MBE 法において窒素源が Eu,Mg 共添加 GaN の発光サイト形成に与える影響

Effect of nitrogen source on formation of optical sites for Eu- and Mg-codoped GaN

豊技大¹,山梨大²,^o立石紘己¹,関口寛人¹,酒井優²,山根啓輔¹,岡田浩¹,若原昭浩¹

Toyohashi Tech.¹, Univ. Yamanashi²,

[°]H. Tateishi¹, H. Sekiguchi¹, M. Sakai², K. Yamane¹, H. Okada¹, A. Wakahara¹

E-mail: tate is hi-h@int.ee.tut.ac.jp, sekiguchi@ee.tut.ac.jp

Eu添加GaN(GaN:Eu)は発光スペクトルの半値幅が狭く発光特性は環境温度に強いため、新たな 発光デバイス材料として期待されている.これまでにOMVPE法およびNH₃-MBE法によりEu添加 GaNを活性層に用いた赤色LEDが報告されてきた[1,2].発光特性の改善に向けて、高効率発光を 示す発光サイトへの選択的取り込み制御が求められており、我々はNH₃-MBE法においてMg共添加 することで実現した[3].またGaN:EuへのMg共添加はOMVPE法やイオン注入法においても報告が なされたが[4,5],Mg共添加により活性化された発光サイトは作製手法により異なる.MBE法を用 いたMg共添加におけるメカニズムを理解するために、本研究ではプラズマ窒素を窒素源とした RF-MBE法によりEu,Mg共添加GaN(GaN:Eu,Mg)を成長し、NH₃-MBE法により作製された試料との 違いについて評価したので報告する.

GaN:Eu.Mg試料はMBE法にてV族リッチ条件下でGaNテンプレート上に成長した. Eu濃度は 2×10²⁰ cm⁻³で一定とし, Mg濃度を6×10¹⁶~5×10¹⁹ cm⁻³の範囲で変化させた. Fig. 1にRF-MBE法で作 製した異なるMg濃度をもつGaN:Eu,MgのPLスペクトルを示す. 励起源にはHe-Cdレーザ(325 nm) を用い, GaN母材を介することでEuイオンを励起している.いずれの試料からも⁵D₀-⁷F₂遷移に起 因した620 nm付近の赤色発光が室温にて観測された. 620.3, 622.3, 633.8 nm をピーク波長とする3 つの支配的なピークが観測され、Mg濃度の増加に伴い支配的なピークはピークBからピークAへ と変化した.この結果はNH₃-MBE法により成長したGaN:Eu,Mgとの結果にも一致する[3].Fig.2 にRF-MBE法およびNH₃-MBE法により成長したGaN:Eu,Mgの⁵D₀-⁷F₂遷移に対応する範囲のPL積分 強度のMg濃度依存性を示す.これまで報告してきたとおりNH3-MBE法ではMg濃度の増大に伴い PL積分強度は増加し, Mg濃度3×10¹⁸cm⁻³ で最大となった. 一方で, RF-MBE法で作製した試料で はMg共添加による顕著な発光強度の変化は観測されず、NH3-MBE法と同様にMg濃度3×10¹⁸cm-3 以上において発光強度の減少が観測された.発光サイトへの影響をより詳細に評価するため、 RF-MBE法およびNH₃-MBE法にて作製したMg濃度1×10¹⁸cm⁻³を有するGaN:Eu,Mg試料について He-Cdレーザ(325 nm)およびキセノンランプ(400nm)を用いて励起し、そのPLスペクトルの違いに ついて評価を行った(Fig. 3). キセノンランプ励起によるスペクトルの違いを比較すると, RF-MBE ではピークBのわずかに長波長側の624.4nmにNH₃-MBE試料では観測されない新たなピーク(ピー クE)が観測された.これは窒素源の違いが発光サイトの形成に影響を与えたことを示唆している. 【参考文献】[1] A. Nishikawa et al., Appl. Phys. Express, 2, 071004 (2009). [2] H. Sekiguchi et al., Jpn. J. Appl. Phys., 52, 08JH01 (2013). [3] Y. Takagi et al., Appl. Phys. Lett. 99, 171905 (2011). [4] D.-G. Lee et al., Appl. Phys. Lett. 100, 171904 (2012). [5] J. K. Mishra et al., Appl. Phys. Lett. 102, 061115 (2013).





Fig. 1 PL spectra for GaN:Eu,Mg with different Mg concentration grown by RF-MBE



Fig. 2 PL integrated intensity corresponding to the ${}^{5}D_{0}{}^{-7}F_{2}$ transition for GaN:Eu,Mg grown by RF-MBE and NH₃-MBE as a function of Mg concentration



Fig. 3 PL spectra for GaN:Eu, Mg grown by RF-MBE and NH₃-MBE under above-bandgap excitation and below-bandgap excitation