

GaN に格子整合する組成近傍の四元混晶 AlGaInN エピタキシャル膜の成長とその結晶評価 (2)

Growth and characterization of quaternary AlGaInN epitaxial films nearly lattice-matched to GaN (2)

○原田 紘希, 三好 実人, 江川 孝志 (名工大)、竹内 哲也 (名城大)

°H. Harada, M. Miyoshi, and T. Egawa (Nagoya Inst. Tech), and T. Takeuchi (Meijo Univ)

E-mail: 30413161@stn.nitech.ac.jp, miyoshi.makoto@nitech.ac.jp

【はじめに】 名工大・名城大では、GaN 系可視光 LD の高効率化・高出力化に向けて、GaN、GaInN との大きな比屈折率差を実現できる AlInN クラッド層の開発[1-3]、さらには四元混晶 AlGaInN に着目し、その成長と特性評価を行ってきた[4]。これまでに得られた知見として、面内圧縮応力下で厚膜成長した場合、AlInN 膜では顕著な表面劣化が起こるのに対し、AlGaInN 膜では比較的平坦な表面を維持したまま成長できる。その一方で、AlGaInN 膜では、AlInN 膜に匹敵する低い屈折率が得られていないのが実状である[4]。本研究では、AlGaInN 膜のさらなる屈折率低下を図るため、前回報告した面内圧縮歪みを有する $\text{Al}_{0.532}\text{Ga}_{0.360}\text{In}_{0.108}\text{N}$ エピ膜よりも AlN/GaN モル比を増加させた混晶組成の AlGaInN 膜の成長を試み、その特性評価を行ったので報告する。

【実験方法】 成長基板として MOCVD-GaN/サファイアテンプレートを用い、MOCVD 法を用いて AlGaInN 膜のエピタキシャル成長を行った。AlGaInN 成長速度は約 $0.6\mu\text{m/hr}$ 、目標膜厚は 200nm とし、三元系 $\text{Al}_{0.79}\text{Ga}_{0.21}\text{N}$ の成長条件をベースに TMIn を過飽和状態で導入することで四元混晶 AlGaInN 膜を得た。成長したサンプルについては、RBS 法による主成分組成の定量分析を実施したほか、XRD による a 軸、 c 軸長の評価、AFM による表面形態観察、分光エリプソメーター (SE) による光学特性評価、ならびに PL 測定を行った。

【結果と考察】 図 1 に、本実験で成長した AlGaInN 膜の AFM 像を示す。この試料について RBS 法による組成分析を行ったところ、 $\text{Al}_{0.672}\text{Ga}_{0.146}\text{In}_{0.182}\text{N}$ という混晶組成を得た。得られた混晶組成からベガード則を用いて面内格子歪みを計算したところ $\epsilon_{xx} = -0.562\%$ となり、前回報告と同様、面内圧縮応力下で成長していることが確認された。同時に、AlN/GaN モル比の高い混晶組成であっても、AlGaInN 膜は面内圧縮応力下で比較的平坦な面を維持して成長できることが示された。図 2 に同試料の 10K における PL 測定結果と SE 分析による吸収端スペクトルを示す。吸収端波形は、 $3.4\sim 3.7\text{eV}$ にかけて顕著なバンドテイルが見られており、PL スペクトルでは、このバンドテイルと重なるエネルギー位置において、ブロードではあるが明瞭な発光を観測することができた。このバンドテイルは、AlGaInN 結晶の組成ゆらぎに起因する可能性がある。なお、この試料の屈折率は、波長 500nm で 2.37 、 600nm で 2.34 であった。

謝辞： 本研究は文科省「省エネルギー社会の実現に資する次世代半導体研究開発」によってなされた。

参考文献： [1] Miyoshi *et al.*, APEX **11**, 051001 (2018), [2] Miyoshi *et al.*, JCG **506**, 40 (2019).

[3] Miyoshi *et al.*, JJAP **58**, SC1006 (2019), [4] Harada *et al.*, CSW 2019, Nara, Japan.

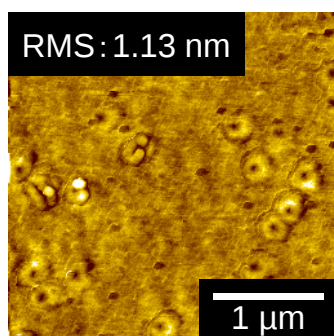


Fig.1. Surface AFM morphology of for an AlGaInN film grown on GaN/sapphire.

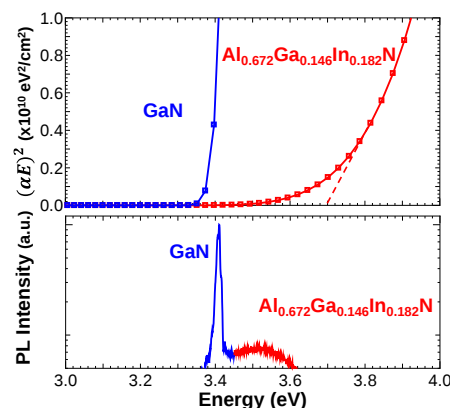


Fig.2. Absorption edges and PL spectrum at 10K obtained for AlGaInN/GaN structures.