

Title	電子ビーム励起ドライエッチングに関する研究
Author(s)	渡部, 平司
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3075209
DOI	10.11501/3075209
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

氏 名 わた 渡 なべ 部 へい 平 し 司

博士の専攻分野の名称 博 士 (工 学)

学 位 記 番 号 第 1 1 0 9 8 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 6 年 2 月 18 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 電 子 ビーム 励 起 ドライ エッチング に関する 研究

論 文 審 査 委 員 (主査)
教 授 蒲 生 健 次

(副査)
教 授 浜 川 圭 弘 教 授 奥 山 雅 則

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、低損傷・異方性かつ高選択性を有する加工技術を目指して、電子ビーム励起ドライエッチングに関する研究を行った成果をまとめたものであり、以下の6章からなる。

第1章では、ドライエッチング技術の現状とその問題点について述べると共に、本研究の目的と電子ビーム励起プロセスの研究・開発意義について述べた。

第2章では、電子ビーム励起ドライエッチングの概念を示し、GaAs および Si の電子ビーム励起に伴うエッチング反応の増速を確認し、可能性実証を行った。また加工損傷をフォトルミネッセンス測定から評価し、低損傷性を示した。さらに電子ビーム励起により形成した数 nm 厚の堆積層が、電子ビーム励起ドライエッチングに対する高耐性のマスクとして有効であることを示し、これを用いて GaAs 基板上への反転パターン形成を行った。

第3章では、低温下での実験によりガスエッチングを抑制し、電子線照射に伴うアシスト効果分のみを引き出して異方性を向上させ、微細パターン転写特性を改善した。GaAs の電子ビーム励起ドライエッチングは、ガスエッチングが停止する液体窒素温度でも進行することを明らかにし、良好なパターン転写が可能であることを示した。またエッチングに伴う反応生成物を質量分析法により評価した結果について述べた。

第4章では、電子ビーム励起の素過程の理解を目的として、表面分析を行った。塩素分子と GaAs 表面との反応を評価するため、塩素吸着 GaAs 表面を X 線光電子分光およびオージェ電子分光によりその場分析した結果を述べた。また電子線と塩素吸着 GaAs 表面との相互作用を、電子線照射によって生じる塩素の脱離特性として観測した。これらの実験結果および理論計算の報告例をもとに、Cl/GaAs 系の反応モデルを新たに提案すると共に、電子ビーム励起ドライエッチングのメカニズムについて検討・考察した。

第5章では、電子ビーム励起ドライエッチングの実プロセス応用を目指し、アルゴン ECR プラズマを電子線源としたエッチング法を新たに提案した。これはアルゴン ECR プラズマより電子線シャワーを引き出して基板に照射すると同時に、塩素ガスを試料表面に供給するもので、低加速・高電流密度の大面积電子線シャワーの発生が可能となる。まず本手法による GaAs のエッチング特性を評価した結果について述べた。また、この技術を応用することに

より、同一装置内で電子ビームとイオンビーム励起プロセスを連続的に行い、低損傷性と高速性に優れたエッチングが実施できることを示した。次に電子ビーム励起ドライエッチングによる AlGaAs の加工ならびに GaAs/AlGaAs 選択エッチングを実現した結果について述べた。さらに加工損傷の光学的・電気的評価として GaAs/AlGaAs 量子井戸試料のフォトルミネッセンス測定、および 2 次元電子ガス試料のホール測定を行い、電子ビーム励起ドライエッチングがイオンビームプロセスに比べて遥かに低損傷性に優れていることを示した。

第 6 章では、各章の研究成果を総括し、本研究の結論を述べた。

論文審査の結果の要旨

半導体デバイスの微細化を実現するために、エッチング工程においては低損傷・異方性かつ高選択性を有する超微細エッチング技術の確立が重要な課題となっている。本論文は、このようなエッチング技術を実現する方法として電子ビームに着目し、Si, GaAs および GaAs/AlGaAs ヘテロ構造試料のエッチングに適用し、電子ビーム励起ドライエッチング法が有望であることを実証したものである。

まず、塩素雰囲気中で電子ビームを照射することにより、GaAs および Si と塩素ガスとの反応が増速されエッチングの増速が起こることを見出ししている。また加工層に残存する損傷をフォトルミネッセンス測定から評価し、加工前と殆ど発光効率が変わらないことを観測し低損傷性を示した。さらに、電子ビーム励起エッチングによる微細パターン形成の可能性について検討し、通常の高分子レジストをエッチングマスクとして用いてサブミクロンパターンの形成ができることを示している。さらに、電子ビームの照射によって表面に吸着した残留有機ガス分子が炭化して形成される、厚さ数 nm の堆積層が、電子ビーム励起ドライエッチングに対する高耐性のマスクとして有効であることを示し、これを用いて GaAs 上に微細パターン形成ができることを示している。ついで、エッチングの温度依存性を調べ、 -50°C 以下の低温下では、自発的なガスエッチングは抑制され、電子線照射に伴う増速エッチングのみが起こり、異方性が向上し、微細パターン転写特性を改善できることも示している。

加工層表面の組成および電子ビーム励起の素過程を調べるために、質量分析、X 線光電子分光およびオージェ電子分光により、反応生成種の測定および塩素吸着 GaAs 表面のその場分析をしている。この結果、表面は予測に反して As 過剰になっていることを見出ししている。また、塩素は化学付着して As および Ga と結合していること、電子線照射によって脱離が促進され、エッチングが増速すること、また、脱離には早い脱離と遅い脱離があり、早い脱離は As-C 結合、遅い脱離は Ga-C 結合によることを示唆する結果を示している。

電子ビーム励起ドライエッチングの実プロセスへの応用を目指し、アルゴン ECR プラズマを電子線源としたエッチング法を提案している。これは、低加速・高電流密度の大面積電子線シャワーの発生が可能である。これにより、同一装置内で電子ビームとイオンビーム励起プロセスを連続的に行い、さらに加工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評価し、低損傷性と高速性に優れたエッチングが実施できることを示している。

これらの成果は、半導体の高精度エッチング技術にとって重要なものであり、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。