

# Boron ドープ酸化インジウム透明電極を用いたショットキー太陽電池の 作製プロセス最適化と電気特性評価

## Fabrication process optimization of Schottky-barrier solar cells using B-doped indium oxide transparent electrode and their electrical properties

森永 裕己 (電気システム工学科)

Yuki Morinaga

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 准教授

### 1. イントロダクション

近年、市場に普及している太陽電池は Si 系が主流であり、これらの変換効率向上は難しくなっている。今後、さらなる太陽電池の普及を加速させるために、軽量化や大面積化などによる太陽電池の用途の拡大が盛んに研究されている。

ショットキー太陽電池 (schottky-barrier solar cell, SBSC) は、整流作用を示す金属-半導体接合であるショットキー接合界面空乏層で電子-正孔対を生成する光電変換素子である。Si 系太陽電池で使われている PN 接合より、製造が容易であるため低コスト化が期待できる。また、積層化が容易なため、吸収できる光の波長域が異なる材料を用いたタンデム型構造による高効率 SBSC の実現が期待できる [1]。

これまで、Si 基板上に電極を形成した簡易構造の SBSC として、単層カーボンナノチューブ (single-walled carbon nanotube, SWNT) 電極を用いた SBSC が報告されている [2]。その電力変換効率は 10% と比較的高く簡易構造のため製造コストも抑えられるが、SWNT が透明ではないため空乏層に到達する光量が減少してしまう問題がある。また、ショットキー接合において金属-半導体間の界面構造はいまだ原理が解明されておらず、作製プロセスにより電気特性が大きく変化するため、作製プロセスの最適化が必要である。

そこで、本研究では SWNT より透過率が優れ、ITO より低抵抗化が期待できる Boron ドープ酸化インジウム透明電極を用いて、Si 基板を用いた SBSC の最適作製プロセスを検討し、作製した SBSC の電気特性を評価することを目的とする。

### 2. SBSC の作製と評価

#### 2.1 SBSC 作製プロセス最適化

Fig. 1 に SBSC の作製プロセスと実験条件のフローチャートを示す。n 型 Si 基板 (電気抵抗率 100 Ω cm) を Acetone/IPA の順で超音波洗浄を 4 分行い、UV 照射を 6 分行った。次に、Si 基板前面のパターン形成のためにフォトリソグラフィを施した。セル中央 (5×5mm) 上の SiO<sub>2</sub> 膜の除去に RIE (samco, RIE-10NR) で CHF<sub>3</sub> を用いてエッチングを行い、フォトレジストの除去に Acetone/IPA で超音波洗浄を 3 分行った。B-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の蒸着のためスパッタリング装置 (キャノンアネルバ, L-332S-FH) を用いて体積約 0.125mm<sup>3</sup> の Boron 粒を In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ターゲット上に 2 個設置し成膜した。PEDOT:PSS を Si 基板前面に塗布する際は、スピンの回転数

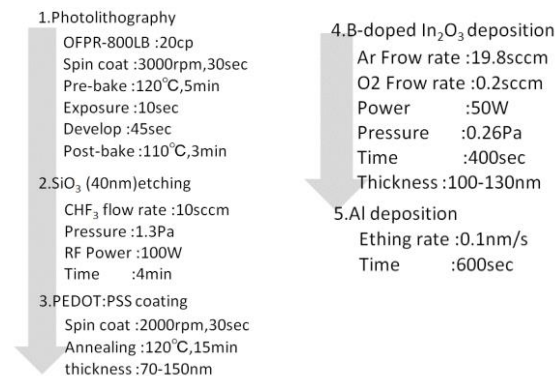


Fig. 1 Fabrication process of SBSC with B-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> transparent electrode.

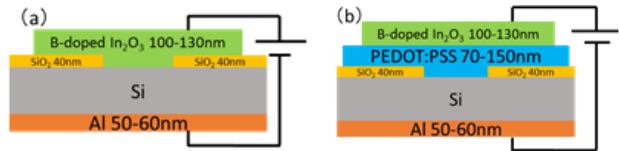


Fig. 2 Schematic cross-sectional diagram of SBSC using B-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> transparent electrode: (a) without PEDOT:PSS; (b) with PEDOT:PSS acting as hole transport layer.

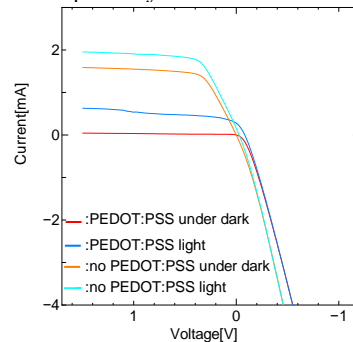


Fig. 3 *I-V* characteristics of fabricated SBSCs under dark and light illumination conditions.

2000rpm で 30 秒行った後、120°C で 15 分間大気中でアニールした。Al 蒸着は小型真空蒸着装置 (アルバック機工, VPC-410) を用いて、ダイヤモンドで Si 基板背面の SiO<sub>2</sub> 膜を削り Si を露出した後 Al を蒸着した。

#### 2.2 SBSC の特性評価

太陽電池の特性評価として、ペンライト (オーム電機 LDA-Y4WZ) で遮光した場合と採光した場合の 2 つの *I-V* 特性を、Keysight B2900A Quick IV メジヤメントソフトウェアを用いて測定した。Fig. 2(a) に PEDOT:PSS 無しの SBSC の断面図、2(b) に正孔輸送層として PEDOT:PSS を塗布した SBSC の断面図を示す。

### 3. 結果と考察

Fig. 3 に作製した SBSC の *I-V* 特性を示す。PEDOT:PSS ありの SBSC は、電圧 0 V 付近で電流が流れなくなったが、PEDOT:PSS なしでは、0.4 V 付近で電流が流れなくなった。このことから、PEDOT:PSS は光活性層で発生した正孔をカソード側へ抽出し、電子の流入をブロックする役割を持ち、理想的なショットキー特性を得るために重要であることが分かった。また、2 つの結果とも発電量が微量であった。原因としては、光電変換層が 1 層しかないため、光の吸収帯域が狭く発電量が微量であったと考える。

### 4. まとめ

本研究では、高い透過率と低コスト化が期待できる B-doped In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 透明電極を用いたショットキー SBSC を製作した。Si と透明電極の界面に PEDOT:PSS を塗布することで、光活性層で発生した正孔の再結合をブロックできることがわかった。

[1] 吉川 暹 : “有機薄膜太陽電池の次世代太陽電池としての展望” PP25-26 京都大学 (2008)

[2] Kehang CUI : “CVD growth control and solar cell application of single-walled carbon nanotubes” Tokyo University Doctoral dissertation p ii (2014)