

III 族窒化物半導体を用いた中性子検出器の開発

Development of neutron detector using group-III nitride semiconductor

静大電研¹, 静大院² ○中野 貴之^{1,2}, 青木 徹^{1,2}

R.I.E. Shizuoka Univ.¹, Shizuoka Univ.², ○Takayuki Nakano^{1,2}

E-mail: nakano.takayuki@shizuoka.ac.jp

GaN に代表される III 族窒化物半導体は、ワイドバンドギャップなどの優れた材料特性を持つことから短波長領域の発光素子やパワーデバイス材料として開発が行われている。III 族元素が含まれる半導体材料であることから、大きな中性子捕獲断面積を持つ B 原子を半導体構成元素として利用することが可能である。B 原子を混晶させた $B_xGa_{1-x}N$ 半導体結晶を作製することで、半導体内部で中性子捕獲と信号検出が可能であり、単一層で中性子検出が可能であることから新規中性子半導体材料として開発を行っている。

BGaN の検出原理の概念図を図 1 に示す。BGaN 層中に存在する B 原子が熱中性子と反応して $^{10}B(n, \alpha)^7Li$ 反応により α 線と Li 粒子を放出し、各荷電粒子が BGaN 層を励起することで電子正孔対を生成し、信号を検出する機構である。同一層内で捕獲と検出を行うため、生成された荷電粒子の自己減衰が無く、全 α 壊変エネルギーを検出可能であるためエネルギー弁別が可能である。

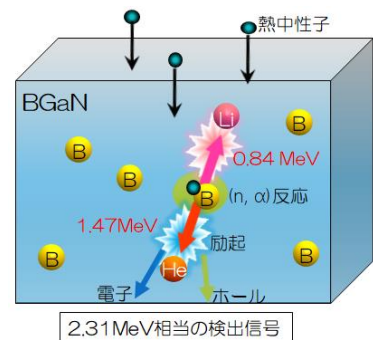


図1、BGaN半導体を用いた中性子検出原理

BGaN 検出器を実現するために、有機金属気相エピタキシー (MOVPE)法を用いた結晶成長技術の開発を実施し、 α 壊変による生成荷電粒子の飛程に相当する約 5 μm 以上の結晶成長を実現した。成長させた各 BGaN 結晶を用いて図 2 に示す構造のダイオードを作製し、検出特性評価を実施した。

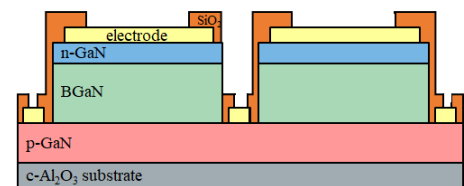


図2、作製したBGaNダイオードの断面構造図

α 壊変エネルギーに相当する 2.3 MeV の α 線照射および中性子照射により得られた 2D エネルギースペクトル測定結果

を図 3 に示す。中性子照射時において 2.3MeV の α 線照射時と同程度の位置に検出信号を得るに至った。この結果は、 α 壊変により生成した荷電粒子の全エネルギーを検出したことを示唆している。しかしながら、BGaN 膜厚が約 5 μm と薄いため、十分な検出感度とエネルギーピークを得るには至らなかった。更なる開発により、BGaN 結晶の厚膜化、高品質化およびデバイス構造の検討などを実施し、中性子検出効率の向上に向けた開発を実施している。詳細については当日の発表にて紹介を行う。

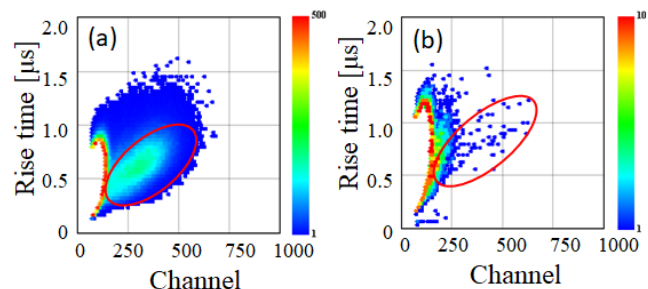


図3、BGaN検出器を用いて測定した各放射線の2Dスペクトル測定結果(a)2.3MeV- α 線、(b)中性子線

【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 ラボ共同研究、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、池谷科学技術振興財団研究助成の援助により実施された。