

重粒子線がん治療場での線量評価を目的とした SiC 半導体検出器の開発

Development of Silicon-carbide based radiation detector for the dosimetry at carbon therapy facility

群馬大¹, 量研², 群馬大重粒子³ ○加田 渉¹, 大木 佑哉^{1,2}, 大崎 晃平³,
山崎 雄一², 牧野 高紘², 大島 武², 松村 彰彦³, 酒井 真理³, 花泉 修⁴

Gunma Univ. ¹, QST², GHMC³ °W. Kada¹, Y. Ohki^{1,2}, K. Osaki³, Y. Yamazaki², T. Makino²,
T. Ohshima², A. Matsumura³, M. Sakai³, O. Hanaizumi¹

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

【はじめに】 マルチイオン照射または量子メス技術を含む荷電粒子放射線がん治療法が進歩するにつれて、広範囲の線エネルギー付与 (LET) をカバーでき、かつ空間的に限られた領域ごとの線量を評価する手法の開発は喫緊の課題となってきた。高いエネルギー分解能を備える Si 半導体検出器を用いた粒子線場向け検出器に関する研究開発が進んでいる^[1]。しかしながら、その放射線耐性は限られており、低エネルギー領域の炭素や陽子に対する人体等価性に非線形性が生じる点が問題である。より放射線耐性の高いワイドバンドギャップ半導体を基板とした検出器・計測体系が実現できれば、本課題を克服した線量評価が可能となる。

【実験】 本研究では、放射線耐性に優れた半導体検出器基板材料である SiC^[2]に着目し、4H SiC-Schottky Barrier diode ベースの荷電粒子検出器を開発し、臨床用炭素線の LET 分布の測定に供した。電力産業中央研究所 (CRIEPI)^[3]において異なる厚み 25, 69, 170 μm の n 型エピタキシャル層を 4H SiC 基板上に成長させ、両端に Ni 電極を形成することで荷電粒子検出器を製作した。印加電圧 100V における漏れ電流 10 nA 未満の検出器素子について、単一エネルギー 290 MeV/u の炭素線を照射した。パイルアップを避けるために、ビーム強度を約 5.0×10^6 particles/sec 以下に減少させた走査型ビームを検出器に照射した。炭素線のブラッグピークの各位置に対応する箇所での異なる LET の計測を可能とするため、検出器の上流に水槽を設置し、LET 分布を任意の深さで測定可能とした。4H SiC 荷電粒子検出器からの信号は、電荷増幅器、線形増幅器を経て多重波高分析装置 (MCA) に入力した。

【結果】 既存電離箱型線量計によりブラッグピークの位置を評価した上で、プラトー領域からブラッグピーク位置へと検出器が移動するように水槽深さを調整した。各水深において炭素線ならびにフラグメントに対応する複数ピークを有するスペクトルが確認された。LET 分布は、プラトー領域からブラッグピーク領域に向かうにつれて(A→E)、高LET側にシフトすることが確認された。これらの結果から、走査型炭素線の照射により、LET 分布の測定が可能であることが確認された。今後、拡大ブラッグピークの測定や、核種の異なる荷電粒子線の併用により、さらなる検出器応答評価を行う予定である。

【謝辞】

研究遂行にあたり SiC 試料供給をいただいた電力産業中央研究所 星乃 紀博 博士、土田 秀一博士、計測回路供給をいただいた豪州ウーロンゴン大学 A. Rozenfeld 教授に深く感謝申し上げます。本研究は GHMC の共同利用の一環として行われた。また本研究の一部は科学研究費 (JP18K11916) の補助を受けて実施された。

Reference:

- [1] A.B. Rozenfeld et al., IEEE Trans. Nucl. Sci., **47**, pp. 1386-1394 (2000).
[2] N. Iwamoto, et al., IEEE Trans. Nucl. Sci., **58**, pp. 3328-3332 (2011).
[3] M. Ito, et al., Appl. Phys. Express., **1**, pp. 015001-1-3 (2008).

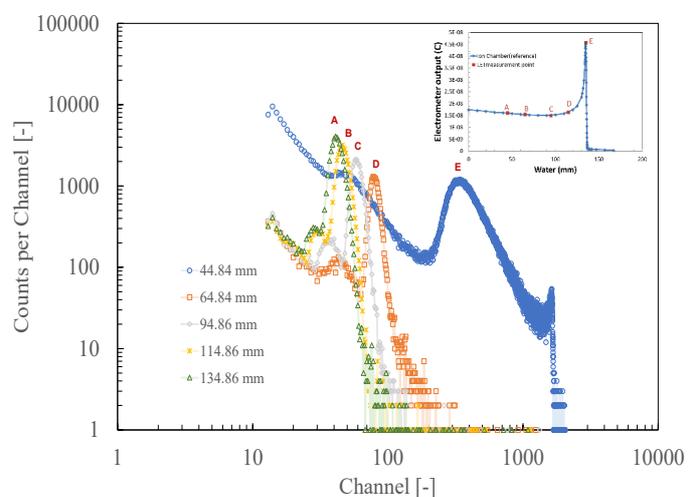


Fig. 1 Comparison of LET spectra of 290 MeV/u carbon beam measured by 4H SiC Schottky diode detector obtained at different water thickness.