

審査の結果の要旨

氏名 星井 拓也

本論文は、Study on InGaAs Surface Control for realizing High Quality InGaAs MOS Interfaces (和訳：高品質 InGaAs MOS 界面形成のための InGaAs 表面制御についての研究) と題し、将来の高性能 MOSFET のチャネルとして期待されている InGaAs の MOS 界面特性向上のための界面制御技術と界面準位形成機構に関する研究成果を纏めたもので、全文7章よりなり、英文で書かれている。

第1章は、序論であり、本研究の背景について議論すると共に本論文の構成について述べている。

第2章は、「Experimental set-up and Evaluation method」と題し、本研究において素子作製に用いた ECR (Electron Cyclotron Resonance) スパッタ装置の原理と構造、及び物理解析に用いた XPS (X-ray Photoelectron Spectroscopy) 法と電気評価手法について述べている。

第3章は、「ECR-sputtered SiO₂/InGaAs MOS Interfaces」と題し、ECR スパッタリング法により形成した SiO₂ をゲート絶縁膜とする InGaAs MOS 界面の電気的性質と発生界面準位の物理的起源を、スパッタリング条件を変えながら調べた結果を述べており、MOS 界面の酸化した As 量を低減することで、 $10^{12} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ 程度の界面準位が得られることを示している。

第4章は、「Nitrided Layer Formation at InGaAs MOS Interfaces」と題し、InGaAs MOS 界面の酸化層低減のための界面制御層として、SiO₂ 層堆積前に InGaAs 表面に窒化層を導入する方法を調べている。ECR スパッタリング法によって SiN 膜を形成する方法と N₂/Ar ガスの ECR プラズマにより InGaAs 表面を窒化する方法を提案して、実験的に比較検討を行い、界面準位密度の観点から、InGaAs 表面を直接窒化する方法が優れていることを明らかにしている。

第5章は、「Physical Analysis of SiO₂/nitrided-InGaAs Interfaces」と題し、第4章にて述べた ECR プラズマによる InGaAs 表面の窒化を施したのち、in-situ にて ECR スパッタリング法による SiO₂ を堆積する InGaAs MOS 構造の界面の構造と電気的性質を、XPS や TEM による物理分析、MOS キャパシタを用いた電気特性から詳細に解析し、MOS 界面には InGaAs の窒化物が形成されること、また 450°C のアニーリングにより、界面準位の最小値を $\sim 3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ にまで低減できることを明らかにしている。更に、この界面準位低減の物理的機構として、窒化による As 酸化物量低減に加え、アニーリングに伴う Ge-N ボンドの形成が重要な役割を果たすことを見出している。

第6章は、「ALD-Al₂O₃/nitrided-InGaAs MOS Interfaces」と題し、将来の high k 絶縁膜の適用を念頭に、第4章・第5章で優れた性質を示した、ECR プラズマによる InGaAs 表面の窒化層上に、原子層堆積法 (ALD) によって Al₂O₃ を堆積した MOS キャパシタの物理構造と電気特性を調べた結果を示している。プラズマパワー、N₂/Ar 流量比、窒化時間、アニール条件などの作製条件に最適化を施した結果、ALD-Al₂O₃/InGaAs 窒化層 MOS 界面の界面準位の最小値として、 $\sim 2 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ 、また伝導帯近傍でも $\sim 3 \times 10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ という、InGaAs MOS 界面として極めて低い値にまで低減できることを明らかにしている。また、将来の等価ゲート絶縁膜 (EOT) の低減を目指して、窒化による界面層の薄膜化の検討を行い、低い界面準位密度を維持した状態で、 $\sim 0.65 \text{ nm}$ の EOT までの薄膜化が可能であることを見出している。

第7章は、結論と今後の展望を述べている。

以上要するに本論文は、将来の高性能 MOSFET のチャネル材料として期待されている InGaAs の MOS 界面特性向上のための界面制御技術として、InGaAs 表面に窒素の ECR プラズマを照射することによって InGaAs 窒化層を形成する方法を提案し、この窒化層の上に SiO₂ 層及び Al₂O₃ 層を堆積して形成した MOS 構造において、 $10^{11} \text{ cm}^{-2} \text{ eV}^{-1}$ 台前半の極めて低い界面準位密度を実現すると共に、界面準位低減の物理機構を明らかにしたものであり、電子工学上、寄与するところが少なくない。

よって本論文は博士 (工学) の学位請求論文として合格と認められる。