

SnO_x系酸化物太陽電池に向けた電極/SnO_x 界面の接触抵抗評価

Contact resistance in metal electrode/SnO_x interface for SnO_x-based oxide solar cell

林 遥大(電気電子工学科)

Haruto Hayashi

高機能デバイス研究室 指導教員 相川 慎也 准教授

1. 緒言

太陽光の幅広い波長を有効利用するため、従来の Si 系太陽電池では活用されていない紫外線領域の光電変換素子が注目されている。紫外領域に吸収端をもつ材料としては、バンドギャップが約 3.0 eV 以上の酸化物半導体が候補となる。これまで単結晶 ZnO を用いた光電変換素子が報告されているが[1], ZnO は単極性 n 型伝導のため、空乏層形成にはショットキー障壁が必要となり、電極材料の選択性が制限される。一方、酸化スズは、Sn の酸化数の違いにより p および n 型伝導の両方が可能なため、酸化数制御された SnO_x 薄膜を用いた pn 接合光電変換素子の開発が期待されている[2]。

空乏層で形成されたキャリアを効率よく電極に取り出し、高効率な光電変換素子を実現するには、電極/半導体界面のコンタクトが重要である。オーミック接触、もしくはショットキーバリアハイトを極めて低減させた接触抵抗の小さい金属/半導体界面が必要である。そのため、金属電極/SnO_x 薄膜の接合界面を調査し、低接触抵抗が得られる最適な電極材料の探索が求められている。

そこで本研究では、SnO_x 半導体薄膜に対して一般的に広く用いられている Cu および Ni、当研究室で開発した透明電極 IBO (B-doped In₂O₃) をもちいて、その接触抵抗を TLM (Transfer Line Method) により評価することを目的とする。

2. 実験方法

作製した接触抵抗評価の構造を Fig. 1 に示す。熱酸化膜(200 nm 付)Si 基板を acetone, isopropyl alcohol の順で各 5 分間超音波洗浄を行った後、有機物汚染を取り除くため UV 照射(波長: 172 nm)した。成膜は RF マグネトロンスパッタ装置を用いて、Si 基板上に SnO_x 薄膜(膜厚: 50nm)を室温で成膜した。成膜原料として SnO₂ ターゲットを用いた。成膜時の酸素比率は 8 %で行い、成膜圧力は 0.12 Pa, RF パワーは 100 W に固定した。

成膜後、卓上型ランプ加熱装置を用いて N₂ 雰囲気下、600°C, 30 分間のアニール処理を行った。電極として Cu および Ni を電子ビーム蒸着装置で、IBO を RF マグネトロンスパッタ装置でそれぞれ 50 nm 成膜した。IV 特性は半導体パラメータアナライザを用いて測定した。また、TLM を用いて電極材料と SnO_x 層との接触抵抗を評価するために、電極間距離 50~200 μm の範囲でそれぞれ評価した。接触抵抗 R_c は次式から見積もった。

$$R_t = 2R_c + R_e(d) + 2R_s \quad (1)$$

$$R_c = \frac{R_t(d)}{2} + R_e \quad (2)$$

ここで、 R_c は接触抵抗、 R_s は半導体層の抵抗、 R_t は全抵抗、 R_e は電極層の抵抗、 d は電極間距離である。

3. 結果および考察

Fig. 2 に TLM から得られた電極間距離 d と全抵抗 R_t の関係を示す。近似直線を外挿すると、 $d=0$ での $R_t(0)$ がわかる。接触抵抗 R_c は全抵抗 $R_t(0)$ を 1/2 倍したものである。接触抵抗 R_c の計算結果を Table I に示す。

SnO_x との接触界面において、Ni および Cu では、IBO に比べ接触抵抗が低いことが分かった。この結果は、SnO_x の電子親和力

(SnO: 5.1 eV) と金属の仕事関数 (Ni: 5.15 eV, Cu: 4.65 eV) が近いことから電子注入が容易であるためだと考えられる[2,3]。一方で、IBO の接触抵抗は Ni および Cu と比べ、およそ 2 倍程度高くなった。IBO は In と酸化しやすい B で構成されているため、SnO_x から酸素を奪い、SnO_x/IBO 界面で高抵抗の自己酸化膜を形成したため接触抵抗が増加したと考えられる。

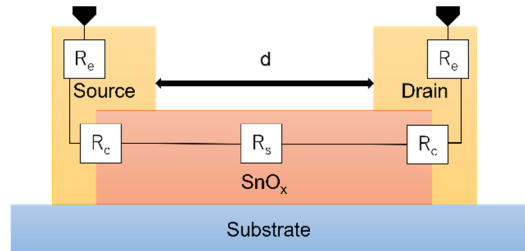


Fig. 1 接触抵抗評価の断面概略図

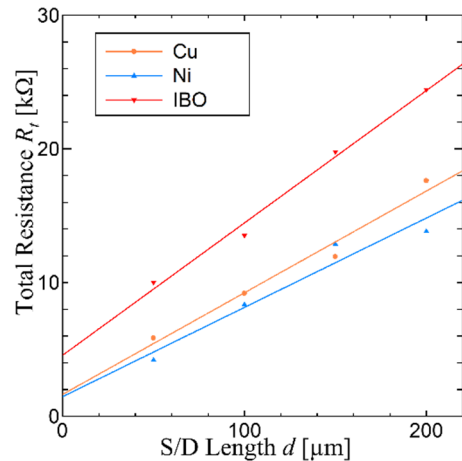


Fig. 2 電極間距離 d と全抵抗 R_t の関係

Table I 接触抵抗 R_c の計算結果

	全抵抗 $R_t(0)$ [kΩ]	接触抵抗 R_c [kΩ]
Cu	1.20	0.60
Ni	1.47	0.74
IBO	4.56	2.28

4. 結言

本研究では、SnO_x と電極の界面の接触抵抗を評価するために、SnO_x 薄膜と電極とで TLM 構造を形成し評価した。電極/SnO_x 界面の接触抵抗特性が最も優れていたのは Ni 電極であった。IBO と金属材料と比べると、IBO の接触抵抗が 2 倍以上高くなった。

5. 参考文献

- [1] M. Nakano, et al. Appl. Phys. Lett. Vol. 93, p.123309 (2008).
- [2] K. J. Saji, et al. Thin Solid Films, Vol. 605, pp.193-201 (2016).
- [3] H. B. Michaelson, J. Appl. Phys. Vol. 48, pp.4729-4733 (1977).