

重粒子がん治療場の線エネルギー付与分布測定を目的とした 薄膜型ダイヤモンド検出器の開発

Development of a diamond membrane detector

dedicated to linear energy deposition distribution measurement

in the clinical carbon beam therapy field

¹群馬大理工, ²量研, ³群馬大重粒子

(M1) 松本 卓己¹, 新井 優大^{*1,2}, 清水 省后¹, 窪寺 敬¹, 青木 勝海², 武井 秀行²,
牧野 高紘², 米内 俊祐², 大島 武², 酒井 真理³, 松村 彰彦³, 加田 渉¹

Gunma Univ.¹, QST², GHMC³

T. Matsumoto¹, Y. Arai^{1,2}, S. Shimizu¹, K. Kubodera¹, K. Aoki², H. Takei²,
T. Makino², S. Yonai², T. Ohshima², M. Sakai³, A. Matsumura³, and W. Kada¹

【研究背景と目的】

マルチイオン照射技術[1]など、線エネルギー付与の異なる複数の粒子線の併用により、重粒子線がん治療技術の高度化が検討されている。しかしながら、従来の線量評価技術ではエネルギー弁別型の計測が困難であるため、新たな線量計測技術開発の需要が高まっている。これまでに、Si-SOI 半導体を用いたエネルギー弁別型線量計が検討されている[2]が、生体等価性や放射線耐性に課題が残る。これに対し、ワイドバンドギャップ半導体である SiC やダイヤモンドは放射線耐性に優れるため、多様な放射線影響が想定される重粒子線場において有効であると考えられる。ここまで我々は、SiC を用いて、炭素線ブラッグピーク各所での線エネルギー付与(Linear Energy Transfer: LET)分布や、LET から推定される生物学的効果比(Relative Biological Effectiveness: RBE)の推定手法を提案してきた [3,4]。半導体であるダイヤモンドは、SiC に比して阻止能比率においてより生体応答に近く、薄膜化することで放射線耐性も向上が期待できる。本研究では、まず、薄膜型 CVD ダイヤモンド検出器を開発し、炭素線場での基本的な応答を評価した。

【実験手法と結果】

化学気層成長法(Chemical Vapor Deposition: CVD)により成膜された高純度半導体(High purity semi-intrinsic: HPSI)のダイヤモンド(層厚約 50 μm)上の両面に電極を形成し 250 μm x 50 μm の検出領域を形成し、エネルギー弁別型の検出器とした(Figure 1)。本薄膜型ダイヤモンド検出器について、群馬大学重粒子医学研究センターにおいて、290 MeV/u 単一エネルギーの炭素線を照射した。水厚が可変な水槽を検出器から見て粒子線出力側に配置することで、治療用炭素線のブラッグピーク各位置に相当する水深さでの LET 分布が取得可能とした。Figure 2 に深さの異なる線エネルギー分布の例を示す。測定結果より、本研究において開発された薄膜型 CVD ダイヤモンド検出器は、従来の Si-SOI や SiC 検出器と同様に炭素線場での線量計測が可能であることを確認した。

【謝辞】

本研究の一部は、科研費(JP18K11916, JP22H03013)の助成を受けて実施された。本研究は GHMC の共同利用の一環として行われた。

【参考文献】

- [1] T. Inaniwa et al., *Phys. Med. Biol.* **62** (2017) p.5180.
[2] A. Rosenfeld, *Nucl. Instr. Meth.* **809**(2016), pp.156-170.
[3] W. Kada et al., *J. Phys.: Conf. Ser.* **1662** (2020) p. 012015.
[4] 山口 阜平 他, 第 82 回応用物理学会秋季学術講演会, [12p-N221-1], 2021 年 9 月 12 日, online.

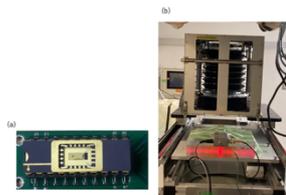


Figure 1 (a) チップキャリア上の薄膜型 CVD ダイヤモンド検出器と (b)炭素線がん治療場での照射の様子。

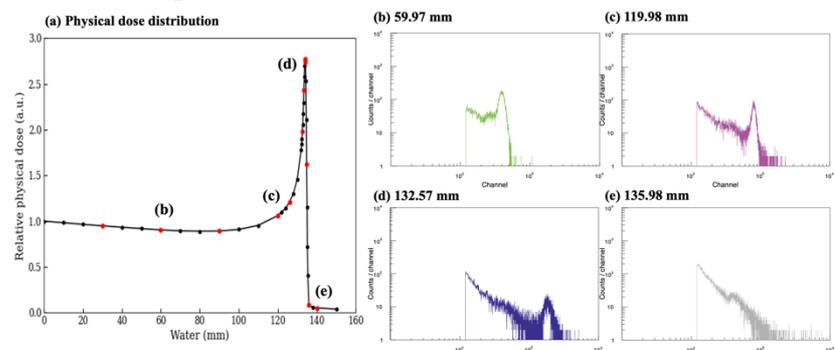


Figure 2 薄膜型 CVD ダイヤモンド検出器による異なる深さでの 290 MeV/u 単一エネルギー炭素線の LET 分布測定 (a)物理線量分布, (b)-(d) 代表点での LET 分布測定例