

中性子イメージングセンサーに向けた BGaN 半導体検出器の開発

Development of BGaN semiconductor detector for neutron imaging sensor

静大院¹, 名大院², 名大 IMaSS³, 赤崎リサーチセンター⁴, 東北大多元研⁵, 北大量集セ⁶, 静大電研⁷
 ○高橋祐吏¹, 丸山貴之¹, 山田夏暉¹, 江原一司¹, 太田悠人¹, 中川央也¹, 宇佐美茂佳², 本田善央³,
 天野浩^{3,4}, 小島一信⁵, 秩父重英^{3,5,6}, 井上翼¹, 青木徹⁷, 中野貴之¹

Shizuoka Univ.¹, Nagoya Univ.², IMaSS, Nagoya Univ.³, Akasaki Research Center.⁴,

IMRAM, Tohoku Univ.⁵, RCIQE, Hokkaido Univ.⁶, R.I.E. Shizuoka Univ.⁷

○Y. Takahashi¹, T. Maruyama¹, N. Yamada¹, K. Ebara¹, Y. Ohta¹, H. Nakagawa¹, S. Usami², Y. Honda³,

H. Amano^{3,4}, K. Kojima⁵, S.F. Chichibu^{3,5,6}, Y. Inoue¹, T. Aoki⁷, T. Nakano¹

E-mail: takahashi@cnt.eng.shizuoka.ac.jp

緒言 中性子イメージング技術は、医療、産業、セキュリティ分野において期待されている技術であり、中性子イメージングセンサーの実現が期待されている。我々は中性子捕獲断面積の大きい B 原子に注目し、B を含む半導体である BGaN を新規中性子検出半導体材料として提案し開発を行っている[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 成長の脱離開始温度が GaN および BN に比べて低温であることが明らかとなった[2]。そこで本研究では異なる温度で成長させた BGaN 結晶を用いて構造特性および検出特性評価を行い、BGaN 検出器の特性向上に取り組んだ。

実験方法 BGaN 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を変化させて BGaN 層を約 10 μm 成長させた。III族原料にはトリメチルガリウム(TMGa)とトリメチルボロン(TMB)を、V族原料には NH₃を用いた。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 各成長温度で作製した BGaN 結晶の BN モル分率と AFM測定による表面粗さの RMS 値を Fig.1 に示す。1000~1050 °C の拡散律速領域では、RMS 値が約 2 nm 程度と小さく、BN モル分率も 1.2~1.5 %程度であった。1060 °C 以上の脱離領域では、表面吸着原子の脱離による BN モル分率の低下と表面ラフネスの悪化が確認された。1000°C 以下の拡散律速領域では、表面平坦性が悪化しており、成長温度の低温化による結晶品質の劣化が確認された。

次に、各成長温度で作製した BGaN ダイオードのα線エネルギースペクトルピークの印加電圧依存性を Fig.2 に示す。Hecht の式を用いたフィッティングより各ダイオードの移動度寿命時間($\mu_e\tau_e$)積を導出した。1050 °Cにて作製した BGaN 結晶を用いたダイオードの $\mu_e\tau_e$ 積が最も大きな値を示した。これらの結果より、拡散律速領域における高温成長条件で作製された BGaN 結晶が高品質かつ高い検出特性を有することが確認された。中性子照射実験結果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 Mater. 2 (2014) 032106 [2] K. Ebara *et al.*, IWN2018 GR 10-5 (2018)

謝辞 本研究は中部電力安全技術研究公募研究の成果の一部であり、物質・デバイス領域共同研究拠点アライアンス「CORE ラボ」、科研費補助金(基盤研究(B):16H03899)の支援により行われた。

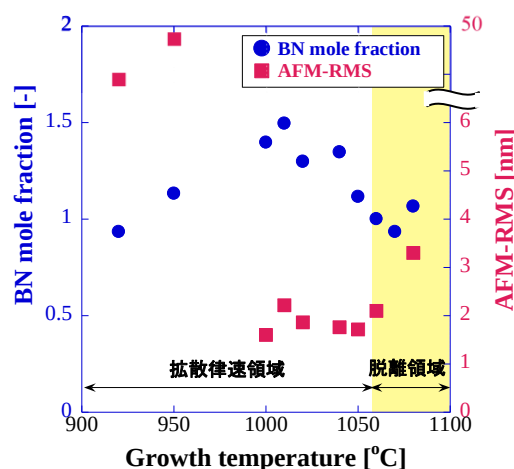


Fig. 1. 各温度で成長させた BGaN 結晶の BN モル分率と表面粗さの RMS 値

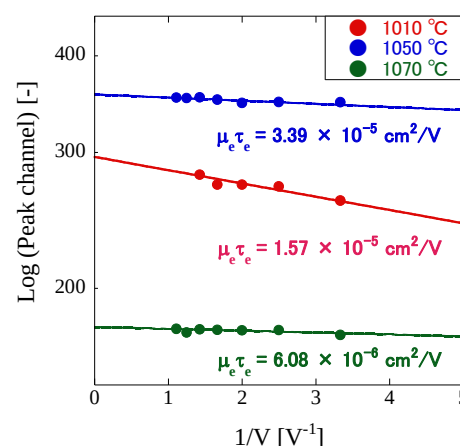


Fig. 2. α線エネルギースペクトルピークの印加電圧依存性