



β -Ga₂O₃(201)基板への AlN と GaN の RF-MBE 成長

RF-MBE growth of AlN and GaN on β -Ga₂O₃ (201) substrates

工学院大¹, ノベルクリスタルテクノロジー², [○](M1)山口 朋也¹, 早崎 真洗¹, 橋本 真理¹

山口 智広¹, 本田 徹¹, 梶谷 聡士², 佐々木 公平², 倉又 朗人², 尾沼 猛儀¹

Kogakuin Univ.¹, Novel Crystal Tech.², [○](M1)T. Yamaguchi¹, M. Hayasaki¹, M. Hashimoto¹,

T. Yamaguchi¹, T. Honda¹, S. Masuya², K. Sasaki², A. Kuramata², and T. Onuma¹

E-mail: cm21055@ns.kogakuin.ac.jp

[はじめに] β -Ga₂O₃ は大口径基板を融液成長させることが可能で、安価なパワーデバイス用材料として注目されている^[1]。しかし、これまでのところ、p 型 β -Ga₂O₃ は実現していない。そこで、本研究では、p 型 AlGa₂O₃ とのヘテロ接合を検討している。(201)面は、酸素原子が三角配置であるため、窒化物半導体の c 面成長に適しており、実際、MOVPE 法による縦型青色 LED の試作実績もある^[2]。一方、RF-MBE 法では、(100)面への c 面 GaN 成長の報告はあるものの^[3]、(201)面への成長報告例はない。そこで、本研究では、(201)面への AlN 及び GaN の RF-MBE 成長を行ったので報告する。

[実験] EFG 法にて成長された(201)基板^[4]を用いた。まず、高温処理を基板温度(熱電対温度) $T_s=850^\circ\text{C}$ で15分間行い、続いて窒素流量0.3 sccm、RF 出力150 W、 $T_s=775^\circ\text{C}$ で60~90分間の高温窒化処理を行った。その後、Ga を平衡蒸気圧 3.5×10^{-7} Torr (Al を平衡蒸気圧 1.0×10^{-7} Torr)で供給し、 $T_s=775^\circ\text{C}$ で60分間の GaN (AlN) 成長を行った。ここでは高温窒化処理後に直接成膜した試料と、 $T_s=550^\circ\text{C}$ 、7~8分成膜の GaN 低温緩衝層を挿入した試料の比較を示す。

[結果と考察] 図1にRHEED像をまとめて示す。高温処理により表面平坦性が向上し、高温窒化処理により、表面に六方晶の GaN 層の形成が確認された。図1(d)に示すように、GaN を直接成長した試料にはスポットが現れた。一方、図1(e)に示すように、AlN を直接成長した試料ではリング像が観測され、多結晶となった。低温緩衝層を挿入した試料では図1(f)、(g)、(h)に示すように、ストリーク像が確認された。また、直接成長した試料では、GaN 薄膜の一部に剥離が観測されたが、低温緩衝層挿入により抑制された。低温緩衝層を挿入した試料では、c 面成長が確認された。図2に AlN 薄膜の AFM 像を示す。平均二乗平方根粗さは直接成長で9.7 nm であったが、低温緩衝層挿入で1.4 nm となり改善が観測された。図3に示すように、GaN の PL スペクトルにはバンド端発光が観測された。半値全幅は直接成長で109 meV、低温緩衝層挿入で59 meV となった。[謝辞] 本研究の一部はNEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラムの援助を受けた。

[参考文献] [1] M. Higashiwaki, Phys. Stat. Sol. RRL **15**, 2100375 (2021). [2] K. Shimamura *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **44**, L7 (2005). [3] S. Ohira *et al.*, Phys. Stat. Sol. C **4**, 2306 (2007). [4] A. Kuramata *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **55**, 1202A2 (2016).

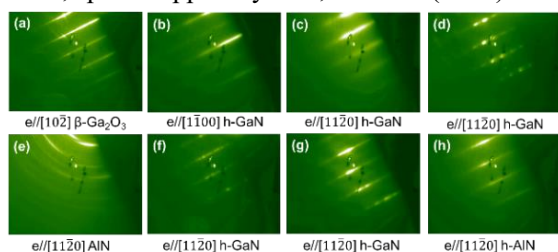


Fig. 1. RHEED patterns: (a) after thermal cleaning, after nitridation with e-beam along (b) $[1\bar{1}00]$ and (c) $[11\bar{2}0]$, after direct growth of (d) GaN and (e) AlN, (f) after growth of nucleation layer, after growth of (g) GaN and (h) AlN on the nucleation layer.

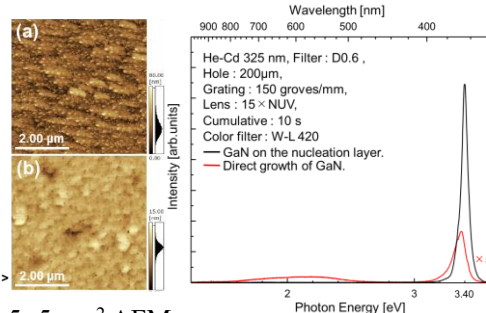


Fig. 2. $5\times 5\ \mu\text{m}^2$ AFM images of AlN films: (a) direct growth of AlN, (b) AlN on the nucleation layer.

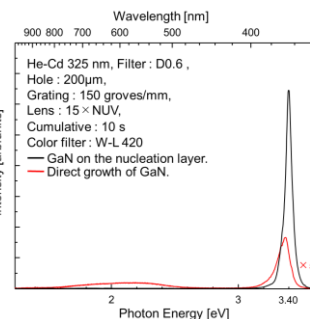


Fig. 3. PL spectra of GaN films at RT.