# タンデム太陽電池のボトムセルに向けた IWO 膜の成膜条件の検討
# Investigation of the IWO Film Deposition Conditions for the Bottom Cell in Tandem Solar Cells

張 時雨 [1*]、西原 達平 [1]、Hyunju Lee[1, 3]、大下 祥雄 [2]、小椋 厚志 [1, 3]
明治大理工 [1]、豊田工大 [2]、明大 MREL[3]
S. Zhang[1], T. Nishihara[1], Hyunju Lee[1, 3], Y. Ohshita[2], and A. Ogura[1, 3]
(1. Meiji Univ., 2. Toyota Tech. Inst. 3. Meiji Renewable Energy Institute)
*E-mail: ee181052@meiji.ac.jp

【背景と目的】高効率化なタンデム太陽電池に使われるボトムセルとしての結晶 Si 太陽電池では、透明導電膜(TCO)に長波長領域(900-1200 nm)で高い透過率が要求される。特に裏面では良好な反射率を得るために比較的に厚い膜を使用する。一般的な TCO である ITO(数%の錫ドープ酸化インジウム)は、長波長領域で自由キャリア吸収(FCA)による光学損失が大きいため、代替材料が探索されている[1]。$In_2O_3$ にタングステンをドープした IWO 膜は、ITO と同等の抵抗率を維持したまま、長波長領域で高透過率を有するため、注目を集めている。本稿では、長波長領域における IWO 膜の透過率に及ぼす $O_2$/Ar 流量比及び熱処理温度の影響について検討した。

【実験】n 型 Si(100)基板を希釈 HF で処理後、反応性プラズマ蒸着(RPD)法を用いて W を 1%ドープした $In_2O_3$ ターゲットを用いて、$O_2$/Ar 流量比を 29、70、117%とし、基板温度 100 °C、120 秒間成膜した。おおよその膜厚は 160 nm である。その後、大気中でそれぞれ 220 °C、5 分及び 180 °C、30 分の熱処理を行った。分光エリプソメトリーで光学特性、Hall 効果測定で電気特性をそれぞれ評価し、最適な成膜条件を導出し、単接合シリコンヘテロ接合型(SHJ)セルを試作しその効果を検証した。

【結果】Figure 1 に $O_2$/Ar 流量比並びに熱処理前後における透過率を示す。$O_2$/Ar 流量比を 29%から 117%に増加させると、熱処理前において 900-1200 nm での平均透過率が、94.9%から 98.1%に増加した。IWO の多数キャリアとして $W^{6+}$から生成された酸素空孔があり、成膜中の酸素は酸素空孔を補填し、キャリア濃度を低下させる[2]。従って、$O_2$/Ar 流量比増加に伴い、長波長領域での FCA が減少し、透過率が上昇する。さらに、熱処理による透過率の向上も確認でき、これは結晶化が促進されたためであると考える。これらを基に、$O_2$/Ar 流量比が 117%、熱処理 220°C、5 分の成膜条件を最適と決定し SHJ セルの試作に適用した。Table 1 に作製したセル特性の結果を示す。$O_2$/Ar 流量比が 29%のセルの変換効率が 21.7%であったのに対して 117%では 22.4%が得られ、特に電流密度が 40.1 mA/cm$^2$ から 40.8 mA/cm$^2$ の改善が確認され、その効果が実証された。

【謝辞】本研究は NEDO の委託で行われた。

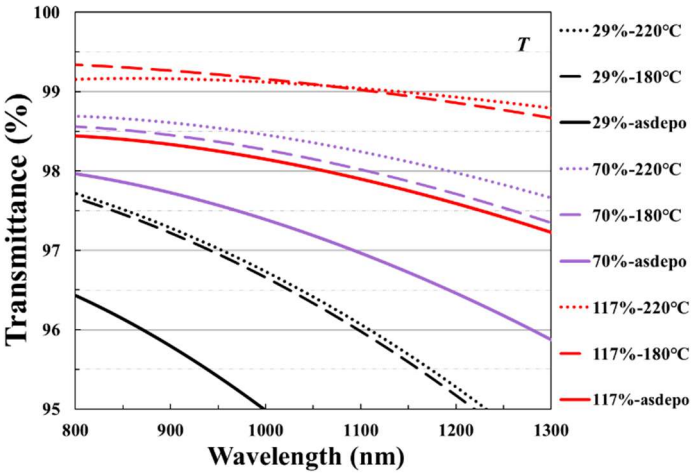


Fig. 1 Optical transmittance spectra of IWO films with various $O_2$/Ar ratio.

Table 1. SHJ cell characteristics in various $O_2$/Ar ratio.

| $O_2$/Ar (%) | $J_{sc}$ (mA/cm$^2$) | $V_{oc}$ (mV) | FF (%) | Eff. (%) |
|---|---|---|---|---|
| 29% | 40.1 | 701 | 77.2 | 21.7 |
| 117% | 40.8 | 703 | 78.2 | 22.4 |

[1] T. Koida et al., 表面科学 **29**, 18 (2008).
[2] Z. Lu et al., J. Phys. D: Appl. Phys. **46,** 075103 (2013).