

Title	触媒表面を基準面とする化学研磨法の開発とGaN表面の高精度平坦化への応用に関する研究
Author(s)	村田, 順二
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57493">https://hdl.handle.net/11094/57493</a>
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">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	村田順二
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 23790 号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 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の開発とGaN表面の高精度平坦化への応用に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 山内 和人 (副査) 教授 森田 瑞穂 教授 安武 潔 教授 桑原 裕司 教授 森川 良忠 教授 渡部 平司 教授 遠藤 勝義

### 論文内容の要旨

GaNは直接遷移型のワイドギャップ半導体であり、発光デバイスや電子デバイス用材料として期待されている。GaNを利用した次世代デバイスの実現には、材料そのものが持つ物性値を充分に発揮することができる表面、つまり幾何学的・結晶学的に高精度に制御された表面を高効率に作製することが要求される。しかしGaNは熱的・化学的に安定であるため、加工が困難であり研磨技術が確立されていないのが現状である。本研究では、新しい概念に基づく加工法を提案・開発し、原子レベルで平滑でありかつ最表面まで単結晶を維持したGaN表面の作製を目的としており、機械的な作用と化学的な作用のバランスを経験的に最適化する従来技術とは異なる純化学的な作用のみによる高効率加工プロセスの開発を行った。このような加工法により平坦化を行ったGaN表面の性能を様々な手法を用いて評価を行い、開発した加工法の従来法に対する優位性の実証を行った。

第1章では、本研究の背景と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触媒表面基準エッチング法の基礎概念について述べた。加工物表面の酸化を触媒表面上で行う加工法および酸化膜の溶解を触媒表面で行う加工法の提案を行い、これらをSiCおよびCu表面への加工に適用した例について述べた。

第3章では、過酸化水素水中の金属表面で生成するOHラジカルを用いた加工法の開発を行った。まずOHラジカル生成モデルの検証を行うと共に、GaN表面の加工にOHラジカルが有用であることを実証した。またGaNおよびSiC基板表面の加工を行い、表面の形状、発光特性や結晶性に優れた表面を作製した。

第4章では、加工速度の向上を目的とした光電気化学プロセスの導入を検討し、GaN表面の処理特性の評価を行った。処理後表面の観察やエッチング過程における電流値をモニタすることによりGaN表面の処理特性に関する評価を行った。

第5章では、光電気化学プロセスと酸・塩基触媒を用いた加工法の提案を行った。光照射による酸化膜の形成と酸・塩基触媒による酸化膜の除去からなる加工メカニズムの検証を行った。平坦化加工装置の開発、加工特性の評価および条件の最適化を行った。また加工後GaN表面の性能を評価した結果、市販基板表面と比較して高い性能を有した表面を作製可能であることを実証した。

第6章では、電圧印加プロセスを導入した加工法の提案を行い、加工の高効率化を行った。電圧印加の効果をエッチング実験により検証し、基板表面への光照射と同時に電圧印加を行う機構を平坦化加工装置へ導入した。そ

の結果、加工時間を30時間から30分に短縮化することに成功した。

第7章では、Pt触媒を利用した加工法を開発し、GaN表面の平坦化への応用を行った。加工後表面は原子レベルで平坦であり、ステップテラス構造を有することを明らかとした。さらに結晶学的な評価により、加工後表面は最表面まで単結晶を維持した極めて結晶性の良好な表面であることが確認された。

第8章では、本研究を総括した。

本研究において開発した一連の加工法は、有害な薬液や砥粒を用いないプロセスであり、コストや環境に対する負荷も小さく、デバイス用GaN基板表面の創成技術として実用化されることが期待される。

## 論文審査の結果の要旨

半導体をはじめとする機能性結晶材料の表面加工技術においては、幾何学的かつ結晶学的に高度に制御された表面が要求される。本研究では、触媒表面を基準面とするエッチングを利用した新しい加工法である触媒表面基準エッチング法 (Catalyst-referred etching; CARE) の開発を行い、GaN表面の高精度平坦化加工への応用を行っている。

GaNは直接遷移型のワイドギャップ半導体であり、発光デバイスやパワーデバイス用材料として期待されているが、熱的・化学的に極めて安定であるため加工が困難であり、表面加工技術が確立されていないのが現状である。そこで本研究では、安定なGaN表面を化学的作用により加工を行うため、光電気化学プロセスと酸・塩基触媒を利用したCARE法を新たに提案している。基板表面への照射機構と酸性触媒プレートにより構成された2インチ基板の全面平坦化加工装置の開発を行い、触媒や加工溶液などの平坦な表面を作製する上で重要なパラメーターの最適化を行っている。加工後GaN表面の形状を評価した結果、加工前表面に存在していたスクラッチやマイクロクラックが完全に除去され、表面ラフネスも大幅に改善されることを明らかとしている。また、フォトルミネッセンスによる発光特性の評価や、ショットキー接合による電気特性の評価を行った結果、加工前表面に対する大幅な特性の改善が確認され、本加工法が発光デバイスや電子デバイス用GaN基板表面の作製法として有効であることを示している。

また、加工速度の向上や加工時間の短縮を目的とし、GaN基板表面への照射に加え、電圧印加を援用した加工法の提案を行っている。GaN表面のエッチング特性の評価から、電圧印加が加工の高効率化に有効であることを明らかとし、電圧印加機構を導入した平坦化加工装置の開発を行っている。照射のみの加工では市販基板表面のダメージ層を除去するのに30時間程度要していたのに対し、電圧印加を併用することにより加工時間を30分にまで短縮化しており、生産性の大幅な向上に成功している。

さらに、最終仕上げ研磨を行うCARE法として、Pt触媒と水を用いた加工法を考案しており、極めて平坦な表面を2インチ基板全面にわたって作製することを可能としている。また、原子間力顕微鏡による詳細な分析から、加工後のGaN表面には原子ステップが存在しており、そのステップ高さはGaN結晶の1原子層高さであることを明らかとしている。さらに電子線回折や透過電子顕微鏡による観察から、加工後表面は最表面まで単結晶を維持しており、平坦性のみならず結晶性の極めて良好な表面の作製を実現している。

これらの加工技術は、有害な薬液や砥粒を用いない加工法であり、プロセスコストや環境に対する負荷が小さく、GaN基板表面の加工技術として、従来法に対する大きな優位性があることを実証している。

以上のように、本論文は機能性結晶材料の新しい表面加工法を提案し、原子的に制御されたGaN表面を大面積に亘って創成することを可能にしたものであり、精密加工学や表面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。