

次世代中性子検出に向けた半導体検出器の開発

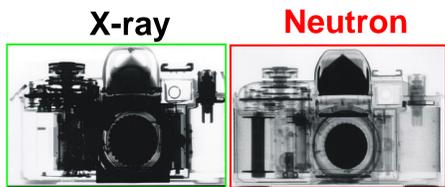
BGaN半導体を用いた新規中性子検出器

電子工学研究所 准教授・中野貴之

背景 ～熱中性子検出器～

熱中性子検出の応用

- ホームランドセキュリティ
- 金属機器の内部イメージング
- ホウ素中性子捕獲治療 (BNCT)



放射線ラジオグラフィ
(参照: UC DAVIS, McClellan原子力研究所HP)

熱中性子検出器

- ³Heガス計数管

³Heガスの枯渇と供給制限が問題

→ 新しい中性子検出器の開発が急務

利用拡大による解像度・応答性の向上が期待

次世代熱中性子検出器として半導体検出器を検討

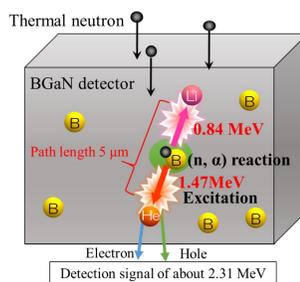
BGaN 熱中性子検出器の提案



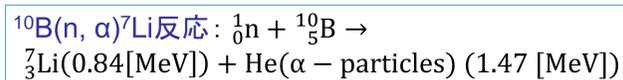
B (BN)
中性子捕獲断面積が大きい
¹⁰B: 3837 barn (=10⁻²⁸ m²)

GaN
高い電子移動度
低熱雑音
γ線に対する感度が低い

BGaN検出器



- ✓BGaNはγ線に対する検出感度が低い
- ✓BGaN層中で中性子捕獲と検出を行うため、α壊変の**全エネルギー(約 2.31 MeV)**を検出



BGaN検出器により、エネルギー弁別可能な高n/γ比中性子検出器が実現可能に

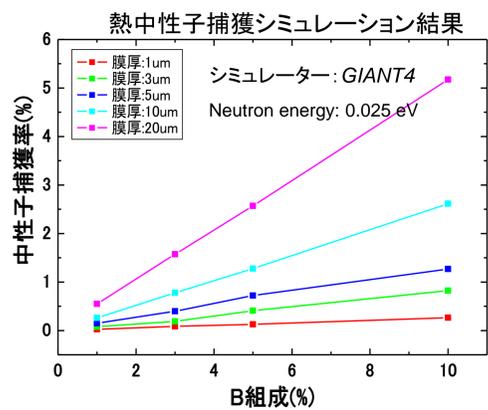
デバイス実現に向けた課題

➢中性子検出器

高BNモル分率と厚膜作製技術

高耐圧特性

III族窒化物の放射線検出特性の解明



高B濃度かつ高い結晶性を有する**厚膜BGaN結晶**の作製が重要

BGaN結晶成長における問題点

・B原料(**トリエチルボロン: TEB**)とN原料(アンモニア)の気相および表面での寄生反応

⇒ 立方晶相(c-GaN、BSFsなど)が混入[1,2]

⇒ 厚膜成長時に荒れた表面を形成

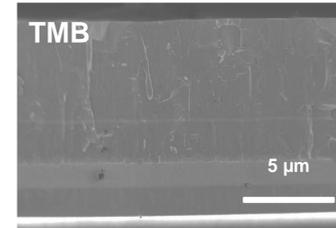
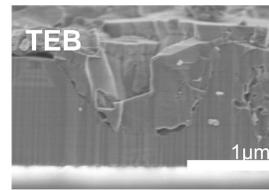
[1] S. Sundaram, et. al. Nanotechnology 27 (2016)115602

[2] B.P. Gunning et. al. JCG 464(2017)0190-196

寄生反応を抑制することで、高品質化を検討

⇒ 化学的に安定な**トリメチルボロン(TMB)**を使用

各原料を用いて作製した厚膜BGaNの断面SEM像



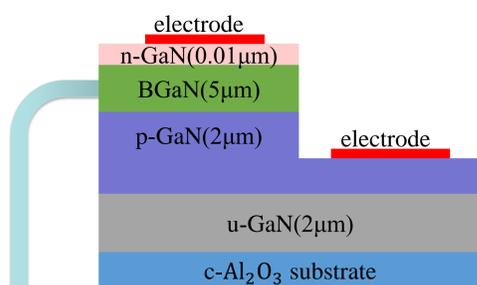
BGaN中性子検出半導体に向けて

B有機金属原料に**トリメチルボロン(TMB)**を用いることにより

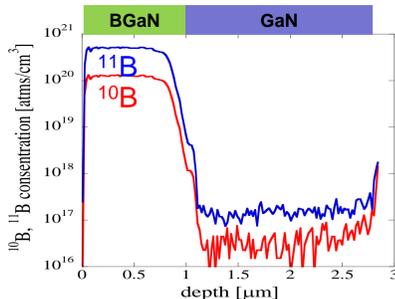
寄生反応を抑制した厚膜BGaN結晶成長技術を実現

BGaN縦型ダイオードの作製と評価

BGaN縦型ダイオードの構造図



SIMS測定結果



¹⁰B, ¹¹Bの存在比が天然比(1:4)と同程度
⇒ 同位元素による反応の変化は無い

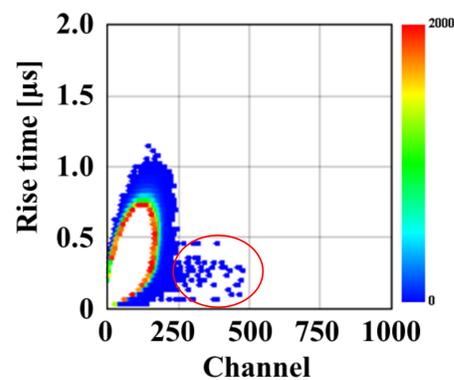
GaN層にも少量の¹⁰B, ¹¹Bが存在
⇒ B原料由来のメモリ効果が存在している

BGaN中性子検出ダイオードおよび中性子検出器を試作

試作したBGaN検出器およびBGaNダイオード



2D中性子検出スペクトル



・α線(2.3 MeV)においても同様の範囲に検出信号
⇒ α壊変により発生した2.3 MeVの全エネルギーの検出を示唆

**BGaN検出器で
半導体検出器を用いた中性子検出を初めて実現**

keyword: 中性子半導体検出器、中性子イメージングセンサー、BGaN、III族窒化物半導体