

InAs 量子構造を利用した中間バンド型太陽電池における フェムト秒時間分解光伝導測定

Femtosecond Time-Resolved Photocurrent Measurement in InAs Quantum Structures for Intermediate-Band Solar Cells

京大化研¹, JST-CREST², 豊田工大³ °山田泰裕¹, D. M. Tex^{1,2}, 神谷格³, 金光義彦^{1,2}

Kyoto Univ.¹, JST-CREST², Toyota Tech. Inst.³.

° Yasuhiro Yamada¹, David M. Tex^{1,2}, Itaru Kamiya³, and Yoshihiko Kanemitsu^{1,2}

E-mail: yamada.yasuhiro.6c@kyoto-u.ac.jp

次世代の高効率太陽電池の実現のため、量子ナノ構造を利用した中間バンド型太陽電池の研究が行われている。中間バンドを形成するナノ構造体の候補として、GaAs 中に形成される InAs ナノ構造が注目されてきた。最近、二次元的な InAs 量子井戸アイランド (ナノディスク) において高効率なアップコンバージョン発光・光電流が報告された [1,2]。そのアップコンバージョン効率は InAs 量子ドットと比べて極めて高く、InAs 量子ナノディスクは新しい中間バンド型太陽電池としての応用が期待される。中間バンド型太陽電池の実現のためには、アップコンバージョン効率を決定する InAs 量子ナノディスク中の光キャリア再結合ダイナミクスの解明が必要である[3]。しかしながら、光キャリアダイナミクスの研究はこれまで主として発光分光により行われてきたものの、発光強度が極めて弱いことから室温での研究は進んでいない。そこで、我々はフェムト秒励起相関法(FEC)[4]を応用し、光伝導ダイナミクスをフェムト秒時間分解能で測定できる光伝導励起相関法(PC-FEC)を開発した。これを用いて、本研究では InAs ナノディスク・量子ドットにおける光キャリアダイナミクスを解明した。

試料作製には MBE 法を用い、InAs 層と GaAs/AlGaAs 量子井戸を AlGaAs 中に形成した。FEC 測定では、異なる周波数で変調された二つのフェムト秒光パルスを試料に照射し、誘起された光電流の差周波成分を光パルス間の時間差を変えて測定した。InAs ナノディスクに共鳴励起した時に強い FEC 信号が観測された。その緩和時間は励起光強度に強く依存しており、励起光強度とともに緩和時間は早くなる。これは、高密度励起下では支配的なキャリア再結合がオーグメント過程であることによる。一つのナノディスクに励起される平均電子正孔ペアの数が 1 個以下になる弱励起の場合には、緩和時間は励起光強度に依存せず、およそ 200 ps 程度であった。これが InAs ナノディスク中の励起子寿命に対応する。講演では、PC-FEC 法で明らかとなった InAs ナノディスク・量子ドットのアップコンバージョン過程およびキャリア再結合過程について議論する。

本研究は、住友電工グループ社会貢献基金、JST-CREST、科研費 (No. 25289362)、文科省私立大学戦略的基盤形成事業の助成を受けたものである。

[1] D.M. Tex, and I. Kamiya, Phys. Rev. B **83**, 081309(R) (2011). [2] D.M. Tex, I. Kamiya, and Y. Kanemitsu, Phys. Rev. B **87**, 245305 (2013). [3] Y. Yamada and Y. Kanemitsu, Appl. Phys. Lett. **101**, 133907 (2012). [4] D. von der Linde, J. Kuhl, and E. Rosengart, J. Lumin. **24/25**, 675 (1981); H. Hirori, K. Matsuda, Y. Miyauchi, S. Maruyama and Y. Kanemitsu, Phys. Rev. Lett. **97**, 257401 (2006).