

大口徑化に対応した SiC 基板の紫外光支援研磨に関する研究

坂本武司*, 稲木匠*, 小田和明*, 峠 睦*

Study on ultraviolet-ray assisted polishing of SiC substrate corresponding to large-diameter

Takeshi SAKAMOTO, Takumi INAKI, Kazuaki ODA, Mutsumi TOUGE

Key words : SiC, ultraprecision machining, ultraviolet-ray irradiation, XPS

1. 緒言

シリコンカーバイド (SiC) 基板はその優れた特性から次世代パワーデバイス半導体への応用が期待されている。しかし、SiC は、ダイヤモンド、cBN に次ぐ硬度を有し、熱的、化学的にも安定であるため、加工がきわめて困難な材料である。SiC パワーデバイスを普及させるためには、大口徑 SiC 基板に対する高効率で超高精度な新しい加工プロセスが求められている。このような中、われわれは単結晶 SiC 基板や単結晶ダイヤモンド基板などの高硬度材料に対する鏡面加工技術として紫外光を援用した超精密研磨技術 (以下、UV アシスト研磨) を開発し、2 インチサイズの SiC ウェハの表面をサブナノメートル・オーダに研磨することに成功している¹⁾⁻³⁾。本報告では、UV アシスト研磨のメカニズムを裏付けるために行った XPS による生成酸化膜の計測と、大口徑基板に対応するために開発した石英管工具を用いた UV アシスト研磨とその研磨特性について報告する。

2. UV アシスト研磨のメカニズム

SiC 基板表面にダメージを与えることなく、原子レベルで平滑な表面を高効率に得るためには、機械的除去作用のみによる加工では不可能であり、何らかの化学的作用を効果的に適用する必要がある。われわれが開発した UV アシスト研磨は、被加工物表面上に紫外光を照射することで被加工物表面を酸化させ、その酸化された領域を石英工具と CeO₂ 砥粒で効率的に除去することにより研磨が進行すると考えられる。図 1 に UV アシスト研磨のメカニズムを示す。

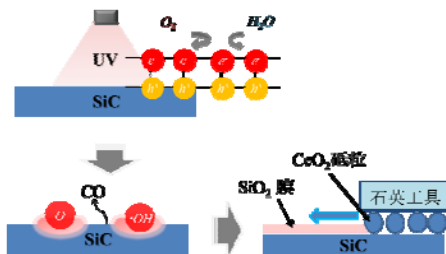


図 1 UV アシスト研磨のメカニズム

3. 紫外光照射による酸化膜生成の確認

紫外光を照射することによって SiC 基板 Si 面および C 面に酸化膜 (SiO₂) が生成されることを確認するため、SiC 基板に対する紫外光の照射実験および XPS による計測を行った。SiC 基板にダイヤモンドラッピングを施し薬液洗浄を行った後、表 1 に示した条件で紫外光を照射した。SiC 基板表面の酸化膜の有無は XPS 計測により確認した。酸化膜の存在を確認した後、イオンエッチングを行いながら深さ方法に XPS 計測を行い、酸化膜が確認されなくなるまでの深さを求めた。

図 2 に紫外光の照射時間と SiC 基板表面に生成した酸化膜の厚さの関係を示す。生成された酸化膜の厚さは紫外光の照射時間の増加と共に増加するが、増加の割合は緩やかになり、30min 照射しても数 nm 程度の厚みであった。また、一般に活性が強いと言われている C 面は Si 面に比べて同じ照射条件において酸化膜が厚いことが確認できた。酸化膜の生成レートは UV アシスト研磨の研磨レートと比較すると非常に小さい。実際の UV アシスト研磨においては、研磨領域に紫外光が照射されることで、光化学反応と機械的除去作用が同時に起こっていると考えられる。

表 1 UV 照射条件

| 基板 | 4H-SiC 4°off (Si 面, C 面) |
|--------------|------------------------------------|
| UV 光源 | Deep UV ランプ |
| UV 波長 | 200-400 nm |
| UV 照度 (実測値) | 8500 mW/cm ² (波長 365nm) |
| 雰囲気 | 大気 |
| 集光レンズからの照射距離 | 10 mm |
| 照射時間 | 0 min, 5min, 10min, 30 min |

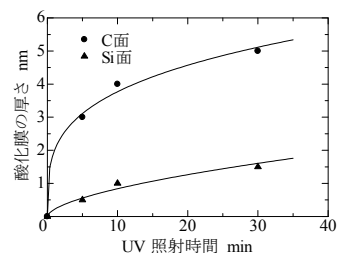


図 2 UV 照射により SiC 基板表面に生成した酸化膜の厚さ

* 熊本大学: 〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪2-39-1
Kumamoto University

4. 石英管を工具とした UV アシスト研磨

UVアシスト研磨を大口径基板にも対応した技術とするため、石英管工具を用いた研磨方法を開発した。本プロセスの模式図を図3に示す。工具を石英管としたことにより、研磨を行うSiC基板の面積に対して工具と接触する面積を小さくすることが可能で、単位面積当たりの研磨抵抗が大きくなって基板と工具に負荷をかけることなく安定した研磨をすることができる。また、石英管の全周囲から紫外光を研磨面に照射することができる。石英工具ホルダの中心部は空洞になっており、様々なガスを石英管の内側に一定圧力で封入し加工部の雰囲気を提供することが可能である。

