

Ar/H₂ 雰囲気中でスパッタ成膜した SnO₂ 薄膜の特性評価

Characterization of SnO₂ thin films fabricated by sputtering under Ar/H₂ atmosphere

工学院大 °(B)小林 翔, 渡辺 幸太郎, 川口 拓真, 石田 哲也, 相川 慎也

Kogakuin Univ., °Tsubasa Kobayashi, Kotaro Watanabe, Takuma Kawaguchi, Tetsuya Ishida, and

Shinya Aikawa

E-mail: aikawa@cc.kogakuin.ac.jp

酸化スズ半導体は両極性伝導を示すことから、同一材料で pn 形成を実現できる材料として、近年、注目されている¹⁾。特に p 型伝導を示す SnO は、バンド分散が大きく、有効質量が軽い²⁾ため、高い正孔移動度を持つ p 型酸化物が実現できる³⁾。これまでに SnO 膜は Sn や SnO ターゲットを用いたスパッタリングプロセスで作製されている。しかし、SnO は 270°C 以上の高温で不均化反応 ($4\text{SnO} \rightarrow \text{Sn}_3\text{O}_4 + \text{Sn} \rightarrow 2\text{SnO}_2 + 2\text{Sn}$) が生ずるため²⁻³⁾、プラズマを活用するスパッタリングでは、SnO ターゲットによる SnO 薄膜の作製が困難である。この課題に対し、Hsu らはロバストな SnO₂ ターゲットを用い、高濃度の水素雰囲気下で還元させることで SnO 膜の作製を行った³⁾。SnO₂ ターゲットは、低融点 Sn ターゲットや低密度 SnO ターゲットに比べ極めて安定なため、広範囲にスパッタ成膜条件を変化させることができる。しかしながら、高濃度の水素処理のため水素が多量に酸素空孔や Sn 空孔に取り込まれ、イオン化不純物散乱による電界効果移動度の低下が懸念される⁴⁾。そこで本研究では、膜内での水素欠陥が少ない SnO 膜実現のため、低水素濃度での還元スパッタリングおよびアニール処理での SnO₂ 膜作製を目指すとともに、作製した薄膜の電気特性および結晶構造を評価する。

RF マグネトロンスパッタリング装置を用いて、Si 基板上に、SnO₂ 薄膜を Ar/H₂ ガス雰囲気中で、100nm 成膜した。成膜後、RTA 装置を用いて Ar/H₂ 雰囲気中でアニールを行った。薄膜の評価はホール測定効果測定と XRD を用いた。

Fig.1 に 600°C アニールした SnO₂ 膜の典型的な電気特性を示す。RF パワーを 20 から 200W まで増加させるとシート抵抗の減少とともに、キャリア密度が増加した。また、測定した全ての膜は n 型伝導であった。Fig.2 に 600°C アニールした SnO₂ 膜の XRD パターンを示す。20 から 200W で成膜したすべての膜で、正方晶の SnO₂ に由来するピークが観測された。また、RF パワーの増加に伴い回折強度が減少した。RF パワーの増加に伴う低抵抗化とキャリア密度増加は、酸素空孔が増加したことに起因する。O 原子は Sn 原子より軽く平均自由行程が長い⁵⁾ため、チャンバー内から容易に排気される⁵⁾。そのため、膜形成に寄与する O 原子が減少し膜内の酸素空孔密度が高くなった結果、電子密度の向上につながったと考える。また、RF パワーの増加に伴う回折強度の減少は、酸素空孔密度の増加によるアモルファス化に起因する⁵⁾。現時点では SnO に由来する結晶構造は得られていないが、条件調整により所望特性の薄膜作製が期待できる。発表では、金属 Sn から作製した SnO 膜との比較についても議論する。

- 1) R. Barros, *et al.*, *Nanomaterials* 9, 320 (2019).
- 2) Y. Li, *et al.*, *IEEE Electron Device Lett* 39, 208-211 (2018).
- 3) P.-C. Hsu, *et al.*, *ACS Appl. Mater Interfaces* 6, 13724-13729 (2014).
- 4) L. Xue, *et al.*, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 22, 19275-19281 (2020).
- 5) P.-C. Hsu, *et al.*, *Thin Solid Films* 555, 57-61 (2014).

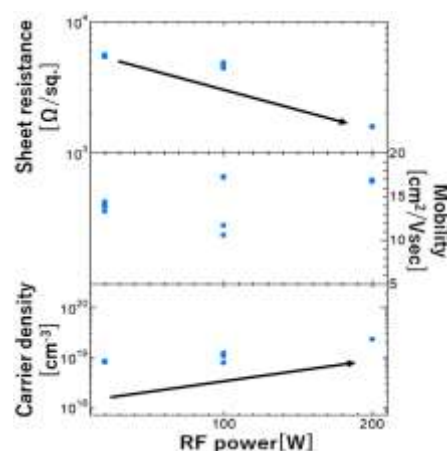


Fig.1 Relationship between RF power and electrical properties of SnO₂ thin films.

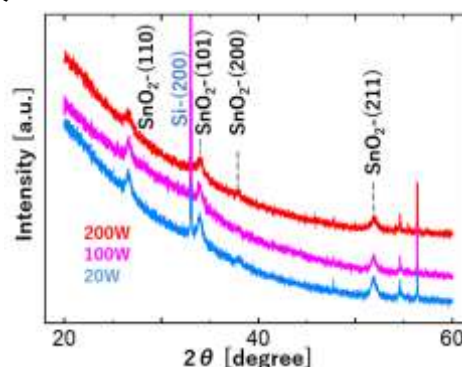


Fig.2 Typical XRD pattern of annealed SnO₂ thin films.