

スズ酸窒化物 (SnO_xN_y) 薄膜の電子輸送特性

Electron transport properties of tin oxynitride thin films

東大院理¹, °土井 雅人¹, 廣瀬 靖¹, 長谷川 哲也¹

Univ. of Tokyo¹, °Masato Tsuchii¹, Yasushi Hirose¹, and Tetsuya Hasegawa¹

E-mail: tsuchii@chem.s.u-tokyo.ac.jp

【背景】酸窒化物半導体は酸素よりも電気陰性度の低い N の 2p 軌道が価電子帯上端を形成することで可視光吸収を示し、光触媒などへの応用が盛んに研究されている。スズ酸窒化物 SnO_xN_y (SnON)は SnO_2 の高圧相と類似した立方晶構造(Fig. 1)をもち、スパッタリング法で合成された薄膜が高い電気伝導度($\sim 10^3$ S/cm)と可視光吸収を示すことが報告されている[1]。しかし、その電子輸送特性の詳細は調べられていない。本研究では、半導体光電極や光センサーへの応用を見据えて SnON 薄膜の電子輸送特性の評価と制御を試みた。

【実験手法】 SnON 薄膜は SnO_2 ターゲットを用いた反応性スパッタリング法で作製した。基板には、 MgO (100), YSZ (111)単結晶、および無アルカリガラス、 Si を用いた。 N_2 をプロセスガスとして全圧を $P_{\text{tot}} = 5$ mTorr で固定し、基板温度 $T_s = 350$ - 430 °C, 投入電力 $P = 15$ - 100 W を成膜パラメータとした。結晶構造は X 線回折(XRD), 化学組成はエネルギー分散型 X 線分析により評価した。キャリア濃度および電子移動度はホール効果測定により評価した。

【結果】 MgO (100)基板では $T_s \geq 400$ °C, $P \leq 50$ W, YSZ (111)基板では $T_s = 430$ °C, $P = 25$ W で立方晶 SnON 薄膜のエピタキシャル成長を確認した(Fig. 1)。上記以外の条件、およびガラスと Si 基板では立方晶 SnON の多結晶薄膜が得られた。薄膜の組成は成膜条件によらずほぼ一定で $\text{SnO}_{0.6}\text{N}_{0.7}$ であった。

作製した薄膜はいずれも 10^{20} cm^{-3} 台の高い電子濃度を示す n 型半導体で、エピタキシャル薄膜の電子移動度は先行研究(~ 30 $\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$)[1]より高い値を示した(Fig. 2)。伝導電子の起源はアニオン欠損であると考え、多結晶 SnON 薄膜を酸素雰囲気下でポストアニールして電子濃度の制御を試みた。300-450 °C で 1 時間アニールした薄膜は、結晶構造と電気抵抗のいずれも変化しなかった。一方、450 °C で 10 時間アニールした薄膜は、電気抵抗の増大(10^2 $\Omega \rightarrow 10^4$ Ω)が見られたものの結晶性が著しく悪化した。これらの結果から、ポストアニールによる残留電子濃度の低減は困難であることが示唆された。

【参考文献】 [1] H. J. Gwon *et al.*, Chem. Mater. **28**, 7051 (2016).

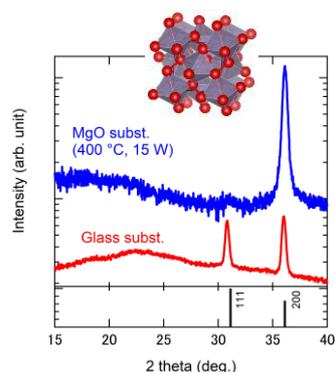


Fig. 1. 2θ - θ XRD patterns of SnON thin films on MgO (100) and glass substrates. Black bars represent the simulated patterns of cubic SnO_2 . Inset shows crystal structure of cubic SnO_2 .

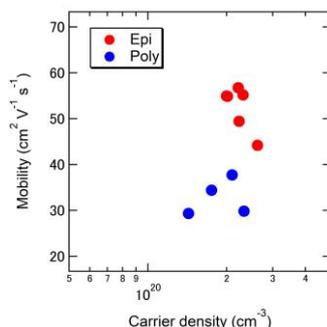


Fig. 2 Electron mobility and carrier density of SnON films.