

ミスト CVD によるスマートウインドウに向けた石英基板上への N ドープ VO₂ 薄膜の形成及び物性評価

Growth and characterization of N-doped VO₂ thin films on a quartz substrate for the smart windows by the mist chemical vapor deposition.

京工繊大¹, °加納 大成¹, 西中 浩之¹

Kyoto Inst. of Tech.¹, °Taisei Kano¹, and Hiroyuki Nishinaka¹

E-mail: m3621018@edu.kit.ac.jp

Morin によって二酸化バナジウム(VO₂)は金属絶縁体転移が約 67°C で発生すると報告[1]されて以来、数多くの研究がなされてきた。金属絶縁体転移を引き起こすトリガーとして、熱や電気、光等があり、転移によって光学的特性及び電気特性が大幅に変化する。そのため、転移による赤外領域の透過率の変化を利用し、外気温が高いときに室内への赤外線侵入を防ぐことができるスマートウインドウへの注目が近年集まっている。しかし、転移温度が約 67°C と室温よりやや高温であることや低い可視光透過率、低い赤外光変調能力がスマートウインドウの実用化の課題となっている。そのため、転移温度を変調する試みとして、VO₂ への N,W,Mo ドープなどの様々な試みや理論計算がなされてきた。

そこで、本研究では数多くの理論計算及び、ミスト CVD での無機酸化物へのドーピング報告例[2]がある窒素(N)ドープに注目し研究を行った。先行報告[3]では真空系である PLD により N ドープ VO₂ を成膜し転移温度を 50°C まで減少させているが、外気温に比べ依然高い結果である。しかし、本研究グループではミスト CVD を用いて合成雲母上に N ドープ VO₂ を成長させることで、転移温度を外気温近くの 29.5°C まで低下させることに成功している[4]。そこで、本研究ではスマートウインドウへの応用に向けてミスト CVD を用いて石英基板上に N ドープ VO₂ を成膜し、転移温度を外気温近くまで大幅に低下させることを目標とし、電気的特性及び光学的特性について評価を行った。

まず、合成雲母基板上に成膜した N ドープ VO₂ 薄膜の成長条件を参考にし、低温域でも VO₂ を成長させるために VO₂ の高温相と同じルチル構造を持つ SnO₂ をバッファ層として石英基板上に成膜し、SnO₂ バッファ層上に N ドープ VO₂ 薄膜を成長させた。GIXRD 測定よりアンドープ及び N ドープの両条件において、425-450°C の範囲でバッファ層に用いた SnO₂ 及び VO₂ が多結晶で成長していることが明らかとなった。これらの結果は PLD によって石英基板上に成膜した N ドープ VO₂ の結果と一致する。

次に転移温度の変化を調査するために温度-抵抗特性を計測した。425°C で薄膜成長を行ったサンプルでは、アンドープに比べ抵抗値の変化は小さいものの低温側で変化が見られた(Fig.1)。一方で、分光透過率特性において 425°C で成膜したサンプルでは吸収端が低波長側にシフトしており(Fig.2)、VO₂ とは異なる価数もしくはアモルファスに成長している可能性がある。当日の発表ではこれらの結果を踏まえ、詳細に報告予定である。

[1] F. J. Morin, Phys. Rev. Lett. 3, 34-36 (1959).

[2] J. G. Lu et al, Chem. Phys. Lett. 441 68-71 (2007).

[3] S. Chouteau et al, Appl Surf Sci. 554, 149661 (2021).

[4] T. Kano et al, Adv. Mater. Interfaces 2400038 (2024).

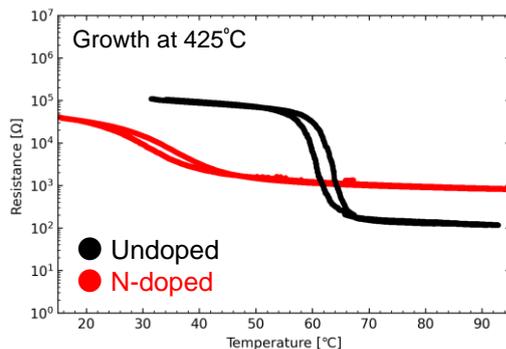


Fig.1. Resistance - temperature characteristics of Undoped and N-doped VO₂ thin films.

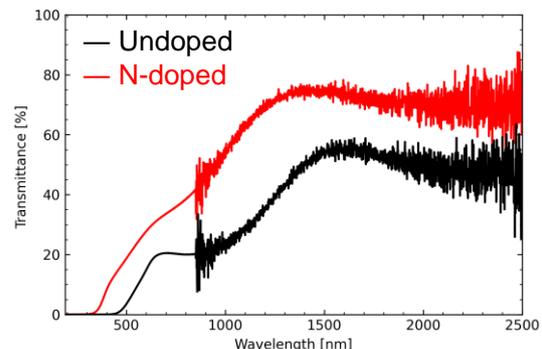


Fig.2. Spectral transmittance characteristics of Undoped and N-doped VO₂ thin films growth at 425°C