

III 族窒化物半導体検出器の高温耐性評価

Temperature tolerance of group-III nitride semiconductor detector

静岡大院工¹, 静岡大電研², 名大院工³, 名大 IMaSS⁴

林幸佑¹, 中川央也², 川崎晟也³, 出来真斗⁴, 本田善央⁴, 天野浩⁴, 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

°K. Hayashi¹, H. Nakagawa², S. Kawasaki³, M. Deki⁴, Y. Honda⁴, H. Amano⁴, Y. Inoue¹, T. Aoki¹, T. Nakano^{1,2}

E-mail: hayashi.kosuke.17@shizuoka.ac.jp

緒言 近年、中性子イメージングや原子炉内のモニタリング技術など中性子検出器の需要が高まっており、新たな中性子検出器の開発が期待されている。このような状況において、中性子捕獲断面積の大きい B 原子を含む BGaN が新規中性子検出材料として提案され開発が行われている[1]。III 族窒化物半導体である BGaN は BN と GaN 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、高温環境下での放射線検出器として期待できる。これまでに、GaN および BGaN pin ダイオードにより α 線検出の温度依存性を評価し、ともに 300 °C までの高温動作を確認している[2]。しかしながら、III 族窒化物半導体検出器の実用化には、更なる高温動作の知見が必要である。そこで本研究では GaN および BGaN 検出器の高温環境下におけるデバイス特性を比較・評価した。

実験方法 有機金属気相エピタキシー (MOVPE) 法を用いて作製した pn 型、pin 型の GaN および BGaN ダイオード検出器の電気特性および放射線検出特性を評価した。電気特性では室温から 600 °C までの CV 測定および IV 測定を実施した。放射線検出測定には ²⁴¹Am の α 線源を用いた。 α 線源と検出器の距離は入射エネルギー 2.3 MeV となるように設定した。室温から 450 °C までの α 線エネルギースペクトル測定を行った。

結果と考察 pn 型 GaN 検出器を用いて各温度で測定した α 線エネルギースペクトルを図 1 に示す。測定結果から、250 °C 以下において明瞭な α 線のピークが確認された。pin 型 GaN 検出器と比較してノイズ領域の拡大が大きいことが確認された。この結果から、i-GaN 層の有無が耐熱性に影響することが示唆された。

α 線エネルギースペクトルから得た各検出器のピーク位置の温度依存性を図 2 に示す。検出可能な温度領域については、pin-GaN 検出器が 450 °C、pn-BGaN 検出器が 300 °C でエネルギーピークの検出が可能であった。BGaN よりも GaN の結晶性が高いことから、結晶品質が耐熱性に影響することを示唆している。室温から 100 °C の温度領域においてピーク位置は全ての検出器で高チャンネルにシフトした。この結果は、温度上昇に伴うバンドギャップの減少によって、W 値が減少したと考えられる。CV 測定においても同様に温度上昇に伴う誘電率の増加が確認された。pn および pin-GaN 検出器は 100 °C 以上の温度領域においてピーク位置が低チャンネルにシフトした。これは、温度上昇に伴う内蔵電位の減少により空乏層幅が減少する影響支配的になったためだと考えられる。一方で BGaN 検出器では、100 °C 以上の温度領域でピーク位置の変化が観察されなかった。この結果は BGaN 検出器の i-BGaN 層が 7 μm と大きく、温度上昇に伴う空乏層幅の変化が小さいことが原因として考えられる。

参考文献

[1] T. Nakano, *et al.* JAP, **130**, 124501 (2021), [2] 林 他, 第 82 回秋季学術講演会, 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、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。

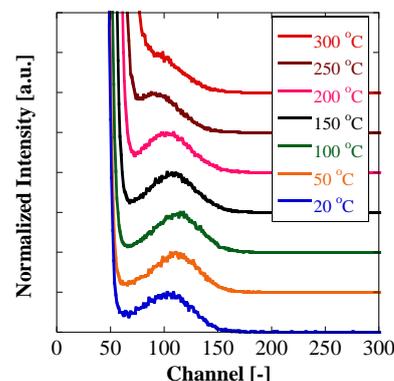


Fig. 1. Energy spectra of ²⁴¹Am α -particles using pn-GaN at each temperature

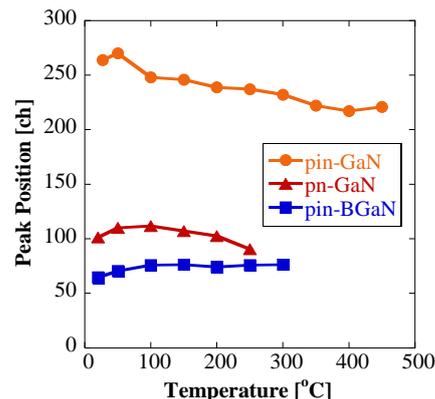


Fig. 2. Temperature-dependence of peak position for each detector