

Development of 2.45 GHz ECR Ion Source for Intense Heavy Ion Linac at T.I.T.

Toshihiro AIDA, Toshiyuki HATTORI, Masahiro OKAMURA, Yoshiyuki OGURI,
Yousuke TAKAHASHI, Kouichi TAKEUCHI and Kimikazu SASA

Research Laboratory for Nuclear Reactors,
Tokyo Institute of Technology, 2-12-1, Ohokayama, Meguro-ku, Tokyo 152 Japan

ABSTRACT

An intense Heavy-Ion Linac System was proposed for experiments of heavy-ion beam pumped laser and basic experiments of heavy-ion inertial fusion at Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology. The first stage linac, RFQ, was designed to accelerate particles with charge to mass ratio of 1/16 up to 200 keV/amu. We developed the 2.45 GHz ECR ion source for the RFQ linac. The source is required to generate high current ions with medium charge states (2 or 3) and low emittance ($0.5 \pi \text{ mm mrad}$). Results of first operation are described.

東工大高強度重イオン線形加速器用 2.45 GHz ECRイオン源の開発

1. はじめに

東工大原子炉工学研究所では重イオン励起レーザー及び重イオン慣性核融合基礎研究用として、高強度重イオン線形加速器の建設を計画している。

東工大高強度重イオン線形加速器は電価と質量の比 $1/16$ 以上の重イオンを 5 keV/u から 200 keV/u まで加速するRFQ型線形加速器である。その線形加速器の高強度イオン源として、1~3価の重イオンを低エミッタンスでmA以上発生する2.45GHzのECRイオン源の開発研究をおこなっている。そして予備的実験結果について報告する。

