

ヘテロ接合 Si 太陽電池における裏面側各層の役割： シミュレーションによる検討

Roles of Rear Layer Stack in Si Heterojunction Solar Cell: Simulation Study

豊田工大¹, 明治大² ◯神岡 武文¹, 林 豊¹, 中村 京太郎², 大下 祥雄¹

Toyota Technol. Inst.¹, Meiji Univ.², ◯Takefumi Kamioka¹, Yutaka Hayashi¹, Kyotaro Nakamura²,
Yoshio Ohshita¹

E-mail: t-kamioka@toyota-ti.ac.jp

【はじめに】ヘテロ接合構造の Si 太陽電池(silicon heterojunction; SHJ セル)の変換効率は現在 25%に迫っており、最近注目度がさらに集まっている。理論的な側面からの検討もこれまで多くなされてきているが、実験結果をすべて説明できているわけではない。これに関し、我々のグループでは最近、ヘテロ接合界面におけるキャリアの量子閉じ込め効果を考慮した動作モデルを提案し、従来モデルでは説明できなかった、開放電圧(V_{oc})の i -aSi:H 層厚さ依存性を再現することに成功した[1,2]。これにより、本モデルを用いて各層の役割を改めて理解する必要が生じた。前回の発表[3]では、 n 型 SHJ セルを対象として、受光面側の p 型アモルファス層(p -aSi:H)の役割を報告した。今回は引き続き、裏面側 aSi 層(n -aSi:H)の役割を調査した結果を報告する。

【シミュレーション手法】 ITO/ p -aSi:H/ i -aSi:H/ n -cSi/ i -aSi:H/ n -aSi:H/ITO の積層構造を有する SHJ セルをデバイスモデルとした。各材料の寸法や物性値は前回発表[3]した値を用いた。セルパラメタの数値解析には、量子効果を考慮したモデルを組み込んだ 2 次元デバイスシミュレータ"ATLAS"(Silvaco 社)を用いた。裏面側各層の条件設定に焦点を充てるため、受光面側 p -aSi:H 層の条件(不純物濃度、厚さ)は固定し、受光面側 ITO と p 層とのコンタクトには Ohmic 条件を課した。以上の条件のもと、 n -aSi:H 層の不純物濃度、および裏面側 ITO の仕事関数を変化させ、セルパラメタを抽出した。

【結果および考察】 量子効果の有無による顕著な違いは、 V_{oc} の不純物濃度依存性に現れる(図 1)。従来モデルでは不純物濃度とともに V_{oc} も増加する。一方、量子効果を考慮すると傾向が逆になり、 V_{oc} は減少する。これは、量子効果を考慮したモデルにおいて、電子の擬フェルミ準位の高低順が、 n -cSi/ i -aSi:H 界面において逆転することを反映している。この現象は、量子効果なしでは生じない。なお、短絡電流や曲線因子については、量子効果の有無で同じ傾向を示した。以上の結果は、量子効果の影響を踏まえた動作原理のより正確な理解が必要であることを示している。本発表では、セルパラメタの n 層の厚さ依存性のほか、実際の状況により近い、表裏面 ITO の仕事関数を同時に変えた条件での結果も併せて報告する。

【謝辞】本研究の一部は、NEDO 太陽光発電システム次世代高性能技術の開発「結晶 Si 太陽電池」の下で行われた。

【参考文献】 [1] 林他, 2013 年第 60 回応用物理学会春季学術講演会, 29a-A4-9. [2] Y. Hayashi et al., *IEEE J. Photovoltaics* 3 (2013) 1149. [3] 神岡他, 2013 年第 74 回応用物理学会秋季学術講演会, 19a-A4-8.

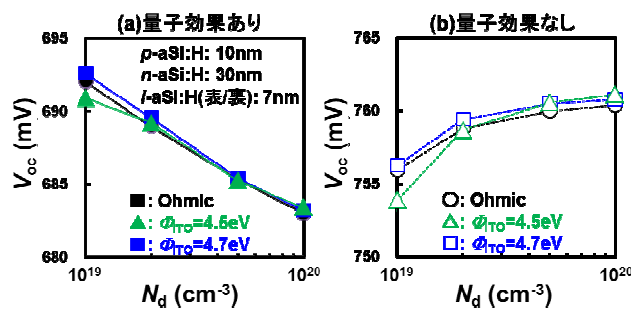


図 1. V_{oc} の n -aSi:H 層不純物濃度依存性. (a)量子効果あり, (b)なし.