

透明導電酸化物膜を用いた太陽光選択吸収材料

Solar selective absorbers using transparent conducting oxide films

東北大院工 ○鈴木麻里, 清水信, 井口史匡, 湯上浩雄

Graduate School of Engineering, Tohoku Univ. ○M. Suzuki, M. Shimizu, F. Iguchi and H. Yugami

E-mail: m_suzuki@energy.mech.tohoku.ac.jp

1.はじめに

近年のエネルギー需要から太陽エネルギーの有効活用は重要な課題である。太陽光選択吸収材料には干渉を利用した多層膜のもの、金属表面の周期的微細構造によるもの、金属と誘電体による Cermet 膜を利用したもの等がある⁽¹⁾。本研究では干渉を利用し、高融点金属である Ta 上に酸化インジウムスズ(Indium Tin Oxide:ITO)をコートすることで高温動作可能な太陽光選択吸収材料を実現することを目的とする。ITO は透明導電酸化物のなかでも $\sim 10^{-4} \Omega\text{-cm}$ と低抵抗であり^(2,3)、長波長側の反射が高いことが期待できる。また、酸素空孔と Sn のドーピングでキャリア濃度を制御することでキャリア濃度の関数であるプラズマ波長を制御できるため^(4,5)、作動温度において最適なカットオフ波長をもつ材料が実現できると考えられる。

2.実験方法

SiO₂ ガラス基板上にスパッタリング法を用いて Ta, ITO 薄膜をそれぞれ 500nm, 750nm 製膜した。基板温度はそれぞれ 70°C, 200°C で圧力は 5mTorr とした。Ta は Ar 雰囲気, ITO は Ar に O₂ を混合させた雰囲気で作膜した。ITO をスパッタした後、真空中で 2 時間アニールを行った。作製したサンプルについて、反射率測定、シート抵抗測定、XRD で評価した。

3.結果と考察

Fig. 1 に Ta 上に ITO をコートした場合の Rigorous Coupled-Wave Analysis (RCWA) による数値シミュレーションと実際に作製したサンプルの吸収特性について示す。シミュレーションには、ガラス基板上に製膜した ITO 薄膜の n - k 値を用い、膜厚は 1 μm とした。シミュレーションの結果から、金属上に透明導電性薄膜をコーティングすることで可視から近赤外の領域では高い吸収特性を持ち、ITO のプラズマ波長より長波長側では吸収が抑えられ、高い波長選択性が得られることがわかる。実際に Ta 上に ITO を 750nm スパッタしたときの反射率を測定し、求めた吸収率を見ると、シミュレーションと同様に高い波長選択性をもつことが確認できた。カットオフ波長がシミュレーションに比べて短波長側にシフトしているが、

その理由として、ITO を Ta に接触させることでバンド構造が変化し、キャリア濃度に分布が生じることで、ガラス基板上の ITO とは異なる n - k 値を持つことが考えられる。また、真空中 500°C で 10 時間の耐熱試験を行いその光学特性が安定であることを確認した。さらに、500°C における性能指数(FOM)を以下の式によって評価した。

$$\text{FOM} = \alpha_s - \frac{\epsilon_{ht} \int E_{b\lambda} d\lambda}{C \int E_{s\lambda} d\lambda}$$

ここで α_s は太陽光吸収率、 ϵ_{ht} は半球全放射率、 $E_{b\lambda}$ は全放射エネルギー、 C は集光度、 $E_{s\lambda}$ は太陽光放射エネルギーである。 C を 100 としたときの FOM は 0.67 であったが、この値はキャリア濃度の制御によるカットオフ波長の最適化によって、太陽光吸収率 α_s を向上させることで改善できると考えられる。

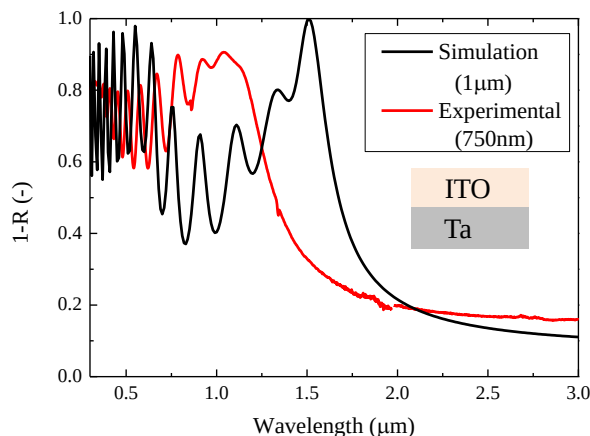


Fig. 1 The result of numerical simulation and the spectra of absorptivity of ITO on Ta

参考文献

- (1) 新太陽エネルギーハンドブック, 第 7 章, (日本太陽エネルギー学会, 2000) 231-233.
- (2) R.B.H. Tahar, T.Ban, Y. Ohya, Y. Takahashi; J. Appl. Phys. Vol. 83, No.5, 1 Mar 1998
- (3) Boen Houng, Adam Wang; Appl. Surface Science 258 (2012) 5593-5598
- (4) T.J. Coutts, D.L. Young, X. Li; Mater. Res. Aug. 2000 58-65
- (5) K. Utsumi, H. Iigusa, R. Tokumaru, P.K. Song, Y. Shigesato; Thin Solid Films 445 (2003) 229-234