

量子井戸太陽電池におけるキャリア回収効率の妥当性検証

Validation of Carrier Collection Efficiency in Quantum Well Solar Cells

東大工¹, 東大先端研² ○藤井 宏昌¹, トーブラサートポン カシディット¹, 渡辺 健太郎²,
杉山 正和¹, 中野 義昭²

Tokyo Univ.¹, RCAST², °Hiromasa Fujii¹, Kasidit Toprasertpong¹, Kentaroh Watanabe²,

Masakazu Sugiyama¹, Yoshiaki Nakano²

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

1. 背景

Ge ベースの電流整合 3 接合太陽電池のモデルセル候補として期待される $E_g = 1.2$ eV の InGaAs / GaAsP 多重量子井戸 (MQW) セルは, 光励起キャリアを外部回路へ回収することが特性向上の課題となっている.

印加電圧 V における波長 λ の光照射下での電流 $J_{\text{illu}}(\lambda, V)$ と暗電流 $J_{\text{dark}}(V)$ の差

$$\Delta J = J_{\text{illu}}(\lambda, V) - J_{\text{dark}}(V) \quad (1)$$

は, 光励起されたキャリアの回収分に由来する回収電流だと考えることができる. ΔJ が逆バイアスで飽和するのを 100% の光励起キャリア回収とみなせば, その飽和値 ΔJ_{sat} を用いて, 任意の電圧 V でのキャリア回収効率 CCE を

$$CCE(\lambda, V) = \Delta J(\lambda, V) / \Delta J_{\text{sat}}(\lambda) \quad (2)$$

と定義することができる (図 1 参照).

CCE の照射波長・印加電圧依存性をセル特性の評価指標として用いることで, 特にセルの運転時におけるキャリア輸送上の課題を明らかにすることができる. 本研究では, 上記の CCE の定義の妥当性を検討するために, 逆バイアスでの回収電流飽和が光励起キャリアの 100% 回収を表しているという仮定を検証した.

2. 実験

In_{0.24}Ga_{0.76}As (7.5 nm) / GaAs_{0.66}P_{0.34} (11.0 nm) の MQW40 層を 1000 nm の i 領域の中央に挿入した GaAs セルを両面研磨 GaAs 基板上に作製した. 第一に MQW セルとリファレンス GaAs

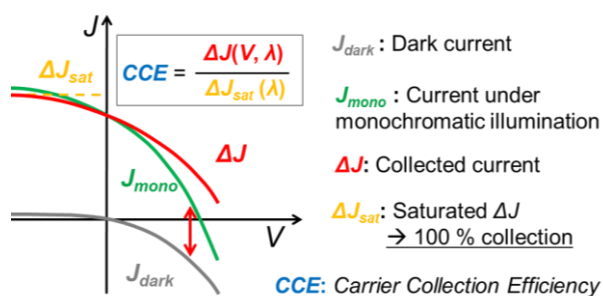


Fig. 1 キャリア回収効率 (CCE) の算出方法.

セルの透過率を FTIR で測定し, GaAs の屈折率を用いて, MQW 領域と GaAs 領域の吸光度 A_{MQW} , A_{GaAs} を算出した. 第二に, 裏面 Au 電極作製後にセル上面での反射率を測定し, 裏面の基板—電極界面における反射率 R_{back} を算出した. 最後に裏面電極付きのセルにおける井戸領域での光吸収割合を A_{MQW} および R_{back} から算出し, 逆バイアスでの飽和した外部量子効率 EQE (暗電流補正值) と比較した.

3. 結果および考察

図 2 に, 1HH 遷移の波長領域における MQW 吸収率と EQE を示す. 940 nm より短波では GaAs での光吸収 (アーバックテイル) の影響から裏面電極での反射率を正確に見積もることができなかったが, この影響の無い 940 nm より長波では光吸収率と逆バイアスで飽和した EQE が一致した. このことから光励起キャリアは逆バイアスを印加することで十分回収でき, (1)式の回収電流の飽和は確かに 100% のキャリア回収を示していることが分かる. 以上により, (2)式で定義される CCE は p-n 接合部で励起されたキャリアの回収割合として良い近似であると検証することができた.

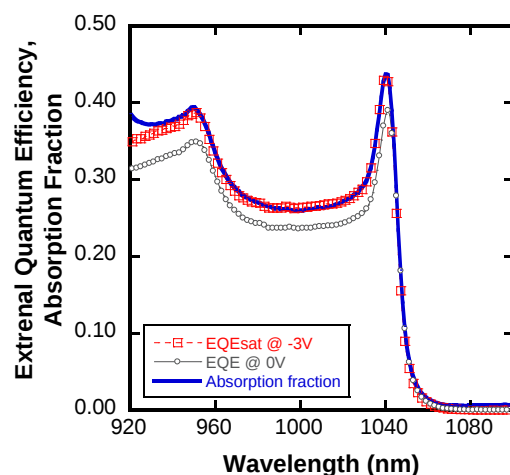


Fig. 2 MQW 吸収波長域での EQE 及び光吸収率. EQE_{sat} は逆バイアスでの飽和スペクトルを表す.