

組成が異なる AlGa_xN 混晶薄膜における暗点の CL 強度プロファイル解析

Cathodoluminescence intensity profile at dark spot in AlGa_xN epilayers
with various Al composition

山口大院・創成科学¹, 三重大院・工², 三重大院・地域イノベ³

○倉井聡¹, 平山舜¹, Li Jin¹, 中谷文哉¹, 岡田成仁¹, 三宅秀人^{2,3}, 山田陽一¹

Yamaguchi Univ.¹, Mie Univ.^{2,3}, S. Kurai¹, S. Hirayama¹, J. Li¹, F. Nakatani¹,

N. Okada¹, H. Miyake^{2,3}, and Y. Yamada¹

E-mail: kurai@yamaguchi-u.ac.jp

AlGa_xN を用いた深紫外発光デバイスの発光効率の改善において、貫通転位に加えて、点欠陥の影響についての評価が重要である。点欠陥評価には深い準位過渡容量法などの電気的な方法、フォトルミネッセンス法、陽電子消滅法などがある。近年、AlN 薄膜および高 Al 組成 AlGa_xN 量子井戸構造におけるカソードルミネッセンス(CL)像中の暗点の発光強度プロファイルの詳細な解析により、点欠陥を通じた非輻射再結合過程の熱活性化プロセスに関する報告がなされている[1]。今回、我々は幅広い Al 組成範囲の AlGa_xN 混晶薄膜について CL 像を取得し、像中に観測される暗点の発光強度プロファイルについて解析を行った結果について報告する。

試料は、c 面サファイア基板の上に AlN バッファ層 0.8 μm、Al-rich AlGa_xN 層 0.2 μm を介して MOVPE 法により成長した膜厚 0.8 μm の Si ドープ Al_xGa_{1-x}N 薄膜であった。Si ドープ Al_xGa_{1-x}N 薄膜の Al 組成比 $x = 0.37, 0.40, 0.46, 0.54, 0.61, 0.68$ および 0.81 の試料について測定を行った。パシクロマティック CL(PCL)像は加速電圧 2.00 kV、照射電流 70 pA で取得した。

非輻射再結合中心として働く貫通転位において近傍のキャリアが捕獲されることによって貫通転位は PCL 像中で暗点として観測される。室温 PCL 観察の結果、Al 組成比の増加とともに暗点密度は単調に減少した。ただし、Al 組成 0.81 の試料では暗点のコントラストが消失したため解析できなかった。次に、PCL 画像から個々の暗点近傍の発光強度プロファイルを抽出し、

$$I(r) = I_0 - I_D \exp\left(-\frac{r}{L_{\text{eff}}}\right) \quad (1)$$

を用いてフィッティング解析を行った(Fig. 1)。ここで、 r は貫通転位からの距離、 I_0 は貫通転位から離れた領域の発光強度、 I_D は貫通転位での発光強度減少、 L_{eff} は実効拡散長を示す。Fig. 2 に実効拡散長の Al 組成比依存性を示す。Al 組成に対して L_{eff} は不規則な変化を示した。 L_{eff} は移動度と発光寿命によって決まると考えられ[1]、Al 組成に対する L_{eff} の複雑な変化はそれぞれの影響が Al 組成に対して異なることにより生じたと考えた。合金散乱が組成の中央付近で最大となること、点欠陥濃度が Al 組成 0.4 付近を境に急激に増大すること[2]が L_{eff} の複雑な Al 組成依存性の要因として考えられる。Al 組成が 0.68 より高い試料では暗点コントラストが得られなかったが、このことは高 Al 組成領域で L_{eff} が再び減少傾向に転じることを示唆している。発表ではコントラスト解析の結果もあわせて議論する。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP16H06428 および JP19K04490 の援助を受けて行われたものである。

[1] S. Ichikawa *et al.*, Phys. Rev. Appl. **10**, 064027 (2018).

[2] A. Uedono *et al.*, J. Appl. Phys. **111**, 013512 (2012).

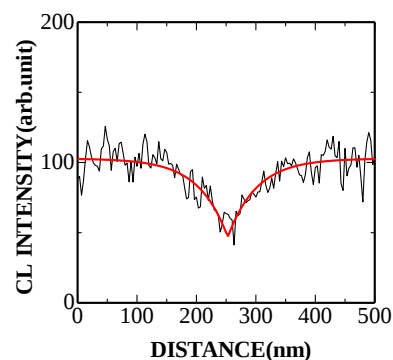


Fig.1. PCL intensity profile across a dark spot and fitting result by Eq. (1)

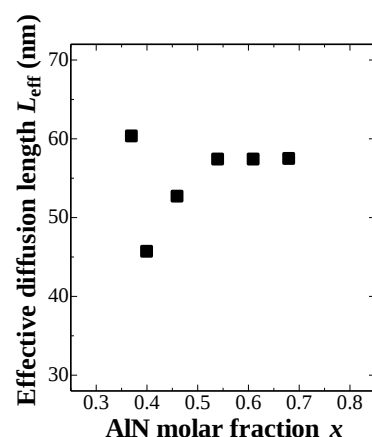


Fig.2. AlN molar fraction dependence of effective diffusion length L_{eff} .