面内超高密度 InAs 量子ドット層を導入した量子ドット太陽電池の集光特性

Sun-concentration properties of QD solar cells with in-plane ultrahigh-density InAs QDs

電気通信大学 基盤理工学専攻 ○(M2)鈴木 亮介, 坂本 克好, 曽我部 東馬, 山口 浩一
Univ. of Electro-Communications °R. Suzuki, K. Sakamoto, T. Sogabe, K. Yamaguchi
E-mail: s1313092@crystal.ee.uec.ac.jp

【はじめに】 量子ドット(QD)を用いた中間バンド型太陽電池の高効率化には、QD の高密度化および高集光度条件が必要である。しかし、櫛型電極の電極間距離が長くなると、集光度の増加に伴う面内抵抗の影響により曲線因子(FF)の低下が問題となる。最近開発した InAsSb 濡れ層(WL)上の面内超高密度 InAs QD 層を導入した type-II 型セル構造では、集光度の増加による特性低下が抑制され、電力変換効率(PCE)の増大効果も確認されたので報告する。

【セル構造】 MBE により GaAs(001) 基板上に QD 層の無い GaAs セル構造および面内超高密度 InAs QD 層（密度 0.5～1.0 ×10^{12} cm^{-2}）を単層導入した InAs QD/GaAs セル構造を成長した。面内超高密度 InAs QDs は、GaAsSb バッファ層(10 ML)上または InAsSb 濡れ層(WL)(1.25 ML)上にそれぞれ成長し[1, 2]、QD 層上には GaAs スペーサ層（3 or 5 nm）を挟んで GaAsSb 層(10 ML)を導入した type-II 型構造とした。セルの櫛型電極の電極間距離は 500 μm とした。

【結果・考察】 1 sun 時の値で正規化した FF, 開放端電圧(V_{OC}), PCE の集光特性をそれぞれ Figs.1, 2, 3 に示す。集光度の増加により V_{OC} は増加するが（Fig. 2）、FF 値は低下し（Fig. 1）、QD 層の無い GaAs セルおよび GaAsSb 層上の QD セルでは PCE も低下した（Fig. 3）。InAsSb 層上の QD 層を導入したセルでは、集光度の増加による FF の低下は抑制され、V_{OC} の増大効果も大きくなり、PCE は増大することが分った。InAs QD/InAsSb 層内の光励起された電子と正孔は、type-II 構造の QD 層と GaAsSb 層にそれぞれ分離されるが、櫛型電極間の横方向の電位分布が生じると、面内結合した QD 層中の電子は電極間中央方向に、逆に正孔は電極側方向に輸送されるために、面内横方向におけるキャリア分離も発生し、キャリア再結合の抑制効果がさらに働いたことによるものと考えられる。

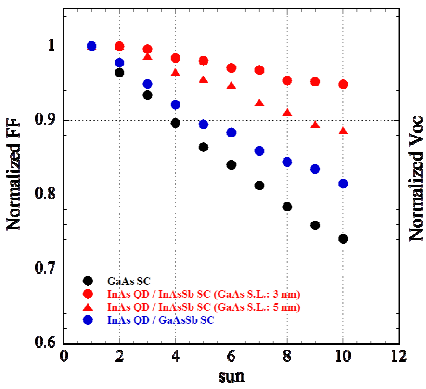

Fig.1. Sun-concentration dependence of normalized FF of GaAs cell (●) and QD cells using InAsSb WL (●,▲) and GaAsSb BL (●).

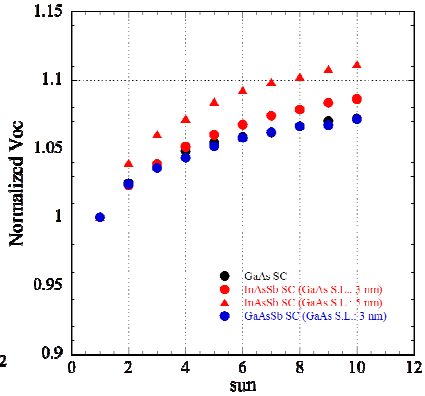

Fig.2. Sun-concentration dependence of normalized V_{OC} of GaAs cell (●) and QD cells using InAsSb WL (●, ▲) and GaAsSb BL (●).

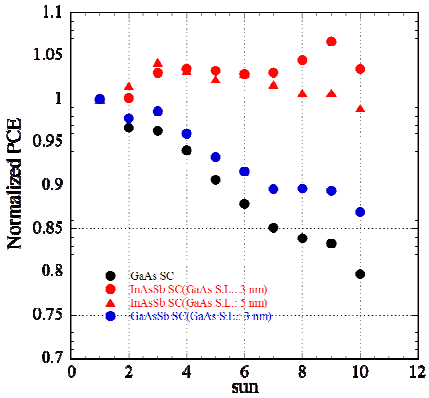

Fig.3. Sun-concentration dependence of normalized PCE of GaAs cell (●) and QD cells using InAsSb WL (●, ▲) and GaAsSb BL (●).

[1] E. Saputra, J. Ohta, N. Kakuda and K. Yamaguchi, *Appl. Phys. Express* **5,** (2012) 125502.
[2] K. Sameshima, T. Sano and K. Yamaguchi, *Appl. Phys. Express* **9**, (2016) 075501.

© 2018年 応用物理学会