

高性能・高安定 p 型酸化物 TFT の実現に向けた SnO_x 薄膜のスputタ成膜条件およびアニール条件の検討

Investigation of sputtering and annealing conditions of SnO_x thin films for high-performance, highly stable p-type oxide TFTs

工学院大学 高機能デバイス研究室

渡辺幸太郎

指導教員 相川慎也

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

キーワード：酸化物半導体, Sputタリング, 薄膜トランジスタ材料, P 型 SnO

1. 緒言

近年では、酸化物を用いたTFTの研究が行われている。酸化物 TFT を用いることにより、低コストで使い捨て可能なエレクトロニクスデバイスなどへの応用が考えられる。また、薄膜デバイスの発展には薄膜酸化物 CMOS の作製が求められる。薄膜酸化物 CMOS に不可欠な n 型 TFT と p 型 TFT の両者の研究がなされている。n 型酸化物 TFT が急速に開発されているにもかかわらず、p 型 TFT について報告されている酸化物¹⁾はごくわずかであり、その特性と製造技術は実際の応用にはまだ十分ではなく、さらなる研究が必要である。従って、薄膜デバイスの高品位化が求められる。

n 型酸化物半導体に比べ現状報告されている p 型酸化物半導体は、キャリア移動度やキャリア濃度が低い。さらに、TFT 化させてデバイスとしての動作において On/Off 比も低くデバイスとしてまだ使用することができない。

本研究では、p 型 TFT の作製に向けた SnO_x 薄膜の諸性能について調査した。項目としてはSputタリング中の RF 電力、酸素濃度が薄膜に及ぼす影響の調査、SnO_x 系薄膜の正孔輸送特性の向上に向けたアニール条件の最適化についてそれぞれ行った。

2. 実験方法

成膜には、Si 基板上に RF マグネトロンスputタリ

ング法を用いて SnO_x 薄膜を成膜し上記の研究を行った。Sputタターゲットには、SnO₂を用いた。上記の試料に対し、卓上型ランプ加熱装置を用いて様々な雰囲気下でアニールを行った。これらの試料の結晶評価、また、キャリアタイプ、キャリア濃度、シート抵抗値や移動度などの電気的特性についてはそれぞれ X 線回折装置(XRD)、ホール測定装置を用いて測定を行った。

3. 結果及び考察

Sputタリング中の RF 電力、酸素濃度が薄膜に及ぼす影響の調査の結果を Fig1 に示す。RF 電力と酸素濃度がそれぞれ 100W-10%と 40W-9%の as-dep 膜において p 型の特性を示した。この結果から、シート抵抗値が 10⁵ オーダー以上であると p 型になる傾向があることを見つけた。これは、Sputタリング中に酸素イオンが拡散し基板上に堆積されず酸素空孔が増加しているためと考える。また、100W-10%の試料においては、移動度とキャリア濃度が 6.81cm²/Vs、7.90 × 10¹⁷/cm³と移動度は非常に高い値となった。このことから、100W と 40W で比較すると 100W の方が最適な RF 電力であると定めた。

SnO_x 系薄膜の正孔輸送特性の向上に向けたアニール条件の最適化の結果を Fig2,3 に示す。アニール温度-シート抵抗値特性は Fig2 に示されているように高抵抗の条件を得たのはアニール温度が 60

0°Cの時だけであり、p 型の挙動を示した試料についても600°Cアニールするときのみであった。また Fig3 は、p型挙動を取った試料の酸素濃度-移動度特性を示す。不活性雰囲気(N₂雰囲気)でのアニーリングにおいて様々な酸素濃度でp型特性を示した。これは、酸素欠陥が窒素によって置換されたという報告がされている²⁾ため、本実験において同様の現象が起きていると考えられる。また、100W-5%の試料を、N₂雰囲気下 600°C30min でアニールを行った。この試料の移動度とキャリア濃度においてはそれぞれ5.92cm²/Vs、6.61 × 10¹⁹/cm³の値となった。移動度においては100W-10%の as-dep 膜に比べ低い値を取っているがキャリア濃度が高く正孔がアニーリングを行うことにより増加したと考えられる。

4. 結論

スパッタリング中の RF 電力、酸素濃度が薄膜に及ぼす影響の調査から、100W におけるスパッタリング中には、酸素イオンが拡散し基板の上に堆積された SnO_x 薄膜には酸素欠陥が多くなっていると仮定した。そのため、シート抵抗値が上がり正孔を生成していると考えられる。

また、SnO_x系薄膜の正孔輸送特性の向上に向けたアニーリング条件の最適化では、N₂雰囲気下でのアニールを行うことでキャリア濃度、移動度ともに高い p 型 SnO_x 膜の作製に成功した。

今後の展望としては、実際に TFT として動作させたときにp型として機能するかどうかを確かめなければならない。

5. 参考文献

- 1) Raquel Barros et al, nanomaterials, 2019 ,9, 320
- 2) Thanh Tung Nguyen et al, Ceram. Int., 45 (2019) 9147-915

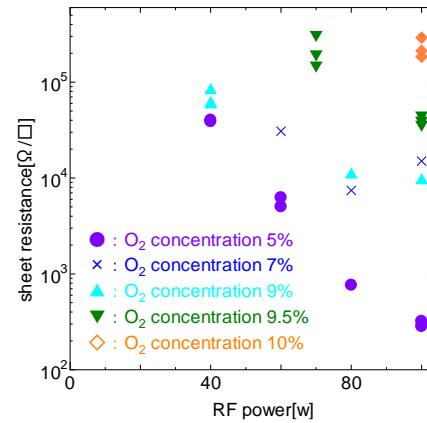


Fig1 Relation of RF power-sheet resistance of SnOx films deposited at various oxygen concentrations

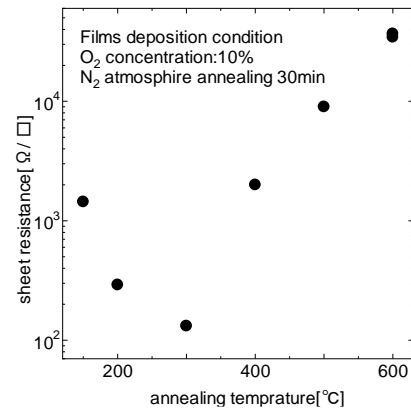


Fig 2 Relation of Annealing temperature-sheet resistance characteristics of SnOx thin films annealed for 30 minutes in an oxygenated 10%-N₂ atmosphere

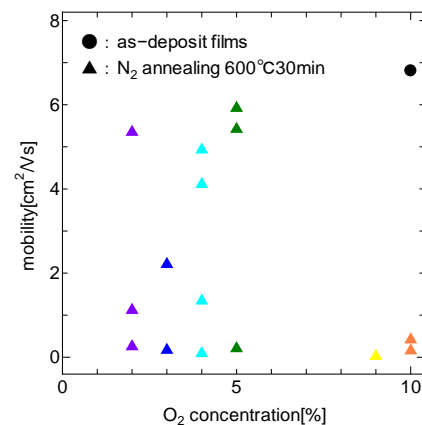


Fig 3 Relation of Oxygen concentration-mobility characteristics of p-type SnOx films