

CHARACTERISTICS OF A COMPACT ECR ION SOURCE

E.Tojyo and T.Hattori*

Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

*Tokyo Institute of Technology

ABSTRACT

A Compact ECR ion source is operated for the proton acceleration test of a model of split coaxial RFQ. The extracted H^+ ion current intensity is about $100 \mu A$ at 2.0 kV under the conditions of 300 W of microwave power and 0.5 cc/min of H_2 flow rate. This ion source works in pulsed operation, so the total power required is the order of 250 W.

小型ECRイオン源の動作特性

(1) まえがき

電子サイクロトロン共鳴 (ECR) を利用したイオン源は、他の型のイオン源に比べてその動作の再現性の良さ、エミッタンス・エネルギー分散特性の良さ、長寿命、多価イオン生成に適する等の理由で、近年益々汎用化されている。

このうち、加速器の連続運転に供される ECR イオン源は通常、10 GHz 前後の周波数で作られるため、ECR 磁界も 3.57 kG 前後と相応して高くなり、全所要電力が 100 kW 程度に達し、装置もかなり大型化を免れない。そこでこのような目的で作られる場合とは別に、主として加速器のモデルテストに用いるもので、ビーム電流が $100 \mu A$ 以下ですむ場合に、ECR イオン源を製作するとすればイオン生成に必要なプラズマ密度は相対的に低くてすみ、マイクロ波の周波数を 3 GHz 前後まで引き下げ、もっとコンパクトな型のイオン源を製作する事ができる。筆者等はこのような目的で、昨年当研究会で 2.86 GHz で動作する、小型の H^+ イオン源の製作について報告した。その後一年間に更にビーム引き出し特性等の改善を行い、加速テストに供することができたので、以下に報告する。

(2) 主な改良点

昨年の製作当初は引き出し電圧 2 kV で H^+ ビームを数 μA 得る程度に留まっていたが、現在は $100 \mu A$ まで可能になった。装置の構成は製作当初と基本的には変わっていない (単一磁石型、周辺装置も同じ) が、次の諸点に留意して特性の改善を図った。

a) 軸方向磁界分布の適正化: プラズマの生成効率とイオンの引き出し効率を良くするには、永久磁石の作る磁界分布の適正化が必要である。この調整を簡単に行うため、主に磁石の位置、リターンヨークと磁石間のスペーサーとで最適化した。また引き出し電極を位置と寸法と形状の同じ、SUS と鉄とで比較してみた (Fig. 1)。

b) ビームスリットの口径と厚みの適正化: ビーム取り出し用スリット (単孔) の口径を 1.5 - 3.0 mm の間で数種類用意し、厚みについても 2 mm と 3 mm について比較できるようにした。また比較を容易にするため、スリットの引き出し電極側の開き角はほぼ一定にとどめた。

c) 引き出し電極下流側の真空度の改善: この領域の真空度が悪いと、加速空洞の高真空領域との間に差動排気用の細孔部などが必要となるので、これを避けるためにも、注入ガス流量が 0.5 cc/min 以下で済むよう動作点を選び、真空排気系の速度は増やさず 500 l/sec ですませた。

(3) 動作特性

Fig. 3に放電室に供給したRF電力の反射電力レベルと H^+ イオンビームのパルス波形を示した。全幅にわたって平坦なビームが得られている。この測定例では、ECR放電の定常状態に於て反射電力は殆ど無くなり、効率よくプラズマに入射電力が吸収されている。しかしプラズマ密度とイオン引き出し条件の整合が悪い時には入射波の10%近い定在波レベルができる場合もある。なおRF出力は最大300W程度であるが、DCカットとサーキュレーターの損失のために放電室への実際の入力はその70%程度となる。

Fig. 4は鉄の引き出し電極を用いて、RF入力を変えた場合の H^+ イオンの生成量を3種類のスリット径についてプロットしたもので、取り出し面積にほぼ比例してイオン電流が得られている。但しスリット径をあまり大きくするとビームの波形・安定度共に悪くなる。エミッタンスも相応して大きくなるからこの装置を加速テストに供するにはスリット径をこれ以上大きくとる事は不適当と見なされる。なお、引き出し電極側に浸み出した磁界がある時(SUSの電極)の最大取り出し電流はRF入力300Wの時に $10\mu A$ 程度であった。

