

超薄窓型単結晶ダイヤモンド荷電粒子検出器の開発(2)

Development of an ultra-thin diamond membrane detector for ionized particle measurement -(2)

加田 渉¹, 神谷 富裕², Veljko Grilj³, Natko Skukan³, Ivan Sudić³, Michal Pomorski⁴,
牧野 高紘², 安藤 裕士^{1,2}, 神林 佑哉^{1,2}, 小野田 忍², 花泉 修¹, Milko Jakšić³, 大島 武²

(1. 群馬大理工, 2. 原子力機構, 3. RBI, 4. CEA- LIST)

Wataru Kada¹, Tomihiro Kamiya², Veljko Grilj³, Natko Skukan³, Ivan Sudić³, Michal Pomorski⁴,
Takahiro Makino², Yushi Ando^{1,2}, Yuya Kambayashi^{1,2}, Shinobu Onoda², Osamu Hanaizumi¹,
Milko Jakšić³, and Takeshi Ohshima² (1. Gunma Univ., 2. JAEA, 3. RBI, 4. CEA- LIST)

E-mail: kada.wataru@gunma-u.ac.jp

【はじめに】単結晶ダイヤモンドはその優れた電気特性や放射線耐性から、次世代的な荷電粒子検出器の候補材料となる。一方で、MeV 級集束イオンビームが形成する高密度電荷により、ダイヤモンド検出器の電荷収集効率 (CCE) において過渡減少(ポーラリゼーション)効果が観察されている[1]。これに対し、検出器の一部のみを数 μm 厚以下に極薄窓化した構造[2]を有する超薄窓型単結晶ダイヤモンド荷電粒子検出器では、既存検出器と比較して優れた照射耐性やポーラリゼーション効果の抑制が確認された[3]。本検出器構造では、従来のダイヤモンドを基板とした検出器における CCE 飽和電界強度 $\pm 1\text{V}/\mu\text{m}$ を大幅に上回る電界強度を検出器内部に印加可能である。本研究では、超薄窓型単結晶ダイヤモンド荷電粒子検出器への印加電圧を制御することで、電荷収集効率やその過渡変化に現れる影響を観察し、検出器としての特性を評価した。

【実験及び結果】試料基板として、化学気層成長(CVD) 法により形成された単結晶ダイヤモンド薄膜 ($3\text{ mm} \times 3\text{ mm}$, 膜厚 $30\text{--}50\text{ }\mu\text{m}$, Element Six ltd) を利用した。本薄膜の一部に Ar/O_2 プラズマ中での反応性イオンエッチング(RIE)処理により検出器部となる超薄窓型構造($2\text{ mm} \times 2\text{ mm}$, 膜厚代表値 $6\text{--}7\text{ }\mu\text{m}$)を形成した[4]。次いでダイヤモンド薄膜両端にアルミニウム電極を形成し、超薄窓型単結晶ダイヤモンド荷電粒子検出器を形成した[2,3]。本検出器を利用し、検出器厚みより短い侵入長を有する 1.3 MeV-H ならびに 10.5 MeV-O や、 3 MeV-H や 322 MeV-Kr など検出器を透過するエネルギーを有する荷電粒子の誘起電荷を計測した。 $\pm 7\text{ V}/\mu\text{m}$ 程度のバイアス電圧印加により、殆どの荷電粒子計測条件下で問題となるポーラリゼーション効果の抑制が確認された。さらに、Fig.1 に示す 322 MeV-Kr 計測時の誘起電荷信号電圧依存性のように、 $10\text{ V}/\mu\text{m}$ 以上の極めて高いバイアス印加が可能であった。印加電界強度を $\pm 20\text{ V}/\mu\text{m}$ 以上とすると、従来の CCE 飽和曲線以降に信号強度の上昇が確認できた。部分的薄窓構造を有する本検出器構造は、既存半導体検出器で達成できない高電界強度印加条件下での電荷収集など、ダイヤモンドが元来有する優れた電気特性を最大限に引出す検出器の実現に最適であると考えられる。

【謝辞】本研究は JSPS 科研費 26249149 の助成を受け実施された。

【参考文献】

- [1] W. Kada et al., Nucl. Instr. and Meth. B, 331, 113 (2014).
- [2] V. Grilj et al., Appl. Phys. Lett., 103, 243106-1-4(2013).
- [3] 加田 渉 他, 第 75 回 応用物理学会秋季学術講演会 18p-PA6-35, 2014 年 9 月.
- [4] M. Pomorski, et al., Appl. Phys. Lett., 103, 112106(2013).

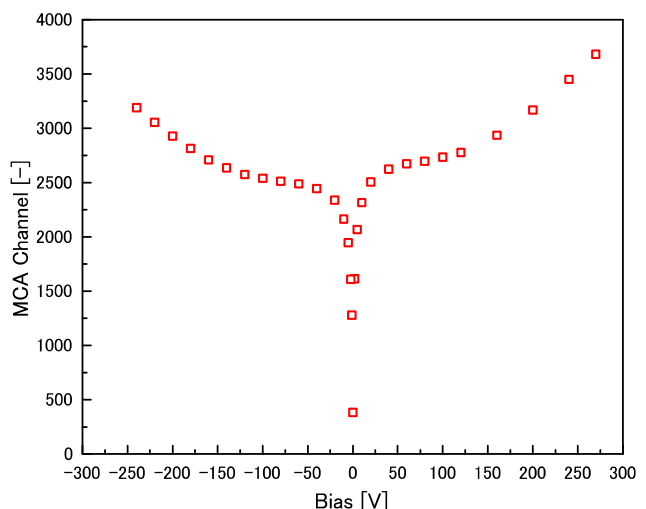


Fig.1 Bias voltage dependencies of charge signal amplitude of 322 MeV-Kr obtained by ultra-thin diamond membrane detector.