

希少金属を用いない非晶質透明導電膜の開発

物質・材料

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

Sn ドープ In_2O_3 (ITO) 薄膜は高い可視光透明性 (80 % 以上) と低い比抵抗 ($\sim 3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$) を示すため、ディスプレイや太陽電池の窓電極に使用されている。しかし希少金属である In を使用するため太陽電池の製造コストが上昇し、その希少性から生産量も制限される [1]。そこで代替材料の研究開発が喫緊の課題となっている。さらに現在注目されている Si ヘテロ接合型太陽電池やペロブスカイト系太陽電池では低温 (200°C 以下) での窓電極形成が求められている。つまり希少金属を使用せずに低温 (200°C 以下) での導電性の高い透明導電膜を開発すれば、太陽電池の普及拡大に繋がる (図1)。本研究では地殻中に豊富に存在する Sn に着目し、低温での合成プロセスにより作製する非晶質 SnO_2 薄膜について検討した。

■ 活動内容

SnO_2 薄膜の製造方法には、常圧/減圧化学気相成長法、スプレー法などの化学気相成長法と真空蒸着法、イオンブレーティング法、スパッタリング法などの物理蒸着法がある。本研究では、太陽電池生産ラインで一般的に使われているマグネトロンスパッタ法を用いた。 SnO_2 セラミックターゲットを使用した RF マグネトロンスパッタ法により、無加熱ガラス基板上に SnO_2 薄膜を作製した。スパッタガスに Ar、反応性ガスに O_2 を導入した。投入電力は 50~150 W、 O_2 ガス流量比 $\text{O}_2/(\text{Ar}+\text{O}_2)$ は 0~0.5 % とした。成膜後は N_2 雰囲気 200°C で 30 分間のアニール処理を行った。

本研究で作製した SnO_2 薄膜は、XRD で調べた範囲内において全て非晶質構造であった。また、スパッタ成膜時の O_2 ガス流量比 $\text{O}_2/(\text{Ar}+\text{O}_2)$ の増加あるいは投入電力の減少に伴い、透過率の向上と吸収率の低下が見られた。 O_2 を導入し作製した SnO_2 薄膜は 80% 程度の高い可視光透過率を示した。図 2 に、投入電力 100 W 条件下で作製した薄膜の電気特性の結果を示す。 200°C アニール処理をすることで構造緩和が起り、キャリア密度と移動度ともに増加した。結果として、酸素流量比 0.375% の条件下で最小比抵抗値 $1.9 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ が得られた。太陽電池への応用には、Sn ドープ In_2O_3 (ITO) 薄膜と同等の比抵抗 ($\sim 3 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$) まで引き下げる必要がある。そのため、今後は SnO_2 薄膜中の電子の散乱要因を調べるなどして、新たな成膜条件の探索を実施する予定である。詳細は発表当日に報告する。

■ 参考文献

[1] Y. Zhang, M. Kim, L. Wang, P. Verlinden, B. Hallam, Energy Environ. Sci. **14** (2021) 5587– 5610.

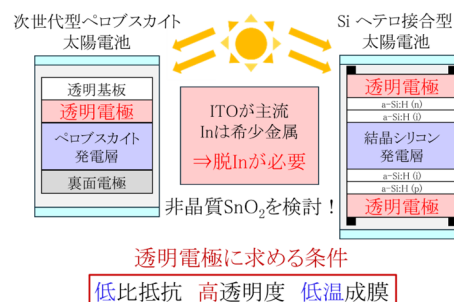
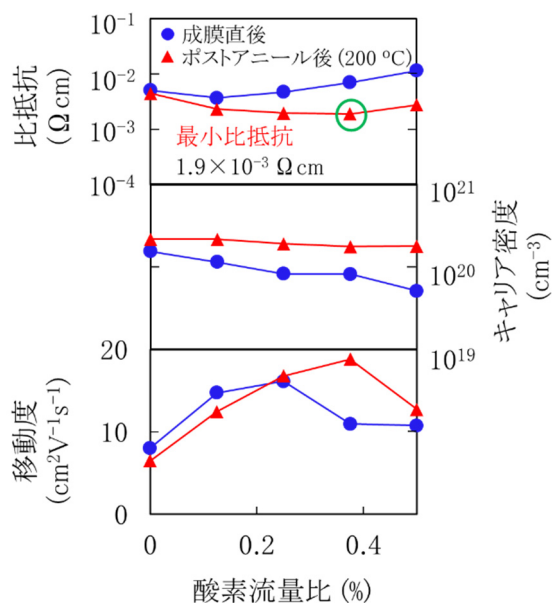


図 1. ITO 薄膜の問題点と透明電極に求める条件

図 2. 投入電力 100 W 条件下で作製した SnO_2 薄膜の電気特性

代表発表者 藤本 穂(ふじもと のん)
所 属 近畿大学大学院 産業理工学研究科
産業理工学専攻
産業技術総合研究所
省エネルギー研究部門 電機システムグループ
問合せ先 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1
中央事業所 2 群
TEL: 050-3521-2711
Email: t-koida@aist.go.jp

■キーワード: (1) 透明導電膜
(2) 酸化錫
(3) 非晶質
■共同研究者: 岡 伸人 (近畿大学)
鯉田 崇 (産業技術総合研究所)