

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	TFT Modeling of Amorphous IGZO and Quantum Effect in Its Superlattice
著者(和文)	安部勝美
Author(English)	Katsumi Abe
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9306号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:細野 秀雄,神谷 利夫,平山 博之,真島 豊,須崎 友文,平松 秀典
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9306号, Conferred date:2013/9/25, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

## 論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	安部 勝美	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	細野秀雄	教授	須崎友文	准教授
	審査員	平山博之	教授	平松秀典	准教授
		神谷利夫	教授		
		真島 豊	准教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は TFT Modeling of Amorphous IGZO and Quantum Effect in Its Superlattice (和訳: アモルファス IGZO の TFT モデリングとその超格子による量子効果) と題し、全 8 章から構成されている。

Chapter 1 “General Introduction (緒言)” では、透明アモルファス酸化物半導体を活性層とする TFT とその動作モデル、及びアモルファス半導体超格子に関する既往の報告をまとめ、目的を述べている。

Chapter 2 “a-IGZO Gated-Four-Probe TFT and Bias-Dependent Mobility (a-IGZO GFP TFT とバイアス電圧に依存する移動度)” では、ソース・ドレイン間に 2 つの電圧測定端子を有する Gated-Four-Probe (GFP) TFT を作製し、移動度がゲート電圧に依存することと TFT の移動度はゲート電圧の冪乗則 (指数  $\gamma$ ) で表されることを見出している。これらの知見を用いた解析モデルを構築し、ソース・ドレイン内部の電圧を再現している。このモデルから、a-IGZO の伝導帯下におけるトラップ密度は、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3} \text{ eV}^{-1}$  と見積もられ、この値はアモルファスシリコンよりも 2 桁ほど低く、トラップの影響が極めて小さいことを解明している。

Chapter 3 “Carrier-Density Dependent Mobility Model for a-IGZO TFT (a-IGZO TFT のキャリア密度依存性を有する移動度モデル)” では、a-IGZO TFT のオン特性と a-IGZO 膜の Hall 移動度のキャリア密度依存性を矛盾なく説明できる解析モデルを示している。

Chapter 4 “TFT Modeling of a-IGZO Including Bias and Temperature Effects (バイアス、及び、温度効果を含む a-IGZO の TFT モデル化)” では、キャリア密度に依存する移動度とトラップ密度分布を考慮した TFT モデルにより、253-393 K の TFT 特性を再現できることを示している。

Chapter 5 “Modeling and Electrical Instability of a-IGZO Dual-Gate TFT (a-IGZO Dual-Gate TFT のモデル化と電気的不安定性)” では、前章までの結果に基づく a-IGZO dual-gate (活性層の上下にゲートを形成) TFT の TFT モデルを構築し、さらに、そのバイアスストレス不安定性を議論し、トップゲート側の活性層-絶縁層界面近傍の高いトラップ密度が、その不安定性の主因であると述べている。

Chapter 6 “Optical Evidence of Quantization in a-IGZO Superlattice (a-IGZO 超格子における量子化の光学的な証拠)” では、a-IGZO (Tauc gap  $\sim 3.1 \text{ eV}$ ) を井戸層、a-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ( $\sim 4.3 \text{ eV}$ ) を障壁層とする超格子構造を作製し、井戸層厚さが 5nm 以下になると Tauc gap が厚みとともに増加することを見出している。伝導帯にのみ周期的なポテンシャル井戸が形成されるという仮定の下、

Krönig-Penny model で形成される量子状態のエネルギーを計算し、実測の Tauc gap シフトが定量的と一致したことから、a-IGZO 井戸層が量子化していることが明らかにしている。

Chapter 7 “Quantum Effects in a-IGZO Single-Well TFT (単一井戸 a-IGZO TFT における量子効果)” では、a-IGZO 単一井戸を活性層を含む TFT の移動度特性から、量子効果を検討している。a-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/a-IGZO/a-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 層を活性層とする TFT を作製した。単一井戸層の a-IGZO 井戸層厚さが 5 nm 以下において、移動度のゲート電圧依存性に平坦領域が見出され、その平坦領域が開始するゲート電圧は、井戸層厚さが薄くなるほど高くなることを見出している。Chapter 4 で記した TFT モデルに、量子化による a-IGZO 井戸層のバンドギャップシフトを導入したデバイスシミュレーションにより、平坦領域開始電圧の井戸層厚さ依存性の再現している。

Chapter 8 “General Conclusions (結論)” では、得られた結果を総括し、今後の展開を述べている。

以上を要するに、本論文は透明アモルファス酸化物半導体 In-Ga-Zn-O (a-IGZO) について、特徴的な移動度のキャリア濃度依存性など取り入れることでそれを用いた TFT の動作モデルの構築と、超格子構造の形成によりバンドギャップと TFT 特性において量子効果の観測に成功している。a-IGZO-TFT は、アモルファスシリコンよりも一桁高い移動度を有することから、省エネルギーで高精細な液晶ディスプレイや大型有機 EL-TV を駆動するバックプレーンとして実用化が開始された。その TFT のモデリングはデバイス応用を図る際の基礎となるものであり、量子化に関する定量的な知見はアモルファス酸化物半導体を用いた量子効果デバイスへの展開を図る上で不可欠となる。よって、本論文は博士（工学）の学位に値すると判断される。