

# Fabry-Pérot 共振を用いた量子ドット太陽電池の光吸収率増強

## Enhancement of the light absorption rate of quantum dot solar cells by Fabry-Pérot resonance

1 東大院工, 2 東大先端研

○榑木 悠亮<sup>1,2</sup>, Maxime Giteau<sup>2</sup>, 福島 啓<sup>1,2</sup>, 北原 健渡<sup>1,2</sup>, 宮下 直也<sup>2</sup>, 玉置 亮<sup>2</sup>, 岡田 至崇<sup>1,2</sup>

1 School of Engineering, Univ. of Tokyo, 2 RCAST, Univ. of Tokyo

○Y. Oteki<sup>1,2</sup>, M. Giteau<sup>2</sup>, K. Fukushima<sup>1,2</sup>, K. Kitahara<sup>1,2</sup>, N. Miyashita<sup>2</sup>, R. Tamaki<sup>2</sup>, Y. Okada<sup>1,2</sup>

E-mail: oteki@mbe.rcast.u-tokyo.ac.jp

【はじめに】量子ドット中間バンド型太陽電池は量子準位を介した2段階光吸収により電流密度が増大し、変換効率の向上が期待される。しかし量子ドットの光吸収係数はバルクと比べて小さいため、再結合レートを上回る光キャリアの生成が得られなければ、変換効率を低下させる要因になってしまう。そこで我々は光閉じ込め構造を用いることで太陽電池内の電場強度を増大させ、光吸収レートを最大化する構造設計を行っている[1]。今回、Fabry-Pérot 構造で得られる単一共振による光閉じ込め構造に着目した[2]。GaAs バルクの Fabry-Pérot 構造における電場強度分布を計算し、電場強度が最大となる位置に InAs/GaAs 量子ドット層を挿入したサンプルの作製と評価を行ったので報告する。

【実験および結果】最初に厚さ 1800 nm の GaAs バルクの裏面に銀ミラーを配置した Fabry-Pérot 構造における電場分布を転送行列法 (TMM)を用いて計算した (図 1 (a))。このシステムは面内方向  $x, y$  方向に無限に均一とし、電界は成長方向  $z$  の関数となる。図 1(a)の横軸は波長  $\lambda$  を表し、1192 nm において電界強度が最大で 13 倍となった。また電界強度が増強される位置は  $z$  方向に対して 173.5 nm ごとに 10 個現れた。そこで図 1(b)に示すように電界強度が最大となる位置に、分子線エピタキシー (MBE) を用いて InAs/GaAs 量子ドットを計 10 層成長した。裏面反射ミラーとして銀を一面に蒸着し、また GaAs 基板をエッチングして除去することで Fabry-Pérot 構造を試作した。このプロセス前後の試料を室温で測定したフォトルミネッセンス (PL) の結果を図 2 に示す。プロセス後の Fabry-Pérot 構造では複数の急峻なピークが見られた。これらのピークは Fabry-Pérot 構造により電場強度が倍増したことで光吸収が増大したために現れたと考えられる。また、これらの PL ピーク波長を TMM でフィッティングすると GaAs バルクの膜厚は 1782 nm と見積もられ、ほぼ設計通りの膜厚が得られていることを確認した。

【謝辞】本研究は、国立研究開発法人 NEDO 「壁面設置太陽光発電システム技術開発」の委託の下で行われた。

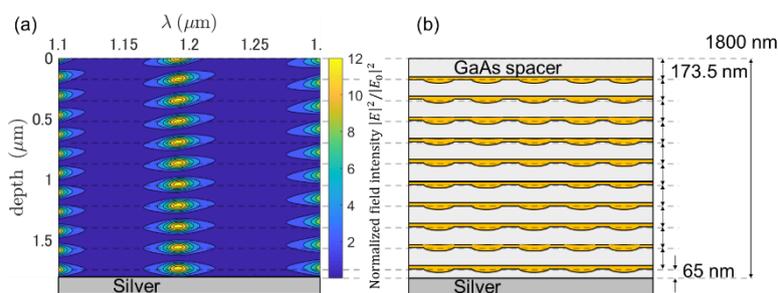


Fig.1. (a)  $|E|^2/|E_0|^2$  for the 1800 nm GaAs absorber with the resonance at  $\lambda=1192$  nm and (b) schematic structure of quantum dots absorber.

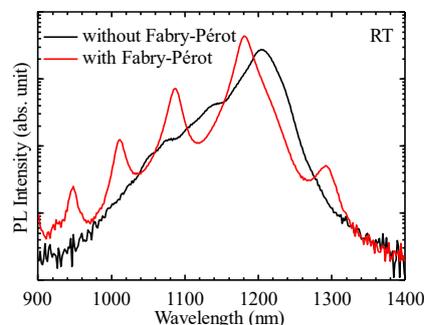


Fig.2. PL of InAs/GaAs QD absorber with and without Fabry-Pérot structure.

[1] 福島 他, 第 81 回応用物理学会秋季学術講演会, 10a-Z15-6 (2020).

[2] B. Behaghel *et al.*, Appl. Phys. Lett. 106, 081107 (2015).