

溶液プロセス p 型 SnO 薄膜トランジスタの試作

Investigation of solution-processed p-type SnO thin-film transistors

工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室

曹博聞

指導教員 相川慎也, 研究協力者 小林亮太

キーワード: 酸化物半導体, 薄膜トランジスタ, 溶液, p 型 SnO

1. 緒言

酸化物半導体は、低コストで、環境に優しく、良好な電気伝導などから太陽電池の透明電極や液晶ディスプレイの薄膜トランジスタ (TFT) 材料として用いられている。また、柔軟性のあるプラスチック基板の上に成膜することで、ウェアラブルデバイスとして使用出来るため、近年期待が高まっている[1]。

現在、酸化物半導体のデバイスへの応用が進んでおり、高性能な液晶ディスプレイや太陽電池が開発されている。薄膜デバイスのさらなる発展には相補型金属酸化物半導体論理回路 (CMOS) の作製が求められる。CMOS の構成要素として、n 型および p 型 TFT の両者が必要である。n 型酸化物 TFT の優れた特性に比べ、しかしながら、p 型酸化物 TFT では On/Off 比や電界効果移動度などが著しく劣っているため、CMOS の作製が遅れている[2]。そのため、n 型酸化物と同等の性能を持つ p 型酸化物が必要となる。酸化物半導体の中で、SnO は $6.7 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ を超える高い正孔移動度を持つ最も有望な p 型酸化物半導体の一つである[3]。これは、球状の Sn 5s 軌道と O 2p 軌道のエネルギー準位が近いこと、SnO 中で O 2p 軌道を非局在化、混成化していることに由来する[4]。

従来の真空プロセスによる成膜方法はスループットの低下と高コストを招くことから非真空プロセスによる TFT の開発が進められている。スピコート法は非真空な簡便プロセスのため、作製プロセスの低コスト化が期待できる。また、溶液ベースの手法は、原料の組成を容易に制御できるとともに[5]、大面積均一な塗布が可能である。

そこで本研究では、溶液プロセスを用い、良好な電気特性を持つ p 型 SnO TFT の作製を目的として、原料溶液の濃度調整とその焼結条件をパラメータとして作製した TFT の特性評価を行った。

2. 実験方法

SiO₂ 200 nm 付き Si 基板の上に、ボトムゲート構造の TFT を作製した。塩化スズを 2-メトキシエタノールに 0.1 mol/L 溶解させ前駆体溶液を作製した。Si 基板の上にヘキサメチルジシラザンを用いて親水性/疎水性パターンニングを施した後、スピコートによりチャンネル層を形成した。最後に、大気中 120 °C で 10 分乾燥後、350 °C で 60 分と 120 分間アニールを行った。電極は電子ビーム蒸着装置により Ni および Ti をそれぞれ 10 nm および 90 nm 蒸着した。

作製した TFT の電気特性は、半導体パラメータアナライザを用いて評価した。また、作製した SnO 薄膜の結晶性評価については、X 線回折装置 (XRD) を用いて行った。

3. 実験結果及び考察

図 1 および図 2 に、大気中、350 °C、60 分アニール処理を行った TFT および大気中、350 °C、120 分アニール処理を行った TFT の電流電圧特性を示す。60 分アニールした TFT では、Transfer 特性から p 型伝導を確認できた。しかし、薄膜の質が低いため、キャリア伝導が阻害され特性が乱れたと考える。一方で、120 分アニールした TFT の挙動は n 型であった。この理由を考察するため、作製した SnO 薄膜の結晶構造を調べた。

