

## InGaN 薄膜の分光 CL マッピング像の温度依存性評価

## Temperature Dependence of Monochromatic CL Images of InGaN Epitaxial Layer

山口大院・理工 倉井 聡, 若松 歩, 山田 陽一

Yamaguchi Univ. S. Kurai, A. Wakamatsu, and Y. Yamada

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

InGaN 混晶が高転位密度でも高効率発光を示すことについて、In 組成不均一による励起子の局在機構[1]や、貫通転位近傍でのポテンシャルバリア形成などが提案されている[2]が、統一的理解には至っていない。これまでに我々は、発光波長 400 nm 前後の InGaN エピタキシャル薄膜において、SNOM-PL 法および SEM-CL 法を用いて貫通転位近傍でのポテンシャルバリア形成を支持する結果を得た[3,4]。今回、我々はこのような試料中のキャリア輸送に対する直接的な描像を得ることを目的に、高空間分解能で SEM-CL マッピング像の温度依存性を評価した。

実験に用いた試料は、MOCVD 法により c 面加工サファイア基板上に膜厚 5  $\mu\text{m}$  の GaN(PSS-GaN) 層を介して成長された膜厚 90 nm のアンドープ  $\text{In}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{N}$  薄膜である。CL 測定は FE-SEM/CL 装置(日立 S-4300SE/Oxford MonoCL2)を用い、加速電圧 3 kV として、温度依存 CL マッピング測定を行った。分光 CL マッピング像を取得する際のスペクトル分解能は  $\pm 0.675$  nm とした。

SEM 像では InGaN 薄膜表面に多数の表面ピットが観測された。ピット密度は PSS-GaN の転位密度 ( $1.5 \times 10^8 \text{ cm}^{-2}$ ) とほぼ一致し、貫通転位に対応すると考えられる。測定温度 80 K にて、観察領域全体からの CL スペクトルを測定したところ、ブロードな単一ピークの発光スペクトルを得た。InGaN 薄膜のマクロ PL スペクトルでは起源の異なる 2 つの発光ピーク間のキャリア輸送を示唆する結果が得られていたことから[3]、1 nm 刻みで分光 CL マッピング像を取得して分析を行った。一例として、Fig.1(a)に測定温度 80 K においてピークの短波長側(377 nm)および長波長側(388 nm)で取得した分光 CL 像を示す。短波長側と長波長側の発光位置が空間的に分離していることがわかり、長波長側のスポット状の発光は SEM 像のピットの位置と完全に対応していた。Fig.1(b)に測定温度 120 K での分光 CL 像を示す。80 K から 120 K に温度を上昇させると、いくつかの領域で発光パターンが変化していることがわかった。温度変化による相対発光強度の変化を明瞭にするため、120 K で取得した像を 80 K で取得した像で除算した結果を Fig.1(c)に示す。短波長側の相対強度分布は温度上昇に対してほとんど変化しないが、長波長側の相対強度分布は明瞭な変化を示す領域があることがわかった(A, B, C で示す領域)。温度変化に対して相対強度が変化している領域は、80 K で短波長側と長波長側の分光 CL に相補性が見られるのに対して、120 K ではともに発光領域となっていた。CL マッピング測定法では励起した場所のみならず、励起されたキャリアが拡散した先での発光も検出されることを念頭に考えると、80 K から 120 K への温度上昇過程で低エネルギー側へのキャリアの拡散が生じたことを示唆している。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 25420288 の助成を受けて行われた。

[1] S. Chichibu et al., Appl. Phys. Lett. **69**, 4188 (1996). [2] A. Kaneta et al., Phys. Rev. B **78**, 125317 (2008). [3] Y. Yamada et al., Phys. Rev. B **80**, 195202 (2009). [4] 倉井他、第 60 回応用物理学会春季学術講演会(2013), 28p-PA1-10.

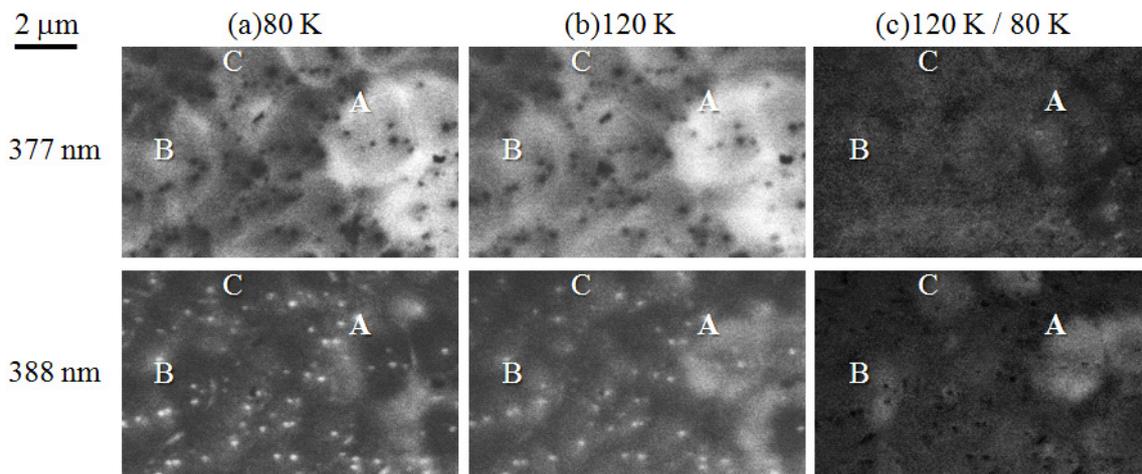


Fig.1 InGaN のピーク波長の短波長側および長波長側の(a)80 K での分光 CL 像、(b)120 K での分光 CL 像、(c)120 K と 80 K の分光 CL の相対発光強度像