

審査の結果の要旨

氏名 莫非

本論文は、「Ferroelectric-HfO₂-based non-volatile memories for high density and low power applications」(強誘電体 HfO₂を用いた高密度・低消費電力不揮発性メモリ)と題し、英文で書かれている。本論文は、集積回路作製プロセスと整合性の高い強誘電体 HfO₂を用いた高密度かつ低消費電力な不揮発性メモリとして期待される強誘電体トンネル接合メモリ (FTJ)と強誘電体ゲート絶縁膜トランジスタ(FeFET)の実現に向けて、物理に基づくデバイス設計と実験による実証について論じたものであり、全4章より構成される。

第1章は「Introduction」(はじめに)であり、強誘電体 HfO₂を用いた FTJ と FeFET が高密度かつ低消費電力な不揮発性メモリとしての有用性が高いことを示し、基本原理を説明するとともに、デバイス設計と実験実証の重要性について説明している。

第2章では「Ferroelectric-HfO₂ Tunnel Junction Memory with MFIS structure」(金属-強誘電体-絶縁膜-半導体構造を有する強誘電体 HfO₂ FTJ)と題し、前半では不揮発性メモリとして重要な高い電流オンオフ比を実現するために半導体電極を用いることの重要性を解析モデルを用いて提案し、4nm という極薄の HfO₂でも強誘電性を発現させるための新しい電極置換プロセスを開発し、世界最高レベルの電流オンオフ比と多値動作実現について説明している。後半では、非平衡グリーン関数法に基づく FTJ のデバイスシミュレータを構築し、FTJ のセルサイズのスケールリング可能性と設計指針を理論的に明らかにしている。

第3章では「Ferroelectric-HfO₂ FET memory with ultrathin IGZO channel」(極薄 InGaZnO(IGZO)をチャンネルとする強誘電体 HfO₂ゲート絶縁膜トランジスタメモリ)と題し、前半では高信頼性な三次元積層型 FeFET メモリの実現に向けて、チャンネル材料として従来のポリシリコンではなく IGZO を用いたデバイスを提案し設計を行い、優れたサブスレシールド特性、メモリウィンドウ、信頼性を有する FeFET の動作実証について説明している。後半では IGZO チャンネルの FeFET で課題となる弱い消去動作を改善するために、シミュレーションを用いて短チャンネル構造と三次元立体構造が重要であることを明らかにしている。

第4章は「Conclusions」(結論)であり、本論文の結論を述べている。

以上のように本論文は、HfO₂系強誘電体材料を用いた高密度かつ低消費電力な不揮発性メモリの実現を目的として、半導体電極を有する強誘電体トンネル接合メモリで新しい電極置換プロセスを開発して優れたデバイス特性を実現し、非平衡グリーン関数法によるデバイスシミュレータを構築してデバイスのスケールリング可能性を明らかにするとともに、三次元積層型強誘電体ゲート絶縁膜トランジスタメモリの高信頼性化に向けて IGZO をチャンネルとすることを提案して設計指針の確立とデバイス動作の実証を行い、不揮発性メモリデバイスの新たな可能性を切り拓いたものであり、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。