

SnO_x 薄膜を用いた透明太陽電池作製に向けた電極/SnO_x 界面の接触抵抗評価

Contact Resistance of Electrode/SnO_x Interface Toward for Homogeneous SnO_x-based Transparent Solar Cell Application

林 遥大

指導教員 相川 慎也 准教授 研究協力者 渡辺 幸太郎
工学院大学 工学部 電気電子工学科 高機能デバイス研究室
キーワード: SnO_x, 酸化物半導体, 透明電極, TLM

1. 諸言

太陽電池は設置場所が屋上,または広大な土地に限られてしまうため,窓ガラスや天窓に設置できる可視光を妨げない透明な太陽電池の開発が求められている.透明太陽電池作製において透明な p-n 接合が必要だが,p型の透明導電材料はn型材料に比べ種類が少なく,特性が劣る.⁽¹⁾

資源が豊富で低コストな酸化スズ系(SnO_x)薄膜は,Sn の酸化数の違いによりp型,n型挙動を示す両極性の性質や,直接バンドギャップが2.8eV 程度の広いバンドギャップであり酸素比率が増えていくことで可視光に対して透明性を有する.そのため,同一 SnO_x 薄膜を用いた透明な太陽電池の開発が期待されている.⁽²⁾

高効率な太陽電池を作製するには,半導体層と電極間で生ずるショットキー接合によるポテンシャル障壁を低減させ,空乏層で生成したキャリアを素早く電極に回収する必要がある.⁽³⁾ そのため,金属電極/SnO_x薄膜間の接合状態を調査し,最適な電極材料の選択が重要となる.

そこで本研究では,SnO_x とオーミック接触する金属を探索するため,SnO_x 薄膜に対して金属電極をコンタクトさせ,そのコンタクト抵抗をTLM(Transfer Line Method)により評価することを目的とする.⁽⁴⁾

2. 実験方法

RFマグネトロンスパッタ装置を用いて,熱酸

化膜(200nm 付)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(O_{pp})は8%で行い,成膜圧力は0.12Pa,RFパワーは100W に固定した.その後,N₂雰囲気内,600°C,30 分でアニール処理を行った.S/D電極として広く用いられているCu,Niと本研究室で開発されたIBO(Indium Boron Oxide)を用いた.比較を行うためそれぞれの試料に成膜した.今回作製したデバイスの構造を図1に示す.デバイス特性は半導体パラメータアナライザを用いて測定した.また本研究では,TLM を用いて数種類の電極材料と SnO_x 層とのコンタクト特性を調査・評価するために S/D 電極間の距離d(50~200μm)の異なるデバイスをそれぞれ評価した.

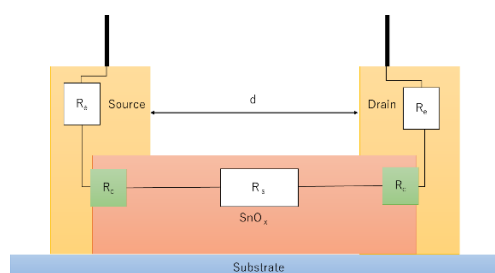


図1 デバイス構造 S/D 電極間の距離d 抵抗モデル

3. 結果・考察

図2に TLM から得られたd-Rtプロットを示す.

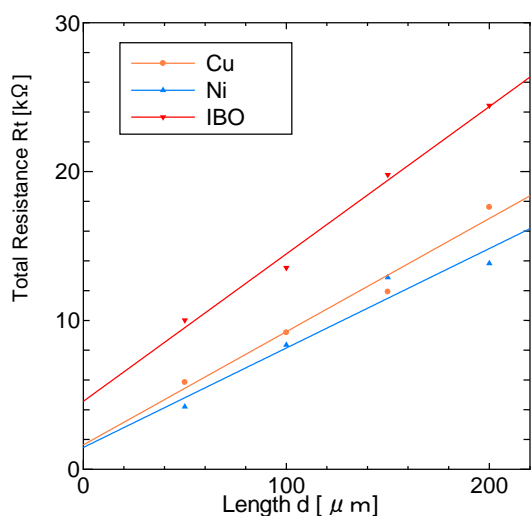


図 2 S/D 電極の幅 d に対する全抵抗 R_t の変化

近似直線を外挿すると $d=0$ のときの全抵抗 $R_t(0)$ が示せる. 接触抵抗 R_c は全抵抗 $R_t(0)$ の $1/2$ 倍したものである. 接触抵抗 R_c の計算結果を表 1 に示す.

表 1 接触抵抗 R_c の計算結果

	全抵抗 $R_t(0)$ [Ω]	接触抵抗 R_c [Ω]
Cu	1,636.26	818.13
Ni	1,465.24	732.62
IBO	4,564.73	2282.37

表 1 から, Ni や Cu などの典型的な電極材料は 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 の電子親和力と金属の仕事関数 (Ni が 5.15eV , Cu が 4.65eV) が近いことからショットキー障壁が低く電子輸送が容易であると分かった. そのため, 太陽電池などのデバイスの開発においてエネルギー損失を低減させられる理想的な材料であると考えられる. さらに, Ni と Cu の接触抵抗を比較したときに, Ni の方が低く SnO_x との相性が良いと考えられる. 一方で, IBO の接触抵抗は Ni と Cu に

比べおよそ 3 倍程度と高くショットキー障壁が高くなったと考えられる. 更に, IBO は In と酸化しやすい B で構成されているため, SnO_x/IBO 界面で高抵抗の自己酸化形成膜が生成され接触抵抗が増加したと考察される. 従って, IBO 電極を用いた完全に透明な太陽電池を作製したとしてもエネルギー損失が生じてしまうと考えられる.

4. 結論

今回 SnO_x /電極界面の接触抵抗で性能が最も優れていたのは Ni であった. SnO_x において電極は IBO と金属材料で比べると, IBO の接触抵抗の方が高くなってしまい, 透明太陽電池を作製する上で課題になると考えられる. 今後, 透明電極を使いデバイスを作製する際にはショットキー接合とオーミック接合に着目し, 材料の選定やデバイスの作製手順の見直しに臨む必要がある.

5. 参考文献

- (1) Banerjee, A. N., and K. K. Chattopadhyay. Progress in Crystal Growth and Characterization of materials 50.1-3 (2005): 52-105.
- (2) Saji, Kachirayil J., et al. Thin Solid Films 605 (2016): 193-201.
- (3) Olsen, L. C., F. W. Addis, and W. Miller. Solar cells 7.3 (1982): 247-279.
- (4) Hsu, Po-Ching, et al. Japanese Journal of Applied Physics 52.5S1 (2013): 05DC07.