

## 二波長励起測定法による Eu 添加 GaN のエネルギー輸送プロセスの評価

Investigation on energy transfer processes in Eu-doped GaN  
by two-wavelength excited photoluminescence measurements

○小亀 宏朗, 児島 貴徳, 藤原 康文 (阪大院工)

°H. Kogame, T. Kojima, and Y. Fujiwara (Osaka Univ.)

E-mail: hiroaki.kogame@mat.eng.osaka-u.ac.jp

【はじめに】我々は Eu イオンの 4f 殻内遷移による赤色発光に着目し, Eu 添加 GaN (GaN:Eu) を活性層とする赤色 LED から実用化レベルの光出力を得ることを目指して研究を進めている[1]。Eu 発光強度増大には GaN 母体から Eu イオンへのエネルギー輸送プロセスを理解することが重要である。これまでの研究において, 有機金属気相エピタキシャル法により作製した GaN:Eu には Combined Excitation-Emission Spectroscopy(CEES)測定により同定された 8 種類の Eu 発光中心 OMVPE 1~8 が存在することが知られている。それらのうち, OMVPE 4, 7 がそれぞれ存在比率および母体励起時の発光強度の面で支配的であることが明らかになっている[2]。本研究では, 異なる波長をもつ二種類のレーザー光を試料に照射する二波長励起(Two-Wavelength Excited Photoluminescence: TWEPL)測定法[3]による GaN 母体と OMVPE 4, 7 の間におけるエネルギー輸送プロセスの評価を目的とした。

【実験方法】マクロ PL 装置を用いて Dye レーザ(波長 588.45 nm と 589.00 nm, OMVPE 4, 7 をそれぞれ選択的に励起する波長)と YAG レーザ(波長 532 nm)を同位置に照射し, 発光強度を測定した。また, 両レーザーを, 音響光学素子を用いて変調し, 発光寿命測定を行なった。さらに, エネルギー輸送モデルを仮定し, それに応じたレート方程式を基にシミュレーションを行うことにより, そのエネルギー輸送モデルの正当性を評価した。

【結果と考察】OMVPE4 を選択的に励起する Dye レーザ(589.00 nm)と, YAG レーザの励起強度をそれぞれ 11.7mW, 2.8mW に設定し, 各レーザーを同時に照射することで PL 測定を行った。そして, 両レーザーを同時照射した場合の発光スペクトルから各レーザーを個別照射した場合のスペクトルを差し引いたものを TWE-effect と定義し, Fig. 1 に示す。その結果, TWE-effect のピークの一部が上に凸の形状を示した。この部分の波長は OMVPE 7 特有の発光ピーク(621.1 nm)と一致している。つまり, OMVPE 7 を意図的に励起していないにも拘らず, OMVPE 7 が発光していることが示唆された。これらの結果から, Dye レーザと YAG レーザの同時照射により OMVPE 4 が有するエネルギーの一部が OMVPE 7 へ輸送されたと考えられる。このエネルギー輸送には vertical band (あらゆる励起エネルギーで以って発光エネルギー約 1.996eV にピークをもつ領域) の欠陥準位が関与していると考えた。この vertical band の発光はそのスペクトルの鋭さから Eu イオン由来の発光であると考えられ, これを未知の発光中心 OMVPE X と名付けた。OMVPE X を含む状態間のエネルギー遷移を仮定し, Fig. 2 のような GaN 母体及び発光中心間におけるエネルギー輸送モデルを設定した。このエネルギー輸送モデルからレート方程式を立て, OMVPE 4 の発光寿命のシミュレーションを行い, 実測値と比較した結果, OMVPE X を仮定したモデルがより良く実験結果を再現し, このエネルギー輸送モデルが妥当であることが明らかになった。

## 【参考文献】

- [1] Y. Fujiwara and V. Dierolf, Jpn. J. Appl. Phys. 53, 05FA13 (2014).  
 [2] R. Wakamatsu, Y. Fujiwara *et al.*, J. Appl. Phys. 114, 043501 (2013).  
 [3] 岡田, 藤原 他, 第 75 回応用物理学会秋季学術講演会 18a-A24-5 (2014)

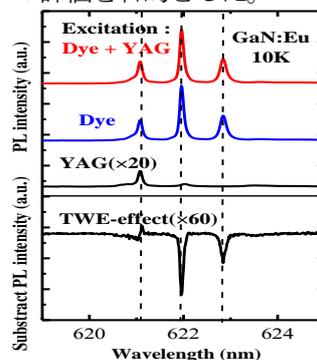


Fig. 1 TWEPL spectra under various excitation conditions.

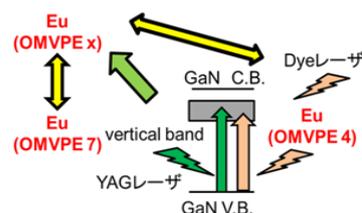


Fig. 2 Energy transfer model by TWEPL in GaN:Eu.