

光音響・発光同時計測法と積分球法による InGaN 量子井戸の内部・外部量子効率推定

Internal and External Quantum Efficiency in InGaN Quantum Wells Estimated by Simultaneous Photoacoustic and Photoluminescence Method and Integrating-Sphere Method

金沢工業大学¹, ソニー株式会社²

○森 恵人¹, 高橋祐知¹, 坂井繁太¹, 森本悠也¹, 山口敦史¹, 草薙進², 蟹谷裕也², 工藤喜弘², 富谷茂隆²

Kanazawa Institute of Technology¹, Sony Corporation²

○Keito Mori¹, Yuchi Takahashi¹, Shigeta Sakai¹, Yuya Morimoto¹, Atsushi A. Yamaguchi¹

Susumu Kusanagi², Yuya Kanitani², Yoshihiro Kudo², and Shigetaka Tomiya²

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

窒化物半導体の電子状態やキャリアダイナミクスの包括的な理解の為には、内部量子効率(IQE: Internal Quantum Efficiency)の正確な測定が必要である。我々は、これまでに、光音響(PA: Photoacoustic)・発光(PL: Photoluminescence)同時計測法により、Ga_{0.5}In_{0.5}N 膜と InGa_{0.5}N 量子井戸(QW: Quantum Well)の IQE を推定し、妥当な結果を得ている[1, 2, 3]。しかしながら、試料からの PL が試料内で再吸収され、その励起キャリアにより非輻射再結合が生じた場合に、その際の発熱を PA 測定によって検出してしまうと、「発光」とカウントされるべきものが「発熱」にカウントされることになり、IQE が低く推定される可能性がある。この効果が顕著に現れると、IQE を測っているつもりが、外部量子効率(EQE: External Quantum Efficiency)を測ることになってしまう。

本研究では、この現象の有無を実験的に確認するため、同一の InGa_{0.5}N-QW 試料において IQE と EQE の両方を測定し、これらの値を比較して IQE 推定の妥当性を検討した。IQE は、PA・PL 同時計測法で測定し[3]、EQE は積分球を使用して推定した。測定した試料は 3 枚の GaN 基板上 InGa_{0.5}N-QW 試料(480nm 発光)と 3 枚のサファイア基板上 InGa_{0.5}N-QW(520nm 発光)である。励起光の波長は 405nm であり、QW 層のみを選択的に励起している。図 2 に示すように、IQE は、GaN 基板上 QW で 30~40%と推定され、サファイア基板上 QW では 4~7%と推定された(図には同じ試料に対して複数回測定した結果がすべてプロットしてある)。一方で、EQE は、GaN 基板上 QW で 10~20%であり、サファイア基板上 QW で 1~2%だった。全ての試料で、IQE は EQE よりも高く、これらのデータから算出された光取り出し効率は、20~40%であり、妥当な結果であると考えられる。IQE と PL 強度の線形関係は必ずしも成り立っていないが、EQE と PL 強度には、全ての試料で線形関係があり(Fig. 2)、PA/PL 同時測定法で見積もられた IQE の値が妥当であることを示唆している。

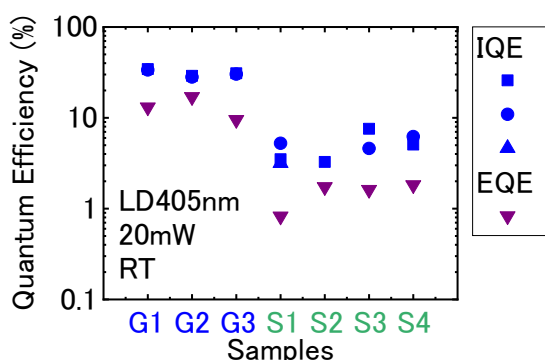


Fig. 1 Comparison between estimated IQE and EQE values for InGaN QWs at fixed excitation power (20mW).

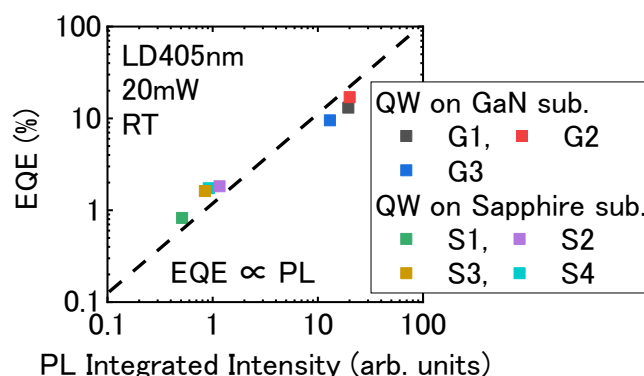


Fig. 2 Correlation between PL integrated intensity and EQE values for the six InGaN QWs.

謝辞 本研究は科研費(JP19H04553)の助成を受けたものである。

参考文献 [1] T. Nakano, K. Kawakami and A. A. Yamaguchi, Proc. SPIE Vol. 9748 97481W-1 (2016).

[2] Atsushi A. Yamaguchi, *et al*, IEICE TRANS. ELECTRON, VOL. E101-C, NO.7 (2018).

[3] 森恵人ほか, 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 20a-E310-6, (2019).