

DEVELOPMENT OF A PERFECTLY CONFINED CUSP TYPE ECR ION SOURCE

E.Tojyo, Y.Ohshiro, M.Oyaizu and Y.Shirakabe

Institute for Nuclear Study, Univ. of Tokyo
3-2-1, Midori-cho, Tanashi-shi, Tokyo 188, Japan

ABSTRACT

A new compact ECR ion source with perfectly confined cusp type field has been developed. The main purpose of manufacture of this source is to extract single charge state ion beams as possible as high with relatively lower voltage (within several kilovolts). In this paper we report the characteristic feature of the magnetic configuration and obtained results of the extracted beam properties so far.

完全閉込めカスプ磁界型ECRイオン源の開発

1. まえがき

1988年から1990年にかけて、M. Delaunay と R.Gellerは棒磁石を対向させただけの、極めて簡単なカスプ型ECRイオン源について発表した。^{1), 2)} しかし彼らの報告ではビーム軸方向にECRゾーンを形成できる磁界分布は示されているものの、横方向の磁界については特に考慮しておらず、しかも実用的な扱い易い構造という観点からはまだ基礎実験の段階に留まっていると見受けられた。そこで筆者たちはこの方式を発展させて、(1) 3次元的に完全に閉じたECRゾーンを形成する磁界分布を実現し、しかも(2) マイクロ波電力は横方向・軸方向いずれからでも入射可能ならしめ、かつ不安定なECR帯も回避でき、(3) リターンヨークを装着させて磁気シールド効率を高め、その分だけ磁界構成に有意な構造を実現できた。以下にその大要と、現在までの到達点について報告する。

2. 本体の構造と磁界分布

Fig.1にイオン源本体の構造を示した。外寸は $\phi 130 \times 136 \text{mm}^3$ 、放電室内寸は $\phi 29 \times 72 \text{mm}^3$ で磁石は $20 \times 10 \times 25 \text{mm}^3$ のものを計8個使用し、中心に向かって同じ極性で突き合わせた配置になっている。また今後起磁力増強の必要に応じて棒磁石を重ねることも出来るよう、円筒状のリターンヨークと磁石の間を20mm以上あけてある。マイクロ波電力に関しては、2.45GHzのマイクロ波が横方向からWRJ-3の導波管で入射できるようになっている(WRJ-2をWRJ-3にテーパ変換して結合)。RF窓は当面、3mm厚の石英ガラスを用いている。ガスは軸方向から注入しているが、この位置に同軸コネクタを付け替えてマイクロ波入射用にする事もできる。

Fig.2は $30 \times 10 \times 25 \text{mm}^3$ の棒磁石を8個用いた場合の、横方向・軸方向の磁界分布を示している。ECR界面の長径は30mm、横径は26mm程度となる。横方向の磁界分布に関しては、RF窓の内壁で不安定なECR帯が出来ないように、 $B_r(r, z) > B_{ecr}$ となる事が必要であるが、グラフはこの条件が満たされている事を示している。隣あう磁石間に作られる反発磁界は4つの逆向き磁極を形成し、全体としての分布は8重極的になる。従って中心付近の磁界は弱く、壁面付近で r^3 に比例して磁界は急激に増える。一方、軸方向磁界 $B_z(r, z)$ に関しては、 $r=0$ (軸上)から $r=10 \text{mm}$ にわたって殆ど均一な磁界分布が得られている事が特徴的である。リターンヨークの効果は B_r 成分よりも B_z 成分に強く効き、付けない時に比べて B_z は1.5倍以上増える。

3. ビーム引出し特性

Fig.3はビーム電圧を1.6 - 3.0kVの間で変えて得られた、水素イオンビームの取り

出し特性の例を示す。この領域では正確にビーム電圧の $3/2$ 乗に比例してビーム電流が増えている。但し、組立時の放電室内壁の表面状態の如何により、ビーム電流値は2~3倍変わりうる。現在までのところ、 $3\text{mm}\phi$ の引出し孔から H^+ 、 H_2^+ 、 H_3^+ イオンを 2keV で $350\mu\text{A}$ 、 3keV で $700\mu\text{A}$ （ビーム幅 1ms 、パルス）安定に取り出す事ができた。

Fig.4は同じく水素イオンビームを取り出した際の、時間成長曲線である。飽和値に達するまで、7~10時間程度かかるのが現在の問題点である。その原因としては、カスプ磁界特有の問題と、ECR帯が放電室内壁に近すぎることの両面が考えられる。

4. 4重極型磁界への転換計画

これまで述べてきたように、この8重極型の磁界分布では横方向のECR磁界が放電室内壁すれすれに出来ており、しかも中心付近の横磁界が弱いという問題点がある。そこでこの欠陥を克服するため、Fig.5のような磁石配置（リターンヨークなし）について磁界分布を実測したところ、軸方向・横方向共に中心から直線的に増加するカスプ磁界が得られた。この磁界分布では横断面に関して4重極的であり、 $r=10\text{mm}$ でECR磁界が実現しているので、これまでの8重極方式の場合よりもより中心に近い所にECRゾーンができ、更に中心付近の磁界も強くなるのでイオン化効率の向上が期待できる。そこで今後は4重極方式に切り替えて更にビーム電流を増やす予定である。

