

氏名 山口 桂司

(※論文提出者の氏名を記入)

主論文審査の要旨

《本文》

本学位論文では、次世代パワーデバイス材料およびダイヤモンド関連材料の基板を無ひずみ平坦化鏡面加工することを研究目的とし、紫外光支援加工による超精密加工技術を開発した結果について報告したものである。

取り上げた材料は次世代パワーデバイス材料として単結晶炭化ケイ素 (SiC) および単結晶ダイヤモンド、ダイヤモンド関連材料として焼結ダイヤモンド (PCD) および CVD ダイヤモンド膜である。これらの材料は非常に硬く、加工には多大の時間を要する。このため、加工表面上にダメージのない超平坦基板表面を高エネルギー・高精度に作製可能な新しい加工プロセスの開発が求められている。本学位論文では、半導体基板材料への紫外光照射による光化学反応を応用した新しい超精密加工技術 (紫外光支援研磨) を開発している。取り扱ったすべての材料は、開発した紫外光支援研磨によりサブナノメートルの鏡面が得られており、極表面近傍の結晶の乱れや加工ひずみは発生していないことを明確に示している。また、紫外光支援研磨における加工メカニズムも十分に考察しており、炭化ケイ素では加工により発生した酸化層を定盤上に形成した微細な溝構造保持させた酸化セリウム粒子により効率よく除去し、ダイヤモンドでは CO あるいは CO₂ として除去することが示されている。これらの成果は次世代パワーデバイス材料である炭化ケイ素、ダイヤモンド基板、PCD および CVD ダイヤモンド膜の超精密加工技術として産業技術に貢献し、工学的価値が高いと考えられる。

本論文は、6章より構成されている。

第1章は緒論で、関連分野の現状ならびに本研究の目的並びに論文の構成について論述している。

第2章では、本研究で開発した単結晶 SiC 基板の前加工技術について論述している。次章で述べる紫外光支援研磨は SiC の鏡面加工に有効であるが、加工エネルギーが低いため長時間の加工を要する。その前加工として、GC 砥粒によるラッピングおよびダイヤモンドホイールによる定圧研削の加工法を検討し、最終的にメタルボンド#200 ダイヤモンドホイールによる定圧研削を適用することで、延性モード研削が可能であり、高精度研削面を高エネルギーに得ることに成功している。

第3章では、紫外光支援研磨による単結晶 SiC 基板の超平滑鏡面加工について論述している。紫外光による酸化作用を促進させることを目的として4種類の粒子を導入し、削除率および研磨面性状の比較を行ったところ、酸化セリウムを導入した際がもっともエネルギーが高く、研磨面性状も非常に平滑な超平滑面となったことを明らかにしている。これは SiC の酸化物がガラスと同じ成分 (SiO₂) であるため、光化学反応によって生じた酸化膜を、ガラスの研磨剤である酸化セリウムが効率的に除去したためと結論づけている。

第4章では、単結晶ダイヤモンドについて論述している。物質中最高の硬度を有する単

結晶ダイヤモンドにおいても、表面原子構造にも乱れのない、表面粗さ 0.5 nmRa 以下の超精密研磨面が得られることを明らかにしている。

第 5 章では、CVD ダイヤモンドおよび PCD (焼結ダイヤモンド) の紫外光支援研磨加工について論述している。CVD ダイヤモンドについては、削除率および研磨面性状の両観点から、加工における機械的要因を可能な限り小さくすることで、材料除去の紫外光による化学的要因の占める割合が大きくなり、研磨面性状が向上するという仮説を実証している。PCD についてはダイヤモンド粒径 0.5 μm 、2 μm 、25 μm の 3 種類の PCD に対して検討し、コバルト部分が優先的に除去され、ダイヤモンド粒子間にくぼみが生じるものの、高精度な研磨面が得られたことを示している。

第 6 章は本研究の結論であり、各章の内容をもとに本論文を総括するとともに今後の展開について記述している。

以上の通り、次世代パワーデバイス材料およびダイヤモンド関連材料を紫外光支援研磨により鏡面研磨する産業的に有用な超精密加工技術を確立している。以上の成果は、審査付き国内学術誌に第一著者として 2 編 (内 1 編は掲載決定)、国際誌 1 編、国際会議プロシーディングスに 2 編などの論文として公表済みである。国際会議での発表経験も 2 回あり、英語の能力も高い。さらに、本論文の内容について口頭試問を行ったところ、満足な回答が得られた。以上より、本審査委員会は、本論文が学位を授与すべき十分な学術的・工学的内容を有しているものと判断した。

【学位審査報告書の 3、論文審査の結果の要旨のみを記入】

本審査委員会は、学位論文提出者に対して論文の内容および関連分野全般に関する事項について総理解力試験を行った。その結果、論文提出者は本論文内容ならびに関連分野に関して、学位授与に値する十分な知識と理解力を有していると判断した。

以上の結果の基づき、最終試験の結果は合格と判断した。

審査委員	産業創造工学専攻先端機械システム講座担当教授	峠 睦
審査委員	産業創造工学専攻先端機械システム講座担当教授	中西 義孝
審査委員	産業創造工学専攻機械知能システム講座担当教授	外本 和幸
審査協力者	産業創造工学専攻先端機械システム講座担当教授	久保田 章亀

(審査委員は全員記入)