

高速原子イオン衝突による六フッ化硫黄の解離過程

Dissociation process of sulfur hexafluoride (SF_6) by swift atomic ions

伊藤優奈¹, 石井邦和², 小川英巳²

¹奈良女子大学 大学院 人間文化総合科学研究科 数物科学専攻

²奈良女子大学 理学部

Y. Ito¹, K. Ishii², and H. Ogawa²

¹Graduate School of Humanities and Sciences, Nara Women's University

²Department of Physics, Nara Women's University

1. はじめに

近年、高速イオン衝突による原子分子解離現象はさまざまな分野において、注目され応用されている。本研究室でも、これまで高速イオンを標的分子ガスに衝突させその解離に関する研究を行ってきた。本研究では、対称性の高い構造を持つ標的分子として六フッ化硫黄 (SF_6) に注目した。 SF_6 は、温室効果ガスとして広く知られており、半導体製造過程でのドライエッチング、断熱および遮音、優れた絶縁性能から電気機器などさまざまな技術分野で用いられている[1][2]。

今回は MeV 領域の Li^+ イオン入射における SF_6 分子の解離過程を明らかにすることを目的とした。具体的には、入射イオンの電子捕獲及び電子損失過程による SF_6 の解離パターンの比較及びそれらのエネルギー依存性について議論する。

2. 実験

本実験は、奈良女子大学に設置されている 1.7 MV タンデム型バンデグラフ型静電加速器を用いて行った。加速器から引き出された入射イオン Li^+ は 0.5 mmφ の 2 枚の Hole Slit によってコリメートされ、ガスノズルから供給されるガス分子標的と衝突し、ビームライン下流の可動式フォトダイオード (PD) で検出される。また、衝突によりイオン化した標的分子は電場で引き出され TOF ドリフト管を通り、マイクロチャンネルプレート (MCP) で検出される。MCP 及び PD の信号を同時計測することで、標的分子 SF_6 の解離片の飛行時間測定 (TOF) を行った。

3. 結果と考察

加速器から引き出された Li^+ イオンが標的 SF_6 との衝突により、電子捕獲し中性となる Li^0 及びイオン化した Li^{2+} のPD信号と、 SF_6 の解離片のMCP信号をコインシデンス測定することで、 SF_6 の解離片TOFスペクトルを得ることができた。1.0 MeV Li^+ 入射における結果を図1に示す。 Li^0 とコインシデンスしたTOFスペクトルにおいて、標的分子解離片である SF_5^+ 、 SF_4^+ 、 SF_3^+ 、 SF_2^+ 、 SF^+ 、 S^+ 、 F^+ 、 SF_4^{2+} 、 SF_3^{2+} 、 SF_2^{2+} 、 SF^{2+} 、 S^{2+} に対応するピークを確認することができた。一方、 Li^{2+} とコインシデンスしたTOFスペクトルにおいては、 S^+ 、 F^+ 、 S^{2+} 、 F^{2+} の原子イオン解離片の収量が支配的であり、 SF_5^+ 、 SF_4^+ 、 SF_3^+ 、 SF_2^+ 、 SF^+ 、 SF_4^{2+} 、 SF_3^{2+} 、 SF_2^{2+} のような分子イオン解離片のピークは Li^0 の場合と比較してほとんど見られなかった。解析ではそれぞれの解離片のピークの収量比を求め、測定された各入射エネルギーにおける標的分子のイオン化度合いを評価した。

本発表では、 Li^0 及び Li^{2+} とコインシデンスしたときの SF_6 の解離過程の違いについて議論する。また、0.5 MeV から 1.5 MeV の Li^+ 入射によるTOFスペクトルのイオンの収量比についても比較し、 SF_6 の解離過程のエネルギー依存性について議論する。

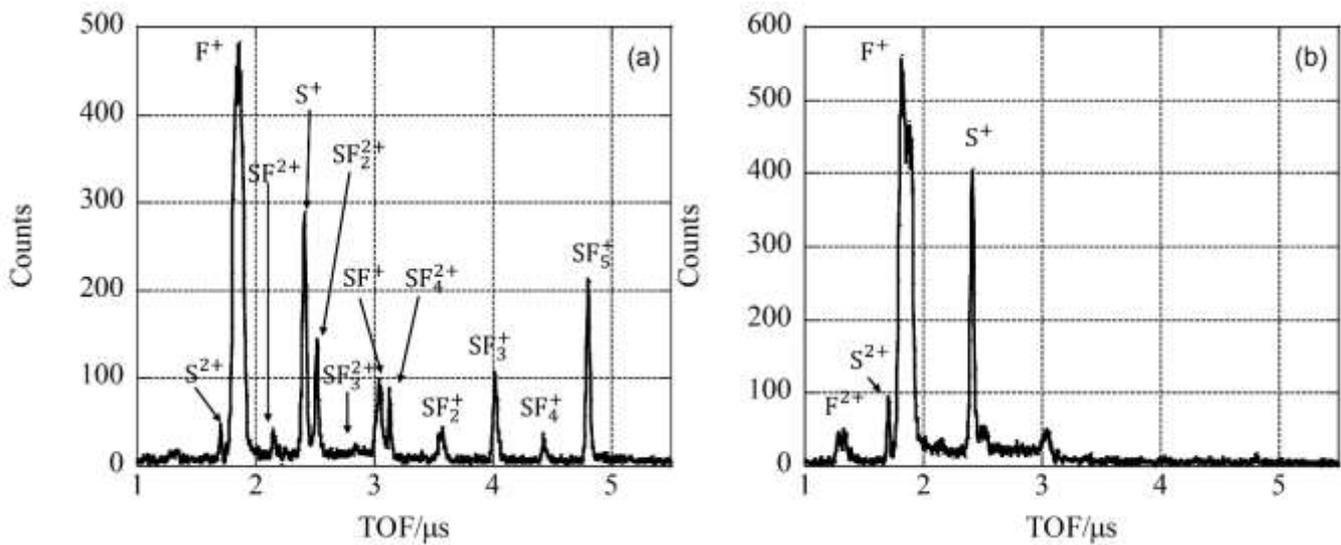


図1. 1.0 MeV Li^+ - SF_6 のTOFスペクトル
(a) Li^0 とコインシデンスしたTOFスペクトル
(b) Li^{2+} とコインシデンスしたTOFスペクトル

参考文献

- [1] Z. Zhao, J. Li, and X. Zhang, Phys. Rev. A **88**, (2013) 042708
- [2] M. Lange, O. Pfaff, U. Muller, R. Brenn, Chem. Rev. **230** (1998)117-141