

Eu 添加 GaN における Eu 発光中心の局所構造に依存したエネルギー輸送

Local-structure dependent energy transfer in Eu-doped GaN

阪大院工 °若松 龍太, 李 東建, Dolf Timmerman, 児島 貴徳, 小泉 淳, 藤原 康文

Osaka Univ. °R. Wakamatsu, D. Lee, D. Timmerman, T. Kojima, A. Koizumi, and Y. Fujiwara,

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

【はじめに】

我々は Eu^{3+} イオンの 4f 殻内遷移に起因する赤色発光を示す Eu 添加 GaN (GaN:Eu) に着目し、それを活性層とした赤色発光ダイオード (LED) の作製に世界に先駆けて成功している[1]。その光出力は成長条件やデバイス構造の最適化により増大の一途を辿っており、現在ではサブ mW に達している。更なる光出力の増大に向けて、GaN:Eu において GaN 母体から Eu イオンへのエネルギー輸送機構を理解し、制御することが重要である。本発表では、選択励起法により観測された、Eu イオンの局所構造に依存した特徴的なエネルギー輸送機構について報告する。

【試料と評価手法】

試料は常圧 OMVPE 法により GaN 基板に作製し、無添加 GaN 層(200 nm)上の GaN:Eu 層(300 nm)と無添加 GaN キャップ層(20 nm)からなる。色素レーザーを用いたサイト選択的スペクトロスコピー (combined excitation emission spectroscopy: CEES) 測定ならびに時間分解フォトルミネッセンス (TR-PL) 測定を行った。

【実験結果と考察】

本試料に対する CEES 測定より、局所構造の異なる Eu イオンが少なくとも 8 種類 (OMVPE1~8)、存在することが明らかになっている[2]。単一の Eu 発光中心を選択的に励起し、低温にて発光寿命を測定したところ、すべての発光中心において大凡 250 μs 程度であった。このことは局所構造の違いにより、輻射再結合確率が大きく変化しないことを意味している。さらに、Eu 発光強度の励起強度依存性より求めた励起断面積を基に、各発光中心の存在比率を見積もったところ、OMVPE4 と呼ばれる Eu 発光中心が全体の 80 % を占めることが明らかになった。選択励起 (直接励起) 下で得られる各発光中心からの PL スペクトルを、存在比率を考慮して足し合せたものを Fig. 1(a) に示す。また、Fig. 1(b) には、He-Cd レーザを用いて、GaN 母体を介して Eu イオンを励起した場合 (間接励起) に得られる PL スペクトルを示す。Fig. 1(a) のものと比較して、大きく異なることが分かる。Fig. 1(c) は両者の発光強度比 (間接励起/直接励起) を求めたものであり、「GaN 母体から Eu イオンへのエネルギー輸送効率の光子エネルギー依存性」に対応している。存在比率がマイナーな OMVPE7 (全体の数%) が非常に高いエネルギー輸送効率を示すことが明らかであり、LED の光出力増大には「高いエネルギー輸送効率を示す Eu 局所構造の選択的形成」が重要であることを示唆している。

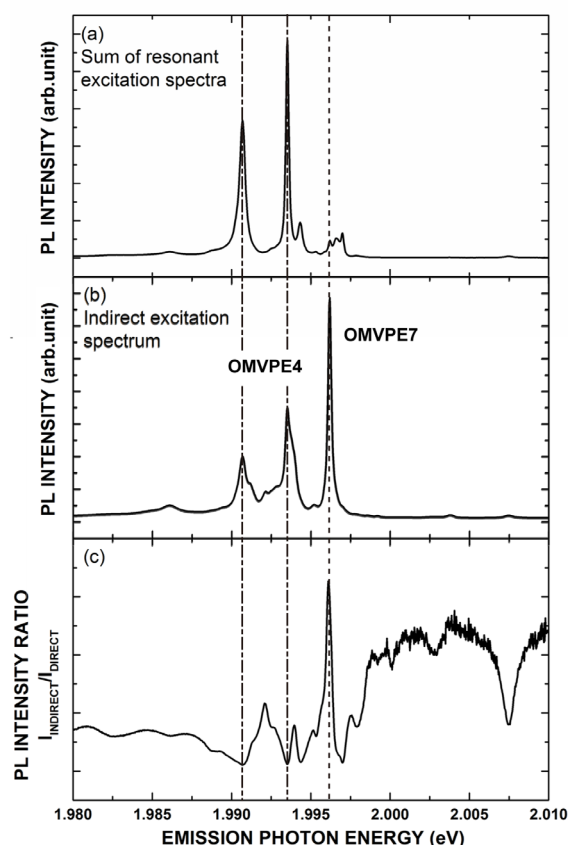
[1] A. Nishikawa *et al.*, Appl. Phys. Express **2**, 071004 (2009).[2] R. Wakamatsu *et al.*, J. Appl. Phys. **114** (2013) 043501.

Fig. 1 (a) Constructed PL spectrum under resonant excitation, (b) PL spectrum under indirect excitation, and (c) ratio of (b) to (a).