5. あとがき

このようにして、新しい完全閉込め式カスプ磁界型ECRイオン源が開発された。今後更に水素以外のイオンについても引出し特性をとり、動作特性の系統的把握に努めたい。また先行してSCRFAQの加速実験用に製作し、現在稼働中のミラー磁界+多重極磁界型の小型ECRイオン源³⁾との機能・得失の比較も行っていく予定である。

本研究は当研究所の所内科研費の交付を受けて行う事ができた。マイクロ波源に関しては実験期間、ターゲット室長菅井 勲氏より提供して戴いた。また本体の製作には当研究所工作室及び友工社の各位に多大な協力を戴いた。併せて感謝の意を表す。

ref.1) M.Delaunay and R. Geller : Journal de Phys., Colloq.50,c1-773(1989)

2) M.Delaunay : Rev. Sci. Instrum. 61,267(1990)

3) E.Tojyo and Y.Shirakabe : Proc. of the Symp. on ISIAT'91,39(1991)

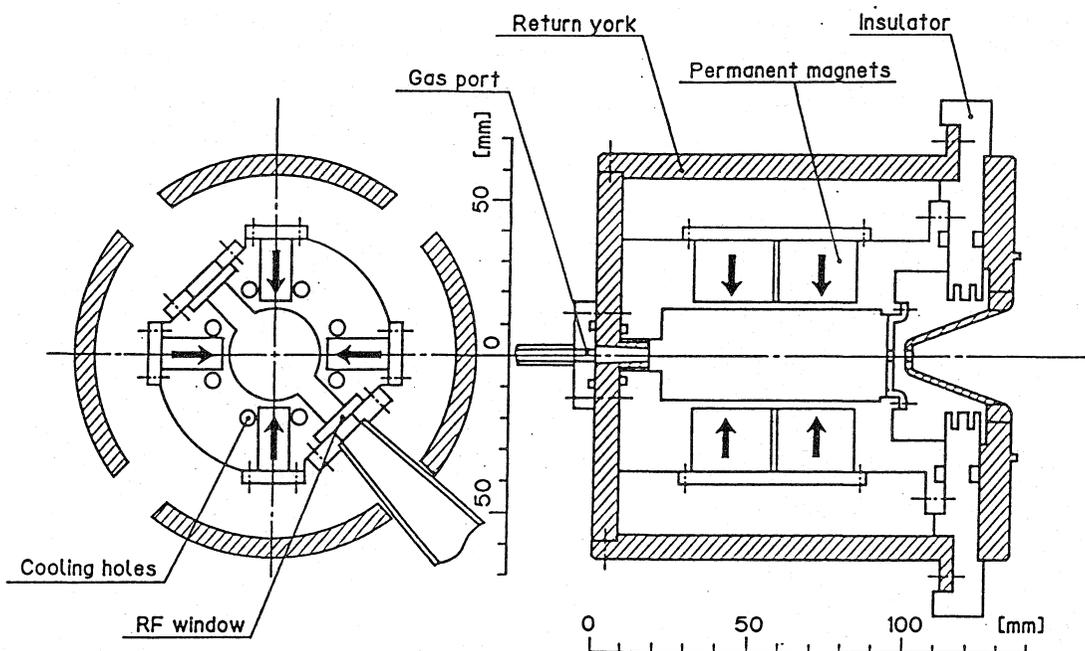


Fig.1 完全閉込めカスプ磁界型ECRイオン源の構成図

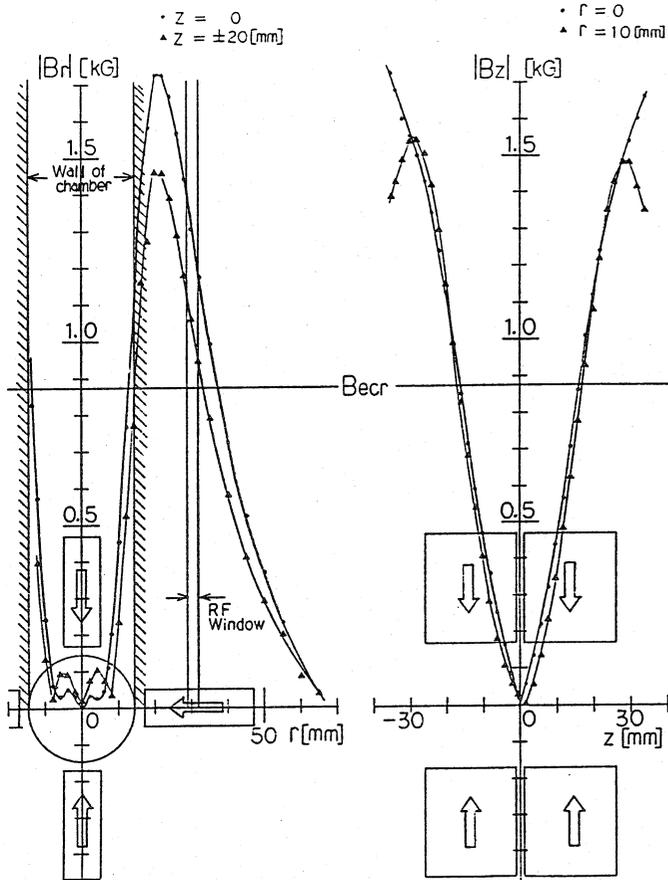


Fig. 2 径方向磁界・軸方向磁界の分布 (横磁界8重極型)

