

BGaN 結晶成長における TMB 流量依存性の検討および中性子検出デバイスの作製

Investigation of TMB flow rate dependency in BGaN epitaxial growth and fabrication of neutron detection device

¹ 静大院工, ² 静大電研, ³ 名大院工, ⁴ 名大 IMASS, ⁵ 赤崎リサーチセンター, ⁶ 東北大多元研
太田悠斗¹, 高橋祐吏¹, 丸山貴之¹, 山田夏暉¹, 中川央也², 川崎晟也³, 宇佐美茂佳³

本田善央⁴, 天野浩^{4,5}, 嶋紘平⁶, 小島一信⁶, 秩父重英^{4,6}, 井上翼¹, 青木徹², 中野貴之^{1,2}

Shizuoka Univ.¹, R.I.E. Shizuoka Univ.², Nagoya Univ.³, IMASS, Nagoya Univ.⁴,

Akasaki Research Center.⁵, IMRAM, Tohoku Univ.⁶

°Y. Ohta¹, Y. Takahashi¹, T. Maruyama¹, N. Yamada¹, H. Nakagawa², S. Kawasaki³, S. Usami³,

Y. Honda⁴, H. Amano^{4,5}, K. Shima⁶, K. Kojima⁶, S.F. Chichibu^{4,6}, Y. Inoue¹, T. Aoki², T. Nakano^{1,2}

E-mail: ohta.yuhto.15@shizuoka.ac.jp

緒言 中性子イメージング技術は、医療、産業、セキュリティ分野などで需要が高まっており、中性子イメージングセンサーの実現が期待されている。中性子捕獲断面積の大きい B 原子を含む BGaN 半導体が新規中性子検出半導体材料として提案され開発が行われている[1]。BGaN 検出器

開発では、BGaN 結晶品質の改善が重要な課題である。近年の研究により、BGaN 成長における表面吸着分子の分解温度が GaN および BN と比べて低温であることが明らかとなった[2]。しかしながら、拡散律速領域におけるトリメチルボロン(TMB)を用いた BGaN 結晶成長では成長条件の検討が十分に行われていない。本研究では、拡散律速領域における TMB 流量依存性の評価を行い、得られた結晶を用いて中性子検出器を作製した。

実験方法 BGaN 結晶成長には有機金属気相エピタキシー(MOVPE)法を用いた。p 型 GaN テンプレート基板上に成長温度 1010 ~ 1040 °C、成長圧力 13.3 kPa にて BGaN 層を約 7 μm 成長させた。III族原料にはトリメチルガリウム(TMGa)と TMB を、V族原料には NH₃ を用いた。成長させた BGaN 結晶を用いて、BGaN-pin ダイオードを作製し、放射線検出特性を評価した。

結果と考察 各成長温度にて TMB 流量を変化させて作製した BGaN 結晶の BN モル分率を Fig.1 に示す。TMB 流量: 0.055 μmol/min ~ 0.22 μmol/min の範囲では流量の増加による BN モル分率の向上が確認された。流量: 0.33 μmol/min 以上では、B 取り込みは増加せずに BN モル分率が飽和していることが確認された。これらの結果より、BGaN 結晶成長における B 取り込みは、ある一定の値を越えると飽和する可能性があることが示唆された。

次に、TMB 流量: 0.22 μmol/min、成長温度: (a)1010 °C および (b)1040 °C にて成長した BGaN 結晶を用いてダイオードを作製した。Fig. 2 に、中性子照射実験により得られたエネルギースペクトルとパルス検出信号(図中)を示す。中性子照射実験より B 原子の中性子捕獲反応に由来する検出信号を確認した。各デバイスの中性子検出効率(a) $4.0 \times 10^{-5} \%$ と (b) $1.03 \times 10^{-6} \%$ であった。1040 °C にて成長させた BGaN 結晶の方が、検出効率が高いことが確認された。これは、成長温度を高温にしたことによる結晶性の向上に起因すると考えられる。各デバイスの詳細な放射線検出特性評価については当日の発表にて報告を行う。

参考文献 [1] K. Atsumi *et al.*, APL Master. 2 (2014) 032106, [2] K. Ebara *et al.*, JJAP58, (2019) SC1042

謝辞 本研究の一部は科研費補助金(16H03899、19H04394)、物質デバイス領域共同研究拠点アライアンス「CORE ラボ」、近畿大学原子炉等利用共同研究、豊田理研スカラーの援助により実施された。

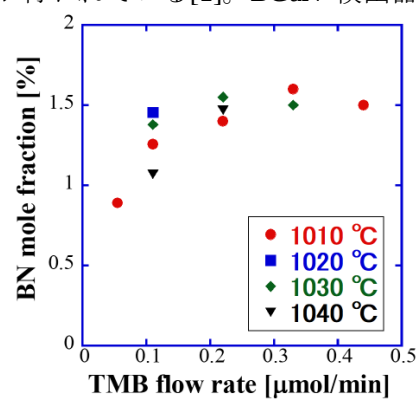


Fig.1. 各 TMB 流量で成長させた BGaN 結晶の BN モル分率

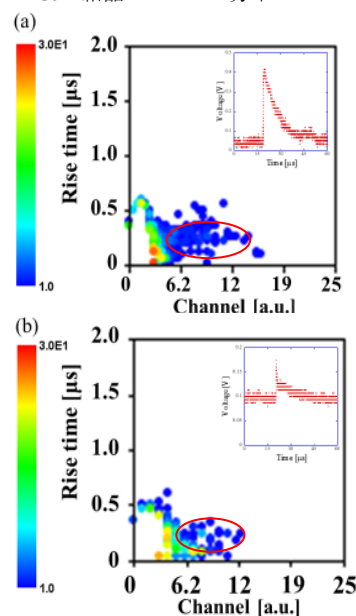


Fig.2. (a)1010 °C (b)1040 °C BGaN 検出器中性子 2D エネルギースペクトル測定結果