

時間分解 PL の初期信号解析による Eu 添加 GaN の発光メカニズムの解明

Study on light emission mechanism in Eu-doped GaN by the initial signal analysis of time-resolved spectroscopy

○稲葉智宏¹, 児島貴徳¹, 館林潤¹, 山下元気², 松原英一^{2,3}, 芦田昌明², 藤原康文¹
1. 大阪大学工学研究科 2. 大阪大学基礎工学研究科 3. 大阪歯科大学物理学教室

【はじめに】我々は Eu 添加 GaN (GaN:Eu)を用いた発光ダイオード(LED)の作製に成功している[1]。その後、成長条件やLED構造の最適化により実用化の目処となる1mWを達成し、更なる発光強度増大に取り組んでいる。GaN:Euの発光強度を増大させるためには、発光メカニズムの深い理解が不可欠である。これまでに、短パルス光励起における励起初期の応答の解析により、主要な発光中心であるOMVPE 4のGaN母体からEuへのエネルギー輸送過程の定量的な評価法を確立した[2]。今回は成長条件の異なる試料の解析により、発光強度増大の指針を得たので報告する。

【実験方法】試料はOMVPE法でV/III比を変化させて成長したサファイア基板上のEu、O共添加GaN(GaN:Eu,O)である。励起には光パラメトリック増幅器(OPA)で波長変換したフェムト秒チタンサファイアレーザーパルスを用い、フォトルミネッセンス(Photoluminescence: PL)および時間分解PL(Time resolved-PL: TR-PL)を行った。

【実験結果】Fig. 1 挿入図にV/III比=6920のGaN:Eu,OのPLスペクトルを示す。今回は主要な発光中心であるOMVPE 4に着目した[3]。Fig. 1に10 KにおけるV/III比=6920のGaN:Eu,OのOMVPE 4のTR-PL結果を示す。信号強度は単調に最大強度まで立ち上がった後、減衰した。TR-PL信号を種々の発光過程を考慮したレート方程式により解析した結果がFig. 1の破線であり、実験結果をよく再現している。なお、GaN:Euの励起過程はFig. 2に示しており、 W_{Eu} , $W_{E.T.}$, W_{Trap} , N_{Eu} はそれぞれ、Euの発光レート、欠陥準位からEuへのエネルギー輸送レート、欠陥準位がエネルギーを放出するレート(単位は各々s⁻¹)、Euの個数であり、これらをパラメーターにしてレート方程式で解析した。添え字は複数存在するOMVPE4(OMVPE 4αとOMVPE 4β)に対応する。OMVPE 4のIQE(10 Kと300 Kにおける発光強度比)と $W_{E.T.}^s/W_{Trap}^s$ のV/III比依存性をFig. 3に示す。 $W_{E.T.}^s/W_{Trap}^s$ は、Euへ輸送されるエネルギーと、GaN母体で非輻射として失われるエネルギーの比率になるので、Euへのエネルギー輸送効率を示すと考えられる。Fig. 3より $W_{E.T.}^s/W_{Trap}^s$ とIQEの傾向に相関が確認されたため、GaN:Euの発光効率向上のためには $W_{E.T.}^s/W_{Trap}^s$ の改善が鍵を握ることが明らかになった。

【参考文献】[1] A. Nishikawa, Y. Fujiwara *et al.*, Appl. Phys. Exp. **2**, 071004 (2009). [2] T. Inaba, Y. Fujiwara *et al.*, IWN 2016, D1.11.05 [3] R. Wakamatsu, Y. Fujiwara *et al.*, J. Appl. Phys. **116**, 043515 (2014).

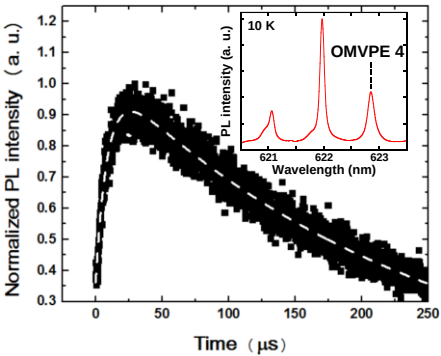
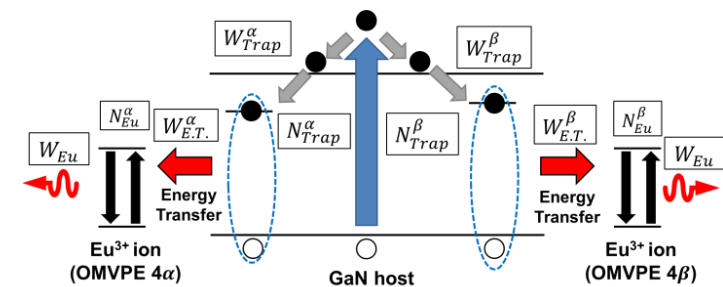


Fig. 1 TR-PL signal and its fitting result of OMVPE 4. An inset shows the PL spectrum of the OMVPE 4.

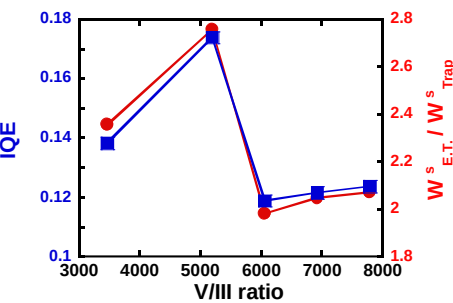


Fig. 3 $W_{E.T.}^s/W_{Trap}^s$ and IQE dependence on the V/III ratio.

Fig. 2 Schematic drawing for excitation process in GaN:Eu