

Eu, Mg 共添加 GaN における単一発光サイトの観測

Observation of single optical site for Eu- and Mg-codoped GaN

豊橋技科大工¹, 山梨大工² ◯関口 寛人¹, 酒井 優², 若原 昭浩¹

Toyohashi Tech.¹, Univ. Yamanashi², ◯H. Sekiguchi¹, M. Sakai², A. Wakahara¹

E-mail: sekiguchi@ee.tut.ac.jp

量子暗号通信や量子情報処理の実現には波長の決まった光子を一つずつ発生される単一光子源の作製が求められる。基礎実験において単一光子源として用いられている減衰レーザ光による疑似的な単一光源ではノイズの問題や集積化の観点で大きな問題を抱えており、固体発光素子による実現が望まれている。化合物半導体による量子ドットを活用した報告例もあるが[1]、複数の素子の作製した場合においては周りのわずかな環境の違いによって発光波長の違いが生じてしまう。我々は希土類元素である Eu を添加した GaN 結晶に着目し、この問題解決を図ることを検討している。Eu イオンからの発光は内殻電子遷移によるため、イオン一つ一つが発光中心としてはたらく究極の量子ドットとして取り扱うことが可能である。これまでに Eu 添加 GaN を活性層とした LED を作製し電流注入による発光を観測することで、Eu 添加 GaN を用いた固体発光素子への応用の可能性を示してきた[2]。単一光子源の実現には単一の発光サイトの形成が求められるが、これまでに Eu 添加 GaN において単一発光サイトが得られた報告例はない。本報告では、低い Eu 濃度を有する Eu, Mg 共添加 GaN において単一発光サイトが得られたことが確認されたので報告する。

試料は(0001)GaNテンプレート上にNH₃-MBE法を用いて成長した。825°Cにて10分間GaNバッファ層を成長後、同温度にてEu, Mg共添加GaNを50分間成長した。SIMSを用いてEu濃度およびMg濃度を調べたところ、いずれも $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であった。本試料をXeフラッシュランプとバンドパスフィルタ(340 nmおよび400 nm)を用いてPLスペクトルを評価した結果をFig. 1に示す。GaN母材を直接励起可能な340 nmでの励起した場合においては2つの発光ピークのみが観測され、そのピーク波長はそれぞれ620.3 nm (Site A), 623.6 nm (Site A')であった。620.3 nmの発光は励起断面積が大きく、発光効率が高いことが知られている。また623.6 nmのピークはLocalized phononによる620.3 nmのフォノンレプリカである。次に400nmで励起した場合のPLスペクトルを調べてみると、340nmでの励起で観測されたピークと同一の620.3 nmの発光がわずかに観測されたが、他のピークは観測されなかった。この結果は単一サイトのみが結晶中に存在していることを示唆している。詳細に発光サイトを調べるためにサイト選択PLマッピング評価した結果をFig. 2に示す。Eu濃度が $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ よりも高い試料においては複数の共鳴励起波長においては異なるスペクトルを有する発光が観測されていたが[3]、本試料においては340nmで励起した場合に観測されるPLスペクトルと同一のスペクトルのみが観測された。したがって、620.3 nmをピークとするSite Aのみで構成された単一サイトが得られたといえる。

【参考文献】[1] C. Santori *et al.*, Phys. Rev Lett., **86**, 1502 (2001). [2] H. Sekiguchi *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys., **52**, 04CG12 (2013). [3] H. Sekiguchi *et al.*, Appl. Phys. Lett., **109**, 151106 (2016).

【謝辞】本研究の一部は科研費補助金#26420271, 中部電気利用基礎研究振興財団および市原国際奨学財団の援助を受けて行った。

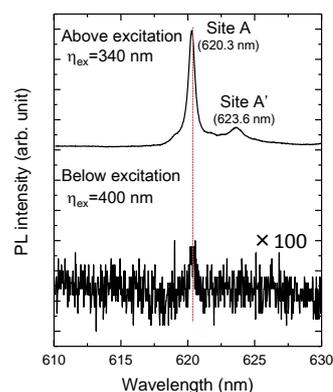


Fig. 1 PL spectra for GaN:(Eu, Mg) at RT at excitation wavelengths of 340 nm and 400 nm

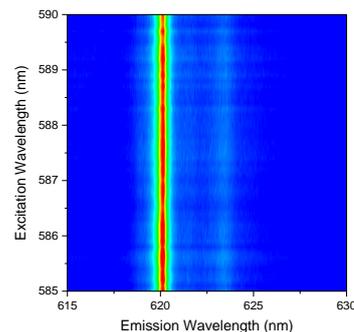


Fig. 2 Site-selective PL mapping of GaN:(Eu, Mg) at 4 K at excitation wavelengths ranging from 585 to 590 nm.