Fig. 5は引き出し電極が鉄の場合の、引き出し電圧と H^+ 、 H_2^+ イオンビームの測定例で、引き出し電極がSUSの場合に比べてどの電圧でも数倍以上大きな値が得られた。またイオンの生成に必要なガス流量も、前者は 0.5 c c / m i n 以下で十分であるが後者は 10 c c / m i n 程度必要で、効率は悪い。引き出し側の真空度も前者のほうが数倍以上良い。ビームスリット径の選択に関しては、厚みも併せて考慮する事が重要であり、口径と同程度の厚みを与えることにより、放電室内とビーム取り出し側の真空圧力の適正差動化を図った。スリット口径とその厚みとはほぼ比例的に変えて最適化を図ることが望ましいが、このグラフでは厚みを3mmに固定した場合を扱っている。

なお、装置の始動からビームの取り出しまでに要する時間は、5-10分と比較的短く、殆ど真空排気系の立ち上がり時間そのものである。

(4) あとがき

以上のように、コンパクトなECRイオン源を作る事により、 2 k e V 、 $70-100\mu A$ 程度の H^+ ビームが容易に安定に得られ、当初の加速テスト用の製作目的は果たされた。今後の課題としては、このイオン源を更に広い用途に供しうる事を目標として、ミラー型磁界を用いた(Fig. 6)イオンビーム生成量・生成効率の増加、引き出し電圧を 10 k V くらいまで上げた時のビームの増え方、アルゴン・窒素等のガスを用いた中重イオンの生成、エミッタンス測定等を行う事により、このイオン源の特性をもっと系統的に把握し改善を図る事である。この種の小型イオン源には大型のものとは違った、独自の用途と役割があると言えよう。

本装置の製作は分割同軸型RFQ加速構造の研究開発グループの作業の一環として進められてきた。部品の製作に関しては核研工作室の各位に多大なご協力を戴いたことに感謝する。また真空排気システムについては加速器研究部より配慮を戴いている事に感謝する。

(1987. 7. 25)

Ref. 1) J. Ishikawa, Y. Takeiri and T. Takagi : Rev. Sci. Instrum. 55(4)
449 (1984)

2) E. Tojyo, T. Hattori, S. Arai, T. Fujino and T. Fukushima : Proc. of
11th Meeting on Linear Accelerators ; KEK Report 86-4, p.35(1986)

3) Y. Yoshida, H. Tsuji, J. Ishikawa and T. Takagi : Proc. 10th of
Symp. on ISIA T '86 ; 111(1986)

4) E. Tojyo : INS-T-469; p.45(1987)

