

過酷環境に挑む!

～高温環境下で動作可能な半導体中性子検出器の開発～

静岡大学電子工学研究所 中野 貴之

研究背景

～原子炉核計装について～

原子炉を安全に運用するためには、原子炉内部の過酷な環境(高温・高放射線)での中性子モニタリング(核計装)が必要である。

種類	具体例	原子炉内温度
軽水炉	BWR、PWRなど	300℃(BWR)
新型原子炉	高温ガス炉、増殖炉など	500℃以上

次世代核計装技術として小型、リアルタイム計測、エネルギー弁別が可能な半導体中性子検出器が期待されている。

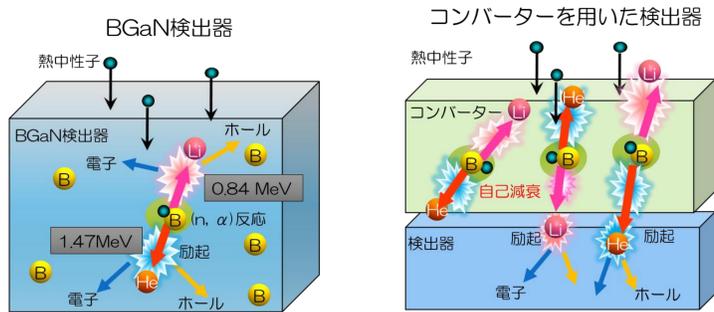
～中性子半導体検出器～

	Si	SiC	Diamond	BGaN(GaN)
開発フェーズ	商用化	研究開発	研究開発	研究開発
バンドギャップ	1.14 eV	3.2 eV	5.5 eV	3.4 eV
耐高温性	60℃	>250℃	検出器:>300℃ FET:500℃	未評価 (GaN-FET:300℃)
耐放射線性	1 kGy	5 MGy	2.5 MGy	未評価
検出放射線	γ線	γ線	γ線	中性子
中性子検出方法	コンバーター 利用	コンバーター 利用	コンバーター 利用	直接検出

⇒ B Ga N (ワイドギャップ半導体) が次世代中性子検出半導体として期待

本研究の特徴と目的

～BGaN中性子検出器～



- 熱中性子をB原子で捕獲
- 捕獲時に $^{10}\text{B} (n, \alpha)^7\text{Li}$ 反応により荷電粒子を放出
- 粒子線がBGaNを励起し、電子正孔対を生成

