

A COMPACT 2.86GHz ECR ION SOURCE

E.Tojyo, T.Hattori*, S.Arai, T.Fujino, and T.Fukushima
Institute for Nuclear Study, University of Tokyo,
Tanashi-shi, Tokyo 188, Japan

*Tokyo Institute of Technology,
Ohokayama, Meguroku, Tokyo 152, Japan

ABSTRACT

A Compact microwave ion source has been manufactured for the proton acceleration test of a model of Uranium RFQ. In the ion source, the plasma is generated by the electron cyclotron resonance (ECR) under the conditions of microwave frequency of 2.86 GHz and magnetic field of 1020 Gauss. The ion source is generated with the pulsed microwave power and the stable H pulse beam is obtained in the range of vacuum from $7.0 \cdot 10^{-5}$ to $1.3 \cdot 10^{-4}$ Torr.

1) まえがき

核研では1984年以来、ウラン等の重イオンの加速に適する分割同軸型RFQ空洞の開発を進めてきたが、本年度には H^+ イオンを用いて加速テストを予定している。この加速に必要なイオン源をECR方式でコンパクトに製作し、実験に供するため準備を進めてきたが、最近 H^+ イオンビームをパルスで安定に取り出せるようになったので、現在までの成果を報告する。

2) 製作方針と設計パラメーター

通常、ECRイオン源はプラズマの閉じ込め用ミラー磁界と安定化のための多重極磁界を重畳して作られる場合が多いが、こうすると装置本体の大きさは軸方向にも径方向にも大きくなりがちである。また用いるマイクロ波も、S-Bandの場合は2.45GHzでマグネトロンを自動振で用いる事から、安定性に問題がおこりやすい。我々は加速構造のモデルテストに用いるという目的から、軽便さと経済性を意図して、次のような方針で製作することにした。

- a) 小型で取り扱いの容易な構造にすること。
- b) パルス動作による使用電力の低減化。
- c) 安定性の良いビームをつくる。

このうちa)に関しては、既に京大工学部でミラー磁界と多重極磁界を併用せずに、1個のコアだけを用いたコンパクトなECRイオン源が開発され、成果を収めているので¹⁾、その電極形状を踏襲した。b)、c)にかんしてはこれまでの核研ESの入射用ライナックにおける、マイクロ波システムの設計製作で得た経験を生かし、板極管増幅器でパルス動作させることにした。 H^+ ビームの生成に必要なマイクロ波のパルス幅は1msec以下でよいことが外国での先例から判っているが、余裕を持たせて最大10msecまで可変にした。またマイクロ波の周波数に関しては、電子ライナックの運用周波数に準拠して手持ちの部品を有効に使うため、2.86GHzと設定した。Tab. 1に主な設計パラメーターを示した。

3) 装置の構成

イオン源本体の構造に関しては京大工学部の成果に依拠したが、我々の場合はパルス動作であることから、冷却構造の部分は省略した(Fig. 1)。また永久磁石の磁界も2.86GHzに相応して強くした。中心軸上の磁界を測定した結果をFig. 2に示した。

放電室内の各所の磁界は、この軸上の値とは一般に異なっているから、ECRに必要な磁界(1020G)は軸上の2点以外にも分布していることを見越し、ひとまずこの分布状態で動作させることにした。

生成したイオンは引き出し電極にかけた2kVの電位差で取り出され、Einzellレンズを通したのち、 20° 偏向させることにより、 H_2^+ 、 H_3^+ などのイオンを除くようにしてある。

RFシステムは最終段に板極管(7815R)を2個用いて、約2kVで200Wを出せるようにした。前段に用いた固体増幅器の帯域幅が狭いため、周波数は 2858 ± 3 MHzの範囲に設定している。パルス幅及び繰り返し周波数は、カソードパルサーで簡単に換えることができる。なお、パルス幅を0.1msec以下に狭めれば300W以上出すことができる(Fig. 3)。

4) 動作特性例と今後の課題

Fig. 4にECRイオン源本体へのマイクロ波入力と反射出力、ECR開始後の反射出力のレベル変化の様子を示した。ECR開始により、入力インピーダンスが数分の一以下に下がることがわかる。Fig. 5は同じ入力条件でECR放電が定常化した場合の反射波レベルと、 H^+ イオンビームの波形をしめす。1パルス内、パルス毎いずれについても、極めて安定なビームが得られた。

