

量子ドット太陽電池における中間バンド連続準位間の光吸収解析

Analysis of optical absorption between IB and continuum levels in quantum dot solar cells

東大ナノ量子機構¹, 東大生研², シャープ(株)³, 野澤 朋宏^{1,2,3}, 荒川 泰彦^{1,2}○Tomohiro Nozawa^{1,2,3} and Yasuhiko Arakawa^{1,2}Nano Quine¹, IIS² Univ. of Tokyo and SHARP Corp.³

E-mail: tnozawa@iis.u-tokyo.ac.jp

近年、超高効率太陽電池として量子ドット等を用いた中間バンド太陽電池 (IBSC) が注目されている。これまで我々は、多準位中間バンド太陽電池の高い理論変換効率 (4 つの中間バンドで約 75%) [1]、デバイスシミュレーション解析による最適素子構造[2]を報告してきた。しかし、中間バンドから障壁層の伝導帯の連続準位への光吸収特性[3], [4]に関しては未だ明らかでない点が多く、中間バンド太陽電池の実現に向けて光学遷移特性の解明が不可欠とされている。本報告では、量子ドット有／無の構造における光学遷移を検討し、量子ドットが障壁層中の電子の波動関数の空間分布に変化を与えるため、中間バンド連続準位間の遷移行列要素が影響を受けることを明らかにする。

今回、nextnano³ [5]を用い、歪みを考慮しない 1 バンド有効質量近似法により量子構造計算を行った。図 1 に中間バンド連続準位間の光吸収遷移過程の模式図を示す。(1) 量子ドット有、(2) 量子ドット無の 2 種類の構造において伝導帯の連続準位と波動関数を求め、基底状態から伝導帯への遷移行列要素の絶対値の 2 乗 ($|M|^2$) を光吸収強度の指標として算出した。図 2 の黒線が上記計算により得られた $|M|^2$ であり、赤線で半値幅 (FWHM) 10 meV のガウス関数型のブロードニングを行った結果を示す。この図より、量子ドット有の構造における $|M|^2$ は、量子ドット無の構造と比較して 1~2 桁程度低いことがわかる。なお、このような光学遷移強度低減は、高密度量子ドット構造を用いる等のエンジニアリングにより抑制可能であり、量子ドット太陽電池の性能を著しく損なうものではない。詳細は当日報告する。

謝辞 本研究は文部科学省 イノベーションシステム整備事業の支援により遂行された。

引用文献 [1] T. Nozawa and Y. Arakawa, APL, **98**, 171108 (2011). [2] 野澤, 荒川, 2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会, 18p-C1-2. [3] S. Tomic, PRB, **82**, 1–15 (2010). [4] 吉川他, 2012 年春季第 59 回応用物理学関係連合講演会 12a-H8-11. [5] <http://www.nextnano.de/nextnano3/index.htm>

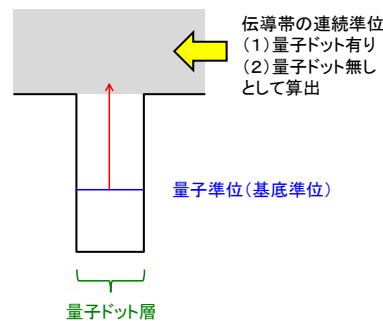


図 1. 中間バンド連続準位間の光吸収遷移過程の模式図。連続準位は (1) 量子ドット有、(2) 量子ドット無の 2 種類の構造において算出した。

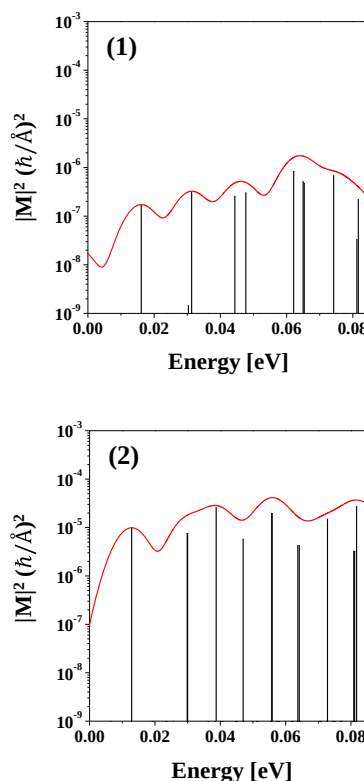


図 2. (1) 量子ドットを考慮して算出した連続準位、(2) 量子ドットを考慮しないで算出した連続準位、と基底量子準位間の遷移行列要素。横軸は、障壁層の伝導帯端を 0 eV とした。1 辺 10 nm の InAs 立方体量子ドット、1 辺 50 nm の GaAs 障壁層を用いた。