

Status of the ECR ion source for TRIAC

Takamitsu Nakanoya A), Makoto Matsuda A), Yoshio Fujii B)

A) Japan Atomic Energy Research Institute

2-4 Shirakata-shirane Tokai Ibaraki 319-1195 Japan

B) Nippon Advanced Technology Co.Ltd

319-45 Muramatsu Tokai Ibaraki 319-1112 Japan

Abstract

TRIAC (Tokai Radioactive Ion Accelerator Complex) facility can accelerate both radioactive and stable ion beams up to 1.1MeV/u. In this facility, an ECR ion source is used for production of stable ion beams. Stable ion beams are used mainly as a pilot beam for radioactive ion beam. ECR ion source is required to produce many kinds of ion species, not only gas state elements. So, we developed a high temperature oven for obtaining metal ion beams. This paper describes the design and detail of the oven and experimental results.

TRIACにおけるECRイオン源の現状

1. はじめに

原研タンデムでは2001年度より短寿命核ビームと安定核ビームの加速をめざし、KEKと共同で短寿命核加速実験装置：TRIAC (Tokai Radioactive Ion Accelerator Complex) の設置を進めてきた。この装置では短寿命のRIまたは安定核を1.1MeV/uまで加速することができる。2004年度に装置全体の立ち上げが完了し、法令で定められる施設検査に合格した。現在、本年度秋からのビーム共用を目指し調整中である。

安定核ビームはECRイオン源により生成され、主に短寿命核ビームを効率良く加速するためのパイロットビームとして用いられる。また、現在TRIACからの1.1MeV/uのビームを既存の超伝導ブースターでさらに加速する計画を進めている。これによりビームのエネルギーは5~7MeV/uまで増強する事ができ、ECRイオン源は大強度安定核ビーム用のイオン源として使用される

2. ECRイオン源について

ECRイオン源はミラー磁場、カスプ磁場ともに永久磁石で構成される。図1にイオン源の概略を示す。同タイプのイオン源は当タンデム加速器のターミナル部分に設置されており、主に希ガスのイオンを得るために使用されている[1]。バイアス電極には10肉厚0.5mmの銅管を使用している。RFアンプの周波数は10GHzで最大出力は200Wである。プラズマチェンバーはコンプレッサからの圧空により強制冷却されている。イオン源直下にアインツェルレンズと磁気ステアラーが配置されている。90度分析マグネットにより質量分離された後、静電ステアラーと静電Qレンズにより最適にフォーカスされ線形加速器に導かれる。

最初のビーム引き出しは N^{2+} で行われ、70 μ Aを得た。その後、他の気体元素についても試験を行い予定の性能であることを確認した。しかし、多様な短

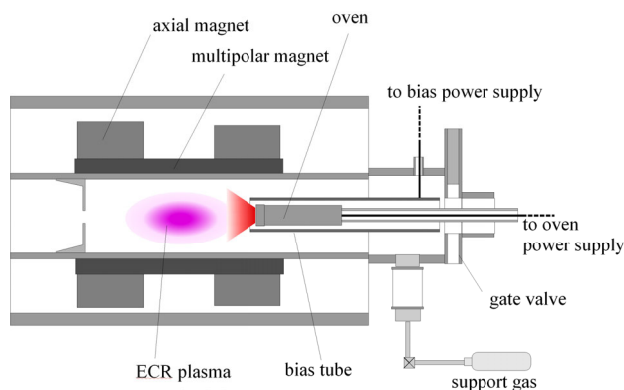


図1 ECRイオン源の断面図

寿命核の m/q に対応するため安定核ビームのイオン種を気体元素以外にも拡大する必要がある。また将来、タンデムブースターによる加速を考えると、ECRイオン源から種々の金属元素が生成できることは非常に重要である。

3. 金属オープンの開発

ECRイオン源から金属イオンを生成するにはオープン法が広く用いられている。この方法ではイオン源のプラズマチェンバー内に金属蒸気を生成するためのオープンを直接挿入する。金属イオンを生成するには 10^{-3} Pa程の金属蒸気圧が必要であるが、多くの金属においてこの蒸気圧を得るには1000以上に加熱しなければならない。従ってオープンには限られたスペースで試料の容積を確保しつつ、できるだけ熱輻射を抑えながら1000以上の高温を安定に維持できることが求められる。

図2に開発したオープンの断面図を示す。オープン本体はタンタル製であり、オープン支持ロッドはステンレス製である。オープンのジョイント部分はM4のネジが切っており、これにより両者は接続される。ロッドの中心を通るタンタル線によりヒーターに電流が供給される。ヒーターは線径が0.3

