

Development of Higher order mode ECR ( HiECR ) Ion Source  
— Basic design and manufacturing —

T.Hattori, Y.Takahashi, H.Muto, E.Tojyo\*, M.Sekiguchi\*  
and K.Sawada\*\*

Research Laboratory for Nuclear Reactors,  
Tokyo Institute of Technology

\* Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

\*\* Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

ABSTRACT

A new ECR ( HiECR ) ion Source for the multiply-charged heavy ions has been designed and manufactured to demonstrate operational capabilities of higher order mode ECR ( Electron Cyclotron Resonance ) discharge. The main features and the design concept are described.

高次モードECR ( HiECR ) イオン源開発研究 ( I )  
— 基本設計と製作 —

はじめに

ECR ( 電子サイクロトロン共鳴 ) 型イオン源は、長寿命、多価大電流のイオン生成に適する等の理由で加速器や原子物理用として開発研究されてきた。しかし、一方でミラー磁場形成電力が $\sim 150$  kW級にもなり、また相応した冷却設備も必要となるなど、装置の大型化、大電力化という問題を抱えている。

そこで、線形加速器入射用高圧ターミナルに登載可能な必要電力50 kW以下で、新しい発想に基づく高次モードECR条件を満足する小型ECRイオン源の開発研究を行う。さらにパルス運転モードの線形加速器に同期したECRイオン源のパルス運転特性についての基礎的研究も合わせてそれを目標にしている。

基本デザイン、詳細設計、製作を行い、現在、真空引き、絶縁テスト等の基本テストを終了させている。

基本設計

今までの大型ECRイオン源はミラーと多極磁場による一次モードのECR磁場領域を作り、その領域で加速された高エネルギー電子により中性ガスをイオン化し、多価イオンを生成することを行っている。ECR領域を大きくするため必然的にイオン源自身も大きくなってきた。しかし、新しい発想として、イオン源自身を小型化し、ミラー、多極磁場を高めることで、1次、2次、3次モードのECR領域を半径方向に出現させることが可能となる。軸方向には短くても3

重構造のフットボール形ECR領域を形成でき、それだけでなく、磁場が強くなるためイオンがECR領域に長時間滞在し、イオンが引き出される時に2~3重のECR領域を通過することで、多価重イオンの比率が増加するはずである。高次モード型ECRイオン源は小型で多価重イオンを生成するイオン源と考えられる。そこでこがたECRイオン源として、フランス・グルノーブルグループのCapriceとFerromafiosイオン源の既略図を参考にしてHiECRイオン源を設計した。我々の高次モードECRイオン源の製作完了後、現在、フランス・グルノーブルグループのB. Jacqot等(Ref1)が小型ECRイオン源CAPRICEを使って、モードでいえば、1987年末で1.5次モードまでを完成させたことを知った。さらに彼らは将来完全な3次モードまでを考えているようである。

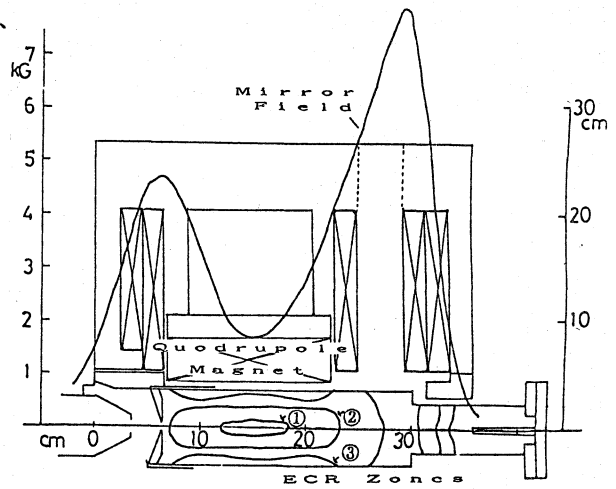


図 1

### HiECRイオン源デザイン

概略設計によるコイルの大きさや位置より計算機プログラムTRIMによる磁場計算を行い2~3度のアイテレーションののち図1の配置に決定した。図1にミラーコイルによる軸方向の磁場の強度及びイオン源チャンバー中に出来るECR磁場領域の断面図を示す。3次モードECR領域はミラー磁場が弱いため完全には閉じてはいないがかなり存在することがわかる。コイル5組に545Aを流した時の磁場を示し、最大600Aで全アンペーターンは127200ATまで通電可能である。マイクロ波6.4(10)GHzのECR磁場は1次2.3(3.6)kG、2次4.6(7.1)kG、3次6.9(10.7)kGである。表1にHiECRイオン源の基本パラメーターをしめす。

多極磁場強度を上げるためにNd-Fe-B系のNE-OMAX-30の永久磁石を採用した。高次ECR領域を形成するために、多極磁場を細密四重極磁石とし比較用の六重極磁石も製作した。図2にHiECRイオン源の構造図を、また、イオン源テスト装置の図を図3に示す。ECR領域は1ステージで、高周波はミラー磁場の最大点の半径方向より挿入する。

### イオン源の製作と基本テスト

Nd-Fe-B系永久磁石により製作した多極磁場用4重極と6重極磁石の断面図と、計算機プログラムの計算結果を図4に示す。実測値と計算値の差は磁石材が、計算に採用した値と異なって