2. 本ECRイオン源の目的、特徴

本イオン源は多価重イオン用ECR型と1価大強度ECR型イオン源の両特徴を取入れたハイブリット型の中多価イオン源を設計した。

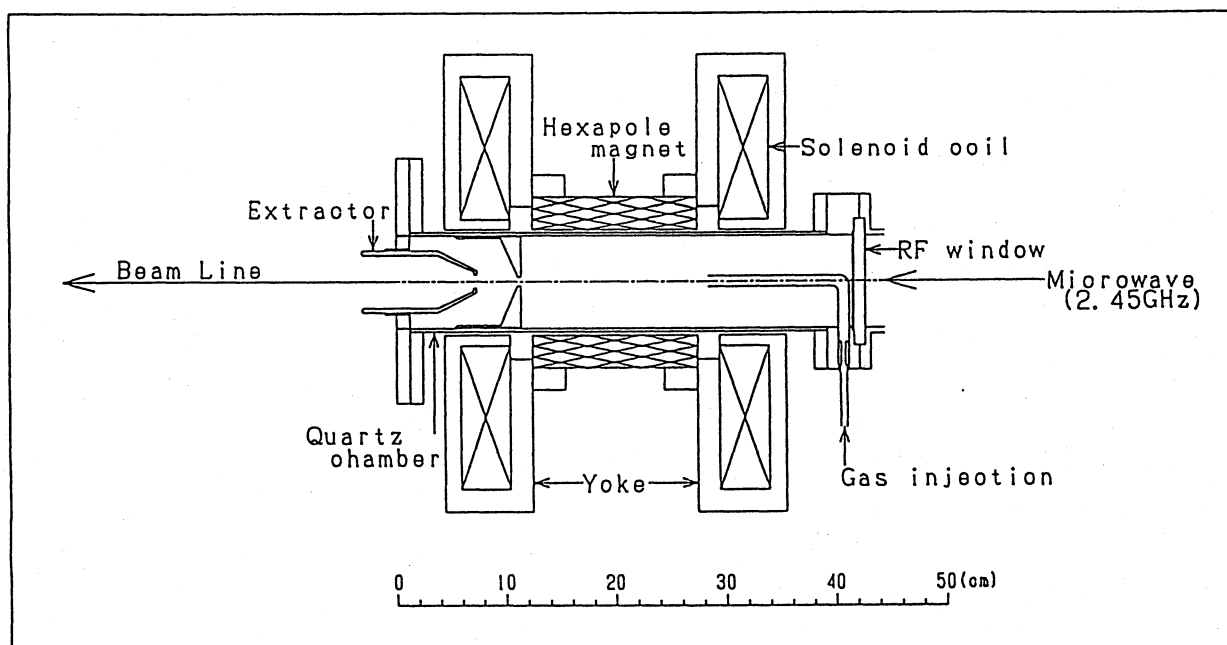


図1 中多価用ECRイオン源の図

2, 3 価イオン発生には E C R のマイクロ波は 2. 4 5 G H z で十分と思われ、大電流にするためアノードホールは大単穴か多穴にする。この為プラズマロスコーンが大きく均一性を要求される。

そこで R F 周波数が 2. 4 5 G H z であることを考慮して、プラズマチェンバーの直径を 8 4 m m と大きくし、R F を直接円形導波管でプラズマチェンバーに導入している。R F が低周波のため電子温度はそれほど上がらず 2-3 価に適するだけでなく、ビームエミタンスも大きくならないだろうと予想した。上記の様な 1 価大電流 E C R イオン源の特徴を利用したのに対して、2 価以上のイオンを発生させる為に多価 E C R イオン源の特徴を加味した。図 1 に本 E C R イオン源の図を示す。

電子の閉じ込めを良くするために多極磁場（現在は N d - F e - B 永久磁石による 6 極磁石で将来は 8 極以上を考えている）をミラー磁場中に入れる。多価イオンを効率良く発生させるために、シングルステージ型多価 E C R イオン源の手法であるガス導入石英パイプ中に第 1 E C R ゾーン作ること多価発生第 2 E C R ゾーンの真空度を上げるようにした。

またイオン源中のプラズマを観測可能なよう、プラズマチェンバーは内径 8 4 m m で長さ 3 8 c m の石英パイプで製作した。6 極磁石はリターンヨークの無いタイプとしチェンバー内が観測可能とした。

これらを以下に列記する。また本 E C R イオン源の主パラメータを右に示す。

中多価 E C R イオン源のパラメータ

Size	
Length	392 mm
Width	416 mm
Chamber Diameter	84 mm
Microwave Power Source	
Frequency	2.45 GHz
Max. Power	1.5 kW
Mirror Coil	
No of Coils	108t * 2
Field on Axis	2.6 kG 1.75 kG
Current	250 A 160 A
Power	5.75 kW * 2
Multipole Magnet	
Multipolarity	Hexapole
Material	Nd-Fe-B
Field Strength on Cham. Surface	4 kG
Inner Diameter	96 mm
Length	150 mm
Vacuum Pump	520 l/s TMP

目的、特徴

I. 東工大高強度重イオン線形加速器のイオン源を製作する。

- 1) N e、A r 程度の中多価 (2-3) イオンを数 m A、エミッタンス $\varepsilon = 0.5 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ を発生する。
- 2) 大強度 1 価 E C R イオン源と多価 E C R イオン源ハイブリット型
 - a) R F は 2. 4 5 G H z
 - b) 石英パイプ製の大きなプラズマチェンバー (内径 8 4 m m) とする
 - c) 均一プラズマ発生 (R F 円形導波管で軸方向導入)
 - d) 大電流化のため大単穴または多穴を採用
 - e) 多極磁場 (6 極、8 極)
 - f) 石英パイプでガス導入し第 1 E C R ゾーンを生成し、第 2 E C R ゾーンの真空度を上げる

II. ECRイオン源中のプラズマを観測する。

- 1) ECRのラクビーボール形高温電子面を観測する。
- 2) ECRのHigher Order Mode 1次、2次面を観測する。
- 3) ガス導入石英パイプ中の高濃度プラズマを観測する。
- 4) ECRプラズマの分光計測をおこなう。

3. 試運転結果

図2が本ECRイオン源の組立て後運転中の写真である。右側の方形導波管から円形導波管に変換してプラズマチェンバーにRFが導入される。チェンバーの両側に1対の鉄ヨークに覆われたソレノイドコイルが設置されている。左側が引出し系である。さらに排気系があり、ファラデーカップ、分析電磁石系がある。6極永久磁石はまだセットされていない。

