17p-A28-1

キャリア走行時間測定法による量子構造太陽電池内のダイナミクスの直接観測

Carrier Time-of-Flight Measurement for Direct Observation of Carrier Dynamics in Quantum Structure Solar Cells

東大工 [1], 東大先端研 [2], 神戸大 [3]　○トープラサートポン カシディット [1], 笠松 直史 [3], 藤井 宏昌 [1], 加田 智之 [3], 朝日 重雄 [3], 王 云鵬 [2], 渡辺 健太郎 [2], 杉山 正和 [1], 喜多 隆 [3], 中野 義昭 [1]

Tokyo Univ.[1], RCAST[2], Kobe Univ.[3] ○Kasidit Toprasertpong[1], Naofumi Kasamatsu[3], Hiromasa Fujii[1], Tomoyuki Kada[3], Shigeo Asahi[3], Yunpeng Wang[2], Kentaroh Watanabe[2], Masakazu Sugiyama[1], Takashi Kita[3], Yoshiaki Nakano[1]

E-mail: toprasertpong@hotaka.t.u-tokyo.ac.jp

背景・目的 — 量子構造は次世代太陽電池の実現に向けた候補材料であり，研究が広く行われている[1]. 量子構造の特徴を最大限に活用するには，構造内のキャリアダイナミクスを明らかにする必要がある．しかし，ここまで殆どキャリア輸送過程の直接観測に制限のある測定法によって研究が進められ，未だに明らかになっていないダイナミクスが多く残っている．

そこで本研究では，キャリアダイナミクスを直接観測できる「キャリア走行時間測定法」を導入し，キャリアが量子構造を通過するのに要する時間を抽出できる[2]. この測定を行うことでどのようにダイナミクスを解明できるか，どのように構造設計に利用できるかを紹介する．

実験方法 — キャリア走行時間測定法の概要を Fig. 1 に示す．(I) サンプル表面付近を吸収長の短いパルス光で選択的に励起し，(II) 生じたキャリアが量子構造領域を通過し，(III) 一部のキャリアが「検出井戸」で再結合して量子構造とは異なる発光波長で発光する．量子構造領域が有る場合と無い場合の検出時刻を比較することで，量子構造内の走行時間を直接的に評価することができる．ここで 4 周期の $In_{0.21}Ga_{0.79}As/GaAs_{0.58}P_{0.42}$ 多重量子井戸（MQW）の GaAsP 障壁層を 2 - 8 nm 変化させたサンプルシリーズを対象に走行時間測定を行った．

実験結果・考察 — 発光スペクトルの時間変化をストリークカメラで観測した結果を Fig. 2 に示す．障壁層が 2 nm 程薄い場合は MQW の無いリファレンス（左上図）と比べ，検出井戸の発光（長波長側）に遅延がわずかしか観測されなかったのに対し，障壁層が厚い MQW では明確な遅延が観測され，検出強度も極めて弱くなった．この傾向は，量子構造太陽電池内のトンネル効果を直接観測していることが言え，電流電圧特性にも反映している[3]ことから MQW の障壁層の厚さの重要性が確認された．

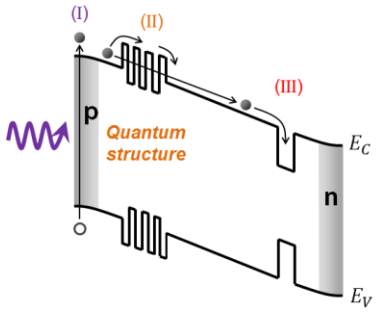

Fig.1 Concept of carrier time-of-flight technique

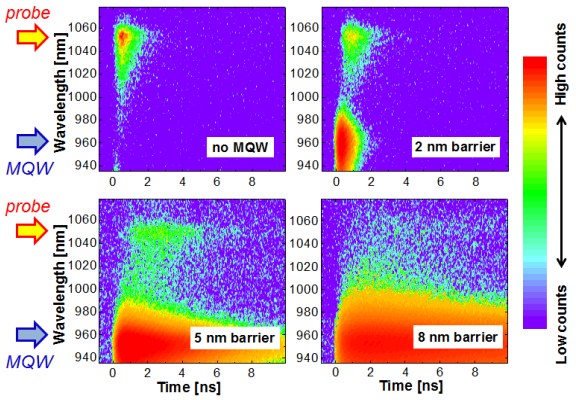

Fig.2 Time-resolved photoluminescence spectra from probe wells underneath MQWs with different barrier thicknesses. The emissions at longer and shorter wavelengths correspond to the probe well and the MQW, respectively.

[1] M. A. Green, *Mater. Sci. Eng., B* **74**, 118–124, 2000.
[2] ﾄｰﾌﾟﾗｻｰﾄﾎﾟﾝ 他，『2014 年春季応用物理学会』
[3] ﾄｰﾌﾟﾗｻｰﾄﾎﾟﾝ 他，『2013 年春季応用物理学会』

© 2014 年　応用物理学会