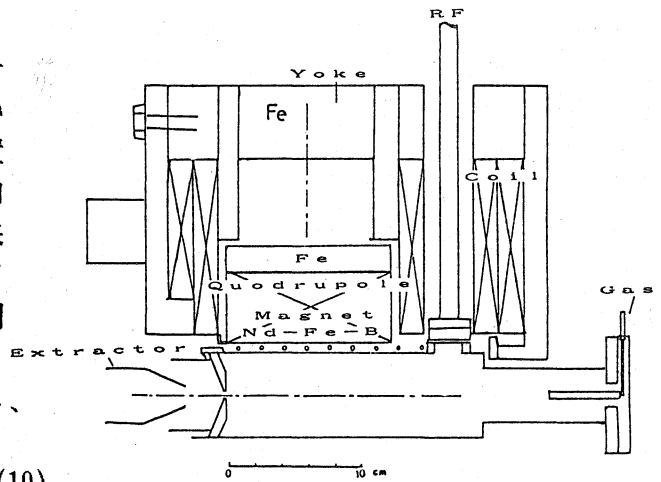


図 2

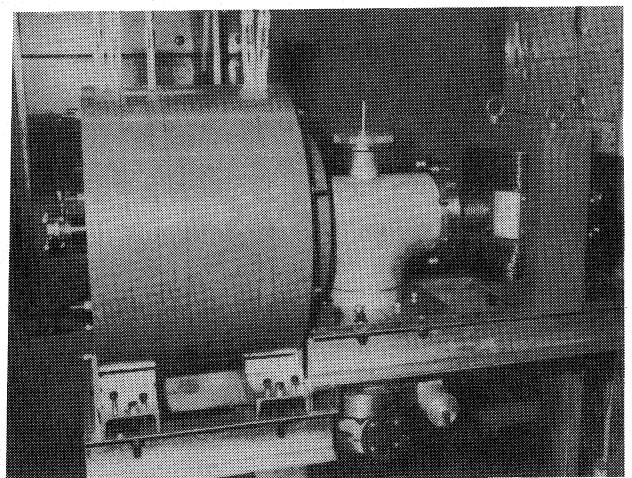


図 3

いたためと思われる。製作組立後、排気テストの結果  $10^{-7}$  Torr代に入ったので、リークはなしとして中止した。放電チャンバーの絶縁テストは10kV以上にすると大気側で一部放電が起こったが、絶縁シートの巻き付け不良によると思われるので、手直しをせず、現在そのままテストを続行している。高周波入力、ECRプラズマ放電テスト、イオン引出しテストを今後行う予定にしている。

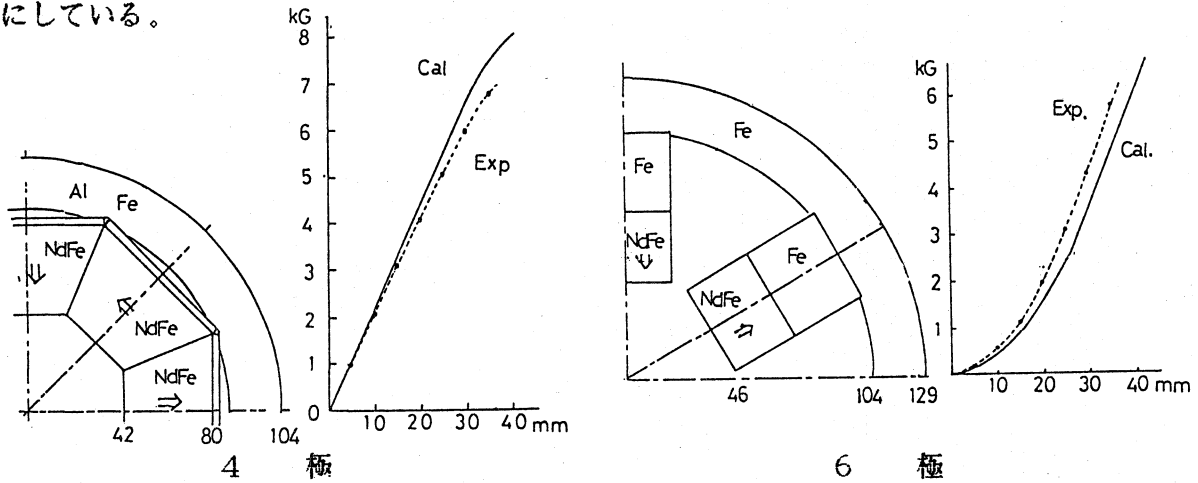


図 4

### HiECR Ion Source Design Parameters

#### Microwave Power Source

Frequency	6.4GHz or 10GHz
Max. Power	2.5kW
Chamber Diameter	70φ
Length	multipole 15cm total ~25cm

#### Multipole Magnet

Multipolarity	Quadrupole , Hexapole
Field Strength	9kG                      7kG on the surface
Material	66.6×38 , 30×40 mm
inner Diameter	84mmφ , 84mmφ
Length	15cm

#### Mirror Coil

Max. field Strength on axis	8.5kG
Max. Current	600A
Max. Power	30kW
Weight of Coils	70kg
Return Youk Width	60mm

#### Vacuum System

Pumps	520 l/s Turbo-Molccular Pump
-------	------------------------------

#### Size

Length	360mm
Width	530mmφ

表 1

Refarence 1. SOURCE D'IONS LOURDS CAPRICE 10GHz 2WCE  
B. Jacquot, P. briand, F. Bourg and R. Geller  
Nucl. Instr. and Meth. A. 269, 1-6 (1988)