

審査結果の要旨

論文題目「Study on the charge trapping phenomena in silicon carbonitride films for nonvolatile semiconductor memory applications」
(不揮発性半導体メモリへの応用のためのシリコン炭窒化膜の電荷捕獲現象に関する研究)

学位申請者 SHEIKH RASHEL ALAHMED

本論文は、金属-酸化膜-窒化膜-酸化膜-半導体 (MONOS: metal-oxide-nitride-oxide-semiconductor)型不揮発性メモリの電荷捕獲膜に捕えられた電子と正孔の電荷重心及びエネルギー分布を求める実験解析方法を提案し、それらをシリコン炭窒化膜およびシリコン窒化膜を電荷捕獲膜とするメモリ素子に適用して得られた研究成果について論じたものである。

薄いトンネル酸化膜を有する MONOS 型デバイスでは、電子と正孔を電荷捕獲膜の電荷捕獲中心に捕獲させることによって情報を記憶しており、電荷捕獲膜にはシリコン窒化膜が用いられてきた。MONOS 型デバイスの性能と信頼性を向上させるために、電荷捕獲膜における電子と正孔の捕獲放出機構について理解を進めることが重要であり、またシリコン窒化膜に取って代わる新規な電荷捕獲膜材料が求められていた。申請者は本研究において、電荷捕獲膜に捕獲されたキャリアの電荷重心とエネルギー分布を求めることができる新たな実験解析方法を提案した。提案した方法を用いて、シリコン窒化膜並びに新規な電荷捕獲膜材料であるシリコン炭窒化膜に捕獲された正孔の電荷重心を求め、これらの膜中での正孔の輸送現象について検討を加えた。また、シリコン炭窒化膜に捕獲された電子のエネルギー分布を明らかにした。

本論文は5章で構成されており、以下に各章の概要とその成果を示す。第1章では、MONOS 型不揮発性メモリの性能と電荷捕獲中心の諸性質との関係について論述した。過去の研究における課題と本研究の目的を明示しており、申請者が研究課題について十分に理解していることが確認できた。第2章では、電荷捕獲膜に捕獲されたキャリアの電荷重心を求めることができる定電流キャリア注入法を提案した。この方法を用いてシリコン炭窒化膜およびシリコン窒化膜を電荷捕獲膜とするメモリ素子に正孔を注入する実験を行い、シリコン窒化膜とシリコン炭窒化膜に捕獲された正孔の電荷重心の位置が異なることを明らかにした。更にこの事象を正孔のプール・フレンケル伝導を考慮することによって説明できることを示した。本章の成果は、MONOS 型デバイスのメモリセル構造の設計に対し大きな意義を有するものと考えられる。第3章では、提案した定電流キャリア注入法を用いて、シリコン炭窒化膜およびシリコン窒化膜の捕獲中心に捕えられた電子を負ゲートバイアス下での正孔注入によってほぼ全て取り除くことができることを明らかにした。この知見は、MONOS 型デバイスの消去動作の原理の理解に対し意義のある成果と認められる。第4章では、電荷捕獲膜の捕獲中心に捕えられたキャリアのエネルギー分布を求めることができる新たな方法を提案し、この方法を用いてシリコン炭窒化膜に捕獲された電子が伝導帯下端から 0.8~1.3 eV の禁制帯中に分布していることを明らかにした。捕獲されたキャリアのエネルギー分布を比較的容易に決定できることから、提案された方法は工学的に有用と認められる。第5章は結論であり、ここでは2~4章で得られた本研

究の成果および工学的意義を総括するとともに、研究を発展させるための課題を示した。

以上、5章からなる本論文は、捕獲キャリアの電荷重心とエネルギー分布を求める実験解析方法を提案し、これらを用いてシリコン炭窒化膜およびシリコン窒化膜に捕獲されたキャリアの電荷重心とエネルギー分布を明らかにした成果を論じたものであり、MONOS 型デバイスのキャリア捕獲放出現象の理解とシリコン炭窒化膜の工学的応用に大きく貢献するものである。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。

したがって、申請者 SHEIKH RASHEL AL AHMED は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	工学博士	松村 義人	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	沖村 邦雄	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	工学博士	森本 雅之	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	高尻 雅之	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	小林 清輝	工学部教授	(総合理工学研究科 総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	茂庭 昌弘	東京工科大学工学部教授	