

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

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

○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】 GaN 系可視光 LD の高効率化・高出力化に向けて、GaN、InGaInN との大きな比屈折率差が見込める AlInN 厚膜クラッド層の開発に取り組んでいる[1,2]。これまでに得られた知見として、良好な結晶性と高い表面平坦性を有する AlInN 膜を得るには、面内引張歪みを内包する組成領域でエピ成長を行う必要がある[2]。一方、LD のクラッド層のように数 100nm の厚膜を形成する場合、クラック等抑制の観点から面内圧縮歪みの組成領域で成長できることが本来望ましい。本研究では、AlInN 以外のクラッド層候補材料として四元混晶 AlGaInN の可能性を検討することとし、GaN に格子整合する組成近傍にてエピタキシャル成長とその結晶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。成長速度は約 0.6 $\mu\text{m/hr}$ 、目標膜厚は 200nm とし、TMIn を導入せずに混晶組成 $\text{Al}_{0.55}\text{Ga}_{0.45}\text{N}$ が得られる条件をベースとして、TMIn 導入下の成長温度を 810~900 $^{\circ}\text{C}$ の範囲で変化させることで異なる InN モル分率を持つ AlGaInN 膜を得た。成長したサンプルは XRD による a 軸、 c 軸長の評価、AFM による表面形態観察と OM 観察による表面クラックの有無の確認を行った。また、一部の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。

【結果と考察】 図 1 に、混晶組成の異なる AlGaInN 膜について導出した格子定数の測定結果を示した。この関係は、XRD 測定結果を用い、混晶組成 $(\text{Al}_{0.55}\text{Ga}_{0.45})_{1-x}\text{In}_x\text{N}$ を想定して導出したものである。図より、InN モル分率が 5.5% 以上でサファイア上 GaN 膜にコヒーレント成長、同 9.6% で GaN 膜にほぼ格子整合すると同時にクラックフリー化、同 11.6% で面内圧縮歪が導入されることが示された。最も InN モル分率が高い AlGaInN 膜について RBS による定量分析を行ったところ $\text{Al}_{0.532}\text{Ga}_{0.36}\text{In}_{0.108}\text{N}$ という混晶組成を得た。この混晶の完全緩和状態を想定すると、その a 軸長は 3.186 \AA と算出された。一方、実際の結晶では、それよりも小さい a 軸長 3.183 \AA (サファイア上 GaN 膜にコヒーレント) を持つことが分かっており、これらの事実からこの AlGaInN 膜が圧縮応力下で成長できていることが改めて確認できた。図 2 に、同サンプルの表面 AFM 像を示した。この結果から四元 AlGaInN 層が、GaN に格子整合する組成近傍の面内圧縮応力下において、比較的平坦な表面を以て成長できることが示された。

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).

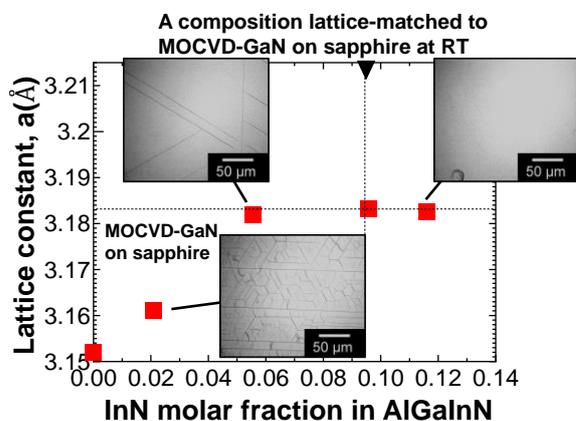


Fig. 1. Compositional dependence of in-plane lattice constant for 200-nm-thick AlGaInN films.

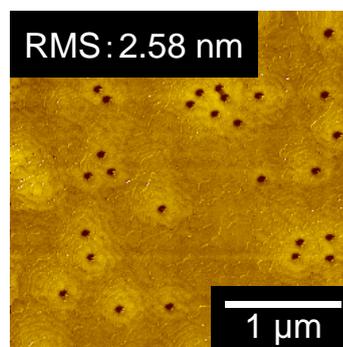


Fig.2. Surface morphology of in-plane compressive AlGaInN film grown on GaN/sapphire.