

中間バンド型太陽電池の高障壁層導入による効率的な室温 2 段階光吸収

Efficient two-step photon absorption at room temperature by inserting high-potential-barrier layers in intermediate-band solar cells

神戸大院工 °朝日 重雄, 寺西 陽之, 笠松 直史, 加田 智之, 海津 利行, 喜多 隆

Kobe Univ. °S. Asahi, H. Teranishi, N. Kasamatsu, T. Kada, T. Kaizu, and T. Kita

E-mail: 118t803t@stu.kobe-u.ac.jp

【はじめに】効率的な 2 段階光吸収は量子ドット中間バンド型太陽電池(QD-IBSC)の実現に必要不可欠である。しかし、現在室温で観測している 2 段階光励起は微弱であり、太陽電池の効率向上に寄与していない。この理由の一つに、熱活性が挙げられる。これは中間バンドに光励起されたキャリアが 2 段階光励起される前に、熱により中間バンドから抜け出してしまう現象である。この問題を克服するため、AlGaAs や InGaP などのワイドギャップ半導体を用いバリアを高めることで(高障壁層の導入)、量子ドット(QD)内にキャリアを閉じ込め、熱活性を抑制することが提案されている[1]。我々はこのワイドギャップ半導体を用いることによる熱活性抑制効果を検証したのでその結果について報告する。

【実験】太陽電池試料は固体ソース分子線エピタキシー装置を用いて n^+ -GaAs(001)基板上に作製した。ホスト結晶には $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ 、QD には InAs を用いた。また成長する際、InAs QD を GaAs 量子井戸で挟み、さらにそれを $\text{Al}_{0.3}\text{Ga}_{0.7}\text{As}$ ホスト結晶で覆うという、Dot-in-Well(DWELL)構造を採用した。DWELL 構造は活性層に 10 層積層した。この試料の外部量子効率(EQE)を室温(290K)にて測定した。

【結果】作製した太陽電池試料(DWELL-IBSC)の EQE スペクトルを図 1 に示す。また、比較用として作製した、QD に InAs、ホスト結晶に GaAs を用いた代表的な QD-IBSC の EQE 結果も示す。ここで図 1 の横軸はそれぞれのホスト結晶のバンドギャップエネルギー(E_g)から光子エネルギー(E_{photon})を引いた値である。DWELL-IBSC は QD-IBSC と比べ、 E_g より小さいエネルギーの光子が入射した時の EQE が大幅に減少している。これは DWELL-IBSC が QD-IBSC よりも熱活性を抑制したことを示すものである。さらに DWELL-IBSC の EQE において、追加で 1300nm の連続赤外(IR)光を照射した際の ΔEQE (IR 光を照射したことによる EQE の増加量)を図 2 に示す。IR 光の照射により、ホスト結晶のバンドギャップエネルギーより低エネルギーの波長領域(685nm 以上)で ΔEQE を検出している。この結果は、室温で 2 段階光吸収が発生していることを示している。図 3 に波長 870nm と 930nm における ΔEQE の IR 光強度依存性を示す。赤外光の強度増加とともに ΔEQE が増加しているが、飽和傾向を示している。これらの結果はワイドギャップ半導体を用いることで、中間バンド内にキャリアを効果的に閉じ込めることに成功し、室温で効率的な 2 段階光励起が発生したことを示すものである。

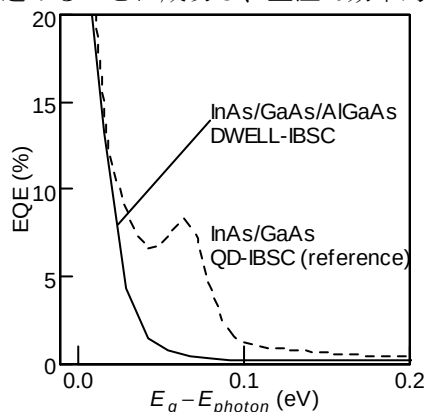


図 1 EQE スペクトル

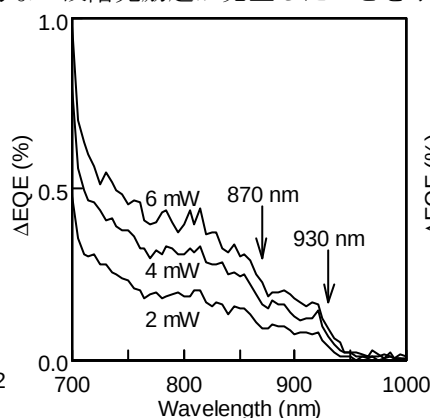


図 2 IR 光を照射した際の DWELL-IBSC の ΔEQE スペクトル

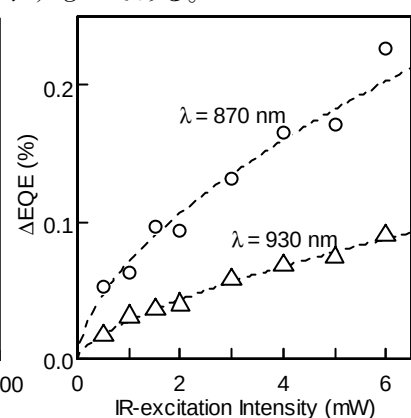


図 3 ΔEQE の IR 光強度依存性

【参考文献】 [1] Y. Shoji and Y. Okada, 2013 JSAP-MRS Joint Symposia, 16p-PM2-6 (2013)