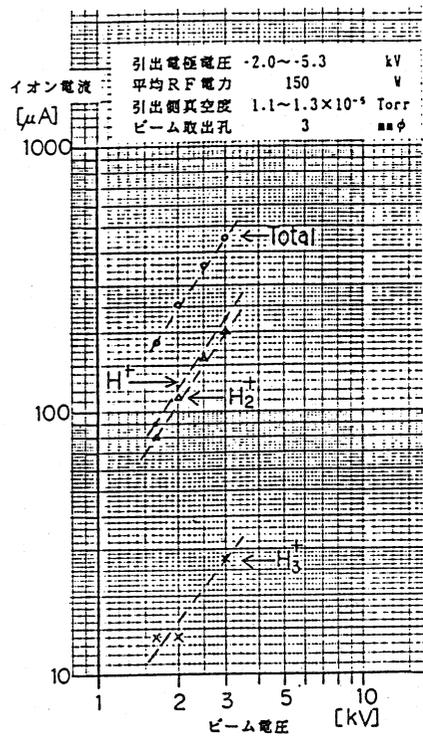


Fig. 3 ビーム電圧と取出しイオン電流の関係の測定例

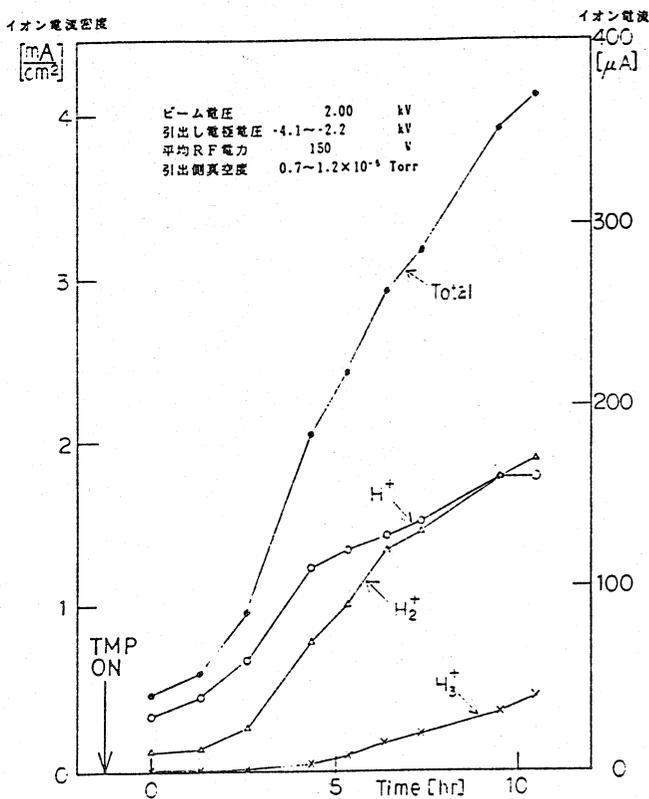


Fig. 4 取出しイオン電流の時間成長特性の測定例

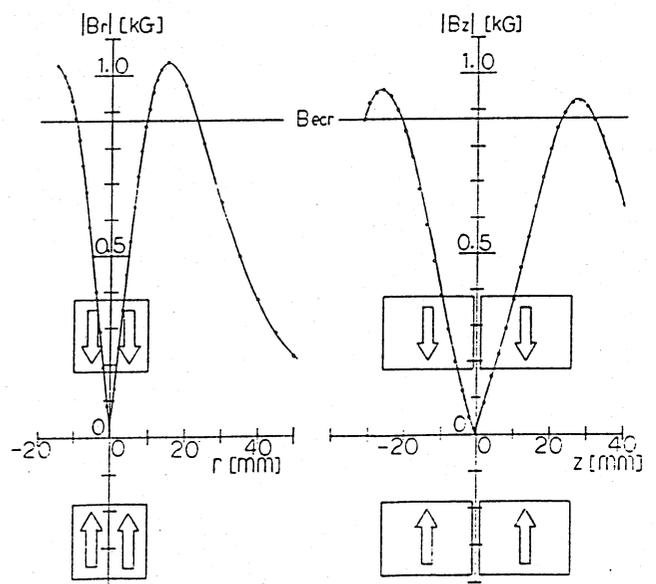


Fig. 5 計画中の改良型磁界構成 (横磁界4重極型)