研磨実験の画像を図4に示す。工作物であるSiC基板は、予めダイヤモンドラッピングを施した後、基板ホルダに固定した。石英管工具の下端面には酸化膜の除去効率を向上させるためCeO₂粒子を塗布した。外径φ25mm、肉厚2.5mmの石英管をOリングの付いた石英工具ホルダに取り付け、一定の荷重でSiC基板に押し付けた。SiC基板と石英管を任意の回転数で回転させることにより研磨を行った。石英管の側面からSiC基板の加工面に向けて紫外光を照射した。石英管の内側にはO₂ガスを封入し、研磨領域をO₂-rich状態にした。表2にUVアシスト研磨の実験条件を示す。研磨実験前後のSiC基板表面の面粗さをZygoにより計測した。

図5にUVアシスト研磨実験前後のSiC基板表面のZygo像を示す。前加工後の基板表面は、ダイヤモンド砥粒によるスクラッチが確認できるのに対して、UVアシスト研磨後の基板表面は薄い文目状の研磨痕は確認できるが、スクラッチは見られない。表面粗さもRa: 0.40nmからRa: 0.17nmに改善されており、非常に平滑な研磨面にすることができた。良好な研磨面を得るまでに8hrの研磨時間を要したが、研磨条件の改善により短縮することは可能であると考えている。

5. 結言

SiC基板に紫外光を照射することにより酸化膜が生成されることがXPS計測により確認された。工具に石英管を用いたUVアシスト研磨は、雰囲気制御も含めた良好な研磨条件を作ることが可能であり、今後予想される大口径基板の研磨に対しても有効であることがわかった。今後、4インチサイズのSiC基板に対しても研磨を行う予定である。

謝辞

本研究のXPSを用いた計測は、鹿児島大学 機器分析施設 久保臣悟氏にご協力をいただいた。ここに記して感謝申し上げます。

6. 参考文献

- 坂本他, 紫外光支援加工による2インチ単結晶SiCウェハの研磨特性, 精密工学会春季大会学術講演会講演論文集, (2012) CD-ROM, p.1167-1168.
- T. Sakamoto, M Touge, A Kubota, Polishing characteristics of 4H-SiC wafer in ultraviolet-ray irradiation assisted polishing, Proceedings of the Tenth International Conference on Progress of Machining Technology, (2012) p.85-88.
- 坂本他, 2インチSiC基板の紫外光支援研磨に関する研究, 砥粒加工学会誌, 57(2013).

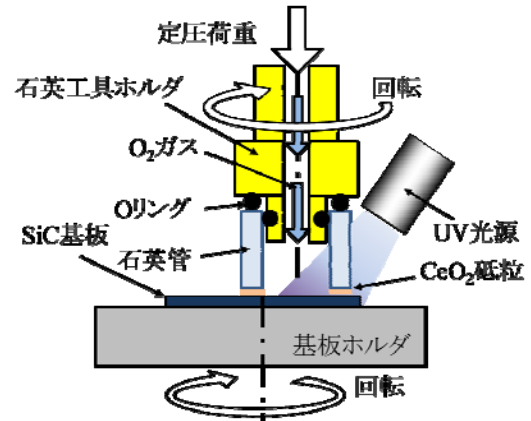


図3 石英管を工具とした UV アシスト研磨の模式図

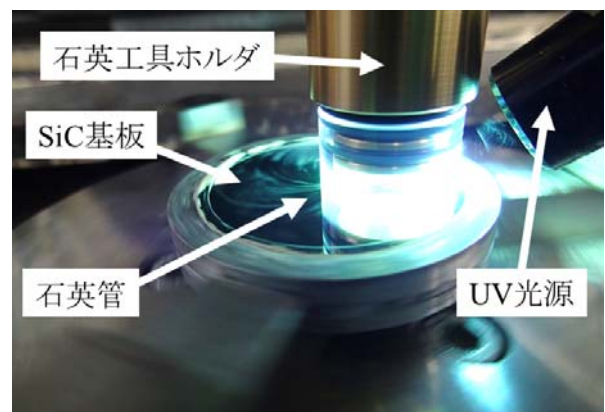
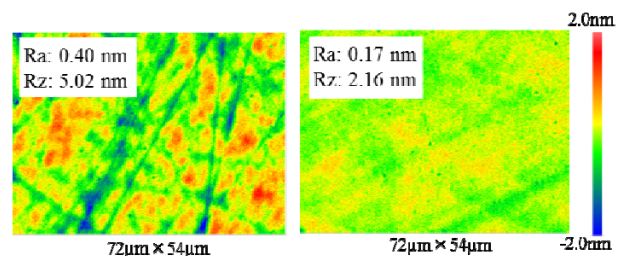


図4 UV アシスト研磨実験の画像

表2 UV アシスト研磨実験条件

| 基板 | | 4H-SiC 4°off (0001)2inch wafer |
|------------|--------|------------------------------------|
| 研磨圧力 | | 100 kPa |
| 回転数 | SiC 基板 | 60 rpm |
| | 石英管 | 1000 rpm |
| UV 光源 | | Deep UV ランプ |
| UV 波長 | | 200-400 nm |
| UV 照度(測定値) | | 8500 mW/cm ² (波長 365nm) |
| 研磨時間 | | 8 hr |



(a)前加工後 (b)UV アシスト研磨後

図5 UV アシスト研磨前後の SiC 基板表面の Zygo 像