

光音響・発光同時計測と時間分解発光測定による InGaN 量子井戸における輻射・非輻射再結合寿命の分離評価

Separate Evaluation of Radiative and Non-Radiative Recombination Lifetimes in InGaN Quantum Wells by Combination of Simultaneous Photoacoustic & Photoluminescence and Time-Resolved Photoluminescence Measurements

金沢工業大学¹, [○]森 恵人¹, 森本 悠也¹, 袴田 舜也¹, 山口 敦史¹

ソニーグループ株式会社², 草薙 進², 蟹谷 裕也², 工藤 喜弘², 富谷 茂隆²

Kanazawa Inst. Tech.¹, [○]Keito Mori-Tamamura¹, Yuya Morimoto¹, Shunya Hakamata¹, Atsushi A. Yamaguchi¹
Sony Group Corp.², Susumu Kusanagi², Yuya Kanitani², Yoshihiro Kudo², Shigetaka Tomiya²

E-mail: b1514689@planet.kanazawa-it.ac.jp

InGaN 量子井戸(QW)のキャリアダイナミクスは完全には解明されていない。我々は、その理解の為に、内部量子効率(IQE)の正確な評価が必要であると考えている。我々は、従来手法よりも正確に窒化物半導体の IQE を推定する方法として、光音響(PA)・発光(PL)同時計測法を提案しており、GaIn 膜と InGaIn-QW 試料の IQE を測定し[1, 2, 3]、さらに、時間分解 PL 測定と組み合わせて GaIn 膜におけるキャリアダイナミクスの議論も展開している[4]。本研究では、In 組成の異なる InGaIn-QW 試料シリーズに対して、IQE 測定[5]と時間分解 PL 測定を組み合わせて、輻射・非輻射寿命(τ_R , τ_{NR})の分離評価を行った。

本研究で用いた試料は、活性層の In 組成が異なる *c* 面 GaIn 基板上 InGaIn-QW(青色～赤色の計 5 枚)であり、PA/PL 測定では連続発振する(CW)半導体レーザ(波長 405 nm)、時間分解 PL 測定ではチタン・サファイアレーザ(パルス幅 2ps, 繰り返し周波数 80MHz)の第二次高調波(波長 405 nm)を励起光源に用いた。レーザ光は 40 倍の対物レンズを用いて試料の表面に焦点を合わせられ、PA/PL 同時測定と時間分解 PL 測定の励起条件は同一にしてある。図 1 に IQE の励起強度依存性を示す。ここで、パルス励起では IQE 測定を行っていないが、IQE と PL 強度が比例することを利用し、パルスと CW の励起強度(励起キャリア密度)が同じになるようにパルスの励起強度を補正して、パルス時の IQE を推定した。図 1 から、In 組成が増大するほど IQE が低下していることがわかる。一方、Decay Curve は単一指数関数でフィッティングされ、得られた PL 寿命は 3ns~10ns だった(図には掲載していない)。図 2 に、IQE と PL 寿命から算出された τ_R と τ_{NR} の励起強度依存性を示す。図 2 を見ると、IQE が励起強度と共に高くなるのは τ_R が減少するからであり、In 組成の増大に伴い IQE が低下するのは τ_R が増大するからであるという結果が得られた。一方で τ_{NR} は励起強度や In 組成に殆ど依存しないことがわかった。

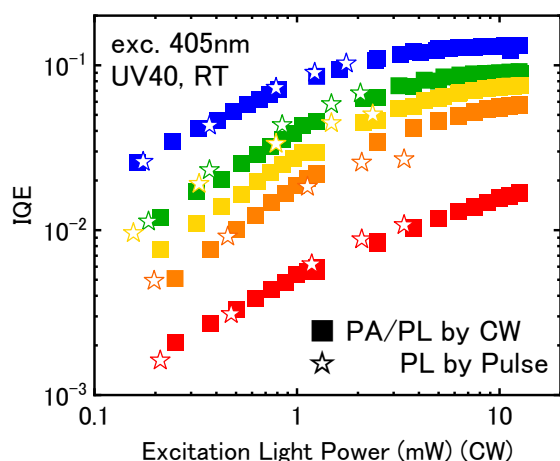


Figure 1 Excitation light power dependence of estimated IQE values in the five InGaIn-QW samples with different indium composition.

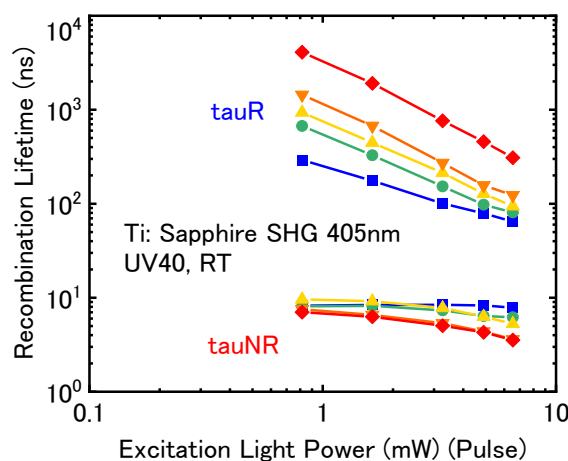


Figure 2 Excitation light power dependence of τ_R and τ_{NR} values in the five InGaIn-QW samples with different indium composition.

謝辞 本研究は科研費(JP19H04553)の助成の一部を受けて行われた。

文献 [1] T. Nakano, *et al.*, Proc. SPIE **9748**, 97481W-1 (2016). [2] A. A. Yamaguchi, *et al.*, IEICE Trans. Electron. **E101-C**, 527 (2018). [3] K. Mori, *et al.*, ICNS-13, Bellevue, USA, A11.07 (2019). [4] K. Kawakami, *et al.*, Proc. SPIE **9748**, 97480S-1 (2016). [5] 森恵人ら, 第 82 回秋季応物学会, オンライン, 10p-N101-6 (2021).