

単一量子ドット中における 2 段階光吸収電流の波長依存性

Wavelength dependence of photocurrent induced by two-step photon absorption process in a single quantum dot

○野澤 朋宏^{1,3}, 都木 宏之^{1,2}, 渡邊 克之^{1,2}, 荒川 泰彦^{1,2}

(1. 東大ナノ量子機構、2. 東大生研、3. シャープ)

○Tomohiro Nozawa^{1,2,3}, Hiroyuki Takagi^{1,2}, Katsuyuki Watanabe^{1,2} and Yasuhiko Arakawa^{1,2}

(1. NanoQuine, Univ. of Tokyo, 2. IIS, Univ. of Tokyo, 3. SHARP)

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

中間バンド型量子ドット太陽電池の高効率化を実現する上で 2 段階光吸収の詳細な物理現象解明が不可欠である。前回の発表で、単一量子ドット中において 2 段階光吸収による明確な光電流増大を報告した[1]。今回は、2 段階目の光学遷移（サブバンド間遷移）の波長依存性に関して調べたので報告する。

第 2 励起光源として 3 種類の異なる量子カスケードレーザーを用い、サブバンド間遷移エネルギーに相当する波長をそれぞれ 4.6 μm , 6.1 μm , 7.4 μm (0.27 eV, 0.20 eV, 0.17 eV) とした。1 段階目の光吸収後のトンネル電流の解析から量子ドットの基底準位から伝導帯端までのバリア高さは 0.25 eV であり、サブバンド間遷移の遷移先は図 1 に示す通り伝導帯端よりも 0.02eV 高い準位もしくは 0.05/0.08eV 低い準位である。

図 2 は、規格化された光電流の電界依存性を示しており、(a)が 1 段階光吸収後のトンネル電流、(b-d)が 2 段階光吸収による光電流の結果である。また、(b), (c), (d)はそれぞれ量子カスケードレーザーの波長が 4.6, 6.1, 7.4 μm の結果である。これらより、1 段階光吸収によるトンネル電流は、2 段階光吸収による光電流と比較して電界に対する変化が大きい事がわかる。これは 2 段階光吸収に対して、1 段階光吸収後のバリア高さ(0.25 eV)が非常に大きいためである。一方で(b)-(d)から、サブバンド間遷移の波長に関わらず 2 段階光吸収電流の電界依存性は同様の傾向を示している。この結果から、2 段階光吸収の遷移先が伝導帯よりも 0.08eV 程度低い準位に存在してもトンネル過程は十分早く、光電流の律速過程になっていない事がわかる。低電界側では光電流がわずかに小さくなっており、この要因として低電界側における発光再結合速度の増加に伴う基底準位の電子占有率の低下や量子ドットから取り出されたキャリアの散乱等が考えられる。

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] 野澤 他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会, 17p-A28-7, 2014

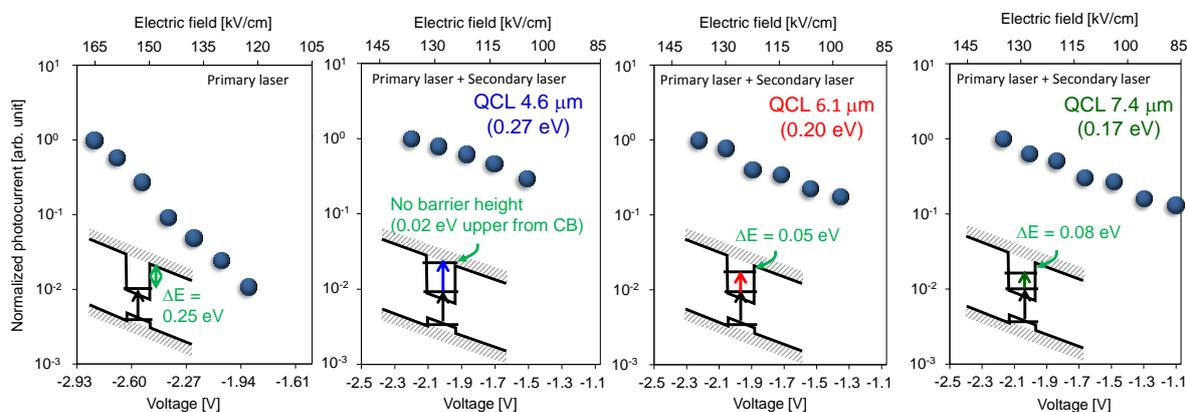


Fig. 2. Electric field dependence of (a) tunneling current from the electrical ground state due to one-step photon absorption and photocurrent induced by two-step photon absorption using the secondary lasers with wavelengths of (b) 4.6, (c) 6.1 and (d) 7.4 μm .

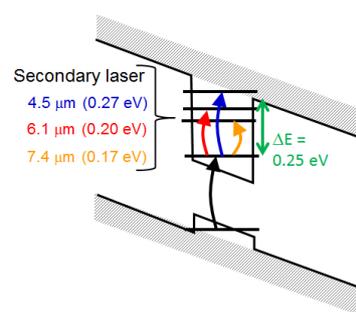


Fig. 1. Schematic image of two-step photon absorption using the secondary lasers with three different wavelengths.