

## Study of High Charged Heavy Ion Source for Linear Accelerators

T. Katayose, T. Hattori, H. Tomizawa, K. Isokawa

Reserch Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology  
Meguro-ku, Tokyo, Japan

### Abstract

The new HiECR(HiECR MK-3)Ion Source at Tokyo Institute of Technology is designed to have strong mirror field and strong hexapole field enough to 14GHz operation. We made a new hexapole magnet and measured magnetic field in the direction of axis and radius. In the future, we will operate the HiECR MK-3 with the frequency 14GHz and optimize the radial size of ECR plasma bottle.

### 線形加速器用 ECR 多価イオン源の研究

#### 1 はじめに

ECR イオン源は、最近、加速器入射用の他に、原子物理、材料研究用として単独でも用いられるようになってきているが、その生成機構は未だ不明なところが多い。

東工大 HiECR イオン源は、6、10 [GHz] 運転においては高性能であることが検証されたが[1,2,3]、14 [GHz] 運転では、多価イオンの発生は非常に少なかった。これは、これまでの永久6極磁石が弱く、ECR ゾーンの径がプラズマチェンバーの径に近い事に起因していると思われた。そこで、今回 14 [GHz] 運転可能な永久6極磁石を製作し、それに合わせチェンバー、ヨーク、コイルの改造を行った。

14 [GHz] 運転後、プラズマ体積と多価イオン生成の関係について調べる予定である。

#### 2 HiECR MK-3

今回、14 [GHz] 運転用に、強磁場発生可能な永久6極磁石を作成し、さらにミラー磁場強度の増加、

及び、プラズマチェンバーの改造等を行った。図1に HiECR MK-3の全体図(体積調整用コイル未製作)、表1に主なパラメーターを示す。

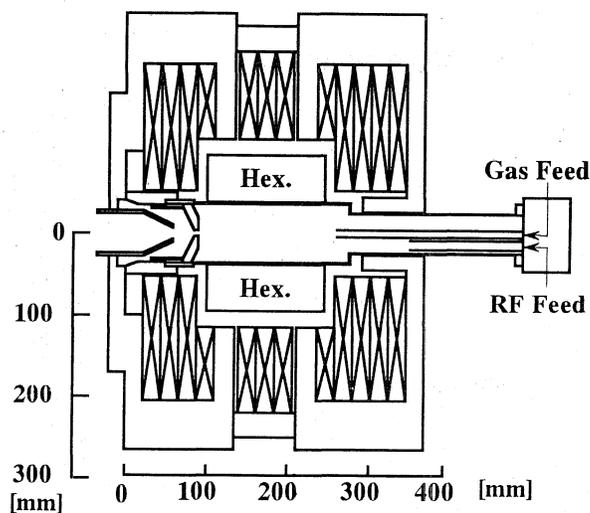


図1 HiECR MK-3全体図

#### 2.1 永久6極磁石

##### a) 磁石材料

磁石材料をこれまでの NEOMAX35H (住友特殊金属) から、最大磁気エネルギー積 39~43 MGOe の N42 (信越化学) とした。

表1 HiECR MK-3 の特性

Microwave frequency	14, 18	[GHz]
Diameter of chamber	72	[mm]
Hexapole magnet		
hexapole field on surf.	12.7	[kG]
material	N42 (Nd-Fe-B)	
inner diameter	76	[mm]
length	145	[mm]
Mirror coils		
no. of coils	9	
max. current	600	[A]
max. power	57	[kW]

b) 形状と大きさ

6極磁石は、強磁場とするため24ピースより構成されている。磁極から5 [mm]の位置での磁場強度を磁石の内径の関数として計算した結果を図2に示す(ただし、外径は190 [mm]に固定している)。図2から、磁場は内径76 [mm]において最大値をとり、内径をさらに小さくするとパーミアンス係数の減少により磁場が弱くなってしまふことがわかる。そこで、永久6極磁石の内径を76 [mm]とすることに決定した。製作した6極磁石の断面図を図3に示す。図4は内径76 [mm]の6極磁石の径方向磁場強度の計算結果である。磁極から5 [mm]において10286 [G]と、かなり強い磁場を示している。また、6極磁石の周りにはリターンヨークを用いず、SUSと塩化ビニルで囲まれている。