Fig. 6は H^+ ビーム電流について、マイクロ波入力、引き出し電圧との関係をそれぞれプロットしたものであるが、まだ最適化が不十分なため $1\mu A$ に達していない。 H^+ ビームに対して H_2^+ 、 H_3^+ ビームはいずれも同じ引き出し電圧で2-5倍以上多く、従って H^+ ビーム部分を如何にもっと多く(10倍以上)出せるかが今後の課題である。そのためには、

- アンテナ部分の改良による、マイクロ波電力放出の効率化、²⁾
- 磁界分布の最適化によるプラズマ生成効率の向上、
- マイクロ波入力レベル自体の増加

等が必要だと考えられる。これらは今後の課題である。

5) あとがき

このようにして、出力ビーム電流値はまだ低いが一応当初の製作目的に叶う動作特性が得られた。本イオン源の製作にあたり京大工学部の先例に依拠させていただいたことを感謝する。また核研の上田 望氏からは貴重な助言を戴いたことに感謝する。更に本イオン源の大半の部品の製作を担当した核研工作室員各位と、真空排気系に関し配慮を戴いた溝淵 明教授、千田勝久氏に御礼申しあげる。

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

2) Y. Yoshida, H. Tsuji, J. Ishikawa and T. Takagi: Proc. 10th Symp. on ISIAT '86, 111(1986)

取り出しビーム	H^+ : 10 - 100	μA
ECR磁界	1020	Gauss
RF周波数	2858	MHz
RFパルス幅	0.01 - 10	msec
RF繰り返し周波数	100 - 10	pps
RF出力	200	W
引き出し電圧	2.0	kV
イオン弁別偏向角	20°	

Tab. 1 設計パラメーター

- ① RF導入フランジ (SUS)
- ② 上側リグ-ヨーク SS41
- ③ SUS 致電フランジ (SUS)
- ④ 出口スリット (SUS)
- ⑤ 下側リグ-ヨーク SS41
- ⑥ 永久石磁石 Sm-Co
- ⑦ 磁場コントローラ < SS41 磁石 SUS 磁石 >
- ⑧ ベースフランジ SUS
- ⑨ 絶縁スリーブ
- ⑩ 引出電極フランジ (SUS)
- ⑪ 絶縁フランジ 72-14
- ⑫ " " ハイフ
- ⑬ 電極支元 ジュラコン
- ⑭ アインツェル 高圧電極 アルミ
- ⑮ " " 7-ス アルミ
- ⑯ アインツェル 高圧フランジ (SUS)
- ⑰ " " ベースフランジ (SUS)
- ⑱ フォト・スルー絶縁物

