

卒業論文要旨
高出力 Nier 型イオン源の開発

(環境計測) 清水森人

1 はじめに

当研究室では、分子イオンの解離性電離反応や解離性電子捕獲反応を調べている。解離性電離反応や解離性電子捕獲反応の反応確率は分子イオンの振動状態に依存すると考えられるため、分子イオンを振動基底状態に冷却するための静電型イオントラップの開発を当研究室は進めている。

しかし、イオントラップでトラップできるイオンの量は入射されたイオン全体の 20 % 以下であるのに対し、当研究室のイオン源からイオントラップに入射できていると見積もられるイオンビーム電流量は 1 nA にも満たない。イオントラップを用いて実験を行うには 5 nA 以上のイオンビームを入射しなければならないとされ、現在使用しているイオン源の 10 倍以上の出力を持ったイオン源が必要となった。

そこで、当研究室の Nier 型イオン源の構造を元にしながら、小型かつ高出力のイオン源を設計、製作した。

2 設計概要

図 1 に Nier 型イオン源の基本構造を示す。Nier 型イオン源は電子衝撃型イオン源の一種である。エネルギー状態の揃ったイオンを生成しやすく、小型化が容易な特徴を持つ。

Nier 型イオン源は電子ビームを生成して本体に入射する電子銃と、ガスを導入してイオンを生成するイオン源本体からなる。

2.1 電子銃

生成されるイオンの量は電子銃から出る電子ビームの電流量に比

例する。今回、電子ビームが生成されるフィラメントの全長を現在使用しているイオン源の倍の長さである 16 mm にした。さらに、それに併せて電子リペラーの電子ビーム入射口を大きくすることで、衝突領域に入射する電子ビームの大電流化をはかった。また、軌道シミュレーションソフト SIMION を用いて、電子銃から発生する電子ビームの軌道を計算し、衝突領域に 1 mm×3 mm 程度の断面積で電子ビームが収束するようにレンズ電極の形状を設計した。

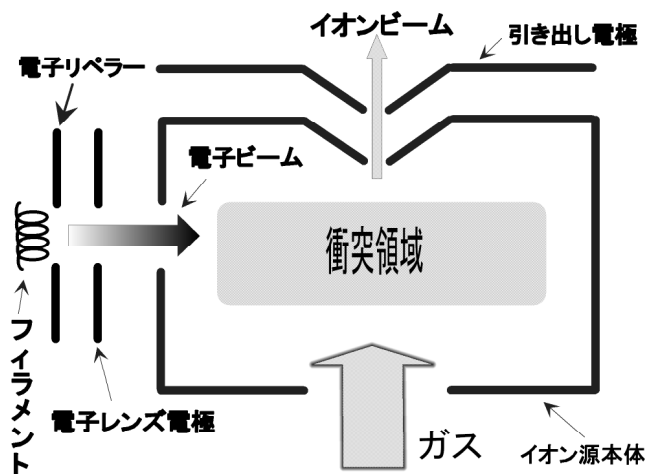


図 1 Nier 型イオン源

2.2 ガス噴射部

生成されるイオンの量は、電子ビームと衝突する領域のガス密度にも比例する。そこで、ガスを噴射するガス噴射口周辺のガス密度を計算し、ガス噴射口の径、及び配置のいくつかのパターンにおけるガス密度分布を計算した。

この計算結果から、穴が一つの場合よりもコンダクタンスが小さく、電子ビームが通る領域のガス密度分布を最も平均的にできる、直径 0.5 mm の穴を 3 mm×10 mm の領域に 1 mm 間隔で 3 列 10 行の計 30 個並べるパターンをガス噴射口の設計として採用した。

2.3 レンズ

イオン源からは発散したビームが引き出される。これをイオントラップ入り口に正確に収束させることがビーム量増大には必要である。そこで、小型化をはかるために、静電型レンズの一種であるアインツェルレンズを採用した。さらに、ビーム軸を正確にとるために、アインツェルレンズの軸とイオン源の軸を共有した設計を行った。

3 イオン源の性能評価テストおよび結果

今回製作したイオン源の写真を図 2 に示す。

3.1 ビーム電流

製作したイオン源のヘリウムイオンビーム電流量をファラデーカップを用いて測定した。その結果、フィラメント電流 3.1 A、電子加速電圧 400 V、レンズ電圧 770 V、引き出し電圧 1100 V、バックグラウンド真空度 2.0×10^{-6} Torr、動作時真空度 1.5×10^{-5} Torr において 155 nA のビーム電流を得た。これは、イオントラップを用いた実験に必要なビーム量 5 nA 以上を十分に満足している。

3.2 ビーム形状

MCP を用いて、引き出されたヘリウムイオンビームのビーム径、及び収束位置を確認した。引き出し電圧 1100 V、レンズ電圧 900 V におけるビームの断面像を撮影した写真を図 3 に示す。この結果から、ビーム径が 1 mm 程度になることを確認し、ほぼシミュレーション通りの結果が得られた。ビーム形状はほぼ正確な円形をしており、レンズ電圧によってビーム径が変化することが確認できた。

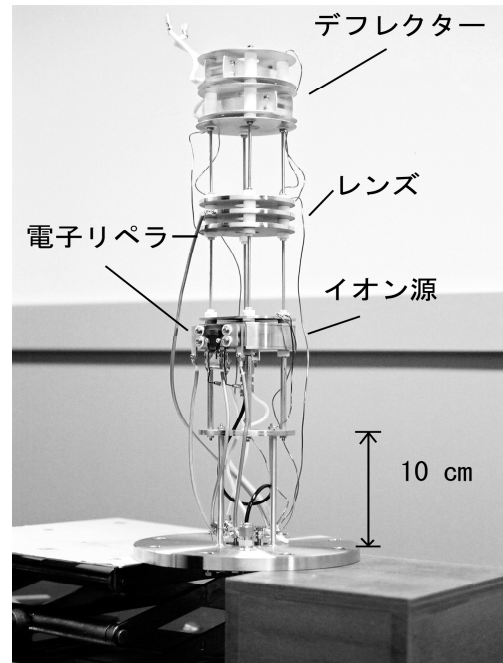


図 2 完成したイオン源

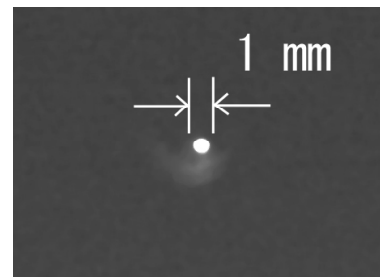


図 3 MCP でとらえたビーム断面