

高性能 p 型酸化物 TFT の実現に向けた SnO_x 薄膜のスパッタ成膜条件 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 p-type oxide TFTs

渡辺 幸太郎 (電気電子工学科)

Kotaro Watanabe

高機能デバイス研究室 指導教員 相川慎也 准教授

1. 緒言

酸化物薄膜トランジスタ(TFT)は大面積製造が可能であり、基板の素材を選ばないため、低コストで使い捨て可能なエレクトロニクスデバイスへの応用が期待されている。¹⁾また、薄膜デバイスの高機能化には低電圧駆動可能な相補型金属酸化物半導体回路(CMOS)の作製が求められる。²⁾そのため近年では、酸化物を用いたTFTの研究が行われている。³⁾n 型挙動の酸化物TFTについては、開発が進んでいる一方で^{4) 5)}、p型 TFT についての報告は少ない¹⁾。したがって、p 型酸化物 TFT のさらなる研究が必要である。

本研究では、p 型 TFT の作製に向けた SnO_x 薄膜の結晶性、キャリアタイプ、キャリア濃度、シート抵抗値および移動度の電気的特性について調査する。具体的には、スパッタリング中の RF 電力および酸素濃度が薄膜のシート抵抗値に及ぼす影響を調べるとともに、SnO_x 薄膜の正孔輸送特性向上に向けたアニール条件の最適化を行う。SnO_x に着目する理由は両極性を有する酸化物半導体として広く知られているからである。これらの条件最適化に基づき、p 型 SnO_x TFT を実証することを目的とする。

2. 実験方法

SiO₂ 200nm 付き Si 基板上に RF マグネトロンスパッタリング法を用いて SnO_x 薄膜を成膜した。スパッタターゲットには、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窒素雰囲気下でアニールを行った。薄膜の結晶評価には X 線回折装置(XRD)を用いた。また、キャリアタイプ、キャリア濃度、シート抵抗値および移動度の電気的特性についてはホール測定装置を用いて測定を行った。

3. 結果及び考察

スパッタリング中の RF 電力、酸素濃度が薄膜のシート抵抗値に及ぼす影響を調査した。Fig1(a)にスパッタリング時の RF 電力-シート抵抗値特性を示す。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型の特徴を示した。(図中○で囲った部分)。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が分かった。これは、RF 電力が増加することに伴いスパッタ粒子がスパッタガスにより散乱を受けるため⁶⁾、スパッタリング中に酸素イオンがチャンパー内全域に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、移動度が6.81cm²/Vsと高い値となった。このことから、100Wと40Wで比較すると高移動度の p 型薄膜を得るためには 100W の方が最適な RF 電力であることが分かった。

Fig1(b) にアニール温度-シート抵抗値特性の結果を示す。TFT 用として適していると考えられる高抵抗(>10⁵Ω/□)の条件を得たのはアニール温度が600℃の時であり、p 型の挙動を示した試料についても600℃アニールのときであった。そのため、

窒素雰囲気下 600℃30分でのアニールが正孔を多数キャリアとするような膜を安定して得られる最適な条件であることが分かった。

p 型挙動を示す成膜及びポストアニール条件を見出すことができたので、TFT を試作した。現状、p 型 TFT は得られていないが、これはスパッタリングによって酸素イオンが拡散され金属 Sn 成分が多いことが原因と考えるため、スパッタリング時のプロセス圧を制御することにより SnO 成分がリッチな膜を得ることができると考えており、そのための実験を進めている。

4. まとめ

両極性を有する酸化物半導体として広く知られている SnO_xを用いて、スパッタリング中の RF 電力、酸素濃度が薄膜のシート抵抗値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を行った。その結果、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、また、窒素雰囲気下 600℃30分でのアニールが正孔を多数キャリアとするような膜を安定して得られる最適な条件であることが分かった。今後の展望として、p 型特性 TFT 挙動のためのさらなる条件出しを進めていく必要がある。

5. 参考文献

- 1) Raquel Barros, *et al.*, *Nanomaterials*, **9**, 320 (2019).
- 2) Po-Ching Hsu, *et al.*, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **52**, 05DC07 (2013).
- 3) J. Um, *et al.*, *Mater. Sci. Semicond. Process.*, **16**, 1679 (2013).
- 4) Um, Jae Gwang, *et al.*, *SID Symp. Dig. Tech. Pap.*, **47**, 872 (2016)
- 5) Thanh Tung Nguyen, *et al.*, *Ceram. Int.*, **45**, 9147 (2019).
- 6) 鈴木 巧一 他, *真空*, **21**, 158 (1978).

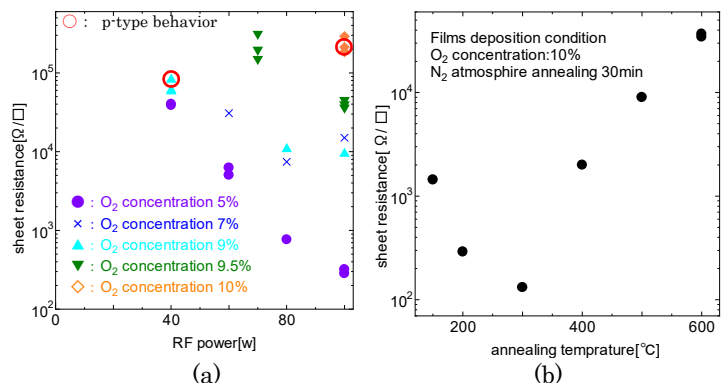


Fig. 1 (a) Relation of RF power-sheet resistance of SnO_x films deposited at various oxygen concentrations. (b) Sheet resistances of the SnO_x film as a function of annealing temperature in N₂ atmosphere