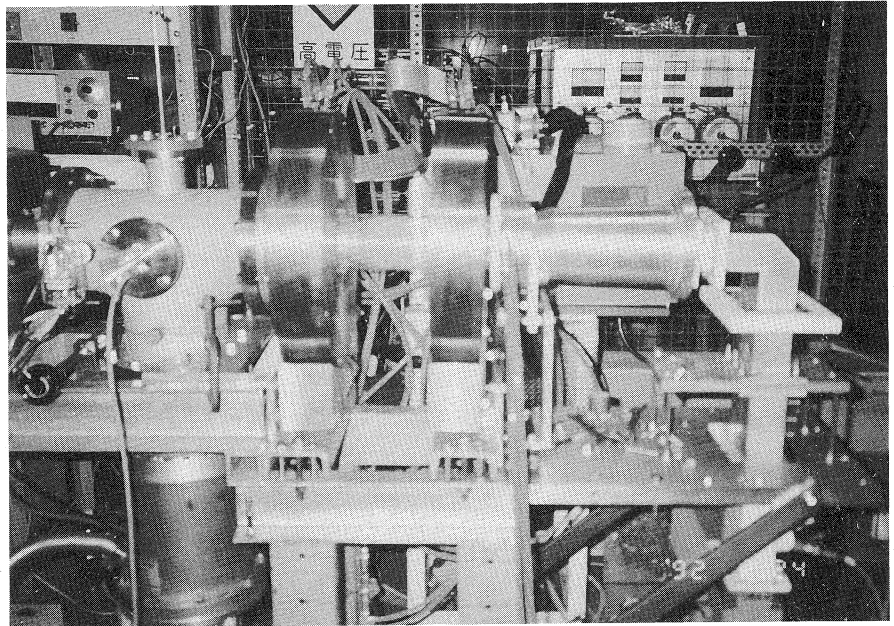


図2 ECRイオン源

図3に引出し電圧10 kVでコイル電流値を変えミラー磁場を変えた時の引出しイオン電流を示す。

イオン電流 (μA)

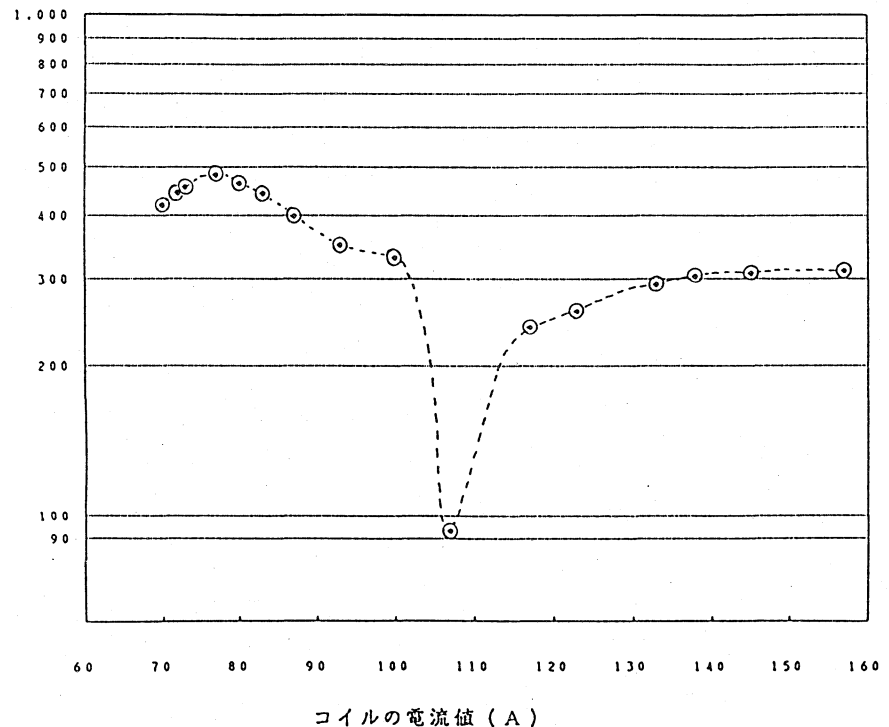


図3 コイル電流と引出しイオン電流の関係