

NH₃-MBE 法により作製された Eu,Mg 共添加 GaN の発光サイト評価

Optical sites in Eu- and Mg-codoped GaN grown by NH₃-MBE

豊技大¹, 山梨大² ◯関口 寛人¹, 酒井 優², 立石 紘己¹, 若原 昭浩¹

Toyohashi Tech.¹, Univ. Yamanashi², ◯H. Sekiguchi¹, M. Sakai², H. Tateishi¹, A. Wakahara¹

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

希土類イオンはこれまでフォトンクス分野を牽引してきた発光中心材料であり、固体レーザーや光ファイバ増幅器などへと応用されてきた。希土類イオンを半導体に添加すれば、半導体母材の電子-正孔対による再結合エネルギーをトランスファーして希土類イオンを励起できるために共鳴励起と比較して3~4桁以上大きな励起断面積が得られるとともに、電流注入による励起が可能になるため従来の希土類イオンを用いた発光素子の小型・集積化や高効率化が期待できる。GaN中にEuイオンを添加した場合には明るい赤色発光が得られるが、更なる発光特性の改善に向けて結晶中に取り込んだ希土類イオンの活性化を図るために共添加技術が有効手段の1つとなる。共添加元素としてMgは有効な手法であり、NH₃-MBE法において選択的な発光サイトの活性化が観測され、20倍以上のフォトルミネセンス(PL)強度が増大された[1]。OMVPE法やイオン注入法などにおいてもMg共添加手法による発光特性の改善が報告されているが[2, 3]、活性化される発光ピーク波長はいずれも異なっており、作製手法が発光サイトの形成に大きく影響を与えていることが示唆されている。本報告では、NH₃-MBE法で作製したEu, Mg共添加GaNの発光サイトを評価するため、間接励起および共鳴励起におけるPL特性評価を行ったので報告する。

光学特性評価したEu, Mg共添加GaNのEu濃度およびMg濃度はそれぞれ $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ である。OMVPE法において報告されている熱処理による光学特性変化を参考に、窒素雰囲気下および窒素/アンモニア混合雰囲気下において850℃で5分間熱処理を行い、室温においてHe-Cdレーザーを用いたPL特性評価を行ったが、発光特性の変化は観測されず、熱に対して安定な光学サイトが形成されていることが明らかとなった。次に、結晶中に形成される発光サイトを明らかにするため、4Kにおいてサイト選択PLマッピング評価(Fig. 1(a))を行い、間接励起により観測されたスペクトル(Fig. 1(b))との比較を行った。YAGレーザー($\lambda_{\text{ex}}=266\text{nm}$)で励起した場合には620.3nmおよび633.8nmの発光ピークが支配的であったのに対して、InGaNレーザー($\lambda_{\text{ex}}=402\text{nm}$)で励起した場合には621.9nmおよび622.8nmが支配的となった。これらに対応する発光サイトをそれぞれサイトA, Bと呼称した。この2つに対応する発光遷移はFig. 1(a)において励起波長587.3nmおよび589.0nmに対応しており、これからの発光サイトは母材を介して励起できることを意味する。一方で、これらの発光スペクトルに一致しない少なくとも4つの発光スペクトルが観測され、これらは母材からは励起できない発光サイトであると考えられる。全体のPL積分強度に対するサイトA, Bの割合を調べたところ50%という結果が得られた。

【参考文献】[1] Y. Takagi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **99** 171905 (2011). [2] D. -G. Lee *et al.*, Appl. Phys. Lett. **100**, 171904 (2012). [3] J. K. Mishra *et al.*, Appl. Phys. Lett. **105**, 061115 (2013).

【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。

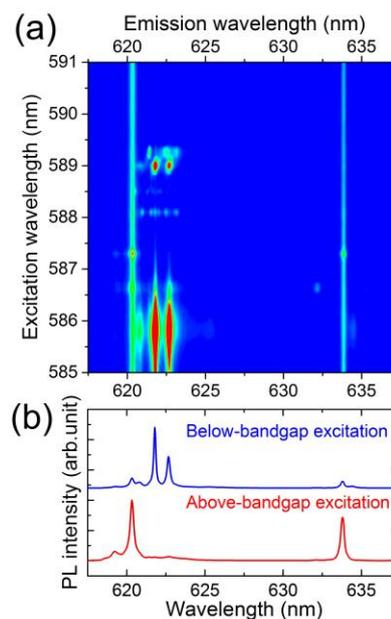


Fig. 1(a) Site-selective PL mapping of GaN:(Eu, Mg) at 4 K at excitation wavelengths ranging from 585 to 591 nm (b) PL spectra of GaN:(Eu, Mg) at 4 K under above-bandgap ($\lambda_{\text{ex}}=266 \text{ nm}$) and below-bandgap excitations ($\lambda_{\text{ex}}=402 \text{ nm}$).