

# 緑色 InGaN 系量子井戸構造における 内部量子効率曲線のフィッティング解析

## Fitting analysis of internal quantum efficiency curves in green InGaN based quantum well structures

山口大院・創成科学<sup>1</sup>, 徳山高専<sup>2</sup>, 大陽日酸(株)<sup>3</sup>

○橋口勇樹<sup>1</sup>, 永見祐二<sup>1</sup>, 中津留圭吾<sup>1</sup>, 倉井聡<sup>1</sup>, 岡田成仁<sup>1</sup>,

只友一行<sup>1</sup>, 室谷英彰<sup>2</sup>, 矢野良樹<sup>3</sup>, 田淵俊也<sup>3</sup>, 松本功<sup>3</sup>, 山田陽一<sup>1</sup>

Yamaguchi Univ.<sup>1</sup>, NIT, Tokuyama Coll.<sup>2</sup>, TAIYO NIPPON NISSAN corp.<sup>3</sup>

○Y. Hashiguchi<sup>1</sup>, Y. Nagami<sup>1</sup>, K. Nakatsuru<sup>1</sup>, S. Kurai<sup>1</sup>, N. Okada<sup>1</sup>,

K. Tadatomo<sup>1</sup>, H. Murotani<sup>2</sup>, Y. Yano<sup>3</sup>, T. Tabuchi<sup>3</sup>, K. Matsumoto<sup>3</sup>, and Y. Yamada<sup>1</sup>

E-mail: [i063vg@yamaguchi-u.ac.jp](mailto:i063vg@yamaguchi-u.ac.jp)

これまでに我々は、InGaN 系緑色 LED 構造において、内部量子効率 (IQE) の励起強度依存性を評価し、励起子の輻射・非輻射再結合過程に基づいたレート方程式モデルによる解析を行った [1]。その結果、弱励起下における内部量子効率の増大が非輻射再結合中心 (NRC) の充填によって説明できることを示した。今回、InGaN 系緑色 LED 構造に AlGaIn-interlayer を挿入した 3 種類に試料に対して同様の評価・解析を行い、励起子の輻射および非輻射再結合レートの温度依存性について考察したので報告する。

測定に用いた試料は、有機金属気相成長法により c 面サファイア基板上に LT-GaN 層、ud-GaN 層、超格子構造 (SLS) を介して成長した InGaN 多重量子井戸 (MQW) 構造である。MQW 構造は 2.5 nm の InGaN 井戸層と 6.5 nm の GaN 障壁層を 6 周期で成長させた。MQW 構造には AlGaIn-interlayer が挿入されており、その Al 組成を 0.7 (A)、0.5 (B)、0.3 (C) と変化させた 3 種類の試料である。PL 測定での励起波長は約 386 nm であり、InGaN 井戸層を選択励起した。

図 1 に試料 C における PL 強度に対する IQE の温度依存性を示す。横軸に積分発光強度、縦軸に IQE を示しており、室温において IQE の最大値は 28% であった。試料 A、B の室温における IQE の最大値はそれぞれ 26%、23% であった。次に NRC の充填過程を考慮した発光モデルに基づいた解析 [2] を行った。レート方程式を用いた解析におけるフィッティングパラメータは、 $\alpha = kW_{nr}D$ ,  $\beta = kW_{nr}W_r/W_{tr}$  である。ここで  $D$  は全 NRC 密度、 $W_{nr}$ ,  $W_r$ ,  $W_{tr}$  はそれぞれ励起子の非輻射再結合レート、輻射再結合レート、および NRC への捕獲レートを表す。このモデルを用いたフィッティング解析結果を、図 1 中に実線で示す。図 2 に各試料におけるフィッティングパラメータ  $\alpha$  の温度依存性を示す。 $\alpha$  の値は、温度上昇に伴い増大しており、このことから非輻射再結合レートが増大していることが分かる。また、 $\alpha$  の値は IQE の減少に伴い、増大していることが分かる。 $\alpha$  の値は  $W_{nr}$  と  $D$  の積に比例するため、この結果はモデルと矛盾しない。図 3 に各試料の  $\alpha/\beta$  の温度依存性を示す。 $\alpha/\beta$  は、200K 付近を境に急激に増加していることがわかる。200K 以下の緩やかな増大は NRC への捕獲レートの増大を反映したものであり、200K 以上での急激な増大は励起子の非局在化による輻射再結合レートの減少を反映したものと考えられる。

[1] 渋谷他, 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会 19a-146-10.

[2] H. Murotani and Y. Yamada, Jpn. J. Appl. Phys. 58, 011003 (2019).

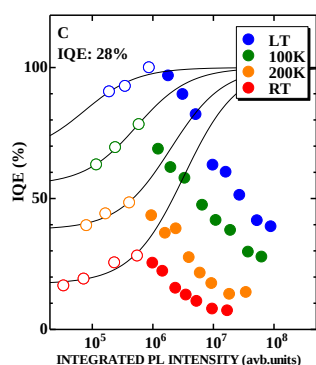


Fig.1. Temperature dependence of IQE curves for sample C

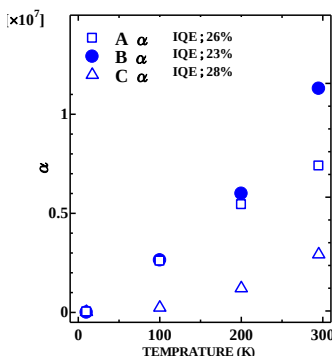


Fig.2. Temperature dependence of  $\alpha$

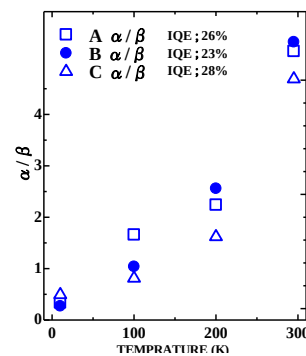


Fig.3. Temperature dependence of  $\alpha/\beta$