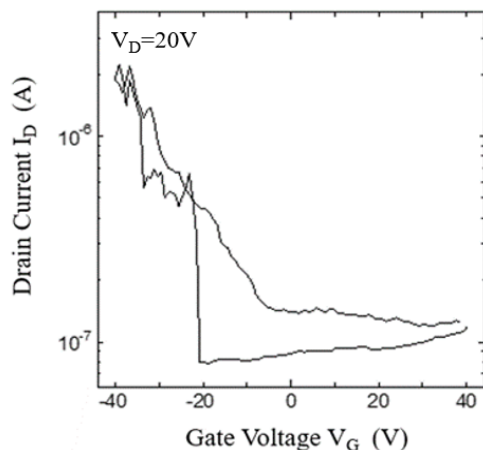


図1 大気中、350°C、60分間アニールしたTFTのI-V特性

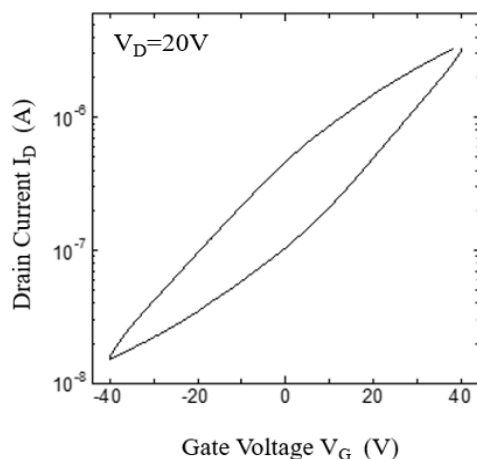


図2 大気中、350°C、120分間アニールしたTFTのI-V特性

図3にXRDスペクトルを示す。この結果より、大気中、350°C、60分間アニール処理を行った薄膜ではSnOとSnO₂のピークが確認できた。一方、120分間アニールした薄膜では、60分処理のものに比べて相対的にSnOのピークが弱くなった。これは、不均化反応によって、準安定SnO相が安定なSnO₂へ変化したためと考えられる。60および120分処理の両サンプルにおいて、p型SnOとn型SnO₂が共存していると考えられるが、120分処理の薄膜はSnO₂成分がマジョリティであるためn型挙動が優勢となった可能性がある。

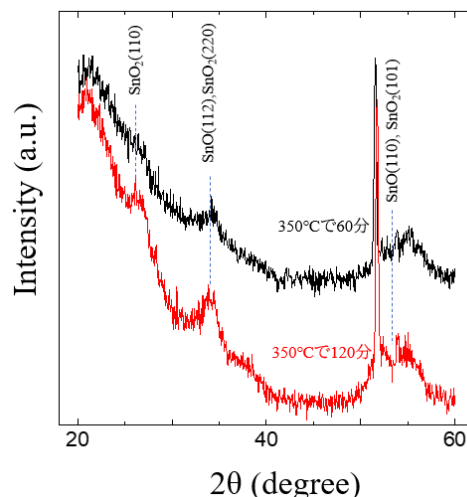


図3 大気中、350°C、60分および120分間アニールしたSnO薄膜のXRDパターン

4. 結論

本研究では、溶液からのp型SnOの作製を目的とし、原料溶液の濃度調整とその焼結条件に着目した。作製したSnO薄膜を用いてTFTを作製し、評価した。大気中、350°C、60分アニールしたものではp型挙動を確認することができ、SnOがマジョリティとなっていることがわかった。しかし、高温でアニールした場合、SnO₂相に変化し、SnO相を保持することができなかった。今後は、原料溶液の濃度調整とその焼結条件の探索を詳細に進めることで、より優れた特性のp型TFTを作製できると考える。

5. 参考文献

- [1] T. Kamiya *et al.*, *Sci. Technol. Adv. Mater.*, 11, 044305 (2010).
- [2] R. Barros *et al.*, *Nanomater.*, 9, 320 (2019).
- [3] J. A. Caraveo-Frescas *et al.*, *ACS Nano.*, 7, 6, 5160-5167 (2013).
- [4] Y. Ogo *et al.*, *Appl. Phys. Lett.*, 93, 032113 (2008).
- [5] C.H. Choi *et al.*, *ECS J. Solid State Sci. Technol.*, 4 (2015).