



## ダイヤモンド pin 放射線検出器の試作

### Fabrication of diamond pin radiation detectors

物材機構<sup>1</sup>, 日立製作所<sup>2</sup>, 北海道大学<sup>3</sup>, JST-CREST<sup>4</sup> <sup>○(PC)</sup>大谷 亮太<sup>1</sup>, 山本 卓<sup>1</sup>,

田所 孝広<sup>2</sup>, 上野 克宜<sup>2</sup>, 佐々木 敬介<sup>2</sup>, 桑原 均<sup>2</sup>, 坪田 雅功<sup>3</sup>, 金子 純一<sup>3</sup>, 小泉 聡<sup>1,4</sup>

NIMS<sup>1</sup>, Hitachi Ltd.<sup>2</sup>, Hokkaido Univ.<sup>3</sup>, JST-CREST<sup>4</sup> <sup>○(PC)</sup>Ryota Ohtani<sup>1</sup>, Takashi Yamamoto<sup>1</sup>,  
Takahiro Tadokoro<sup>2</sup>, Katsunori Ueno<sup>2</sup>, Keisuke Sasaki<sup>2</sup>, Hitoshi Kuwabara<sup>2</sup>, Masakatsu Tsubota<sup>3</sup>,

Junichi H. Kaneko<sup>3</sup>, \*Satoshi Koizumi<sup>1,4</sup>

\*email: KOIZUMI.Satoshi@nims.go.jp

【はじめに】 東日本大震災による巨大津波が引き金となった福島第一原子力発電所事故では、浸水に加え、核燃料融解による高熱・高放射線環境の出現により多くの計測機器が使用不能に陥った。原子炉システムの更なる安全性・信頼性強化のため、高温・高線量環境に適用可能な半導体デバイスの研究開発が急がれる。ダイヤモンドは 5.5 eV というワイドギャップのため、シリコンに比べて遥か高温域まで pn 伝導制御の機能を失わず、高速炉や軽水炉の過酷事故対応時に要求される 300~700 °C でのデバイス動作可能性を持つ。また極めて強固な結晶格子のために放射線による損傷が発生しにくく、構成元素が C のみであるため Si および SiC では本質的に不可避な  $^{30}\text{Si}(n, \gamma)^{31}\text{Si}(\beta^-) \rightarrow ^{31}\text{P}$  に相当する核反応がなく半導体特性変化も起こらない。これらの特長により、ダイヤモンド半導体は原子炉の過酷事故環境下においても性能を発揮し得る  $\gamma$  線センサーおよび前置増幅器への応用が期待できる。今回は pin 構造型のダイヤモンド放射線検出器の試作および  $\gamma$  線照射時に対する応答評価について報告を行う。

【実験】 Ib 型単結晶ダイヤモンド基板{111}表面にプラズマ CVD を用いたホモエピタキシャル成長によりダイヤモンド p-i-n 積層膜を作製した。原料ガス濃度  $\text{CH}_4/\text{H}_2$  は 0.05% とし、成膜温度および圧力はそれぞれ 900 °C、100 Torr とした。p 層および n 層のドーパントには  $\text{B}_2\text{H}_6$  および  $\text{PH}_3$  を用い、 $\text{CH}_4$  に対する濃度比はそれぞれ 100 ppm、5000 ppm とした。p-i-n 層の膜厚はそれぞれ 1  $\mu\text{m}$ , 500 nm, 125 nm、p 層のアクセプタ濃度および n 層のドナー濃度はそれぞれ  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  および  $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  程度である。p-i-n 積層膜の形成後、反応性イオンエッチングによりメサ構造に素子分離し、EB 蒸着を用いて電極を形成し pin 構造を作製した(図 1)。作製した素子はアルミケース内にマウントした後、Co-60 密封線源による  $\gamma$  線照射へ供し応答特性を評価した。

【結果】 図 2 に雰囲気線量率に対する本検出器の出力を示す。印加電圧 +4 V (逆バイアス)、線量率 0.1~10<sup>4</sup> Sv/h の範囲での応答と線形特性が確認され、特に高線量領域で安定に機能することがわかった。現在、課題となる感度向上に向けてドーピング濃度、i 層膜厚の最適化を進めている。

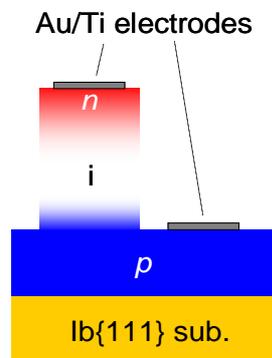


図 1 ダイヤモンド pin 検出器の構造模式図。

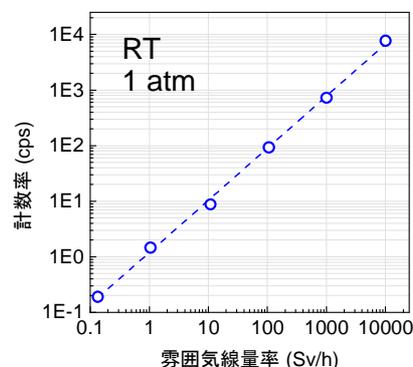


図 2 ダイヤモンド pin 検出器の  $\gamma$  線応答特性。

【謝辞】 本研究の一部は原子力システム研究開発事業「過酷事故対応を目指した原子炉用ダイヤモンド半導体デバイスに関する研究開発」の支援により行われた。