

[H27-4]

高速クラスターイオンの物質との相互作用の研究

Study on interaction of swift cluster ion with matter

千葉敦也, 山田圭介, 平野貴美, 鳴海一雅, 斎藤勇一

Atsuya Chiba, Keisuke Yamada, Yoshimi Hirano, Kazumasa Narumi, Yuichi Saitoh

National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology

Abstract

An orientation angle of the C_2 ion internuclear axis was investigated. The orientation angle distribution was shifted to smaller side when the ions passed through a gas target. The result indicates that the orientation angle of cluster ion irradiated to a target can be tuned by gas target.

Keyword: cluster ions, interaction, orientation

1. はじめに

クラスターイオンと物質との相互作用の研究を行い、その基礎的性質等を明らかにすることにより、クラスターイオンビームを用いた分析技術の高精度化や照射効果利用研究などの進展に資することを目的とする。今年度は、クラスターイオンが標的に衝突するときの配向角の制御法の候補として、ガスタargetを通過させる方法について調べた。

単原子イオンにはない特徴の一つとしてクラスターイオンは構造を持つため、標的に衝突するときの向き（配向）が相互作用を考察するときのパラメータに加わると考えられる。例えば直線状に複数個並んだ構造のクラスターイオンが標的に矢のように先頭の原子から順番に衝突する場合（配向角 0 度と定義）とそれを 90 度回転させて、横に並んで同時に衝突する場合（配向角 90 度と定義）では、標的中で解離したイオンの相互作用が異なることが期待されるが、これまでの研究ではこれをランダムと考え様々な解析を行ってきた。我々は、クラスターイオンがタンデム

加速器の荷電変換ガスを通過するときの解離断面積が進行方向に投影されるイオンのサイズに依存する可能性に着目し、ガスタargetを透過させて解離しなかったクラスターイオンの配向分布のガスの種類や有無による変化をクーロン爆発イメージング法で調べた。

2. 実験方法

今回は、
イオン種： C_2^+
ガスタarget： Ar
エネルギー：6 MeV

の条件で測定を行った。 Ar ガスタargetの場合の実験セットアップを Fig. 1 に示す[1]。差動排気させたガスタargetチェンバー中のコンパクトなガス閉じ込め領域で解離せずにピンホールスリット（ ϕ 50 μm ）を透過した C_2 イオン（6 MeV）は、薄膜中で 2 つの C イオンに解離してクーロン爆発する。薄膜を射出した 2 つの C イオンは、それぞれの電荷とクーロン爆発時の配向に応じた発散角で核間距離を広

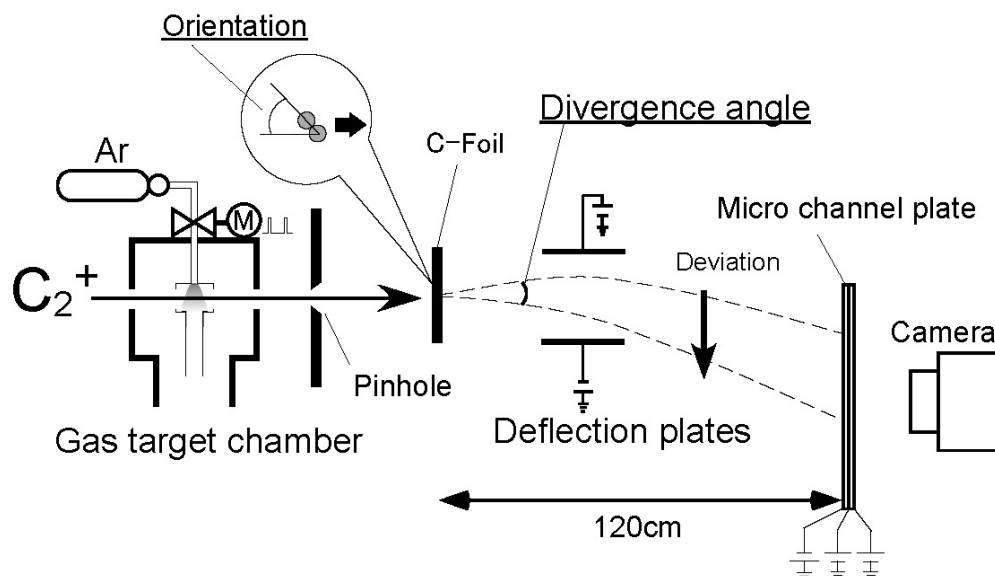


Figure 1. Experimental setup.

[H27-4]

げ、平行平板にかけられた電場により電荷分析された後、発光型の位置検出器（マイクロチャンネルプレート）に到達する。イオンの発散角に対応する発光点の空間配置を後方に設置されたカメラで観測し、画像データとして 1 イベントごとに取得する。Ar ガスターゲットの有無でそれぞれに取得した約 40 万画像から電荷の組み合わせが同じ C イオンのペアの発光点間距離を集計し、発散角分布を得る。配向角が一樣なビームの場合には発散角 0 度が配向角の 0 度に対応し、配向角 90 度は発散角分布の最大値に対応する。

3. 結果

Ar ガスターゲット通過による発散角分布の変化を Fig. 2 に示す。ガスターゲットを通過させると C₂ イオンの発散角分布が小さい方に移動した。これは、0 度方向（ビーム進行方向）に傾いたものの割合が増加したことになり、配向が進行方向に近いものほどガスとの衝突による解離が少ないという解離断面積の配向依存性（幾何学的な解釈）を支持する結果であり、ガスターゲットを通過させたことで配向性の高いビームが形成された可能性を示すものである。

ここで、ガスターゲットでの解離から生じた 2 つの C イオンの一方もしくは両方が中性の時は、クーロン爆発しないため、解離しないイオンとほぼ同一の軌道を通りピンホールを通過してしまう場合を考慮する必要がある。この場合、薄膜でのクーロン爆

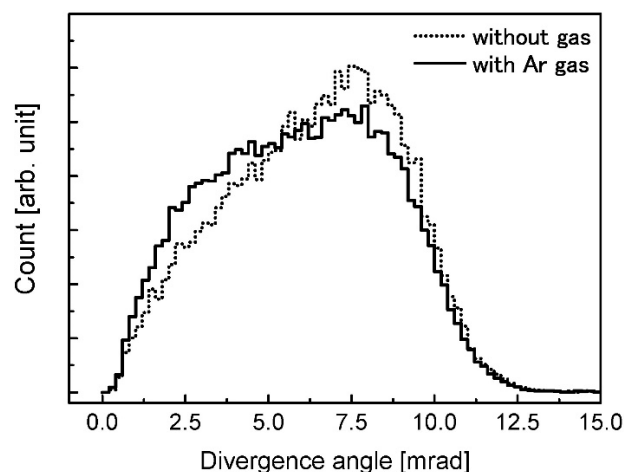


Figure 2. Divergence angle distribution of C₂ ions after passing through Ar gas target

発が生じず核間距離があまり広がることなく検出されるため、こうしたイベントが多数存在した場合は、結果的に小さい発散角のイベントの割合が増加すると思われる。別途、ガスターゲット通過後の解離イオンの価数分布を測定して、確認する予定である。

参考文献

- [1] A. Chiba, et al., Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B 269 824-828, 2011.