

クライオ標的レーザーイオン源の高電離炭素イオン供給特性 Characteristics of Highly Charged Carbon Ions from a Laser Ion Source Using a Cryogenic Target

井上湧次¹, 長谷川純¹, 神内拓真¹, 高橋一匡², 田村潤³, 高山健⁴
Yuji INOUE¹, Jun HASEGAWA¹, Takuma ZINNAI¹, Kazumasa TAKAHASI², Jun TAMURA³,
Ken TAKAYAMA⁴

¹東工大, ²長岡技科大, ³JAEA, ⁴KEK
¹Tokyo Tech, ²Nagaoka Univ., ³JAEA, ⁴KEK

現在の重粒子線治療用加速器はECRイオン源等を用いて4価の炭素イオンを生成し, 入射機で加速したのちに炭素薄膜を通過させることで6価の炭素イオンを作り出している. 重粒子線治療は高い安全性と治療効果を持っており近年需要が高まりつつあるが, 導入コストの高さが特に発展途上国への普及を妨げている. 我々はレーザーイオン源による高電離炭素イオン(C⁵⁺, C⁶⁺)ビームの供給技術を確認することで, 重粒子線治療加速器システムの小型化・低コスト化に資することを目指している.

これまでにレーザーイオン源を用いるとグラフアイト標的から直接高電離の炭素イオンを生成できることが確認されている[1]. しかしグラフアイト標的はレーザー照射により表面にダメージを受けるので, 連続長時間運転には適さなかった. 我々はグラフアイトの代わりに炭素を含む気体分子を低温下で固体に昇華させたクライオ標的を採用することで, レーザーイオン源の連続稼働時間を飛躍的に伸ばすことが可能になると考えた. その原理検証のため, 本研究では液体窒素で冷却したクライオヘッド表面に二酸化炭素ガスを昇華させたクライオ標的を生成し, パルスレーザーを照射することで炭素イオンの生成を行った. Fig. 2は生成したクライオ標的にレーザー照射位置を変えずに複数回レーザー照射を行なった際のイオン電流波形である. 1回目とそれ以降では, 信号強度や波形に大きな違いがある. これは1回目の照射でクライオ表面のCO₂固体層がプラズマ化され, 2回目

以降の照射では基盤(Cu)が蒸発していることを示している.

講演ではクライオヘッド表面への二酸化炭素ガスの凝集特性やクライオ標的の厚さと収束レンズの位置関係による生成プラズマへの影響, 繰り返し動作を行なった場合のプラズマの再現性などの計測結果について報告する.

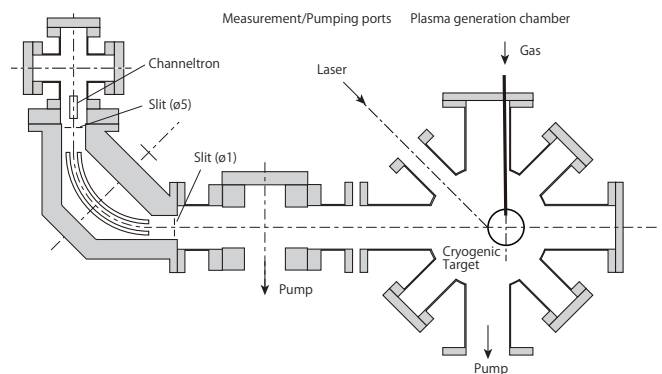


Fig. 1 : 実験配置.

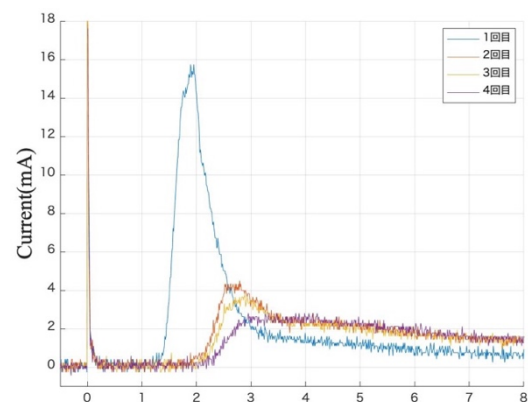


Fig. 2 : 典型的なイオン電流波形.

[1] Naoya Munemoto, *et al.*, Rev. Sci. Instrum. **85**, 02B922 (2014)