

Title	GaAs/AlGaAs極微構造作製のための低損傷真空一貫プロセスに関する研究
Author(s)	田中, 信幸
Citation	大阪大学, 1994, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/39188
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

氏 名	田 中 信 幸
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 1 5 8 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 6 年 1 0 月 1 9 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	GaAs/AlGaAs 極微構造作製のための低損傷真空一貫プロセスに関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 蒲 生 健 次 (副査) 教 授 小 林 猛 教 授 奥 山 雅 則

論 文 内 容 の 要 旨

量子効果を高度に利用した次世代の光・電子デバイスの開発を目指して、Ⅲ-V族系化合物半導体の極微構造（ナノオーダ）作製の研究が現在活発に行われている。本論文は量子効果が高度に利用できるような高品質な極微構造の作製技術として期待される真空一貫プロセスをベースにした電子線描画方法である「in-situ 電子線リソグラフィ」を、三つの重要な技術的要請である「極微加工法」「清浄性」「低損傷性」について検討し、この技術の次世代加工技術としての有効性を示したものである。本論文は第1章の序論、第2章から第4章までの本文と第5章の結論により構成されている。第2章では in-situ 電子線リソグラフィの極微加工性の検討をおこなった。この加工方法の特徴である GaAs 酸化膜をマスクにしたパターンニング機構の解明を行うとともに、マスク形成条件を最適化することで、良好なナノオーダの極微加工が可能となることを示した。第2章では in-situ 電子線リソグラフィにおけるエッチング/再成長界面の高品質性について検討を行った。in-situ 電子線リソグラフィは真空一貫の清浄なプロセスであるとはいえ、加工素子の光学特性はプロセス条件に大きく依存し、プロセスの最適化が重要であることを明らかにした。また in-situ 電子線リソグラフィでは既存の大気曝露を伴う半導体加工プロセスと較べて良好な素子の光学特性が得られることを示した。また加工表面・界面の評価を原子間力顕微鏡、走査トンネル顕微鏡を用いて行い、素子特性に影響を与えるプロセス依存性の原因を解明した。第4章では in-situ 電子線リソグラフィにおける電子線照射損傷の検討を行った。in-situ 電子線リソグラフィに必要な電子線照射量では素子特性の劣化は生じないが、照射量が多くなると素子特性の劣化が生じることを示した。また、その損傷特性のエネルギー依存性を明らかにするとともに、損傷発生機構の考察を行った。第5章では第2章～第4章で得られた結果を総括し、今後の展望を述べた。

論文審査の結果の要旨

多層構造、埋込み微細構造を持つ光デバイスや量子効果デバイスの作製技術として低損傷かつクリーンな加工ができる新しい超微細加工技術の開発が望まれている。

本論文は、電子ビーム装置と分子線エピタキシー装置を組み合わせた真空一貫プロセスによって GaAs/GaAlAs ヘテロ構造の加工を行い、低損傷性およびクリーン加工特性について評価して得た成果をまとめたものである。

本研究では、GaAs/AlGaAs の選択加工のためのマスクとして厚さ数 nm の薄い酸化膜をレジストとして用いる点の一つの特長である。この酸化膜は、塩素ガス雰囲気中で電子ビームを照射してパターンニングするが、酸化膜の組成、結合状態、表面モフォロジーおよび作製法についてオージェ分光、X線光電子分光、走査プローブ顕微鏡などの測定手段を用いて評価し、酸化膜形成前の表面モフォロジーおよび表面組成を制御することによって良好なパターンニングができることを示した。また、Asの酸化膜がパターンニングに重要であることを明らかにしている。さらに、これによって、20nm 幅の GaAs 細線溝を作製し、超微細加工ができることも示した。

GaAsの微細加工は酸化膜パターンをマスクとして、塩素ガスエッチングによって行っているが、エッチングされた GaAs 表面の組成、汚染、表面モフォロジーを調べ、200 °Cの昇温下でエッチングすることにより、表面組成のずれ、汚染がなく平坦な加工面が形成できること、これより低温では、Ga 塩化物が低蒸気圧のために除去されず、表面組成は Ga 過剰になること、C および O の汚染が生じることなどを明らかにした。さらにこの上に GaAs/AlGaAs 量子井戸構造を再成長し、フォトルミネッセンスを測定して、エッチングなしで連続成長した量子井戸構造のフォトルミネッセンスと同じ強度の発光が得られることを確認して、良好な積層構造を実現する方法として有望な結果を得ている。

さらに電子ビームエネルギー、照射量などの照射条件を変えて、照射損傷をフォトルミネッセンスおよびホール効果の測定によって詳しく調べ、加工に必要な照射量の10倍以上で発光強度およびキャリア移動度の劣化が起こり、低損傷加工にとって問題はないこと、欠陥分布は電子ビームとの衝突によってターゲットに付与されるエネルギー分布に対応していることなどを明らかにしている。

これらの成果は、新しいデバイス作製技術の開発にとって重要な新しい知見を与え、半導体工学の進歩に貢献するところ大であり、博士（工学）論文として価値あるものと認める。