

III 族窒化物放射線検出器に向けた GaN 半導体 α 線検出特性の評価

Evaluation of α -ray detection characteristics in GaN for III-nitride semiconductor radiation detectors

○中川 央也¹, 有川 卓弥¹, 望月 健¹, 宇佐美茂佳², 久志本 真希², 本田善央², 天野 浩^{2,3}, 三村秀典¹, 井上 翼¹, 中野貴之¹, 青木徹¹ (1.静大 2.名大 3.赤崎リサーチセンター)

○H. Nakagawa¹, T. Arikawa¹, K. Mochizuki¹, S. Usami², M. Kushimoto², Y. Honda², H. Amano^{2,3},

H. Mimura¹, Y. Inoue¹, T. Nakano¹, T. Aoki¹

(1.Shizuoka Univ., 2. Nagoya Univ., 3.Akasaki Research Center)

E-mail: nakagawa.hisaya.14@shizuoka.ac.jp

【はじめに】近年、ホームランドセキュリティや非破壊検査への応用などから中性子イメージング技術の開発が期待されている。我々は化合物半導体を用いた新規中性子検出器として B GaN 半導体検出器を提案し、開発を進めている[1]。B GaN 半導体は、 γ 線感度の低い GaN 半導体を母体材料として、中性子捕獲断面積の大きな B 原子を混晶化させた III 族窒化物半導体材料である。しかしながら、母材である GaN の放射線検出に関する諸特性評価は報告例が少なく、十分なデータ構築がなされていない。そこで我々は GaN 半導体の放射線検出特性評価を行うことで、GaN は α 線に対して高い検出感度を持つ一方で、 γ 線に対しては検出効率が低いことを明らかにしてきた[2]。B GaN 中性子検出器では、B GaN 層内において(n, α)反応により発生する α 線を有感層で捕獲する必要がある、 α 線の飛程から最適な有感層厚の設計が重要となる。本研究は、最適な有感層設計のために、GaN 内での α 線の飛程をシミュレーションおよび実験結果から評価を行った。

【実験方法】本研究では、モンテカルロシミュレータである PHITS[3]による GaN 中での飛程の計算を行い、実測の測定環境の妥当性評価にも用いた。評価に用いた GaN 検出器は有機金属気層エピタキシー(MOVPE)法を用いて i-GaN 層膜厚 1.0 μ m の pin-GaN ダイオードを作製した。放射線検出実験では、 α 線源に ²⁴¹Am を用いて pin-GaN 検出器に照射し、multi-channel analyzer (MCA)によってエネルギースペクトル測定を行った。大気雰囲気下において GaN 検出器と α 線源の距離を変化させることで空気減衰による α 線入射エネルギーを変化させて、各入射エネルギーによる検出ピークエネルギーを評価した。

【実験結果】図 1 にシミュレーションおよび実験により求めた、入射エネルギーの変化による検出エネルギーの変化を示す。シミュレーションおよび実験結果において同様のピークプロファイルを得ることができた。低入射エネルギー領域で入射エネルギーの増加による検出エネルギーの増加が確認できた。この傾向はブラッグピークの位置が有感層内に存在していることを示しており、全入射エネルギーが有感層内で吸収されていることを示している。一方で、高入射エネルギー領域においては入射エネルギーの増加によって検出エネルギーが減衰している。この結果は、ブラッグピークが有感層内に存在していないことを示しており、 α 線が有感層を通過する際に起こるエネルギー損失が検出エネルギーとなったものである。これらの結果から、B GaN 中の(n, α)反応により発生する α 線の飛程を算出した。1.47MeV の α 線の飛程距離は約 4.0 μ m となり、本結果を用いることで B GaN 中性子半導体検出器のデバイス設計の指針を得るに至った。

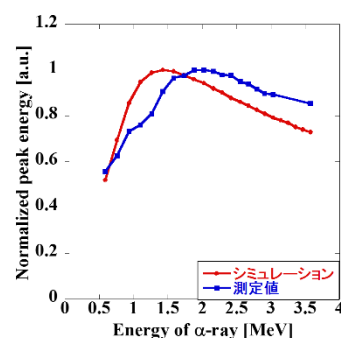


図 1. GaN に入射するエネルギーの変化によるピーク位置の変化

参考文献：[1] K. Atsumi, et al., APL Mater 2 032106 (2014) [2] M. Sugiura et al., Jpn. J. Appl. Phys. 55, 05FJ02 (2016), [3] T.Sato et al., J.Nucl Sci.Technol.50:9 913-923 (2013)

謝辞：本研究の一部は科研費補助金(若手研究(A):24686014、基盤研究(B):16H03899)、物質・デバイス領域共同研究拠点特定研究課題および中部電力安全技術研究所研究助成の支援を受けて行われたものである。