2.2 プラズマ体積調整用コイル

体積  $V$  のプラズマから出てくる価数  $q$  のイオンの電流  $I_q$  は、次式で表わされる[4]。

$$I_q \approx \frac{n_q q e V}{\tau_q}$$

ただし、 $n_q$  は電荷  $q$  のイオンの密度である。イオン源においては引き出し孔の径、位置等も大きく関与するため上式のように簡単ではないが、 $V$  (ECR面  $|B| = m_e \omega_{rf} / e$  で囲まれる領域を体積  $V$

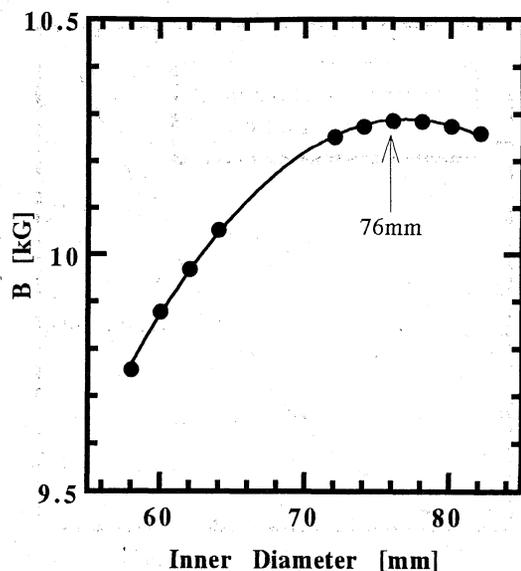


図2 内径を変化させたときの磁極から5 [mm]の位置での磁場強度

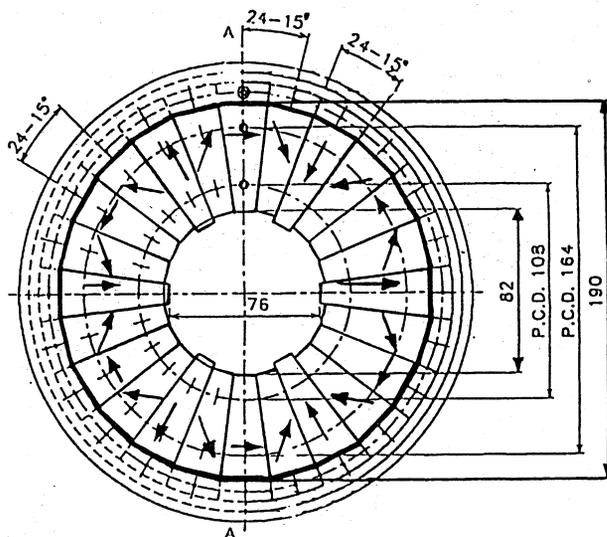


図3 永久6極磁石

と定義する) が大きくなれば当然、電子がECR加速を受ける面積も大きくなり、プラズマ体積が多価イオン生成にどのような効果を示すかは興味深い[5]。

HiECR MK-3では、永久6極磁石にリターンヨークを用いていないため、その周りにソレノイドコイルを設置し、ミラー磁場の谷を上下することで

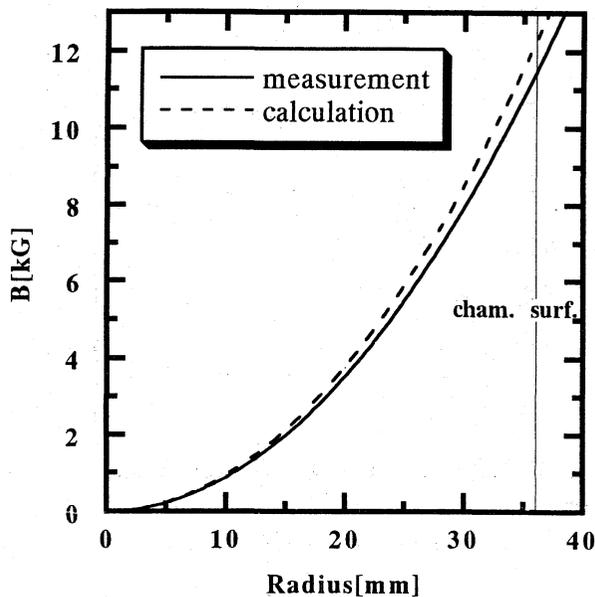


図4 六極磁場強度

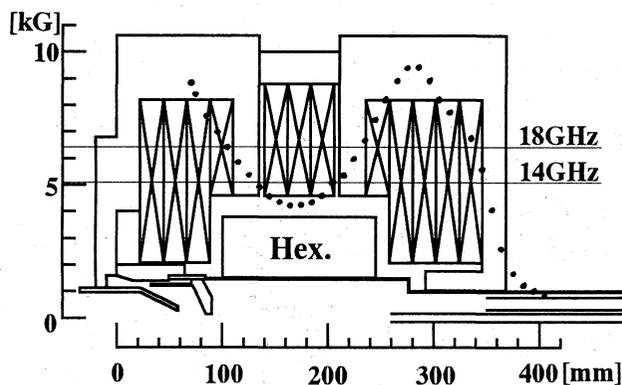


図5 ミラー磁場測定結果

ラズマの半径方向の大きさを変化させ、プラズマ体積を変えることが出来る。さらに、ECR プラズマとチェンバー内壁とのギャップの限界についても調べる事が可能である。

### 3 磁場測定

#### 3.1 六極磁場測定

製作した永久六極磁石において、磁極から 5 [mm]の位置で径方向磁場を測定したところ 9600 [G]であり、計算値 10286 [G]とはかなり違ってい

るが理由は定かではない。

#### 3.2 ミラー磁場測定

HiECR MK-3を組み立て、ホールプローブを用いて軸上ミラー磁場測定を行った結果を図5に示す。ただし、ミラーコイル電流は、上流、下流側ともに 600 [A]である。

