

超伝導転移端センサによる治療用炭素重粒子カロリメトリ

Calorimetry of carbon ion beam for treatment using a transition edge sensor

東京大¹, 放医研², 理研³, ○(M1)スミスライアン¹, 大野雅史¹, 高橋浩之¹, 三津谷有貴¹,

(D)三浦義隆¹, (D)中田直樹¹, 松藤成弘², 坂間誠², 池田時浩³

Univ. of Tokyo¹, NIRS², Riken³, °Ryan Smith¹, Masashi Ohno¹, Tadayuki Takahashi¹,

Yuki Mitsuya¹, Yoshitaka Miura¹, Naoki Nakada¹, Naruhiro Matsufuji², Makoto Sakama²,

Tokihiro Ikeda³

E-mail: ryan-yusuke-smith075@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

超伝導転移端センサ(Transition Edge Sensor: TES)は極低温マイクロカロリメータの一種であり,これを重粒子線カロリメトリに適用すれば,重粒子ビームの個々のイオンのエネルギーを精密に検出する究極の線量計測手法が確立できるものと考えられる.そこで, TES を用いた治療用重粒子線ビームの個々の粒子の持つエネルギーのカロリメトリックな検出を行い,既存電離箱での線量測定精度を大きく超えるマイクロドジメトリの実現を目指す.

超伝導薄膜温度センサはイリジウムと金の近接二重層薄膜を用い,窒化シリコンの薄膜の上に積膜,パターニングされ,その上にスズの重粒子吸収体が搭載固定されている. Fig1. に照射実験の体系図を示す. アルミニウムの減衰器を通過した治療用炭素重粒子線がタングステンカロリメータによって直径を狭められ, TES の超伝導薄膜に当たることなく重粒子吸収体に入射する.

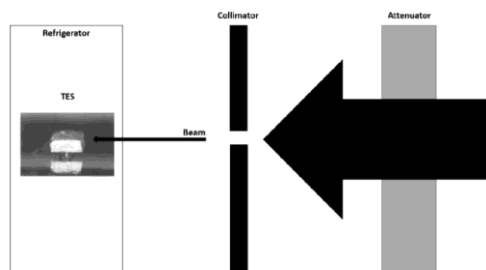


Fig1. Abstract of the experiment

検出素子と SQUID アレイ増幅器は 97mK まで冷却される. 千葉県稲毛市の放射線医学総合研究所にある重粒子加速器 HIMAC にて,治療用炭素重粒子線の照射実験を行った.

減衰器の厚さ調節により入射ビームのエネルギーがブラッグピークに近づくほど飽和時間が増大しており,これは TES 検出器における重粒子線の吸収線量を正確に反映していることが明らかとなった. また,減衰器の厚さが増大するほど,飽和時間のピークの広がりも増大することが確認された. これは,減衰器内での重粒子とアルミニウムの相互作用のばらつきの大きさが影響しているものと考えられ,今後より詳細な解析により,重粒子と物質の相互作用における精密物理パラメータの導出把握,ち密かつ定量的な物理現象の理解をもたらすものと期待される.

治療用重粒子線の 100MeV/u の炭素イオンを, TES を用いて世界で初めて精密なカロリメトリ計測を行った. TES への炭素イオン入射による応答信号が精密に個々のイオンの持つエネルギー情報を反映していることが示された. 本結果は TES により実現される重粒子線入射エネルギー検出特性の確からしさが,重粒子ビーム線量評価を革新し,治療精度の向上に寄与する可能性を示唆している.