多重量子井戸太陽電池のキャリア回収モデル

Model for Carrier Collection in Multiple Quantum Well Solar Cells

東大工 ○(D) トープラサートポン カシディット，渡辺 健太郎，中野 義昭，杉山 正和

Univ. Tokyo, °Kasidit Toprasertpong, Kentaroh Watanabe, Yoshiaki Nakano, Masakazu Sugiyama

E-mail: toprasertpong@hotaka.t.u-tokyo.ac.jp

1. 背景・目的

多重量子井戸（MQW）は混晶組成や厚さの調整によって吸収端を制御でき，多接合太陽電池の最適なバンドギャップの組み合わせを実現できると期待される．しかし，光生成されたキャリアが MQW 構造にトラップされ，実際に得られる光電流が低下してしまう[1]．そこで，高効率の MQW 太陽電池を設計するにはキャリア回収過程の理解が必要である．本研究では回収過程の詳細を明らかにし，キャリア回収効率の定式化について議論する．

2. 実験方法

p-i-n GaAs 太陽電池の i 領域に 35 層の $In_{0.2}GaAs$(5.4 nm)/$GaAsP_{0.4}$(5.7 nm) MQW を挿入した試料を 3 つ作製した．それぞれの i 領域には p-3×10^{15} cm^{-3}, n-5×10^{14} cm^{-3} , n-8×10^{15} cm^{-3} のバックグラウンドドーピングを有し，p(p)n, pin, p(n)n の試料と呼ぶ．

キャリア回収効率（CCE）は EQE から見積もった [2]．また，光バイアスを照射しながら EQE を測定することで，光照射がキャリア回収に与える影響も調べることができる．

3. 実験結果・考察

Fig.1 は各試料の 0.6 V における EQE および CCE を示す．pin 試料は良好なキャリア回収を示しているのに対し，p(p)n は短波長，p(n)n は長波長において低いキャリア回収効率を示した．この結果を考察するためにデバイスシミュレーションを行った．考察の詳細は発表で説明するが，SRH 再結合の性質から「光励起されたキャリアが MQW を通過する際，少数キャリア領域でしか再結合しない」ことがわかった．すなわち，キャリア密度の低い i 領域でも「少数キャリア」は重要な概念であり，バックグラウンドドーピングで制御できる．この結果，電子と正孔の回収効率（CCE_n, CCE_p）は

$$CCE_n = e^{-L_{p>n}/\mu_n \tau_n E},\ CCE_p = e^{-L_{n>p}/\mu_p \tau_p E} \quad (1)$$

と表せる．$L_{p>n}$ と $L_{n>p}$ は hole-と electron-rich 領域，μ は実効移動度，τ は寿命，E は電界である．

Fig.2 は AM1.5G を照射しながら測定した EQE と CCE を示す．p(p)n 試料のみ明確に光照射による CCE の改善が見られた．シミュレーションによる考察の結果，これは光照射により式(1)の $L_{p>n}$ と $L_{n>p}$（MQW 内のキャリア分布）が変わるからである．つまり，i 領域にある MQW 内のキャリア分布はキャリア回収過程に大きな影響を与えることがわかった．

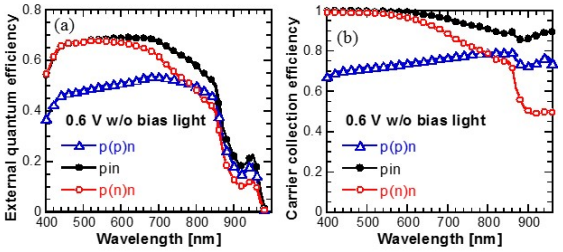

Fig.1 (a) EQE and (b) CCE for MQW solar cells at 0.6 V with different background doping levels.

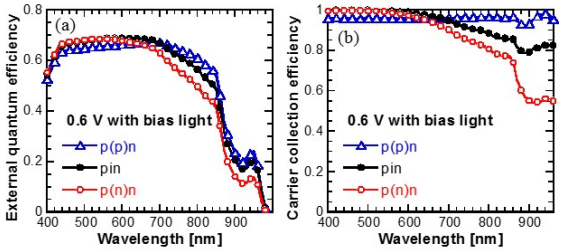

Fig.2 (a) EQE and (b) CCE for MQW solar cells at 0.6 V with 1-sun bias light.

参考文献

[1] ﾄｰﾌﾟﾗｻｰﾄﾎﾟﾝ他,『2013 年春季応用物理学会』, 2013.
[2] 藤井宏昌他,『2013 年春季応用物理学会』, 2013.