GaN の RF-MBE 成長における結晶性と発光特性の関係

Relation between Crystallinity and Emission Property in RF-MBE Growth of GaN

工学院大，○橘 直純，橋本 真里，山口 智広，本田 徹，尾沼 猛儀

Kogakuin Univ., ○N. Tachibana, M. Hashimoto, T. Yamaguchi, T. Honda, and T. Onuma

E-mail: cm19034@ns.kogakuin.ac.jp

[はじめに] $Al_xGa_{1-x}N$ のバンドギャップは深紫外域を網羅し[1]、発光素子や電子素子への応用が進んでいる。最近では、高品位な AlN テンプレートや AlN 基板の使用により、素子特性が飛躍的に向上している[2]。我々は、RF プラズマ援用分子線エピタキシー(RF-MBE)法により GaN テンプレート上への AlGaN 成長に取り組み、臨界膜厚が結晶性や表面平坦性に与える影響を報告してきた[3]。本研究では、GaN、AlN テンプレート上に V/III 比を変化させ GaN 成長を行い、結晶性や表面平坦性と発光特性や電気特性の関係を調査したので報告する。

[実験] c 面サファイア基板上に成長された 1 μm の GaN テンプレート基板と、c 面サファイア基板上に成長された 400 nm の AlN をテンプレート基板として用い、RF-MBE 法を用いて GaN を成長させた。GaN テンプレート上の成長は、窒素流量と RF 出力は 1 sccm、200 W で固定し、Ga 平衡蒸気圧(Φ_{Ga})を 2.5～7.5×10^{-7} Torr で変化させた。成長時の圧力は 2.0×10^{-5} Torr であった。基板温度は 650°C とし、1 時間成長した。AlN テンプレート上の成長は、窒素流量と RF 出力は 0.3 sccm、150 W、Φ_{Ga} を 3.5×10^{-7} Torr で固定し、基板温度を 650～850°C で変化させ、1 時間成長した。成長時の圧力は 6.0×10^{-6} Torr であった。

[結果と考察] GaN テンプレート上の GaN 薄膜に対し、成長レート、rms 値、ロッキングカーブの半値全幅(XRC FWHM)を Φ_{Ga} に対してプロットしたものを図 1 に、フォトルミネセンス(PL)測定で得られた結果を図 2 に示す。RHEED 観察と rms 値から、Φ_{Ga} の増加により表面平坦性が向上することが分かった。また、PL 測定では、Φ_{Ga} の増加によりバンド端付近(NBE)発光が増加し、半値全幅が最小で 58 meV まで減少した。AlN テンプレート上の GaN 薄膜は、AlN テンプレートの平坦性を引き継ぎ、成長温度 700°C のとき最小の rms 値として 1.1 nm が得られた。また、XRC FWHM は 850°C のとき最小の値として、0002 回折ピークで 143 arcsec、$10\bar{1}2$ 回折ピークで 906 arcsec が得られた。

[結論] GaN テンプレート上への GaN 成長から、表面平坦性の向上と PL 特性の改善のためには、V/III 比を低く維持する必要があることが分かった。さらに、AlN テンプレート上の GaN 成長では、低い V/III 比を維持しつつ、成長温度を変化させたところ、高温になるにつれ結晶性は改善するが、表面平坦性の維持のためには 700℃付近での結晶成長が必要であることが分かった。

[謝辞] 本研究の一部は高橋産業経済研究財団及び工学院大学総合研究所プロジェクト研究の援助を受けた。RF-MBE 装置を提供頂いた千葉大学吉川明彦名誉教授に感謝申し上げる。

[1] H. Ikeda *et al.*, J. Appl. Phys. **102**, 123707 (2007). [2] S. Inoue *et al.*, Appl. Phys. Lett. **110**, 141106 (2017). [3] N. Tachibana *et al.*, *ICNS-13*, Bellevue, July 9 (2019), GP02.28.

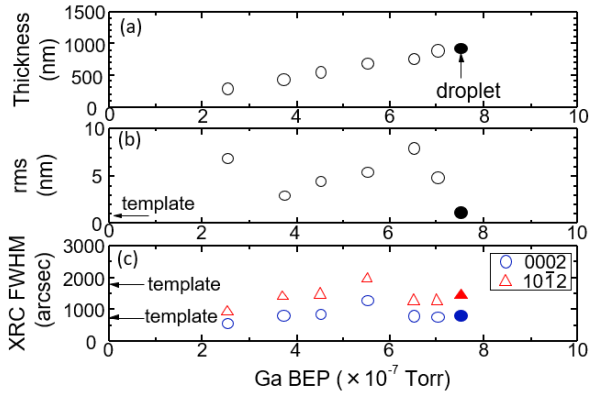

Fig. 1. (a) Thickness, (b) rms, and (c) XRC FWHM values as a function of Ga BPE for GaN films grown on GaN templates.

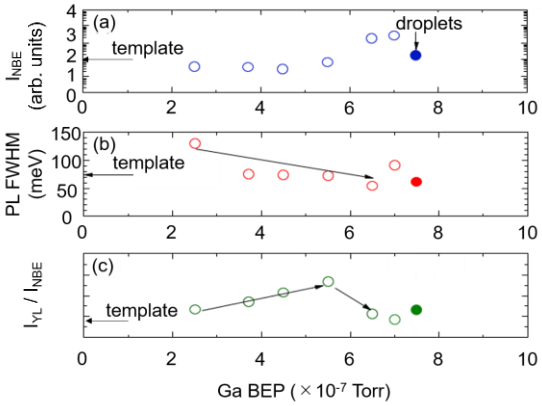

Fig. 2. (a) Integrated NBE PL intensity, (b) FWHM, and (c) I(YL)/I(NBE) values as a function of Ga BPE for GaN films grown on GaN templates.

© 2020年 応用物理学会