

絶対吸収率と光電流測定とを組み合わせた 発光ダイオードの光励起キャリア濃度定量

The quantification of photo-excited carrier concentration in light emitting diodes by combining the absolute absorptivity and photocurrent measurements

名大院工¹, 東北大多元研², 名大未来材料・システム研究所³, 名大赤崎記念研究センター⁴,
名大 VBL⁵ ◯宇佐美 茂佳¹, 小島 一信², 久志本 真希¹, 出来 真斗³, 新田 州吾³,
本田 善央³, 秩父 重英^{2,3}, 天野 浩^{3,4,5}

Dept. of Electronics, Nagaya Univ.¹, IMRAM-Tohoku Univ.², Nagoya Univ. IMaSS³,
Nagoya Univ. ARC⁴, NU VBL⁵ ◯S. Usami¹, K. Kojima², M. Kushimoto¹, M. Deki³, S. Nitta³,
Y. Honda³, S. F. Chichibu² and H. Amano^{3,4,5}

E-mail: s_usami@nuee.nagoya-u.ac.jp

背景 発光ダイオード (LED) 構造において, 発光層の内部量子効率 (IQE) を選択的に評価することができれば, LED の効率ドロープ現象の直接的な原因究明が可能となる. 例えば, p 層堆積やデバイスプロセスによる量子井戸 (QW) の劣化と低い注入効率は, とともに外部量子効率 (EQE) を低下させるが, EQE 測定だけでは, これらを区別することができない. したがって, LED 構造を用いた IQE 測定方法の確立は, LED の性能向上に大きく貢献することができる. そこで我々は, 光励起を用いた LED 構造の IQE 測定方法の確立を目指している. これを達成するために解決すべき問題のひとつとして, 発光層である QW 内に光励起されるキャリアの濃度定量が困難であることが挙げられる. 我々は, これを解決する方法として, 光電流測定による生成キャリア量の推定法を提案してきた¹. 本発表では, この方法の妥当性を検証するために, 積分球に基づく絶対吸収率測定²を用いて QW 内の光励起キャリア濃度定量を行った結果について報告する.

評価方法 測定した素子構造を Fig.1 に示す. Ni/Au 半透明電極を p 電極とする, 発光ピーク波長 450 nm で動作する LED 構造である. 光電流の測定は, 励起レーザ (405 nm) を LED に照射した状態で行った. 一方, 各層の絶対吸収率 β を積分球にて個別に測定するために, 同条件で成膜した n-GaN, MQW, p-GaN 層のみを GaN テンプレート上に成長した試料をそれぞれ用意した. 個別に得られた β を用いて, 表面反射, 薄膜内部での多重反射を考慮し, MQW 層単層における絶対吸収率 β を導出した.

結果と考察 光電流測定の結果, 逆バイアス電圧 $V_b < 0$ V で飽和傾向を示したため, -5 V における光電流値 7.71×10^{-5} A を飽和光電流値として用いた. また各層の β は p-GaN で 6.4%, n-GaN で 7.9% であり, 吸収係数 α に換算するとそれぞれ, 70 cm^{-1} , 140 cm^{-1} となった. 各層の β , および表面電極での反射・吸収, 膜内での多重反射を考慮した結果, MQW 層の β は 8.3% ($\alpha = 9.5 \times 10^3 \text{ cm}^{-1}$), また, 光励起による MQW 層内でのキャリア生成量は $6.1 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ と見積もられた. これに対し, $V_b = -5$ V における光電流値より求めたキャリア生成量は $4.8 \times 10^{14} \text{ s}^{-1}$ となり, 両者は良く一致することが分かった. このことから, 飽和光電流を QW 内に光励起されるキャリアの生成割合と考えられる可能性が示唆された. 当日は, 光電流と光励起キャリア濃度の関係について, 詳細に説明する.

謝辞 本研究の一部は文部科学省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」の助成を受け実施された.

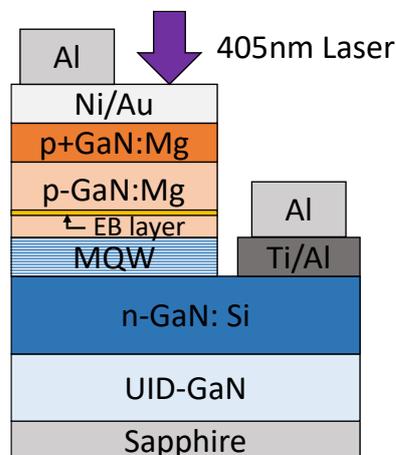


Fig.1 LED structure

¹ 宇佐美茂佳 他, 第 63 回春季応用物理学会学術講演会, 20p-H121-20.

² K. Kojima, *et al.*, JAP **120**, 015704 (2016).