

透明導電膜を用いた太陽光選択吸収材料のカットオフ波長制御

Control of Cut-off Wavelength of Solar Selective Absorber

Using Transparent Conductive 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, H. Yugami

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

1. はじめに

太陽熱発電の吸収材として太陽光選択吸収材料を用いることで熱損失を低減でき、作動温度が高温になることで現在約 15%⁽¹⁾である発電効率の向上が見込める。太陽光選択吸収材料の可視域の低い反射率(高い吸収率)と、赤外域の高い反射率(低い放射率)によって、熱損失を低減できる。しかし、500°C 以上でこの波長選択性を維持できる材料はない。また、吸収材が高温になるほどふく射エネルギーのピークが短波長側にシフトするため、より高い波長選択性が求められる。そこで本研究では、600°C 程度での耐熱性と高い波長選択性を両立する材料の開発を目的とする。

本研究では波長選択性を金属上に透明導電性薄膜を積層することで実現する。透明導電膜に酸化インジウムスズ(Indium Tin Oxide : ITO)、基板にはタングステン(W)を用いた。この構造では吸収と反射の閾値がキャリア濃度の関数であるプラズマ周波数によって与えられる。従って、ITO のキャリア濃度の制御により目的の波長を閾値とする設計が可能である。

2. 実験

反射率のカットオフ波長($\lambda_{\min}$)を(1)アニール雰囲気と(2)SnO₂ 組成比により制御する。ITO は W 上に RF マグネトロンスパッタにより製膜し、真空下でのアニール後に室温でその光学特性を評価した。電気的特性については Van der Pauw 法を用いて Hall 効果測定を行った。

太陽光選択吸収材料としての性能指数(Figure of Merit: FOM)を以下の式により求めた。

$$\text{FOM} = \alpha_s - \frac{\varepsilon_{\text{ht}} \int E_{\text{bl}} d\lambda}{C \int E_{\text{sl}} d\lambda}$$

ここで α_s は太陽光吸収率、 ε_{ht} は半球全放射率、 E_{bl} は全放射エネルギー、 C は集光度、 E_{sl} は太陽光放射エネルギーである。

3. 結果と考察

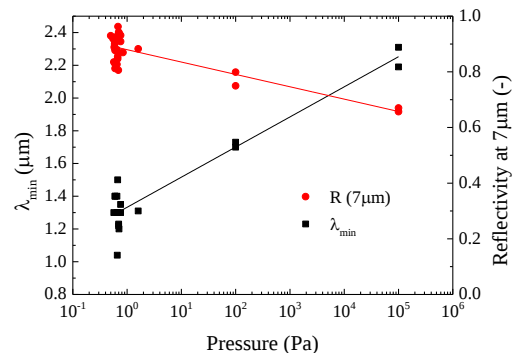
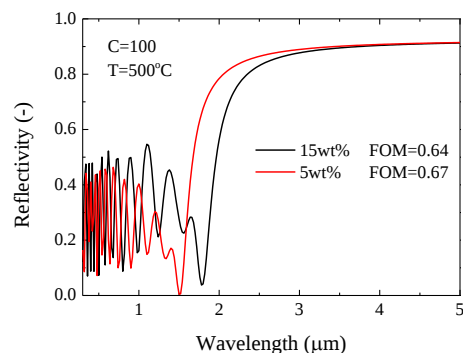
3.1 アニール雰囲気による制御

$\lambda_{\min}$ と 7 μm における反射率のアニール時の圧力との関係を Fig.1 に示す。キャリア濃度と抵抗率の関係から、キャリア濃度が減少し $\lambda_{\min}$ がレッドシフトするにつれて抵抗率が増大し長波長側の反射率は低下する。アニール雰囲気により $\lambda_{\min}$

をレッドシフトさせることで α_s の向上は可能だが、長波長側の反射率が低下し ε_{ht} が増大するという問題点がある。

3.2 SnO₂ 組成比による制御

SnO₂ 比が 15.5wt% の ITO をガラス基板上に製膜したときの n - k 値を用いて、W 上に ITO を 1 μm 積層したモデルで Rigorous Coupled-Wave Analysis (RCWA)による数値シミュレーションを行った。その反射率を Fig.2 に示す。500°C における FOM は、 $C=100$ としたとき SnO₂ 比が 15.5wt% の場合それぞれ 0.64, 0.67 であった。SnO₂ 比をパラメーターとしてカットオフ波長を制御し FOM の向上が期待できることがわかる。短波長側の反射率を低減させることで α_s が増大し、さらなる FOM の向上が見込める。

Fig.1 Reflectivity and $\lambda_{\min}$ as a function of annealing total pressureFig.2 Numerical simulation of reflectivity for two different SnO₂ content

参考文献

(1) IEA “Technology Roadmap Concentrating Solar Power” 2010