

PIG 型コールドカソードイオン源の性能評価

(環境計測) 糸井 駿

1. はじめに

本研究室では、keV エネルギー分子イオンの振動基底状態における衝突解離実験を行う事を目的として静電型イオントラップの開発に取り組んできた。本研究室でトラップにイオンを入射する為に用いている Nier 型イオン源で生成できる分子イオンビームの入射電流量は数 nA である。一方目的の実験に必要な入射電流量は 30 nA 以上の keV エネルギー分子イオンであるため、その発生が可能なイオン源が現在必要とされている。

最近研究室では 30 kV の高エネルギー PIG 型コールドカソードイオン源を入手した。このイオン源で 30 nA 以上の keV エネルギー分子イオンの発生が可能になるように、イオン源の動作確認・改良と性能評価を行った。

2. PIG 型コールドカソードイオン源の原理及び概要

円筒状のアノード電極の両端にカソード電極を持ち、円筒軸方向にマグネットコイルにより十分強い磁界を加えた構造を持つ。軸方向の磁界とカソード・アノード電極によって作られる電界が適当であれば、カソード電極から放出された電子は、旋回運動をして飛程の実行長を増し、壁面に衝突することなくアノード電極内に閉じ込められる。この電子はイオン源内に導入されたガスとの衝突でそのエネルギーをほぼ使い尽くすまでプラズマ生成に利用される。この電子によって、ガス原子が電離され高密度のイオンが生成される。このイオンをカソード電極とその外部の引き出し電極との間の電位差によって引き出し、アインツェルレンズで収束することでイオンビームを生成する。

3. 動作確認およびビーム収束部の性能評価

イオン源は長く使われていなかったため、ビームラインに沿ってイオンビームを収束できるかを、蛍光塗料を塗布したガラス板を製作して確認した。その結果、アインツェルレンズにビームを収束させるための電圧をかけていくにつれて、ビームの中心はビームラインから左下方向へと外れて移動した。ビームが最も収束し、左下に移動している状態が図 1. A である。実験に用いるには中心軸へのビームの収束が必要である

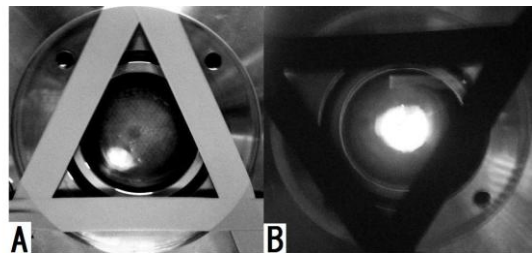


図 1. A:動作確認時 B:改良後

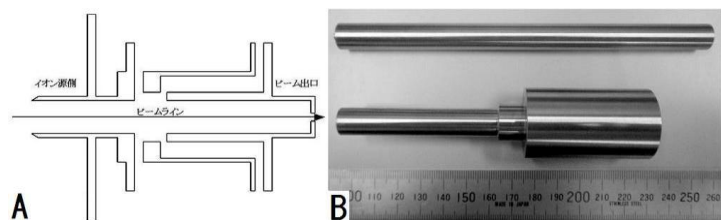


図 2. A:断面図 B:作製したステンレス製棒

ため、アインツェルレンズの改造を行った。

アインツェルレンズを解体して調べてみると、図 2. A のように異なる内径のレンズ電極が用いられているため、それらの中心軸を合わせるのが難しい構造であることがわかった。それによって中心が揃っていないためにビームが中心軸から外れて収束すると考えられた。図 2. B のような各電極の内径と公差 0.1 mm の、電極に差し込むことによって中心を揃えることの出来るステンレス製の棒を製作した。それを使ってレンズ収束部を組み立てなおした。ビームの位置を確認したところ、アインツェルレンズで収束した状態でも図 1. B のようにビームはビームラインから移動しないように改良できたことがわかった。

4. イオン源の性能評価

4.1 イオンビームの空間分布測定

ビーム径に比べて十分小さい入口径 1.5 mm のファラデーカップで、静電デフレクターにより水平方向に動かしたビームの電流値を測定することで空間分布を測定した。イオンは Ar^+ 、加速電圧 2.0 kV、レンズ電圧 1.8 kV、チェンバー真空度 5.0×10^{-4} Pa の条件で測定を行った。その結果、ビーム半値幅は 31.5 mm であった。

4.2 イオンビームのエネルギー広がり測定

アインツェルレンズの後方にホールスリットを取り付け、0.8 mm 径及び 1.5 mm 径の細い H_2^+ ビームを生成した。このビームを磁場で質量分析し、得られたスペクトルの H_2^+ のピークをデコンボリューションすることによって、イオンビームのエネルギー広がりを求めた。加速電圧 4.5 kV、収束レンズ電圧 3.2 kV、チェンバー真空度 2.68×10^{-3} Pa の条件で測定した。その結果、エネルギー広がりには 0.8 mm 及び 1.5 mm の場合も約 70 eV であった。

4.3 分子イオンビームの電流量測定

目的の H_2^+ 分子イオンビームの質量分析後の電流量を測定した。ファラデーカップの入口径はトラップ入射口と同径の 4 mm である。測定結果を図 3 に示す。 H_2^+ のピークと H^+ および H_3^+ のピークが確認できる。他のピークは残留ガスの O_2 、 CO 、 H_2O 起源のものである。

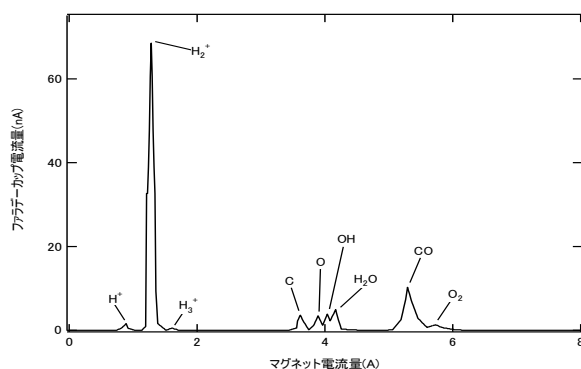


図 3. 質量分析結果

5. 考察

ビームは広がっているが、トラップの入射口の径が 4 mm だとすると 60 nA 以上の H_2^+ 分子イオンビームが入射する。これは目的の電流値である 30 nA の 2 倍である。ただし、エネルギー広がりが約 70 eV である。トラップすることの出来るイオンのエネルギー広がりには現在検討中である。その結果によっては、ビームの空間広がりを収束してトラップの入射口により多くのイオンを入射させるような収束レンズが入射口前方に必要となる。