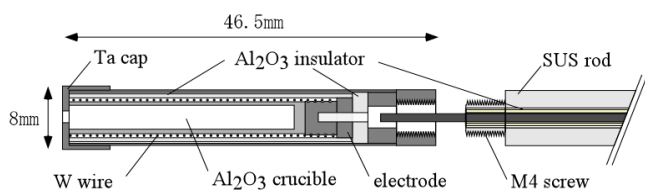


図2 オープン断面図

のタングステンをコイル状に巻いたもので先端部にてタンタル製のキャップにより留められている。坩堝はアルミナ製で容積は 0.20cm^3 である。キャップ、ヒーター及び坩堝は破損しても簡単に着脱、交換することができるため、ランニングコストを押さえることができる。実際の使用では図1に示すようにロードロック室で予備排気された後、バイアスチューブ内を通してプラズマチャンバー内に導入される。

このオープンを実験室に模したダミーチャンバーで昇温テストを行った。その結果を図3に示す。50Wで約1650℃まで加熱することができた。また、オープンからの放射の影響を調べるためにプラズマチャンバーの外壁の温度も同時に測定した。この時のチャンバー壁の温度はオープン直近の最も高いところでも50℃であった。これは熱シールドとヒートシンクを兼ねた銅製のバイアスチューブが効果的に機能したとためと思われる。実際の運転環境ではイオン源は強制空冷されるため永久磁石への影響は無いと考えられる。

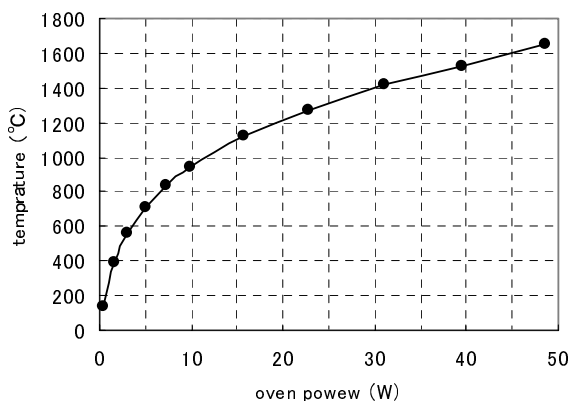


図3 オープンの性能曲線

4. ビーム生成試験

このオープンを用いて金属イオンの生成を試みた。これまでに得られた主な結果を図4に示す。試料は全てナチュラルな金属線または粉末である。引き出し電圧は20 kV、RFパワーは約20Wである。MnやMgなどの融点よりも低い温度で十分な蒸気圧を持つ金属はビーム強度も強く安定性が高かった。また、Au、Fe等の融点付近で 10^{-3}Pa の蒸気圧を示す金属も

ビーム量は安定しており、オープン温度に比例してビーム量を増やすことができた。しかし、SnやAlなど金属はビーム量を増やそうとすると突然不安定になることが見受けられた。これは必要な蒸気圧に達する温度が融点に比べて著しく高いため、加熱の途中で試料が溶けてキャップの小孔から外に流れ出すことが原因であった。さらに時にはキャップの隙間からオープン本体に入り込みタングステンヒーターがショートしてしまうこともあった。

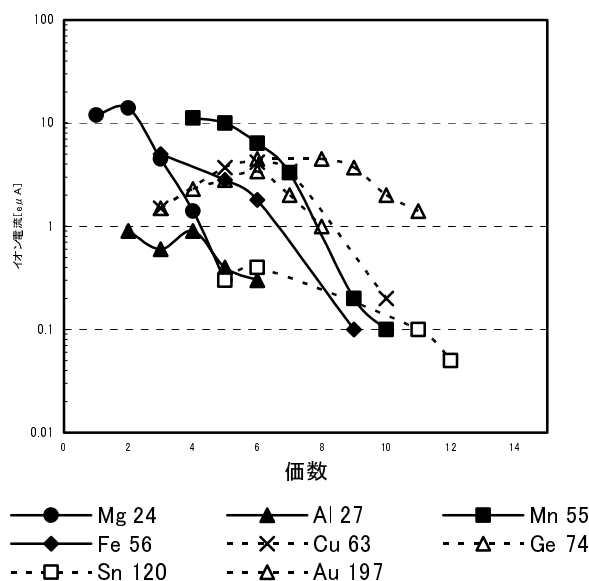


図4 生成した金属イオンの価数対電流比

5. 今後の展開

これまでに16種類の金属元素の引き出しに成功した。今後は需要が見込まれる核種について長時間の連続運転を行い実験に供給するための基礎データを取得する。

参考文献

[1] M.Matsuda, C.Kobayashi, and S.Takeuchi "Proc.of 14th Int. Workshop on ECR ion sources"