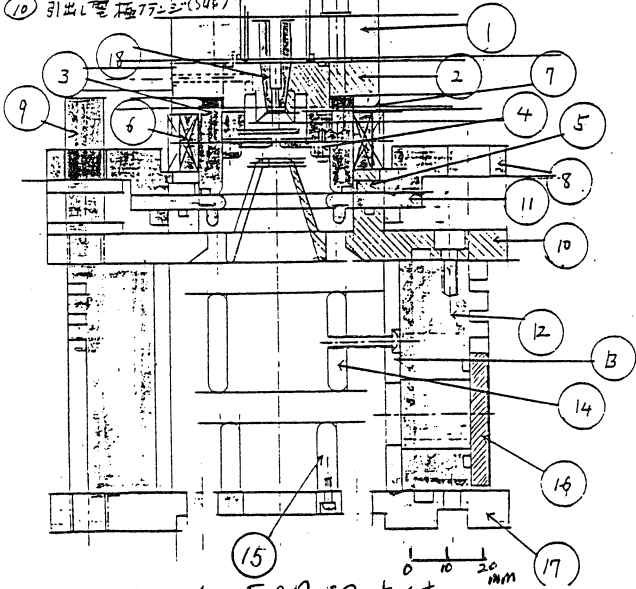


Fig. 1 ECR-1S 本体

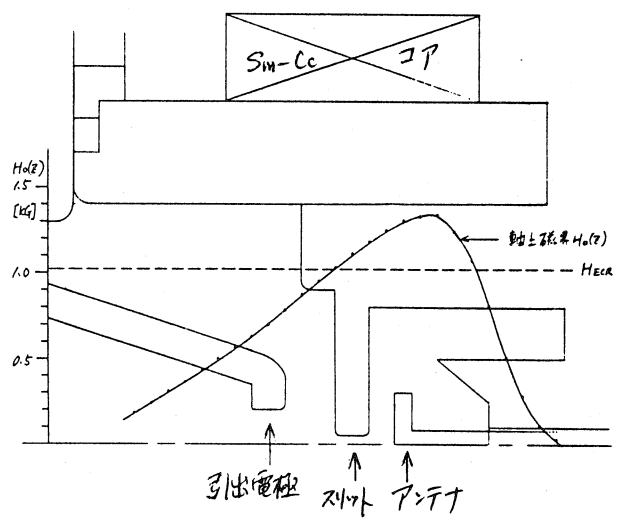
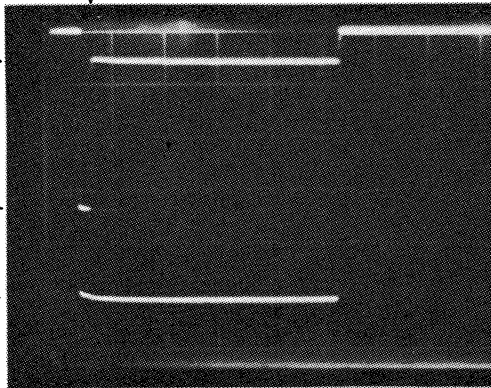


Fig. 2 軸上石磁界の分布

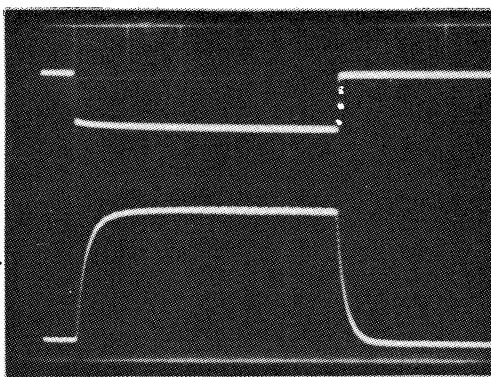
ECR開始

ECR動作時の
反射レベル →
反射レベル →
入射レベル →



H: 200 μ s/div V: 40 W/div
Vac. 7.0×10^{-5} Torr
Fig. 4 マイクロ波電力波形

反射電力
17 W/div
H⁺ビーム
0.13 μ A/div
200 μ s/div



(引出し電圧 1.0 kV, H₂流量 3.1 cc/min)
Fig. 5 H⁺ビーム波形

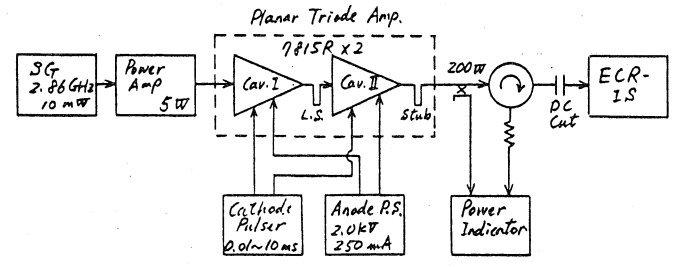


Fig. 3 マイクロ波システム

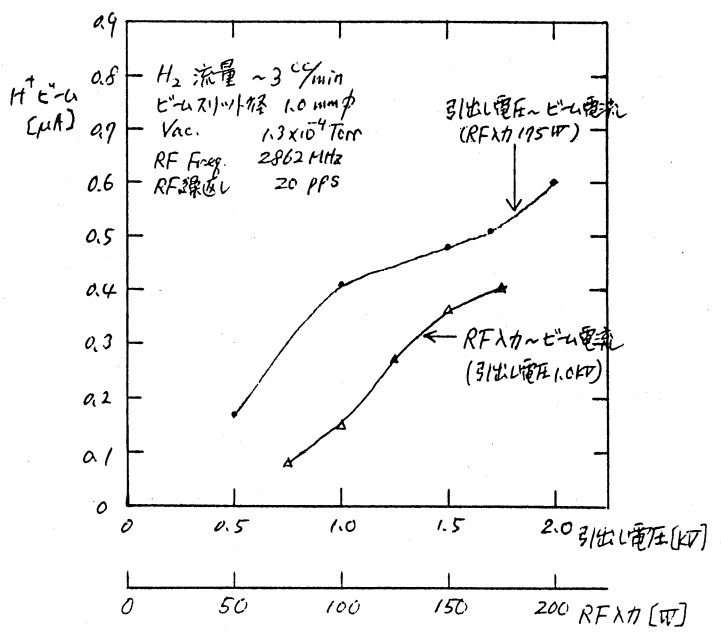


Fig. 6 H⁺ビーム測定例