

博士論文の要約

博士論文題目

非晶質酸化物半導体における信頼性解析と三次元集積デバイス応用に向けた機能性の開拓

氏 名 高橋 崇典

本研究では、省エネルギーな半導体デバイスの開発に向けて、酸化物半導体と電界効果トランジスタを研究対象とし、高電界下における非晶質酸化物半導体 (AOS) を用いた薄膜トランジスタ (TFT) の信頼性劣化機構を理解すること、次世代の三次元集積デバイスへの応用を見据えた AOS 材料の機能性開拓を行うことを目的とした。

第二章と第三章では、AOS-TFT の信頼性劣化現象について議論した。本研究では、AOS-TFT におけるホットキャリア効果に着目し、エミッション顕微鏡を用いて観測した発光現象と電気的特性の関係性を評価した。第二章では、典型的な In-Ga-Zn-O (IGZO) を用いた TFT においてホットキャリア劣化現象が存在することを光学的、電氣的に初めて明確にした。第三章では、IGZO よりも高い移動度を有する AOS-TFT において、ホットキャリアが発生した際に、ON 電流の低下等の新たな劣化現象を引き起こすこと示した。本研究で扱った AOS-TFT のホットキャリア効果と信頼性劣化現象の理解は、素子設計、TFT の動作条件決定、高移動度化/高信頼性を指向する AOS 材料の設計に貢献することが期待される。

第四章と第五章では、AOS の三次元集積デバイス応用に向けて AOS 材料に対する特性要求や成膜手法について議論した。本研究では、三次元集積デバイスとして HfO₂ 系材料を用いた強誘電体メモリに着目し、AOS 材料の物性と熱処理温度や雰囲気、成膜手法の関係性を考慮し、三元系 AOS の材料探索を行った。本研究では、ディスプレイ応用時とは異なる新たな視点から AOS 材料に対する特性要求を明示し、これまでありふれた AOS 材料であった三元系 In-Ga-O (IGO) に新たな機能性を見出すことに成功した。三元系 IGO を用いた強誘電体デバイスからは明瞭なヒステリシス特性が得られ、IGO を原子層堆積法によって成膜した場合においても非晶質相と電気的特性の良好な熱的安定性を有することを実証した。

本研究で得られた以上の知見は高性能かつ高信頼性な酸化物半導体材料の開発や素子設計に指針を与えるものであり、酸化物半導体の物性や機能性に立脚する次世代半導体デバイスの実現に貢献することが期待される。