

Eu 添加 GaN における Eu 発光中心間の相互エネルギー輸送

Mutual energy transfer between Eu luminescent sites in Eu-doped GaN

阪大院工 ○若松 龍太, Dolf Timmerman, 田中 一輝, 児島 貴徳, 小泉 淳, 藤原 康文

Osaka Univ. ○R. Wakamatsu, D. Timmerman, K. Tanaka, T. Kojima, A. Koizumi, and Y. Fujiwara

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

【はじめに】

Eu 添加 GaN (GaN:Eu) は、これまで実現が困難であった窒化物半導体を用いた赤色発光デバイスへの応用が期待される半導体材料である。我々は世界に先駆けて GaN:Eu を活性層とする発光ダイオード(LED)を、有機金属気相エピタキシャル(OMVPE)法により実現している[1]。GaN:Eu の新たな応用例として、量子情報通信を念頭に置いたポピュレーション操作があり、GaN:Eu の応用可能性を判断する上で、Eu 発光中心間のエネルギー輸送の評価が重要となる。本研究では GaN:Eu の共鳴励起下での発光特性評価により、Eu 発光中心間の相互エネルギー輸送の存在を検証した。

【試料作製と評価手法】

試料は常圧 OMVPE 法により GaN 基板に作製し、無添加 GaN 層(1.5 μm)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[2]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】

Figure 1 に GaN:Eu の CEES マッピング結果を示す。励起エネルギーが 2.108 および 2.106 eV に対応する PL スペクトルを挿入図に示す。2 つのスペクトルで観測されるピーク数は、単一の Eu 発光中心からの発光では説明できないほど多く、さらにそれらのピーク位置は完全に一致していた。このことは 2 種類の Eu 発光中心間で相互にエネルギー輸送が生じていることを示唆している。ここで、2.108 および 2.106 eV で本来、選択的に励起される Eu 発光中心を、それぞれ OMVPE α および β と名付ける。OMVPE α を励起した際の PL スペクトルの励起強度依存性から、スペクトル形状は励起強度に大きく依存することが分かった。そこで、弱励起時に支配的なピークを Peak α 、強励起時に支配的なピークを Peak β と定義し、それぞれに対して TR-PL 測定を行った。Figure 2 に OMVPE α を励起した際の Peak α と β の TR-PL 測定結果を示す。Peak α の発光強度は励起の開始と共に立ち上がる一方、Peak β の発光強度の立ち上がりには遅延が観測された。さらに、Peak β の発光強度の立下りにおいても、発光強度の減少に遅延が生じた。このことは Peak α に対応する Eu 発光中心 OMVPE α から、Peak β に対応する Eu 発光中心 OMVPE β へのエネルギー輸送が存在することを意味している。また、レート方程式を用いた解析により、TR-PL 結果が再現可能であり、エネルギー輸送の時定数は発光寿命と同程度の 100 μs オーダーであることが分かった。

[1] A. Nishikawa *et al.*, Appl. Phys. Express 2 (2009) 071004.

[2] N. Woodward *et al.*, Opt. Mater (2011) 1050.

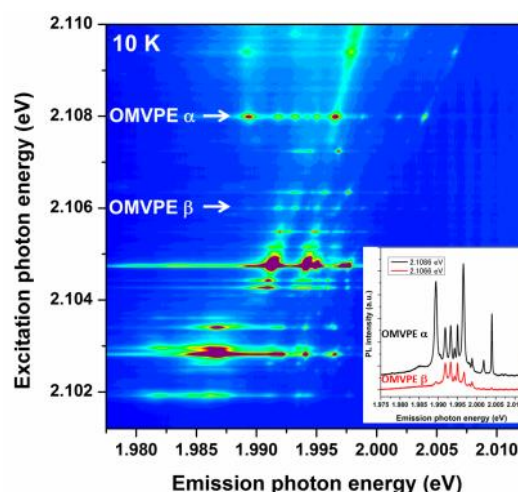


Fig.1 Image plot of combined excitation-emission spectroscopy in GaN:Eu.

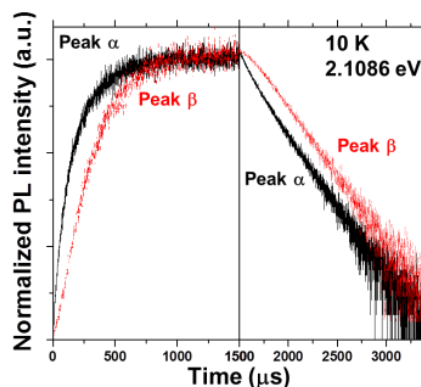


Fig.2 TR-PL signals for peak α and β under OMVPE α excitation.