

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	High Performance Oxide and Iodide TFTs and CMOS
著者(和文)	ShiahYu-Shien
Author(English)	Yu-Shien Shiah
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12091号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:細野 秀雄,神谷 利夫,舟窪 浩,真島 豊,平松 秀典,松石 聡
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12091号, Conferred date:2021/9/24, 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

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	SHIAH Yu-Shien	
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	細野 秀雄	特任教授		平松 秀典	教授
		神谷 利夫	教授	審査員	松石 聡	准教授
	審査員	舟窪 浩	教授			
		真島 豊	教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

薄膜トランジスタ (TFT) は電子回路の基本構成要素の一つである。IGZO に代表されるアモルファス酸化半導体 (AOS) は、電子移動度が水素化アモルファスシリコン(a-Si:H)よりも数十倍大きくスパッターリング法で容易に成膜できることなら、a-Si:H に代わってディスプレイのバックプレーン用の TFT のチャンネル半導体として、高精細・省電力な液晶ディスプレイや大型有機 EL テレビの駆動に採用されるなど応用が急速に拡大している。最近ではスーパーハイビジョン、メモリー、論理回路などの新しい応用が真剣に検討されつつある。これらの応用では、 $50\text{cm}^2/\text{Vs}$ を超えるより高い移動度 (IGZO は $30\text{cm}^2/\text{Vs}$ 以下) が要求されている。その候補として注目されているのが In-Sn-Zn-O(ITZO)である。しかしながら、高い移動度をもつ AOS-TFT は、負ゲート電圧の印加で閾値がシフトしやすいという共通に生じてしまい、実用に向けての深刻な技術課題となっている。また、論理素子やさらなる低消費電力化には C-MOS の実現が望まれているが、移動度の高い酸化半導体 TFT は未だ n チャンネルに限定されている。このような背景から、本論文では高移動度・高安定性の AOS-TFT と C-MOS 用の高性能 p チャンネル TFT の実現を目的としている。

Chapter 1 “General Introduction”では、本研究の背景と目的を述べている。

Chapter 2 “Unintended Carbon-Related Impurity and Negative Bias Instability in High-Mobility AOS-TFTs”では、ITZO-TFT の負バイアス下での不安定性 (NBSI) 現に、CO 関係の不純物の表面吸着が大きな影響を与えることを発見し、それについて実験結果とその機構について述べている。すなわち、加熱脱ガス測定や光電子分光の結果から、フォトリソグラフィープロセスに起因する炭素不純物が表面と反応して残存していることが NBSI の発現に密接に関係していることを見出し、次に清浄化した表面に CO ガスを吸着させることで NBSI が ITZO では発現するが IGZO では発現しないことを確認している。そして、その機構を、 SnO_2 への CO ガスの表面吸着によるフェルミ準位変化の機構に基づき説明している。また、表面吸着した CO 関連不純物を加熱で除去することで、移動度 $50\text{cm}^2/\text{Vs}$ で安定性の優れた ITZO-TFT を得ている。

Chapter 3. “Origin and Solution of Mobility-Stability Trade-Off in Oxide Thin-Film Transistors”では、AOS-TFT で広く観測される移動度の大きさと閾値電圧の不安定の起源を検討している。

まず、ITZO(高移動度)/IGO(低移動度)/SiO₂ (GI) という2重活性層構造のTFTを作製し、その伝達特性の測定結果をデバイスシミュレーションと比較し、閾値シフトの主因は、GI/AOS界面での正電荷のトラップではなく、高移動度AOSへのフェルミレベルのアップシフトであると結論している。次に実験結果から移動度と電子キャリアの生成の容易さの関係を考察し、活性層の電子親和力(真空準位-CBM)が大きいほど、移動度が高く、CBMに電子がドープされやすいというモデルを提唱している。最後に、このモデルに従いEAが大きなIn含有量の高いITZOにUVオゾン処理を施しCO関連不純物を除去することで、ポリシリコンに匹敵する移動度70cm²/Vsという高い移動度を有する安定なTFTを実現している。

Chapter 4 “Realization of High-Performance P-Type TFT by Utilizing Crystallographic Dimensionality of Metal Iodide Semiconductor”では、ヨウ化スズ系のペロブスカイト半導体で高移動度p型TFTを作製するコンセプトを提唱している。これに基づき、格子整合する3次元と2次元物質を選択し、溶液法でコア(3D)/シェル(2D)構造を薄膜全体に亘って形成できることを見出し、移動度25cm²/VsでON/OFF>10⁶という高性能なpチャネルTFTの実現の成功している。そして、IGZO-TFTと組み合わせることで、C-MOSインバータを試作し、電圧ゲイン200@V_{dd}=20Vを実現している。

以上を要するに、本論文は独自の視点とアプローチから、高移動度・高安定性のITZO-TFTと高性能なpチャネルTFTをスズヨウ化物系ペロブスカイトで実現したものである。これらの成果は、IEEE Electron Device LettersやNature Electronicsに受理されており、応用上もディスプレイのみならず論理回路などAOS-TFTの応用の可能性を広げるものと評価される。よって、博士(工学)に値すると判断される。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。