

| | |
|---------------|--|
| Title | イオンビーム支援法による半導体加エプロセスに関する研究 |
| Author(s) | 高, 永範 |
| Citation | |
| Issue Date | |
| oaire:version | |
| URL | https://hdl.handle.net/11094/38235 |
| 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、 https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed 大阪大学の博士論文について https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed をご参照ください。 |

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

| | |
|---------------|--|
| 氏 名 | 高 永 範 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博 士 (工 学) |
| 学 位 記 番 号 | 第 1 0 4 2 6 号 |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 4 年 9 月 30 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 | イオンビーム支援法による半導体加工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

イオンビームプロセスは、1970年代に半導体加工技術としてイオン注入法が実用化されて以来、高い微細加工性と制御性、低温プロセスや集束ビームによるマスクレス加工の可能性などの特徴が注目され、その研究開発が盛んに行われてきた。

イオンビームプロセスの中で、照射イオンにより与えられるエネルギーによって誘起される反応を利用するイオンビーム支援プロセスは、他のビーム、例えば電子ビームなどを用いるプロセスに比べ高い反応速度が得られるので半導体微細加工プロセスとして開発が期待される。しかし、イオンビーム支援プロセスには、反応過程の解明、イオンによる照射損傷の低減および加工特性の解明など多くの課題がある。

本研究では、以上の背景から低損傷化が期待される低エネルギーイオンビーム支援法によるタングステン薄膜形成プロセスと、集束イオンビームリソグラフィへの応用の可能性を明らかにするためスピノンガラスのマスクレス加工プロセスに関する研究を行った。

低エネルギーイオンビーム支援法によるタングステン薄膜形成プロセスでは、 $W(CO)_6$ をソースガスとして用い、0.5–2.0keVの H_2^+ と Ar^+ イオンの照射を行うことによりタングステン薄膜の形成が可能であることを確認した。この結果はイオンの付与エネルギーの理論的考察からも妥当である。さらに、低エネルギーイオンビーム支援法による薄膜形成プロセスにおける堆積特性と堆積膜の組成、抵効率などの特性の、イオン種、イオンエネルギー、イオン電流密度、イオン照射量などのイオンビーム照射条件に対する存在性を明らかにした。堆積速度は、イオン種、イオンエネルギーやイオン電流密度などに依存する。一方、堆積膜の組成はこれらのパラメータに依存せず、約75%のタングステン含有することがわかった。

低エネルギーイオンビーム支援法によるタングステン薄膜形成の基礎過程を明らかにするため、 $W(CO)_6$ 吸着層へのイオン照射効果をXPSおよびガス質量分析法を用いて調べ、 $W(CO)_6$ が低エネルギーイオン照射により一酸化炭素を放出して金属タングステンに変わること明らかにした。堆積プロセス中に生じる基板の照射損傷は、堆積膜/GaAs接合の電流-電圧特性における理想因子と障壁高さおよびモンテカルロシミュレーションから求められる照射

損傷分布をもとに検討し、その照射損傷は低温処理によって低減できることを示した。

スピノングラスのマスキング加工プロセスでは、スピノングラスへのイオン照射効果を XPS 法と赤外線吸収法を用いて調べ、熱処理による物性変化と比較してイオンビームレジストとしての可能性を示した。さらに 100keV Ga⁺ 集束イオンビーム照射に対する感度曲線を求め、スピノングラスは電子ビームに比べて 2-3桁程感度が高いネガタイプのイオンビームレジストとして働くことを実証した。これらをもとに、スピノングラスに 100keV Ga⁺ 集束イオンビームを照射することによって 0.15 μm ラインアンドスペースのパターンが得られた。

以上の結果より、薄膜形成および微細パターンの形成におけるイオンビーム支援法の特性と有用性を明らかにした。

論文審査の結果の要旨

半導体デバイスの超微細化を実現するために必要な超微細加工技術として、イオンビームを応用した超微細加工技術が益々重要になってきている。本論文は、イオンビーム支援法を用いて金属薄膜の形成をスピノングラスの超微細加工を行い、イオンビーム支援法は、新しいイオンビームマスキング加工法として有望であることを示している。

イオンビーム支援法による金属薄膜の形成は、直接微細パターンを形成できるため、デバイスの配線、電極形成や X線リソグラフィ用マスク製作・補修などへの応用が期待される。本論文では、W(CO)₆を原料ガスとして用い、0.5-2.0keV の低エネルギー H₂⁺ および Ar⁺ 照射によって、Si および GaAs 表面に吸着した W(CO)₆ 分子に分解反応を誘起して、W 薄膜が形成できることを示している。さらに、X線光電子分光法、ガス質量分析法によって分解反応過程を調べ、吸着した W(CO)₆ は、W と CO に分解することを示唆する結果を得ている。また、堆積速度、薄膜組成および抵抗率などとイオン種、イオン電流およびイオンビームエネルギーなどのビーム照射条件との関係を明らかにしている。

イオンビームを用いた膜形成は、集束イオンビームを用いることによってマスキングで直接微細パターンが形成できるため、得られた結果は、配線や電極のマスキング形成への応用に重要である。さらに、加工損傷の低減が重要であるが、低エネルギーイオンビームを用いることによって損傷の低減ができたことを、堆積層/GaAs 接合の電流・電圧特性における理想因子と障壁高さの測定およびモンテカルロシミュレーションによる損傷の計算によって示している。

スピノングラスのマスキング微細加工は、リソグラフィおよび位相シフトマスクの製作などに望まれる。ここでは、集束イオンビームを照射し、X線光電子分光法および赤外線吸収スペクトルの測定によって膜組成および結合状態の変化を調べ、熱処理との比較をすることにより、イオン照射によって熱処理とほぼ同等の膜質変化が起こることを明らかにしている。また、100keV Ga イオンに対する露光感度曲線を求め、電子ビームと比較して 2-3桁高感度でネガタイプレジストとして働くことを示している。さらに、線幅および間隔が 0.15 μm の格子状パターンを形成して超微細パターンの描画ができることも実証している。

以上の成果は、イオンビーム支援法による微細加工法に関し、有用な新しい知見を得ており、半導体工学の進歩に貢献するところ大であり、博士論文として価値あるものと認める。