BGaN 半導体材料を用いた新規熱中性子検出器の提案と開発

Proposal and research of a novel neutron semiconductor detector using BGaN semiconductor materials

*中野 貴之[1]，望月 健[1]，中村 匠[1]，有川 卓弥[1]，中川 央也[1]，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[5.3]，三村 秀典[6]，井上 翼[1]，青木 徹[6]
[1]静岡大院，[2]名古屋大院，[3]名古屋大 IMaSS，[4]赤崎リサーチセンター，
[5]東北大多元研，[6]静岡大電研

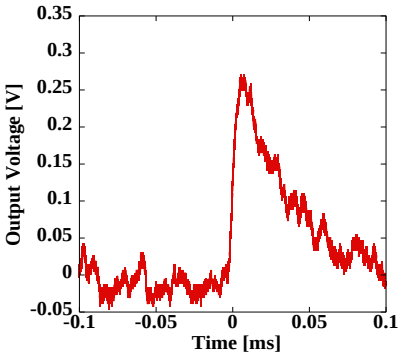
新規熱中性子検出器として、BGaN 半導体材料を用いた半導体検出器を提案している。提案する BGaN 熱中性子検出器は、有感層領域で熱中性子捕獲と信号検出を行う新しい概念の熱中性子検出器である。本研究では、デバイス作製と提案内容の実証実験を実施した。

キーワード：熱中性子検出器、半導体検出器、III 族窒化物半導体、BGaN、ダイオード

1. 緒言　従来の熱中性子検出器である ^{3}He ガス計数管は、近年の He 枯渇問題により安定供給が困難になっている。我々は熱中性子捕獲断面積が大きい B 原子に着目し、B 原子を半導体材料として含有する BGaN を熱中性子半導体検出器として提案している。これまでに、BGaN 結晶を用いたショットキーダイオードを作製し、熱中性子検出を実現している[1]。しかし、30nm 程度の非常に薄い有感層領域であったため、検出頻度や検出エネルギーの評価などが困難であった。本研究では、BGaN 結晶成長技術の開発により、十分な有感層領域を持った BGaN 縦型ダイオード作製を実現し、放射線検出特性を評価したので報告する。

2. 実験方法　BGaN 結晶成長には、有機金属気相エキタピシー(MOVPE)法を用いた。B、Ga 有機金属原料および N 原料には、トリメチルボロン[TMB, $(CH_3)_3B$]、トリメチルガリウム[TMGa, $(CH_3)_3Ga$]と NH_3 をそれぞれ用いた。p 型 GaN テンプレート基板上に BGaN 層(2 μm)を成長後、コンタクト層として GaN 層(10nm)を成長した。作製した基板に電極形成を行い、BGaN 縦型ダイオードを作製した。本デバイスを用いて放射線照射実験を行い、縦型 BGaN ダイオードの放射線検出特性を評価した。

3. 結果および考察　BGaN 縦型ダイオードを用いて、α線(1.5MeV)照射実験と熱中性子照射実験を実施した。α線照射実験により得られたパルス信号を GaN pin ダイオードを用いた場合と比較したところ、立ち上がり時間は同程度であったが、波高値は約 35%となった。BGaN が GaN に比べて欠陥密度が高く、移動度も低いため検出効率が減少しているが縦型ダイオード構造でα線を検出可能であることを示した。更に、中性子照射実験によって、図に示すパルス信号を検出した。中性子検出信号の波高値がα線検出信号の波高値と同程度であったことから、中性子検出は B(n, α)Li 反応によるα線を検出していることを示している。これらの結果は、BGaN 縦型ダイオードの作製により、熱中性子捕獲と壊変α線の検出を同一有感層内で検出したことを示しており、エネルギー弁別により n/γ比の高い熱中性子検出器の実現が可能であることを示唆した。



図、BGaN 縦型ダイオードを用いて得られた熱中性子捕獲信号

謝辞　本研究の一部は科研費補助金(基盤研究(B):16H03899)、中部電力安全技術研究所研究助成および物質・デバイス領域共同研究拠点・アライアンス「CORE ラボ」の支援により行われた。

参考文献　[1] K. Atsumi, Y. Inoue, H. Mimura, T. Aoki, T. Nakano, APL Mater. **2** 032106 (2014)

*Takayuki Nakano[1], Ken Mochizuki[1], Takumi Nakamura[1], Takuya Arikawa[1], Hisaya Nakagawa[1], Shigeyoshi Usami[2], Yoshio Honda[3], Hiroshi Amano[3.4], Kazunobu Kojima[5], Shigefusa F. Chichibu[5.3], Hidenori Mimura6, Yoku Inoue[1], Toru Aoki[6]
[1]Shizuoka Univ., [2]Nagoya Univ., [3]IMaSS, Nagoya Univ., [4]Akasaki Research Center, [5]IMRAM, Tohoku Univ., [6]R.I.E. Shizuoka Univ.