

沈降法によって形成した量子ドット超格子による 太陽電池性能の向上

Improvement of Solar Cell Characteristics by Using Quantum-Dot Superlattice

Prepared by Sedimentation Method

横浜国大院工 ○石田 圭利, 向井 剛輝

Graduate School of Engineering, Yokohama National Univ., ○Y. Ishida, K. Mukai

E-mail: ishida-yoshikazu-jy@ynu.jp

【はじめに】次世代のエネルギー問題を解決するために取り組まれている研究テーマの一つに量子ドット超格子太陽電池がある[1]。量子ドット(QD)を周期的に3次元配列することで従来の太陽電池では吸収できなかった長波長の光を吸収でき、また熱損失も小さくできる。このため、理論的な光電変換効率は70%を超えられている。我々はこれまでSi基板上に化学合成QDを溶媒中で沈降させQD超格子を作製することや、QD周囲の配位子を短鎖に交換してQDの基底準位発光の長波長化を実現した[2,3]。本研究では、Si基板上に沈降法で作製したQD超格子膜の効果で太陽電池性能が向上することを確認した。

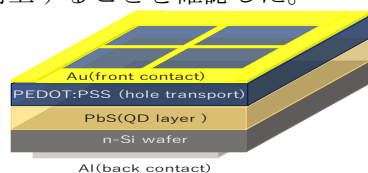


Fig. 1 Schematic of sample structure

【実験】Fig. 1に今回作製した太陽電池の構造を示す。N型(100)Si基板(再生品)を洗浄した後、PbS QD(溶媒トルエン) (Evidot, Evident Thermoelectrics Inc.)を膜厚0.9-130μm程度に堆積(沈降)させた。沈降は、窒素雰囲気下で数分(RD: Rapidly Deposited)とトルエン雰囲気下で3日程度(SD: Slowly Deposited)の、2条件で行った。沈降時間が短いとQDは短周期配列し、凝集する。また沈降時間が数日以上の場合QDは長周期配列することが知られている。正孔輸送層としてPEDOT:PSS (poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate)を、厚さ30-40nm程度にスピンコートした。陽極、陰極として金、アルミニウムを100nm程度蒸着した。

【結果】Fig.2に試料表面のSEM観察図を示す。RD QD膜ではQDの凝集が見られた。それに対してSD QD膜では直交する多数のステップが確認された。長距離的な規則配列が起こって

いると考えられる。

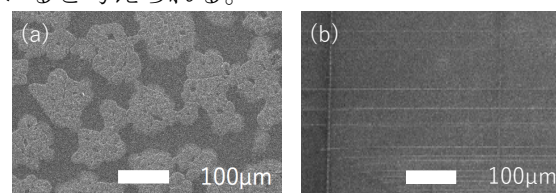


Fig. 2 Surface images of (a) RD QD and (b) SD QD film

RD QD膜によってSi太陽電池の短絡電流密度が2倍、光電変換効率が1.5倍、増加した。

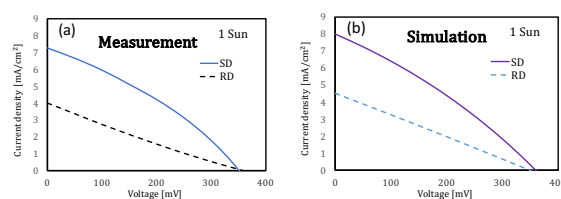


Fig. 3 (a) Experimental and (b) simulated J-V curves

沈降時間の異なるQD層を用いて太陽電池性能を比較したのがFig.3(a)である。開放電圧はほぼ同じ値だったが、短絡電流密度はSD QD膜が2倍となり、光電変換効率が2倍向上した。Fig.3(b)に実験結果の理論解析を行った結果を示す。QD薄膜の吸収係数の違いで実験結果を再現できたことから、電池性能向上の原因はQD超格子構造の違いによると考えられる。超格子構造内の中間バンドによって生成キャリア密度が増加し、また超格子の面積が広がったことでキャリア移動度が向上したと考えられる。詳細は口頭にて報告する。

本研究は公益財団法人岩谷直治記念財団の科学技術研究助成を受けて行なわれました。

【参考文献】

- [1] T. Nozawa, et al., Appl. Phys. Lett. **98**, 171108(2011).
- [2] K. Mukai, A. Hirota, Y. Shimizu, and S. Nakashima, Semicond. Sci. Technol. **30**, 044006(2015).
- [3] K. Mukai, F. Suetsugu, and K. Niwa, IEEE T Nanotechnol, **16**, 600-605 (2017).
- [4] V. Aroutiounian, S. Petrosyan, A. Jhachatryan, and K. Touryan, J. Appl. Phys. **89**, 2268 (2001).