6極磁場測定、ミラー磁場測定の結果から、ECR加速面とチェンバー内壁とのギャップは、14、18 [GHz]運転において、それぞれ 18、13 [mm]となり十分であると思われる。

### 4 今後の予定

14 [GHz]テスト運転の結果、スペクトルの分解能が非常に悪いので、今後、この原因を究明する必要がある。14 [GHz]運転と平行して、プラズマ体積調整用コイルの設計を行う予定でる。

#### 参考文献

- [1] T. Hirata, T. Hattori, M. Sekiguchi, Y. Ohshiro, M. Oyaizu, Y. Yamashita, A. Kitagawa and T. Ishii : Pro. of 8th Symposium on Accelerator Science and Technology, 8(1991)p.p.82-83.
- [2] T. Hattori, M. Sekiguchi, A. Kitagawa, Y. Yamashita, Y. Ohshiro and T. Hirata : Pro. of 11th Workshop on ECR Ion Sources, 11(1993)p.p.182-186.
- [3] M. Sekiguchi, Y. Ohshiro, Y. Yamashita, Y. Isoya, T. Hattori and A. Kitagawa : Pro. of 11th Workshop on ECR Ion Sources, 11(1993)p.p.46-51.
- [4] D. Hitz, G. Melin, M. Pontonnier and T.K.Nguyen : Pro. of 11th Workshop on ECR Ion Sources, 11(1993)p.p.46-51.
- [5] G.Ciavola, S. Gammino, T. Antaya and K.Harrison : Pro. of 12th Workshop on ECR Ion Sources, unpublication.