✓ BGaN層中で中性子捕獲と検出するため、α壊変の全エネルギー(0.84MeV+1.47MeV=約2.31 MeV)を検出

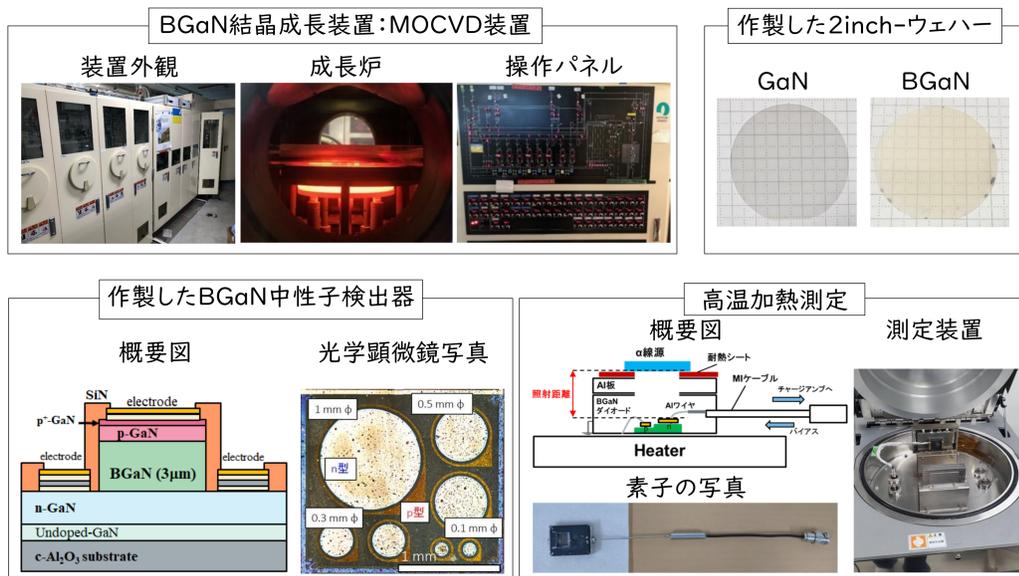
✓ 独自のBGaN結晶成長技術を確立

⇒ BGaN中性子検出器を作製できるのは静岡大中野研だけ

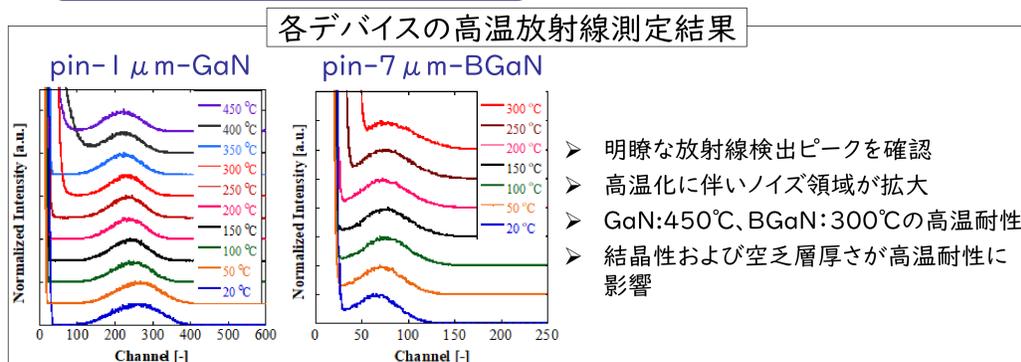
～研究目的～

- ・BGaN検出器を用いた次世代核計装の開発
- ・耐高温BGaN中性子検出を作製を検討
 - BGaN結晶の品質向上による耐性向上
 - デバイス構造の最適化による耐性向上

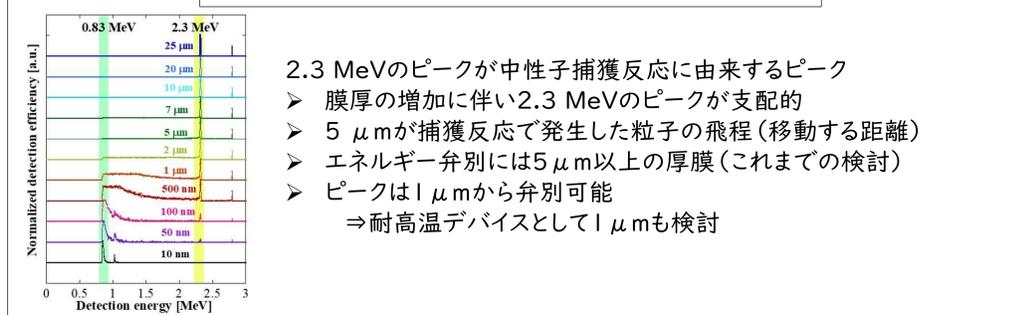
設備・作製デバイス・解析装置など



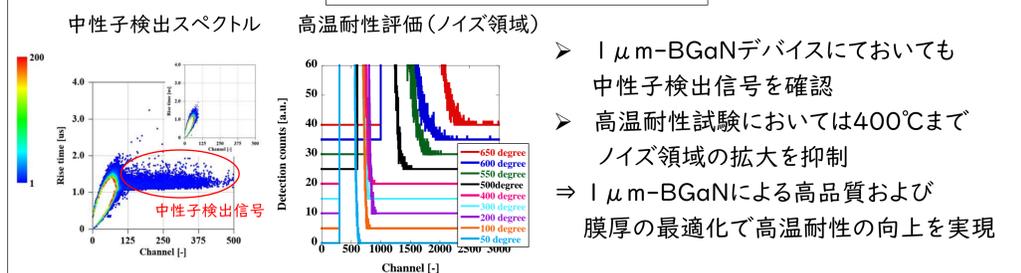
実験結果など



BGaN膜厚による中性子検出スペクトルの計算結果



1 μm-BGaNデバイスの評価



まとめと今後の課題

□まとめ

- ワイドギャップ半導体を用いたBGaN検出器により耐高温中性子検出器の可能性を示した
- 膜厚制御などにより400℃まで耐性を有する検出器を作製した

□今後の課題

- B組成の制御により更なる高温化を実現
- 周辺回路の高温耐性向上も検討が必要