

耐高温中性子半導体検出器に向けた新規 BGaN デバイスの作製

Fabrication of novel BGaN devices for high temperature tolerance neutron semiconductor detectors

¹ 静大院工, ² 名大院工, ³ 近大原研, ⁴ 名大 IMaSS, ⁵ 静大電研

○中村大輔¹, 西川瞬¹, 小関凌也¹, 林幸佑¹, 川崎晟也², 権熊²,

若林源一郎³, 本田善央⁴, 天野浩⁴, 井上翼¹, 青木徹⁵, 中野貴之^{1,5}

Shizuoka Univ.¹, Nagoya Univ.², Kindai Univ.³, IMaSS Nagoya Univ.⁴, R.I.E. Shizuoka Univ.⁵

○D. Nakamura¹, S. Nishikawa¹, R. Ozeki¹, K. Hayashi¹, S. Kawasaki², W. Kwon²,

G. Wakabayashi³, Y. Honda⁴, H. Amano⁴, Y. Inoue¹, T. Aoki⁵, T. Nakano^{1,5}

E-mail: nakamura.daisuke.17@shizuoka.ac.jp

緒言 III 族窒化物半導体である BGaN は、B 原子が大きな中性子捕獲断面積を持つことから、新たな中性子検出半導体材料として期待されている。これまでに半導体検出器が有する高い空間分解能に着目した中性子イメージング技術に向けた開発が行われている[1]。一方で BGaN は、GaN と BN の混晶半導体であり広いバンドギャップを持つことから、耐熱性に優れ、原子炉などの過酷環境下での動作が期待できる。イメージング素子に向けた開発では、空間分解能の向上を目的に下層に p 型 GaN を使用した pin 構造にてデバイス開発が行われてきた。しかしながら、p 型 GaN 結晶成長は高品質な結晶成長が困難であることが知られている。そのため、イメージング素子用デバイス構造ではリーク電流の増加に伴い、高温耐性が 300 °C であった[2]。そこで本研究では、更なる高温環境下でのデバイス動作に向けて、下層を n 型 GaN にした p-GaN/BGaN/n-GaN 構造の新規 BGaN-pin ダイオード作製と評価を実施した。

実験方法 BGaN の結晶成長には有機金属気相エピタキシー (MOVPE) 法を用いた。III 族原料にはトリメチルガリウム(TMGa)、トリメチルボロン(TMB)を使用し、V 族原料には NH₃ を使用した。n 型および p 型のドーピング原料にはモノメチルシラン(MMSi)、ビスシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp₂Mg)を使用した。BGaN 結晶は窒素雰囲気下で成長温度 1000 °C、成長圧力 10 kPa にて成長させた。BGaN 結晶の構造特性評価には、走査型電子顕微鏡 (SEM) 観察、原子間力顕微鏡 (AFM) 観察、X 線回折 (XRD) 測定を用いた。BGaN 結晶を用いて作製したダイオードについて電気特性および放射線検出特性を評価した。放射線検出特性は α 線および中性子照射下において、エネルギースペクトル測定を実施した。

結果と考察 BGaN 結晶の断面 SEM 像を図 1 に示す。BGaN/n-GaN および p-GaN/BGaN 界面においてボイドが形成されておらず、界面近傍での脱離などが抑制された結晶成長を達成した。X 線 Rocking Curve 測定にて BGaN (0002) の FWHM は約 750 arcsec であり、作製した BGaN 結晶の結晶性が良好であることが確認された。

電気特性評価により、作製した BGaN-pin ダイオードの逆バイアス時のリーク電流は 41 nA/cm²@-24 V であった。イメージング素子用の BGaN ダイオードのリーク電流が 59 μA/cm²@-3 V であったことから、デバイス構造の変更による耐圧性の向上が確認された。更に、BGaN ダイオードに -24 V 印加して α 線照射実験を実施した。α 線エネルギースペクトル測定結果を図 2 に示す。40 channel 付近に明瞭な α 線ピークが観測され、リーク電流低減により高い印加電圧での検出を確認した。更なる詳細な評価結果および中性子線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] T. Nakano, *et al.* JAP, **130**(2021), 124501 [2] 林 他, 第 82 回秋季学術講演会(2021), 12p-Z221-11

謝辞 本研究の一部は科研費補助金(16H03899、19H04394)、原子力システム研究開発事業、近畿大学原子炉等利用共同研究、名古屋大学未来材料・システム研究所における共同利用・共同研究の援助により実施された。

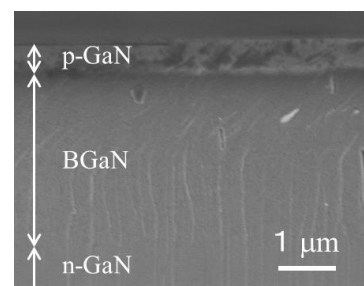


Fig.1 BGaN 結晶の断面 SEM 像

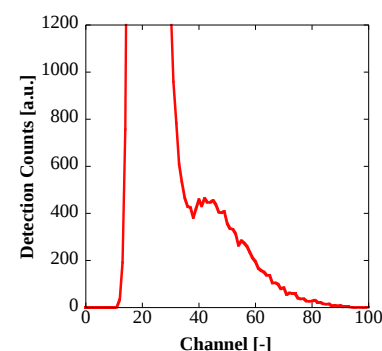


Fig.2 α線照射下におけるエネルギースペクトル測定 (Rise time : 1.0 – 1.2 μs)