

各種基板上に成長した Eu 添加 GaN における Eu 発光中心間の相互エネルギー輸送に対する歪みの効果 Effects of Strain on Mutual Energy Transfer between Eu Luminescent Centers in Eu-Doped GaN Grown on Various Substrates

阪大院工 [○]小泉 淳, 若松 龍太, Dolf Timmerman, 田中 一輝, 児島 貴徳, 藤原 康文
Osaka Univ. [○]Atsushi Koizumi¹, Ryuta Wakamatsu, Dolf Timmerman, Kazuteru Tanaka,
Takanori Kojima, Atsushi Koizumi, Yasufumi Fujiwara
E-mail: koizumi@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。これまでに、有機金属気相エピタキシャル (OMVPE) 法を用いて、世界に先駆けて GaN:Eu を活性層とする電流注入型発光ダイオード (LED) の室温発光を実現している[1]。GaN:Eu の新たな応用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に関連して、Eu 発光中心間の相互エネルギー輸送の可能性と、その時定数が 150 μ s 程度であることを報告してきた[2]。本研究では、GaN on Si 基板、GaN 基板、サファイア基板上に成長した GaN:Eu の 1 軸方向の歪みにより、第 2 近接で配置される Eu-Eu 間距離がそれぞれの基板上で異なることを利用し、相互エネルギー輸送の Eu-Eu 間距離に対する依存性を調べた。

【試料作製と評価方法】 GaN:Eu 試料は、常圧 OMVPE 法により GaN 基板、GaN on Si 基板、サファイア基板上に作製した。発光中心と発光スペクトルのピークについて、GaN 基板上の GaN:Eu において励起エネルギー 2.106 eV、2.108 eV にて励起される Eu 発光中心をそれぞれ OMVPE α 、OMVPE β とし、その発光中心に起因する発光スペクトルのピークをそれぞれ Peak α 、Peak β と定義する。他の基板上においては、歪みにより励起・発光波長がシフトするため、これらに相当する発光中心を扱う。作製した試料は、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[3]、OMVPE α と OMVPE β の光直接励起による Eu 発光スペクトルの励起強度依存性の測定により評価した。

【実験結果と考察】 Fig. 1 に各種基板上に成長した GaN:Eu における Eu 発光スペクトルの OMVPE α 励起時の励起強度依存性を示す。Peak α に対する Peak β の相対強度は、GaN on Si 基板上にて最も大きく、GaN 基板上、サファイア基板上の順に小さくなることからわかる。これらの結果は、各種基板に対するエネルギー輸送の起きやすさが、Si 基板 > GaN 基板 > サファイア基板であることを示唆している。また、この順は c 軸方向の伸張とは逆順であることから、Eu-Eu の位置関係は、Eu-Eu 間距離が長くなると相互エネルギー輸送が低下すると考えられるため、 c 軸方向に並ぶ Eu-Eu 間の相互エネルギー輸送である可能性を示している。

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

[2] 若松 他, 第 61 回応用物理学会学術講演会, 18p-E11-9 (2014).

[3] N. Woodward *et al.*, Opt. Mater. **33**, 1050 (2011).

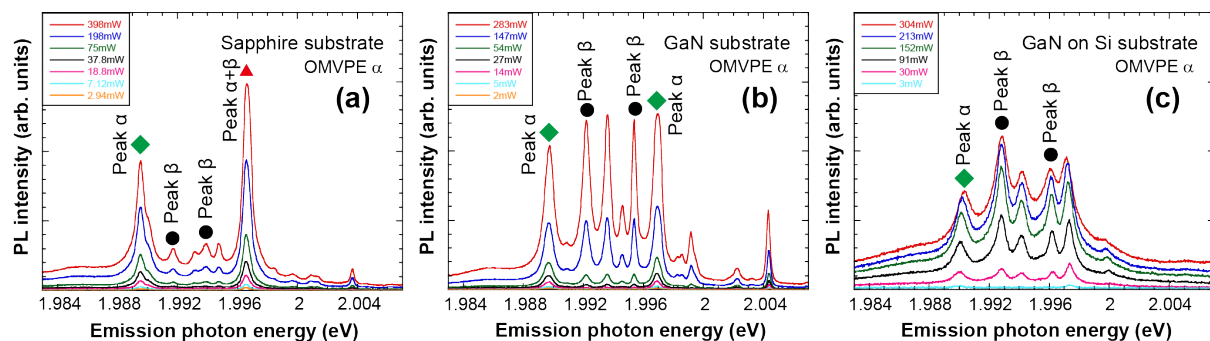


Fig. 1 Excitation power dependence of PL spectra in GaN:Eu grown on (a) sapphire, (b) free-standing GaN, and (c) GaN on Si substrates.