を向上させ、制御するスマートグリッド化が必要である。スマートグリッド化の実現には高性能なパワー半導体が不可欠であるが、従来の Si 半導体では性能限界が見えており、大きなバンドギャップを有する SiC およびダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体が次世代パワー半導体材料として期待されている。しかし、SiC やダイヤモンドは、非常に硬く、化学的にも安定していることから、加工が困難な材料であることが知られている。しかも、従来の方法で研磨された基板表面上には研磨痕や加工変質層が残留し、エピタキシャル成長用基板として十分な精度の表面を得ることが難しい。加工表面上にダメージの残らない、高能率、高精度な最終研磨プロセスの開発が、ワイドギャップ半導体基板の実現のために求められている。さらに、ダイヤモンドはその硬さを利用した金型や工具として広く利用されている。人工単結晶ダイヤモンドは硬さと稜線の鋭利さを利用して超精密切削加工工具として使用されている。多結晶ダイヤモンド(PCD)およびCVDダイヤモンドは、非鉄金属の切削工具や金型用耐摩耗材として注目されている。しかし、ダイヤモンド工具の刃先の鋭利化やノーズ R の曲面の研磨、砥粒の突出し高さを調整することは、非常に困難である。もし、ダイヤモンド工具に対して、精密で微細な研磨プロセスを開発することができれば、長寿命、高精度な工具となり、限られた電力エネルギーで高品位なものを製造することも可能となる。

本研究では、紫外光を用いた先進的な研磨法（以下 UV アシスト研磨と記載）の実用化に関する研究を行った。研磨が必要な製品に対して UV アシスト研磨を施すことができる研磨装置を開発し、研磨した製品が実際の使用に必要な性能を満たしていることを性能評価で確認した。本研究により、UV アシスト研磨が実用的な技術となる見通しを得た。

本論文の構成は、全 6 章より構成されている。

第 1 章「緒言」では、研究の背景、既往の研究、本研究の目的、本論文の構成について論述した。

第 2 章「UV アシスト研磨のメカニズムの検証」では、UV アシスト研磨のメカニズムを検討し、SiC 基板、ダイヤモンド基板、それぞれの材料に対する UV アシスト研磨のメカニズムを検証する実験を行った。その結果、UV を SiC 基板に照射することで酸化膜が生成すること、その酸化膜は熱酸化で生成されたものではないことがわかった。SiC 基板、ダイヤモンド基板どちらも、酸素 100%の研磨雰囲気における研磨レートが一番高いことがわかった。ダイヤモンド基板と石英の高速摩擦によりトライボマイクロプラズマが発生する研磨モデルを提案し、研磨中の発行現象のスペクトル解析により提案した研磨モデルの正当性を確認した。

第 3 章「SiC 基板の超平滑研磨技術」では、2 インチサイズ以上の大口径 SiC 基板に対する UV アシスト研磨について検討した。ダイヤモンドラッピングを前加工とした基板に対して、 $\phi 350\text{mm}$ の大口径合成石英工具による 2 インチサイズの 4H-SiC 基板(0001)Si 面に対する UV アシスト研磨を 15hr 行い、 $Ra:0.18\text{nm}$, $Rz:1.92\text{nm}$ (測定範囲： $72\mu\text{m}\times 54\mu\text{m}$)の非常に平滑な研磨面が基板全面において得られた。削除率は 256nm/hr であった。さらに $\phi 50\text{mm}$ 肉厚 10mm の管状石英工具を用いた 4 インチサイズ SiC 基板全面の UV アシスト研磨を 6hr 行い、 $Ra:0.23\text{nm}$, $Rz:2.64\text{nm}$ (測定範囲： $72\mu\text{m}\times 54\mu\text{m}$)の非常に平滑な研磨面が得られた。基板全体でもほぼ $0.2\sim 0.5\text{nmRa}$ 以下の平滑な研磨面であった。基板全面の面粗さの分布はすこしばらつきが確認されたが、前加工面よりも基板全体で面粗さの改善が認められ、平坦性は $1\mu\text{m}$ 以下であった。

第 4 章「ダイヤモンドウェハの超平滑研磨技術」では、産総研で開発が行われているデバイス用ダイヤモンドウェハの UV アシスト研磨について検討した。大きなダイヤモンドウェハに対しても欠陥などを導入することなく超平滑、超平坦な研磨が可能であることを確認した。

第 5 章「ダイヤモンド工具の高度化加工」では、実際に切削が可能な PCD エンドミルや CVD ダイヤモンド膜付チップの鋭利化、ダイヤモンド砥粒整列砥石の UV ツルージングを行い、その性能評価を行った。

最後に第 6 章には、本論文の研究結果を総括してまとめた。