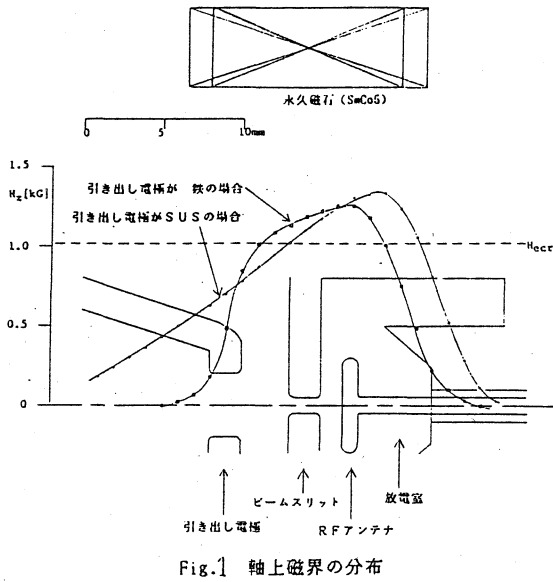


Fig.1 軸上磁界の分布

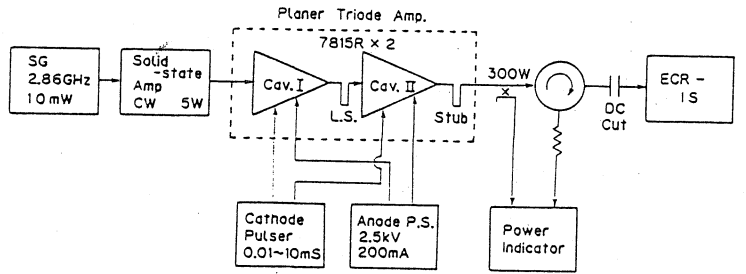


Fig.2 RFシステム

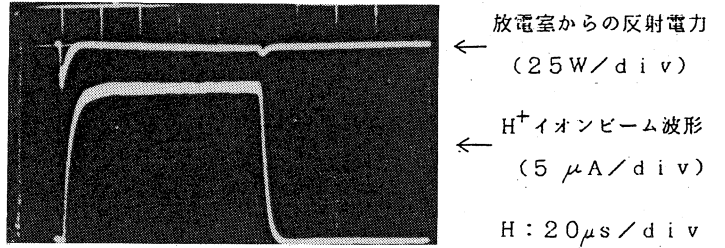


Fig.3 RF反射電力と取り出しビームの波形

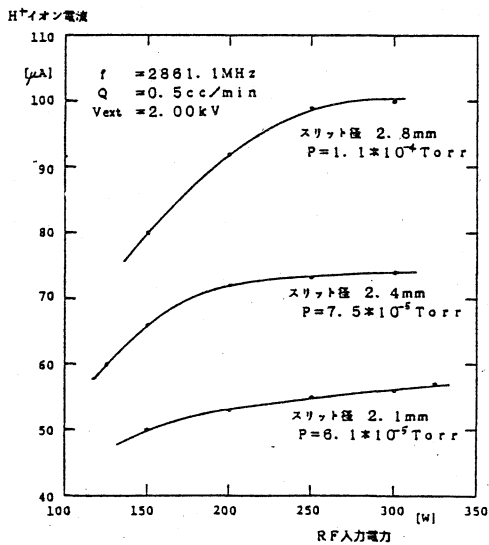


Fig.4 RF入力電力と取り出しビーム電流

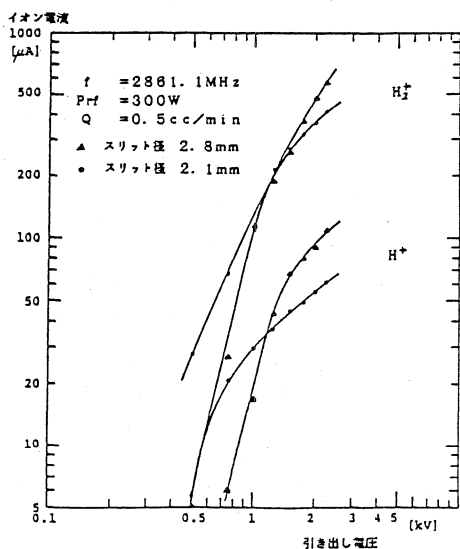


Fig.5 引き出し電圧とイオン電流の測定例

No	名称	材質	備考
①	RF導入フランジ	SUS	
②	上側リターンヨーク	SS41	
③	放電チャンバ	SUS	
④	ビーム取出しスリット	SUS	孔径φ 1.0/1.3/1.5/1.7
⑤	ミラー磁界調整用スペーサー	Bs	軸長 5/10/12/15/18
⑥	フィードスルー絶縁物	BN	(ボロンナイトライド)

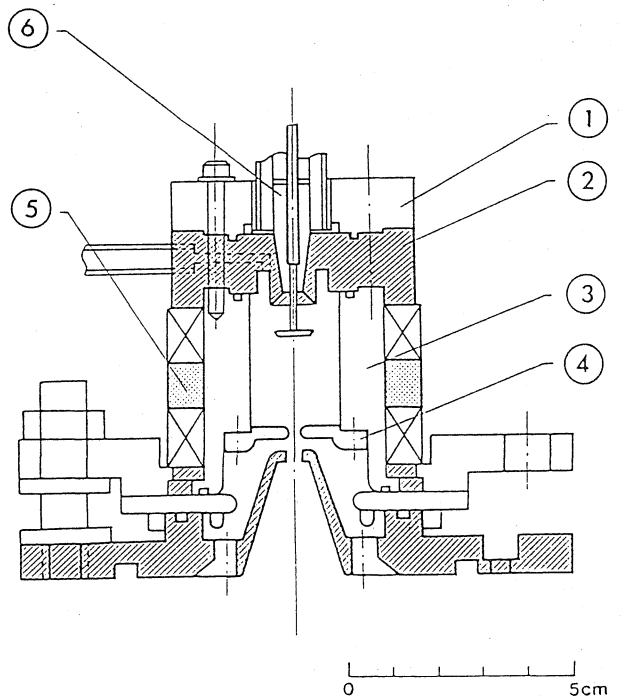


Fig.6 ミラー磁界型イオン源の構成