

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Low-Temperature Solution-Processed Metal Oxide Transistor for Flexible Electronics
著者(和文)	宮川幹司
Author(English)	Masashi Miyakawa
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11600号, 授与年月日:2020年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:飯野 裕明,間中 孝彰,菅原 聡,大見 俊一郎,神谷 利夫
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11600号, Conferred date:2020/9/25, 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

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	宮川 幹司
論文審査 審査員		氏 名	職 名	
	主査	飯野裕明	准教授	神谷利夫 教授
	審査員	間中孝彰	教授	
		菅原聡	准教授	
		大見俊一郎	准教授	

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Low-Temperature Solution-Processed Metal Oxide Transistor for Flexible Electronics」（邦題：フレキシブルエレクトロニクスに向けた低温塗布型酸化物薄膜トランジスタに関する研究）と題し英文7章より構成されている。

第1章「Introduction」ではディスプレイの要素技術を概観し、薄膜トランジスタ（TFT）の重要性と薄膜半導体材料に言及している。そして、プラスチック基板上に製造されたディスプレイや電子回路などのフレキシブルエレクトロニクスの実現が今後求められ、超大面積化が可能で環境負荷低減および低コストで製造できる TFT 材料として塗布型酸化物半導体を取り上げている。塗布型酸化物半導体はプロセス温度と移動度がトレードオフの関係にあり、300°C以下の低温で高性能な塗布型酸化物半導体の実現のために、材料やプロセス開発の必要性、さらに、塗布型の利点としてダイレクトパターニングの可能性に言及している。そして、本研究の目的が、高性能な塗布型酸化物 TFT を簡便に作製するための塗布型酸化物半導体の材料およびプロセス探索を行うことであると述べている。

第2章「Experimental methods」では本研究で行った製膜や焼成プロセス、TFT 作製方法を述べている。さらに昇温脱離ガス分析法（TDS）やフーリエ変換赤外分光法（FTIR）、二次イオン質量分析法（SIMS）、X 線光電子分光法（XPS）などの分析手法についても説明している。

第3章「Application of hydrogen injection and oxidation to organic based solution-processed zinc tin oxide semiconductors」では塗布型酸化物半導体における溶液由来の残留不純物が伝導性を阻害すると考え、この不純物を効果的に除去する方法として、水素導入処理による還元プロセスと酸化処理の連続プロセスを提案している。有機系材料 Zn-Sn 酸化物に対して水素導入・酸化処理により不純物が減少することを TDS や SIMS で確認し、TFT 特性においては移動度の上昇やヒステリシスの減少がみられ、本プロセスの有用性を示している。

第4章「Application of hydrogen injection and oxidation to aqueous based solution-processed indium gallium zinc oxide semiconductors」では炭素原子を含まない水溶性の塗布型 In-Ga-Zn 酸化物（IGZO）に注目している。水溶性の塗布型 IGZO においても、水素導入・酸化処理により、ヒドロキシル基の減少および金属塩の分解を FTIR より確認している。水素導入・酸化処理を行うことで、水溶性の塗布型 IGZO の TFT は移動度が高くなり、ヒステリシスが小さく、またバイアスストレスも小さくなっており、水素導入・酸化処理の有用性を示している。

第5章「Impact of fluorine doping on solution-processed In-Ga-Zn-O thin-film transistors using an efficient aqueous route」では、水溶性の塗布型 IGZO にフッ素を添加することで欠陥を減らし、高移動度と高安定性を目指している。フッ素添加により硝酸イオンの脱離を促していることを TDS で確認している。このフッ素添加により TFT の移動度は $7.3\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ になることを示している。

第6章「Simple and reliable direct patterning method for carbon-free solution-processed metal oxide TFTs」では、深紫外光による水の光分解反応に注目したダイレクトパターニングを検討している。深紫外光照射による酸化反応に伴い、硝酸イオンが分解されることを XPS で確認し、この光酸化によるエッチングレートの変化によりダイレクトパターニングの実現に成功している。多数の TFT を作製し、平均移動度が $4.2\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ （標準偏差（ σ ）=0.39）、 V_{ON} 電圧が-0.4V（ σ =0.07）とばらつきの少ない TFT 特性を実現し、さらに、フレキシブル基板上でも同様なデバイスができることを確認している。

第7章「Conclusions and outlook」では、本研究で得られた結果をまとめ、塗布型酸化物半導体の今後の課題と展望について述べている。

以上を要するに、本論文はプラスチック基板に適用可能な 300°C以下の低温プロセスでも塗布型酸化物半導体の有用性を示しており、工学上並びに工業上寄与するところが大きい。したがって、我々は本論文が博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認める。