Osaka University Knowledge Archive

| | |
|---|---|
| Title | 触媒表面を基準面とする化学研磨法による4H-SiC基板の高精度平坦化加工に関する研究 |
| Author(s) | 岡本, 武志 |
| Citation | 大阪大学, 2012, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/59158 |
| rights | |
| Note | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【94】

| | |
|---|---|
| 氏　　名 | 岡　本　武　志（おかもと たけし） |
| 博士の専攻分野の名称 | 博　士（工学） |
| 学　位　記　番　号 | 第　２５４８５　号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平成 24 年 3 月 22 日 |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第４条第１項該当<br>工学研究科精密科学・応用物理学専攻 |
| 学　位　論　文　名 | **触媒表面を基準面とする化学研磨法による 4H-SiC 基板の高精度平坦化加工に関する研究** |
| 論 文 審 査 委 員 | （主査）<br>教　授　山内　和人<br>（副査）<br>教　授　森田　瑞穂　　教　授　安武　　潔　　教　授　桑原　裕司<br>教　授　森川　良忠　　教　授　渡部　平司　　教　授　遠藤　勝義<br>准教授　佐野　泰久 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

科学技術はものづくりの根幹である加工技術の進歩に支えられて現在まで発展を続けている．加工技術の中でも研磨加工は表面粗さを小さくすることにより，つや・光沢を出し，機械的な性能向上だけでなく，半導体素子の電気特性改善，光学素子の特性向上など様々な工業的価値を創出する加工法である．4H-SiCは次世代パワー半導体基板として注目されており，十分な性能を出すためには原子レベルで平坦でありかつ最表面まで結晶性を維持した4H-SiC表面の作製が必要不可欠である．本研究は，触媒表面を基準面とする化学研磨法であるCatalyst-referred Etching (CARE) 法を用いた平坦性・結晶性の良好な4H-SiC基板の作製とCARE法の加工原理の考察，さらには酸化物材料への本手法の応用を目的とし，一連の研究成果についてまとめたものである．

第1章では本論文の背景及び目的について述べた．

第2章では触媒表面を基準面とする化学研磨法であるCARE法の基礎概念について述べた．白金ワイヤを用いた基礎実験装置によりSiC基板の加工を行った結果について，および平坦化基礎実験装置により4H-SiC (0001) on-axis基板の平坦化加工後表面の平坦性及び結晶性の評価を行った結果について述べた．

第3章では基板全面を平坦化加工可能な加工装置の開発及び，加工特性の評価を行った結果について述べた．安定した加工を実現するためゴムパッド上に薄膜白金を成膜した触媒パッドを作製し，その評価を行った結果について述べた．

第4章では白金触媒を用いたSiC基板の全面平坦化加工を行い，加工後表面の形状評価，結晶性評価，電気特性評価を行った結果について述べた．また加工後表面へホモエピタキシャル成長を行い，その表面形状と電気特性を評価した結果について，およびエピタキシャル成長時に形成される表面荒れをCAREにより除去し，電気特性の評価を行った結果について述べた．さらに光電気化学反応を援用した平坦化加工の高速化を検討した結果について述べた．

第5章では白金触媒を用いたSiC基板平坦化加工の加工原理の考察を行うため，様々なオフ角度やポリタイプの基板を用いた加工を行い，加工条件や溶液に対する加工速度の依存性と加工後表面形状の評価を行った結果について述べた．また計算機シミュレーションによるエッチング過程の検討を行った結果について述べた．

第6章では酸化物材料である石英ガラス及び酸化亜鉛基板へのCARE加工の適用を試み，加工後表面評価を行った結果について述べた．加工原理を考察するため，石英ガラス基板を用い加工速度の溶液pH依存，触媒パッドの電位依存を取得し，さらに水素水による加工を行った結果について述べた．これらの実験結果を基に加工原理の考察を行った結果について述べた．

最後に第7章では本論文の総括を行った．

## 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

近年，半導体の高性能化や光学材料の高精度化に伴い，幾何学的・結晶学的に高精度に制御された材料表面が求められている．従来の研磨法は砥粒や砥石を用いた機械的加工法であるため，被加工物表面への変質層の導入が避けられない．そこで化学的な材料除去機構と基準面の転写作用を併せ持つことによって，平坦性・結晶性が共に良好な表面を作製可能な手法として触媒表面基準エッチング（Catalyst-Referred Etching; CARE）法が提案されている．本研究では，CARE法による原子レベルで平坦かつ最表面まで結晶性を維持したSiC基板の高能率加工の実現とCARE法の加工原理の解明，SiCの加工原理において得られた知見をもとにした酸化物材料の平坦化加工への応用を試みている．

CARE加工ではバルク白金触媒板が用いられてきたが，触媒板表面の突発的な塑性変形によって突起形状が形成され，加工表面を悪化させる問題があった．薄膜白金を弾性体に成膜した触媒パッドを開発して安定な加工を実現し，加工後表面の形状評価から，4H-SiC基板全面にわたり二乗平均粗さ0.1 nm以下の非常に平坦な表面の形成に成功している．そして，その表面はステップテラス構造で形成されていることを示し，また，ショットキーバリアダイオードの作製による電気特性評価から，市販基板に比べCARE加工を行った基板は良好な特性が得られることを明らかにしている．

次に，これまで不明であったCARE加工原理の考察を試みている．加工速度がステップ密度に比例することから，4H-SiCはステップ端を起点に加工が進行することを明らかにしている．加工後表面は広いテラスと狭いテラスが交互に並んだCARE加工後表面特有のステップテラス構造を有しており，これまで1バイレイヤー毎に露出するCubic面とHexagonal面の表面エネルギーの違いからテラス幅の違いが生じていると予想されていた．これに対して，4H-SiCおよび6H-SiCの加工後表面を原子間力顕微鏡と透過型電子顕微鏡によって観察し，広いテラスがHexagonal面であることを実験的に明らかにしている．さらに，加工速度が加工物と触媒面との間の圧力と相対運動速度に比例することを見出し，一般的なChemical Mechanical Polishing (CMP)法以上の加工速度を得ることに成功している．その時の加工表面は全面にわたり平坦でかつ結晶性が良好であることも確認している．一方，第一原理計算による反応シミュレーションの結果から，4H-SiCはステップ端のSi-C結合がHF分子により切断されることによって加工が進行することを明らかにしている．

SiCのCARE加工の際の加工メカニズムの類推から，加水分解によるバックボンドの切断に基づいた，酸化物材料への応用を試みている．酸化物材料の加工には白金触媒と純水が用いられ，合成石英ガラス及び酸化亜鉛基板が4H-SiC基板と同様に平坦化可能であることを示している．

以上のように，本論文は4H-SiC及び酸化物材料の高精度平坦化加工を実現し，その加工原理を明らかにしたものであり，精密科学の発展に寄与するところが大きい．

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める．