16a-B5-2

NH_3-MBE 法による Mg 共添加 GaN:Eu の発光サイト制御 (2)

Luminescent site control of Mg codoped GaN:Eu by NH_3-MBE (2)

豊橋技科大 [1]，浜松ホトニクス [2]
○松村亮太 [1]，関口寛人 [1]，高木康文 [2]，岡田浩 [1]，若原昭浩 [1]
Toyohashi Univ. Tech. [1], Hamamatsu Photonics K. K. [2]
°R. Matsumura[1], H. Sekiguchi[1], Y. Takagi[2], H. Okada[1], A. Wakahara[1]
E-mail: matsumura-r@int.ee.tut.ac.jp

Eu 添加 GaN(GaN:Eu)は狭発光線幅や発光波長の環境温度安定性を示す発光材料であり，新たな発光デバイスへの応用が期待されている．我々は NH_3-MBE において，GaN:Eu への Mg 共添加技術を見出し，発光特性の向上に成功した[1, 2]．また Mg 共添加 GaN:Eu (GaN:(Eu, Mg))を活性層とした LED の作製し，発光特性の改善に成功している[3]．我々はこれまでに Mg 濃度依存性や Eu 濃度依存性について調べてきたが，Eu 濃度が $4x10^{19}$ cm^{-3} 以上の領域においてのみであった．本報告では，Mg 共添加による効果について更なる知見を得るために，Eu 濃度が低い領域での発光特性を調べたので報告する．

NH_3-MBE 法を用いて, n 型 GaN テンプレート基板上に, 825℃にて GaN:(Eu, Mg)を 400nm 成長した．図 1 に Eu 濃度のが 1 桁異なる GaN:(Eu, Mg)の PL 積分強度の Mg 濃度依存性を示す．Mg 濃度は $3\times10^{17}cm^{-3}$ から $9\times10^{18}cm^{-3}$ の範囲で変化させた． Eu 濃度に関わらず，Mg 濃度の増大に伴い発光強度は増大し，Mg 濃度が $3\times10^{18}cm^{-3}$ において発光強度は最大となり，過剰な Mg 共添加は発光強度は急激な減少を引き起こした．Eu 濃度が 1 桁異なるにも関わらず発光強度に大きな違いが見られないのは，Eu 濃度が高いサンプルでは多くの Eu イオンが光学的に不活性となっているためであると考えられる．また Eu 濃度が低いサンプルの方が Mg 濃度の増大に伴い急速に発光強度が増大している傾向を示した．

次に Eu 濃度の低い領域における PL 積分強度の Eu 濃度依存性を調べた．再現性よく低い Eu 濃度を実現するために，シャッター制御法を用い実験を行った．シャッター制御の周期を 10 秒に固定し，シャッターの開閉時間を変え実効的な Eu フラックスを変化させることで，Eu 濃度を制御した．図 2 にシャッター時間を開けている時間の割合と PL 発光積分強度の関係を示す．シャッター制御なしで成長したときの Eu 濃度は $4x10^{19}cm^{-3}$ であった．これまでの結果では Eu 濃度が $4\times10^{19}cm^{-3}$ 以上であれば PL 積分強度は Eu 濃度に関わらず一定であったが，今回シャッター制御法により更に Eu 濃度を下げたところ，発光強度の低下が見られた．以上の結果から推測すると，Mg 共添加は Eu とのカップリングを形成することで高効率な発光サイトを形成していることが提案される．Eu 濃度が低下すると Mg とカップリングする確率が下がり発光強度が低下し，Eu 濃度が増大すると多くの Mg がカップリングしてしまい発光強度が一定になると考えられる．

[1] Y. Takagi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **99**, 171905 (2011).　[2] H. Sekiguchi *et al.*, J. Appl. Phys. **113**, 013105 (2013). [3] H. Sekiguchi, *et al.*,Jpn. J. Appl. Phys. **52** 08JF01 (2013).

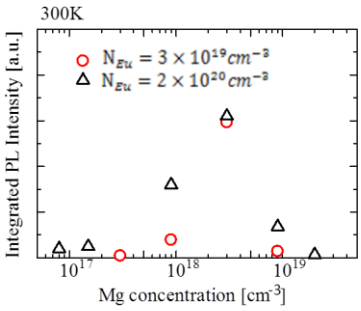

図 1. Eu 濃度の異なる GaN:(Eu, Mg)における PL 積分強度の Mg 濃度依存性

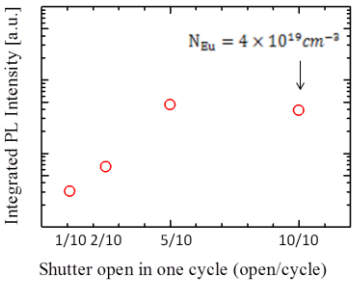

図 2. Eu セルのシャッター制御による PL 積分濃度の Eu 濃度依存性

© 2013 年　応用物理学会