

フォトルミネッセンス分光法を用いた 歪緩和層挿入超格子太陽電池における正孔輸送に関する解析

Analysis of Hole Transport in Strain Relaxation Layer Inserted Superlattice Solar Cells by Photoluminescence Spectroscopy

宮崎大工¹, 東大先端研², 渡部 愛理¹, 古川 諒¹, 杉山 正和², 碓 哲雄¹, 福山 敦彦¹

Univ. of Miyazaki¹, The Univ. of Tokyo², Airi Watanabe¹, Ryo Furukawa¹, Masakazu Sugiyama²,

Tetsuo Ikari¹, Atsuhiko Fukuyama¹

E-mail: hk15051@student.miyazaki-u.ac.jp

【はじめに】高効率な量子井戸(QW)太陽電池として、InGaAs 井戸層と GaAsP 障壁層の間に GaAs 歪緩和層を挿入した超格子(SL)構造が提案されている^[1]。既に我々はフォトルミネッセンス(PL)信号の温度変化に対して電子の全ての緩和過程を考慮した解析を行い、同構造では電子の第1量子準位(e1)に光励起された電子は、ミニバンド化した電子の第2量子準位(e2-miniband)へ熱励起した後トンネリングするキャリア緩和過程(TATE過程)により QW 外への脱出が容易になると報告した^[2]。しかしながら、光励起時に同時に生成される正孔については解析が不十分であった。そこで本研究では、正孔の緩和過程を考慮した解析モデルを構築してフィッティングを行った。

【試料詳細及び実験方法】本研究では *p-i-n* GaAs の *i* 層に2種類の SL 構造を20層積層させた太陽電池試料を用意した。歪緩和層の無い試料(no-interlayer 試料)は障壁層 2.0 nm と井戸層 5.1 nm から構成され、一方の歪緩和層を挿入した試料(interlayer 試料)は障壁層 2.1 nm と井戸層 3.8 nm の間に GaAs 歪緩和層 3.1 nm を挿入した。PL 測定では励起光源に Ar⁺レーザー(488 nm, 20 mW)を使用し、発光信号を Si フォトダイオードで検出した。測定は 4-300 K の温度であった。

【実験結果および考察】両試料に観測された e1 と重い正孔の第1量子準位(hh1)間の遷移による PL ピーク積分強度の温度依存性を、電子と正孔それぞれの緩和過程を考慮し解析を行った。その結果、QW 外への脱出に必要なエネルギーは電子と正孔それぞれ no-interlayer 試料では 249 meV、106 meV、interlayer 試料では 154 meV、67 meV であることを確認し、interlayer 試料では電子と正孔共に QW 外への脱出が容易になることがわかった。更に得られたパラメータを用いて各緩和過程の量子効率を計算した。各試料の正孔における計算結果を Fig. 1 に示す。

室温付近において特に interlayer 試料では no-interlayer 試料と比較して非発光再結合効率が低く、TATE 効率が高くなる結果が得られた。これらの結果から、歪緩和層挿入により正孔輸送効率についても向上が期待できると示唆された。

[1] K. Toprasertpong *et al.*, IEEE J. Photovoltaics **4** (2014) pp.1518-1525.

[2] T. Nakamura *et al.*, J. Phys. D: Appl. Phys. **52**, 045104 (2019).

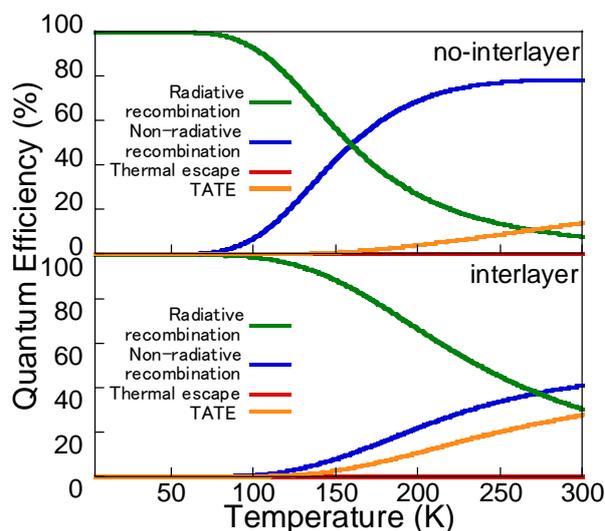


Fig. 1 Quantum efficiency of hole relaxation process