

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	材料物理学	専攻	申請学位(専攻分野):	博士 (工学)
Department of			Academic Degree Requested	Doctor of
学籍番号:			指導教員(主):	細野秀雄
Student ID Number			Academic Advisor(main)	
学生氏名:	安部勝美		指導教員(副):	神谷利夫
Student's Name			Academic Advisor(sub)	

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

本論文は、“TFT Modeling of Amorphous IGZO and Quantum Effect in Its Superlattice” (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、8 章から構成されている。

Chapter 1 “General Introduction (序論)” では、透明アモルファス酸化半導体を活性層とする TFT (薄膜トランジスタ) 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、本研究の背景および研究意義を記し、目的を述べた。

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、a-IGZO を活性層とする Gated-Four-Probe (GFP) TFT の特性から、移動度がゲート電圧のべき乗関数 (指数  $\gamma$ ) で表されることを見出し、それをを用いた解析モデルを構築した。そのモデルは、水素化アモルファス Si (a-Si:H) TFT モデルと数学的に同形であり、オン動作におけるドレイン電流と、ソース・ドレイン間の電圧分布を再現した。

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 膜の Hall 移動度のキャリア密度依存性から、キャリア密度のべき乗関数 (指数  $\gamma/2$ ) で表される移動度を仮定し、Chapter 2 のモデルと数学的に同形な解析モデルを得た。そのモデルにより、a-IGZO TFT のオン特性と Hall 移動度のキャリア密度依存性を矛盾なく説明できることを示した。

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、Chapter 3 の移動度がオン動作、その移動度とトラップ密度が閾値下動作を決定する TFT モデルを構築した。そのモデルの近似として、低ドレイン電圧時に成り立つ解析モデルを定式化し、その解析モデルを用いて TFT モデルのパラメータとトラップ密度分布を得た。そのモデルを用いたデバイスシミュレーションにより、253-393 K における TFT の閾値下~オン特性を精度良く再現できた。

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き、a-IGZO dual-gate (DG) TFT の TFT モデルを構築し、トップゲート界面近傍のトラップがバイアスストレス不安定性の主な原因と考えられることを示した。

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=3.1 eV) を井戸層、a-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (Tauc gap=4.3 eV) を障壁層とする超格子構造を室温スパッタリング法にて作製し、その光学特性を調べた。その特性から、a-IGZO 井戸層は、伝導帯において厚さ 5 nm まで量子干渉性を維持し、Krönig-Penny モデルで定量的に説明できる量子準位を形成することを見出した。

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 (a-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/a-IGZO/a-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) を活性層を含む TFT の移動度特性から、量子化した a-IGZO 井戸層のキャリア輸送特性を検討した。単一井戸層の a-IGZO 井戸層厚さが 5 nm 以下において、その TFT 移動度とゲート電圧の関係は、平坦領域を含み、井戸層厚さに依存することを見出した。Chapter 4 の TFT モデルを用いた検討から、量子化による伝導帯の段階的な状態密度の形成とパーコレーション伝導モデルにより、その移動度の特徴的な特性を説明できることを示した。

Chapter 8 “General Conclusions (結論)” では、本研究の結果を総括し、これからの展開を展望した。これらの研究により、a-IGZO の TFT モデリングとその超格子の量子効果の検証ができ、その結果、透明アモルファス酸化半導体の電子状態とキャリア輸送機構に関する理解を深められた。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note: Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	材料物理学	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	細野秀雄
学生氏名 : Student's Name	安部勝美		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	神谷利夫

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This thesis is entitled "TFT Modeling of Amorphous IGZO and Quantum Effect in Its Superlattice," and consists of 8 chapters.

In Chapter 1 "General Introduction," backgrounds and objectives of this thesis were described.

In Chapter 2 "a-IGZO Gated-Four-Probe TFT and Bias-Dependent Mobility," an analytical model with a bias-dependent mobility, which reproduces electrical properties of gated-four-probe a-IGZO TFTs under on-operation, was developed.

In Chapter 3 "Carrier-Density Dependent Mobility Model for a-IGZO TFT," a mobility model represented by a power function of the carrier density was proposed. The model can explain both the on operation of a-IGZO TFTs and the carrier-density dependence of Hall mobility of a-IGZO films.

In Chapter 4 "TFT Modeling of a-IGZO Including Bias and Temperature Effects," a TFT model with the subgap traps and the carrier-density dependent mobility was developed. Device simulation employing the model reproduced the TFT characteristics over a wide range of bias voltage and temperature (253-393 K).

In Chapter 5 "Modeling and Electrical Instability of a-IGZO Dual-Gate TFT," an operation of a-IGZO dual-gate TFT was studied based on the above TFT model. It suggested that the electrical instability was dominated by subgap traps near the top-gate interface.

In Chapter 6 "Optical Evidence of Quantization in a-IGZO Superlattice," optical properties of a-IGZO superlattices with a-IGZO well and a-Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> barrier layers were investigated. An energy quantization of the a-IGZO well with the thickness at  $\leq 5$  nm was observed in the Tauc gap shifts, which were quantitatively explained by the Krönig-Penny model.

In Chapter 7 "Quantum Effects in a-IGZO Single-Well TFT," a carrier transport in the quantized a-IGZO well of a-IGZO single-well TFTs was discussed. Novel relations between the field-effect mobility and the gate voltage for the TFTs were observed. An investigation with the TFT model in chapter 4 indicated that the relations can be explained by the quantized DOS and the percolation conduction model.

In Chapter 8 "General Conclusion," all conclusions were summarized.

The studies grew further understandings on electronic structure and carrier transport of a-IGZO.

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 2 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 2 copies of 800 Words (English).