

ECR HEAVY ION SOURCE FOR LINAC ( I )

Minoru YANOKURA

The Insutitute of Physical and Chemical Research  
Wako-shi, Saitama, 351, Japan

ABSTRACT

The ECR ion source has inherently a long life, and can be operated in CW mode. The coupling efficiency from the wave to the electrons is excellent ( 50-100% ) in spite of the very simple technology of the coupling of micro-wave to the plasma.

As the first step of development, a single stage ECR ion source was designed. A magnetron is used for a mocro-wave power source, and its output power is 1.6 kW ( CW ), at 2.45 GHz. The ion source was tested using Ar gas. A few n A  $Ar^{6+}$  beam was extracted.

ECR ( an electron cyclotron resonance ) 型イオン源は長寿命かつCW運転可能なイオン源である。したがってイオンが十分な量引き出せれば、理化学研究所、重イオン線型加速器用イオン源として有効と考え、その開発を始めた。

その第一段階として 2.45 GHz の工業用高周波加熱用マイクロ波源を用いた、イオン源を製作したので報告する。その概要を図1に示す。

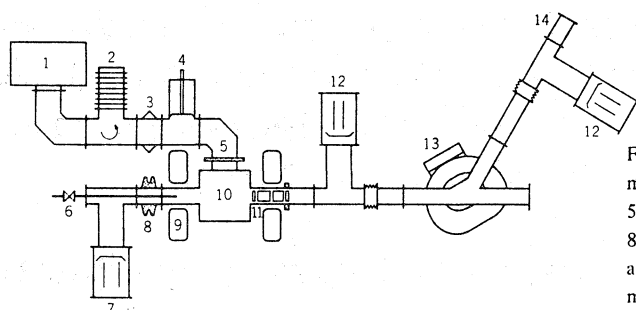


Fig. 1. Plan of the ECR ion source test stand. 1: 2.45 GHz magnetron, 2: isolater, 3: power monitor, 4: EH tuner, 5: RF window, 6: gas valve, 7: 600 L/s diffusion pump, 8: insulater, 9: main coil, 10: ECR cavity, 11: extractor and einzel lens, 12: 1500 L/s diffusion pump, 13: analyzing magnet, 14: Faraday cup.

2.45 GHz に対する電子の共鳴磁場は約 880 ガウスである。この磁場を得る為に円筒形キャビティの両端に二本のビッター型コイルを配置してミラー型磁場とした。ビッター型コイルは  $10 \times 10 \times 25$  のフォローコンダクターを導体を用い、8列  $\times$  14層 112ターンの巻数で直流抵抗は  $25m\Omega$  である。ミラー比はコイルの間隔で決まり、本装置の配置の場合 1.8 で固定である。

マイクロ波源は発振管にマグネトロン(東芝製 2M164)を用い、出力 1.6 kW (CW) で固定である。発生したマイクロ波は反射波によるマグネトロン保護の為アイソレータを通り、通過電力モニターの前方向パワーモニター、そしてEHチューナを通して、キャビティに供給される。

プラズマ生成部(キャビティ)は 内径 200mm 長さ 200mm の円筒形でステンレス 310 を用いて製作した。キャビティにはガラス製の抜き窓、ゲージポート等を付けた。キャビティと導波管の真空封じは導波管中のセラミック(マコール)窓でおこなった。

イオンの引き出しはキャビティのみをプラスに印加する事によっておこなった。この点も ECR イオン源の長所であり機器の操作性をよくしている。したがってキャビティ以外すべて接地されている

引き出されたイオンはアイニツェルレンズで収束され、偏向角 60度、 $B\rho = 108 \text{ kg}\cdot\text{cm}$  の分析電磁石で分析される。荷電并別されたイオンビームはコース終端のファラデーカップでその電流値が観測される。なお分析電磁石の前後にはスリットが配置されこの電流値も測定される。

この装置の真空排気は3台の油拡散ポンプ ( $600 \text{ L/s} \times 1$ 台,  $1200 \text{ L/s} \times 2$ 台)で行なった。3台のポンプは、ガス導入系、キャビティー および荷電分析系に配置した。その結果、無負荷で、キャビティーの真空度は  $1 \times 10^{-6}$  torr以下であった。

必要磁場を得るに必要な電力はリターンヨークを使用する事によって、使用しない時の計算値に比べて40%程度節約され、2本のコイルで2kWである。この時の電流値は190Aで42000ATとなる。この条件でキャビティー中央部の磁場は共振磁場を多少下まわっている、これを図2に示す。

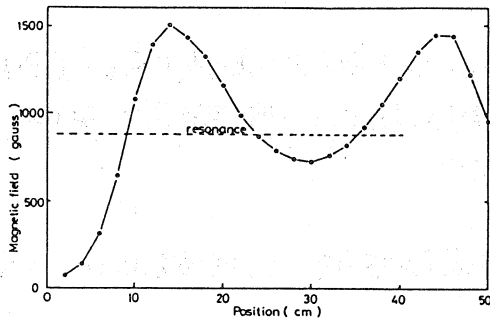


図2. コイル電流190Aにおけるキャビティー内部の磁場分布。電流値300Aまで磁場は直線的に増加する。

マイクロ波電力はE.Hチューナを用いて同調させた所、約40%がキャビティーに入った事が、両方向パワーモーターの観測でたしかめられた。引き出し電圧の上昇とともに引き出しビームの量も増加するが絶縁耐圧の為  $\oplus 7.5 \text{ kV}$  とした。アイニツェルレンズの中間電極の電圧は10M $\Omega$ のテニスターを用いて1/10ステップで変化させた所 6/10がもっともよい値を得た。

この条件でArガスを  $1 \text{ cm}^3/\text{min}$  から余々に減少させていった所 得られたビーム量は図3に示すとおりである。たとえば1価で12 $\mu\text{A}$ 、6価で1nAであり、現在、ビーム電流増加に向けて検討中である。

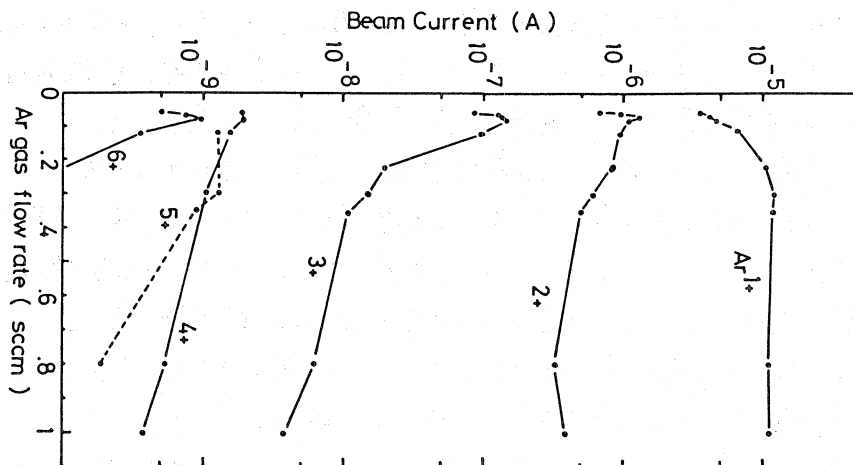


図3 アルゴンガス流量とビーム電流 (ただし5+イオンは酸素イオンが混入)