

Eu, Mg 共添加 GaN の Eu 濃度が発光サイトに及ぼす影響

Influence of Eu concentration in Eu and Mg codoped GaN on luminescent site

○鎌田拓歩¹, 関口寛人¹, 山根啓輔¹, 岡田浩^{2,1}, 若原昭浩¹

(1.豊橋技科大 2.エレクトロニクス先端融合研究所(EIIRIS))

○T. Kamada¹, H. Sekiguchi¹, K. Yamane¹, H. Okada^{2,1}, A. Wakahara¹

(1.Toyohashi Univ. Tech. 2.Electronocs-Inspired Interdisciplinary Research Institute(EIIRIS))

E-mail: kamada-t@int.ee.tut.ac.jp sekiguchi@ee.tut.ac.jp

Eu添加GaNは希土類イオンの特異な発光特性を活用することで、狭い発光線幅や発光波長の高い環境温度安定性を示す。デバイス応用に向けて、結晶中に取り込まれたEuイオンを効率よく光学的に活用する技術の開発が望まれており、我々はEu添加GaNへのMg共添加が発光強度の増大と温度消光の抑制に有効であることを報告してきた^{1,2}。本研究では、Eu, Mg共添加GaNについて詳細に光学評価を行うことで、Eu濃度の変化が発光サイトに及ぼす影響について調べた。

NH₃-MBE法で作製されたEu濃度の異なるEu, Mg共添加GaNを用意した。Eu濃度は、Euフラックスとシャッター制御により $4.0 \times 10^{18} \sim 2.6 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で制御し、Mg濃度はこれまでの実験で最適とされた $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ で一定とした^{1,2}。発光特性評価として、PL特性の励起光強度依存性および時間分解PLによる発光寿命評価を行い、これらを解析することで発光サイトへの影響を評価した。

PLスペクトルの励起光強度依存性を評価し、PLスペクトルをピーク分離することで各発光サイトのPL積分強度の励起光強度変化を調べた。この結果をEuイオンの励起過程におけるレート方程式(式(1))の定常解にフィッティングすることで、活性な発光サイト数 N_{RE} を推定した。

$$\frac{dN_{RE}^*}{dt} = \sigma P_{ex}(N_{RE} - N_{RE}^*) - \frac{N_{RE}^*}{\tau_{RE}} \quad (1)$$

図1に N_{RE} のEu濃度依存性を示す。最も支配的な発光サイトA(620.3 nm)においては、 $2.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下ではEu濃度の増大に伴い N_{RE} が増加し、それ以上では飽和傾向を示した。これは過剰なEuイオンが発光に寄与していないことを示唆している。図2に発光サイトAの室温での時間減衰特性のEu濃度依存性を示す。Eu濃度の低い領域では10～30 μsと短いのにに対し、高いEu濃度では80～100 μs程度となった。これは、Eu濃度の低い領域ではバックトランスファーの影響が強いため、発光寿命が短くなっていると考えられる。ここで、発光サイト数 N_{RE} とEu濃度の比を活性化率と定義し、活性化率のEu濃度依存性を図3に示す。サイトAにおいては、 $2.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を最大として、低下する傾向を示した。以上のことから、Eu濃度の低い領域ではバックトランスファーによる非発光成分の影響が強く、高いEu濃度では取り込まれたEuイオンの多くがGaNからエネルギートランスファーできない不活性な状態であると考えられ、Eu濃度 $2.0 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ において最も効率よくEuイオンが発光に活用されることになったと考えられる。

¹ Y. Takagi *et al.*, Appl. Phys. Lett. **99** (2011) 171905. ² H. Sekiguchi *et al.*, J. Appl. Phys. **113** (2013) 013105.

【謝辞】本研究の一部は、科研費補助金#26420271と公益財団法人豊秋奨学会の援助を受けて行った。

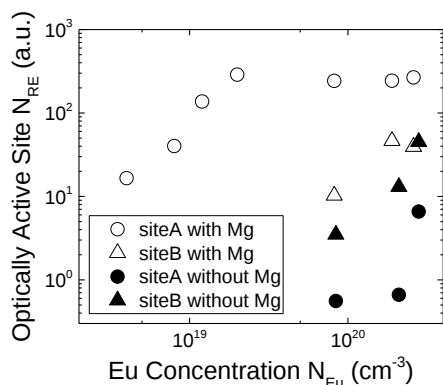


図1 Eu濃度の変化に伴う活性な発光サイト数

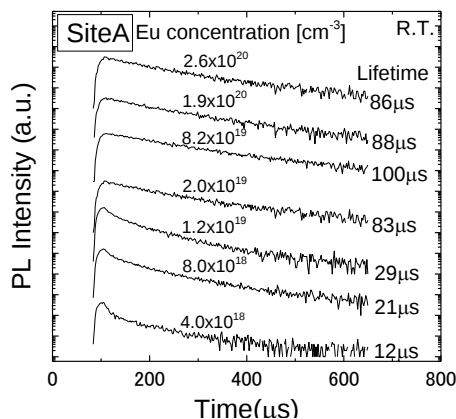


図2 発光サイト A(620.3 nm)における発光寿命のEu濃度依存性

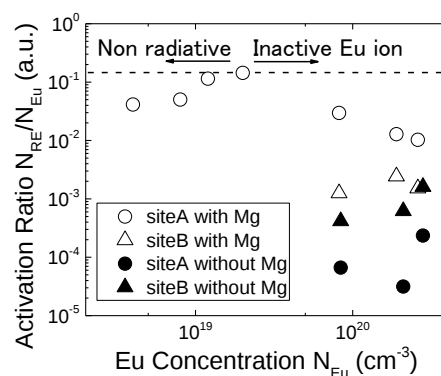


図3 Eu濃度の変化に伴うEuイオンの活性化率