

BGaN 半導体検出器の厚膜化および放射線検出特性評価 Fabrication of thick BGaN semiconductor detector and evaluation of radiation detection characteristics

静大院工¹, 名大院工², 名大 ImaSS³, 赤崎リサーチセンター⁴, 東北大多元研⁵, 静大電研⁶
 ○高橋祐吏¹, 丸山貴之¹, 山田夏暉¹, 江原一司¹, 望月健¹, 中川央也⁶, 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}, 井上翼¹, 青木徹⁶, 中野貴之¹
 Shizuoka Univ.¹, Nagoya Univ.², ImaSS, Nagoya Univ.³, Akasaki Research Center.⁴, IMRAM, Tohoku Univ.⁵,
 R.I.E. Shizuoka Univ.⁶,
 ○Y. Takahashi¹, T. Maruyama¹, N. Yamada¹, K. Ebara¹, K. Mochizuki¹, H. Nakagawa¹, S. Usami², Y. Honda³,
 H. Amano^{3,4}, K. Kojima⁵, S.F. Chichibu^{3,5}, Y. Inoue¹, T. Aoki⁶, T. Nakano¹

E-mail: takahashi@cmt.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、新たな中性子検出デバイスの開発が求められている。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 を中性子検出半導体材料として提案している。これまでの研究で、BGaN 結晶成長技術の開発により、中性子検出器の作製および中性子検出を達成している[1-2]。しかし、作製した BGaN 検出器の中性子捕獲率が低いため、検出効率向上には B 含有量の増加が重要な課題となっている。そこで、BGaN 結晶成長技術において新規 B 有機金属原料であるトリメチルボロン(TMB)を用いることで、厚膜 BGaN 結晶成長技術の開発を行った。本研究では、厚膜 BGaN 結晶を用いて中性子検出デバイスを作製し、 α 線、中性子線の放射線検出特性を評価した。また、BGaN 層膜厚の変化による α 線、中性子線の捕獲率の検討を行った。**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。III族原料にトリメチルガリウム(TMGa)、TMB、V族原料に NH₃ を使用した。p 型 GaN テンプレート上に 1.8 μm 、5.0 μm の BGaN 層を成長させ、BGaN-pin ダイオードを作製した。作製したダイオードを用いて放射線照射実験を行い、BGaN 厚膜の放射線検出特性を評価した。検出器に印加した電圧はそれぞれ 3.0 V、0.5 V にて行った。 α 線源には ²⁴¹Am、熱中性子線源は近畿大学原子炉にて ²³⁸U を用いた。エネルギースペクトル測定には 2 次元マルチチャンネルアナライザー(2D-MCA)システムを用いた。

結果と考察 図 1 に BGaN 膜厚(a)1.8 μm および(b)5.0 μm の BGaN 検出器を用いた 2.3 MeV の α 線 2D エネルギースペクトルを示す。5.0 μm の BGaN 検出器は 1.8 μm に比べ、立ち上がり時間が 0.2 μsec から 0.6 μsec と遅くなっている。これは、膜厚増加と印加電圧の変化により BGaN 層にかかる電界が小さくなり、電荷移動に時間を要したためである。更に、1.8 μm で 230 Channel 付近に現れていたピークが 5.0 μm において 350 Channel 付近にシフトした。この変化は、BGaN 層厚さを 5.0 μm としたことで、約 5 μm の飛程を持つ α 線の Bragg Peak を有感層で検出したことを示している。次に、図 2 に各 BGaN 検出器を用いた熱中性子線の 2D エネルギースペクトルを示す。各膜厚において、2.3 MeV の α 線検出信号のピークと同様の立ち上がり時間・エネルギー範囲に微弱ながら中性子検出信号が確認された。更に、中性子検出信号のカウント数を計算した結果、5.0 μm - BGaN 層を用いた検出器は 1.8 μm の検出器と比べて 3 倍のカウント数が得られた。これは、BGaN 層の厚膜化による B 含有量の増加によるものであり、B 原子が中性子捕獲元素として機能し、有感層内で捕獲された熱中性子の信号検出を示している。これらの結果より、BGaN 層の厚膜化による中性子検出感度の向上を確認し、更なる検出感度の向上に向けた厚膜化の重要性が示唆された。

参考文献 [1] K. Atsumi *et al.*, APL Mater. 2 (2014) 032106 [2] K. Mochizuki *et al.*, ICNS-12(2017) D01.12

謝辞 本研究は中部電力安全技術研究公募研究の成果であり、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)、近畿大学原子炉等共同利用研究の支援により行われた。

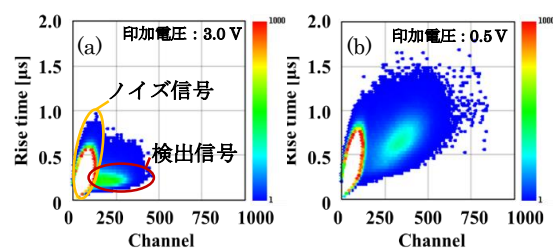


Fig. 1. 入射エネルギー2.3MeVにおける α 線 2D エネルギースペクトル (a) 1.8 μm - BGaN (b) 5.0 μm - BGaN

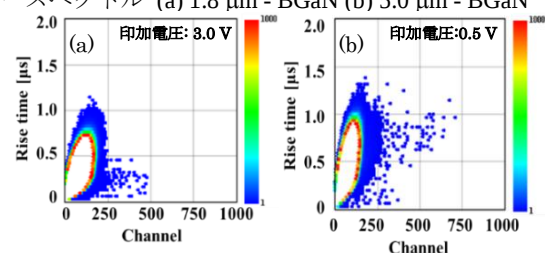


Fig. 2. 中性子線雰囲気におけるエネルギースペクトル測定結果 (a) 1.8 μm - BGaN (b) 5.0 μm - BGaN