

| | |
|--------------|---|
| Title | III-V族化合物半導体のマスクレスレーザー誘起エッチング |
| Author(s) | 李, 天 |
| Citation | 大阪大学, 1992, 博士論文 |
| Version Type | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/37923 |
| 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

【43】

| | |
|------------|---|
| 氏名 | 李 天 ^{ちやん} |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士（工学） |
| 学位記番号 | 第 10272 号 |
| 学位授与年月日 | 平成 4 年 3 月 25 日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科 物理系専攻 |
| 学位論文名 | Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体のマスクレスレーザー誘起エッチング |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 蒲生 健次 (副査) 教授 小林 哲郎 教授 奥山 雅則 助教授 高井 幹夫 |

論文内容の要旨

Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体はシリコンと異なる特性を持っており、それらの特長を生かして高速素子や発光素子などに応用可能な材料として、さかんに研究されている。

しかし、Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体はプロセスの問題が多く残っている。特に、Ⅲ族とⅤ族の化学的物性的特性の差のためエッチングプロセスを最適化することが難しい。さらに、用途に応じた独特の要求がますますエッチングの最適化を困難にしている。各々の応用に適した個別のエッチング方法が開発されつつあるが、まだ十分な成果が得られていない。

本研究の目的は、Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体である InSb, GaAs, InP において、マスクレスレーザー誘起化学エッチングを行って、低損傷で高速な微細加工技術を確立することである。

まず、レーザー誘起熱化学反応の理解のため、レーザー照射による基板表面の局部温度上昇を InSb, GaAs, InP の各々について理論的に考察した。

KOH 水溶液中でレーザー誘起エッチングを行い、エッチング反応のレーザーパワーおよび照射時間依存性を明らかにし、この加工法の制御性を示した。得られた最大エッチングレートは、InSb, GaAs, InP について各々 945, 850, 282 $\mu\text{m}/\text{s}$ であった。また、アスペクト比の高いトレンチを形成するための条件について述べ、微細パターンを形成した結果を示した。

反応ガスとして CCl_2F_2 を用いた場合のレーザー誘起ドライエッチングについて述べた。ガス圧、レーザーパワー、ビーム走査速度などの制御によってアスペクト比の高いトレンチと微細パターンを形成するための条件を明らかにした。レーザー誘起ドライエッチングによって得られた最大エッチングレートは、InSb, GaAs, InP に対し各々、220, 267, 153 $\mu\text{m}/\text{s}$ で、ドライエッチングとしては非常に高い値

である。さらに、熱化学反応でエッチングが起こるため、ガウス分布をしているレーザービームのピーク付近のみをエッチングし、高分解能の加工が可能であることを示した。

次にレーザー誘起エッチングの加工層の評価について述べた。その評価には、加工表面のみならず、光素子の応用において重要なエッチング溝の側面についても検討した。顕微フォトルミネッセンスとマイクロラマン分光法によって加工表面と側面の光学的評価を行い、加工損傷について評価した。また、加工層の化学組成比をオージェ電子分光法とArイオンスパッタエッチングをくりかえしながら測定し、加工変質層の深さについて検討した。オージェ電子分光法の測定結果からInSb, GaAs, InPの加工表面において各々In, As, Pの欠乏層の存在とその深さを示し、光学的特性の劣化がこれらの組成変質層のためであることを明らかにした。また、加工による変質層の深さは加工深さの数%以下であり、通常のウェットエッチング等の後処理で容易に除去でき、その応用に問題がないことを明らかにした。

以上の結果から、本研究で開発したⅢ-V族化合物半導体に対するレーザー誘起エッチング技術は、従来のプラズマエッチングやイオンビームエッチングでは実現できない高速加工で、高いアスペクト比の形状が得られる優秀なエッチング特性が実現できるだけでなく、加工による損傷が少ない加工法であることを結論する。

このことから本研究によるレーザー誘起エッチング技術は基板切断や素子分離等の形状加工に適することはもちろん、半導体レーザーミラー面や導波路など、従来のビームプロセス技術が適用不可能な表面処理加工にも応用が期待される微細加工法である。

論文審査の結果の要旨

本論文は、InSb, GaAsおよびInP Ⅲ-V族化合物半導体のレーザー誘起エッチングに関する研究の成果をまとめたものである。半導体材料の加工では、低損傷でかつ高いエッチング速度を持つ微細加工技術が必要となる。そこでKOH水溶液を用いたレーザー誘起ウェットエッチングおよび CCl_2F_2 ガスを用いたレーザー誘起ドライエッチングについて、反応過程、加工特性および加工層の残留欠陥を調べている。

KOH水溶液によるウェットエッチングはレーザー照射による基板の温度上昇の計算、エッチング速度のレーザーパワー依存性および基板のキャリア濃度依存性の測定より、レーザー照射による熱反応ではなく光化学反応によってエッチングが誘起される事、また CCl_2F_2 の場合は、熱化学反応によりエッチングが起こる事を示している。また、これらの方法により高速で高いアスペクト比（エッチ深さ対エッチ溝幅比）を持つパターンを形成し、微細加工法として有望である事を明らかにしている。

さらに形成したエッチング溝パターンの底面および側面における加工損傷を顕微フォトルミネッセンスおよびラマン分光法を用いて調べ、加工損傷がイオンビームエッチングに較べて少なく、低損傷加工技術として期待できる事を明らかにしている。特に側面の損傷は、製作される量子細線、レーザーミラーや導波路の特性に重大な影響を及ぼすが、その評価は従来あまりされておらず、有用な成果を得ている。

これらの研究は、半導体工学の進歩に大きく貢献しており、博士論文として価値あるものと認める。