BGaN 中性子検出器における結晶品質およびデバイス構造が検出特性に与える影響 Effect of crystal quality and device structure on detection characteristics in BGaN neutron detector 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,山田夏暉¹,宮澤篤也¹中川央也²,川崎晟也³, 本田善央⁴,天野浩⁴⁵,嶋紘平⁶,小島一信⁶,秩父重英⁴⁶,井上翼¹,青木徹²,中野貴之¹² 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, N. Yamada¹, A. Miyazawa¹, H. Nakagawa², S. Kawasaki³,

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

第言 近年、中性子イメージング技術は新たな透過イメージング手法として需要が高まっている。 本研究室では、中性子捕獲断面積の大きい B 原子を有する III 族窒化物半導体である BGaN に着 目し、中性子イメージング用途の新規半導体中性子検出器として提案している[1,2]。これまでに BGaN 検出器を用いて中性子捕獲信号の検出に成功し、デバイスのチップサイズの小型化により 空間分解能の向上が達成されている。しかしながら、中性子検出効率が 1%未満であり、イメージ ング用途に向けて更なる検出効率の向上が必要である。膜厚 7 µm の B_{0.014}Ga_{0.986}N 結晶を用いた検 出器では、理論的な中性子捕獲率に対して実験値は約 16 %であり、デバイス構造による損失と 結晶欠陥による損失が影響している。本研究では、電極構造と結晶性が異なるデバイスを作製し 放射線検出効率を評価することで、デバイス構造と結晶品質が検出効率に及ぼす影響を評価した。

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。成長圧力を 6.7~13.3 kPa に変化させ て、B_{0.01}Ga_{0.99}N 層を約 5 μm 成長させた。各 BGaN 結晶に パターン幅の異なる楔型電極を形成し、BGaN-pin ダイオー ドを作製した。作製したデバイスを用いて放射線検出特性 評価した。放射線検出特性はα線及び中性子線照射下にお いて、2 次元マルチチャネルアナライザー(2D-MCA)を用い たエネルギースペクトル測定により評価した。

結果と考察 成長圧力 6.7、10.0、13.3 kPa にて成長させた BGaN 結晶を用いて作製した BGaN-pin ダイオードの α線 検出特性結果を Fig. 1 に示す。13.3 kPa にて成長させたデ バイスでは、180 Channel 付近に検出ピークが確認された。 成長圧力の低下とともに検出カウント数が減少し、6.7 kPa のデバイスでは検出信号が得られなかった。更に、PL 測 定により本条件で作製した BGaN 結晶は成長圧力の低下 とともに積層欠陥が増加していることが確認された。積層 欠陥の増加に伴い、縦方向電流の信号検出が困難になって いると考えられる。

次に、異なる電極パターン幅の BGaN デバイスを用いて α線照射実験を行い、検出効率を導出した。電極パターン 幅の微細化により検出効率の増加が確認された。電極パタ ーン幅が微細化することでキャリアの横方向移動距離が 短くなり、検出信号の取り出し効率が増加したことが考え られる。中性子照射実験結果に関しては当日の発表にて行 う。

[2] T. Nakano, et al., 2017 IEEE-RTSD, R-17-4

参考文献 [1] K. Atsumi, et al., APL Mater. 2, 032106 (2014)



Fig.2 BGaNダイオードα線検出効率の 電極パターン幅依存性

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。