

M. Kase, Y. Miyazawa, M. Hemmi and T. Chiba

RIKEN, The Inst. of Phys. and Chem. Research

ABSTRACT

Nine elements (C, N, O, Ne, Al, Ar, Cu, Kr and Xe) have been successfully accelerated at the RIKEN Variable-Frequency Heavy-Ion LINAC. Ions of these elements were produced with a side-extraction PIG source which is installed in the high voltage (up to 500kV) terminal of the injector. Present status of the ion source is described.

1. まえがき

理研周波数可変重イオンリニアックは、あらゆる元素(プロトンからウランまで)を、Mass-to-charge 比 (M/q) で、 < 24 の範囲の値を持つイオンとして、最大4 MeV/nまで加速する性能を持っている。この重イオンリニアックのイオン源としては、物理的かつ化学的性質の異なる多種多様の元素を、効率よくイオン化し、安定に供給することが要求される。現在、設置されているPIG型イオン源の概要と、その性能について報告する。

2. イオン源概要

イオン源は、横方向にビームを引き出すタイプの傍熱型カソードのPIGイオン源である。Fig. 1にイオン源の構造を、Table Iにその諸元を示す。これまでのところ、イオン源は、ガスイオン用と金属イオン用の二種類使用されているが、Fig. 1には、金属イオン用のイオン源を示した。アノードの中央部、スパッタリング電極の周辺部以外は、ガス用と金属用共にほぼ同じ構造をしている。上下のカソード(Hot cathode と Anti cathode)は、タンクステン製で、10 mm ϕ の円筒形をしている。金属イオン源の場合は、アノードは三つの部分からなり、(図中A, B, D)、上下のアノード(AとB)は、銅製で、水冷された銅アロック(C)に密着されていて、運転中も50~80 $^{\circ}$ Cに保たれる。アノード中央部(D)はステンレス製で、冷却されておらず、運転中には、300 $^{\circ}$ C程度の高温となる。これは、スパッターされた金属が、アノード内に付着するのを防ぐためである。アノードの中央部には、スパッタリング電極が、絶縁物を介してとりつけてあり、負電圧(0~1.5 kV)が印加できるようにになっている。又、スパッタリング電極は、そのプラズマとの間隔を調整できる様、遠隔でその位置を動かせるようになっている。一般に、スパッタリング電極は、生成しようとするイオンの金属で作るが、その物理的性質により、形状が多少異なる。例えば、磁性体である鉄、ニッケルは、アノード内の磁場を乱さない様、2 mm厚の片を、銅アロックに溶接して用いる。

イオン源は、理研リニアックの入射器の高圧ターミナル(最高500 kV)内に設置されている。イオン源周辺の様子も、Fig. 2に示す。二つのターボ分子ポンプ(3000 ℓ/s と450 ℓ/s)によ

り排気され、イオン源稼働中、約 1×10^{-5} torr 程度の真空に保たれる。生成されたイオンは、負電圧 (0 ~ 30 kV) の Extractor により引き出され、磁場中で 120° 曲げられ、加速管 (Acceleration tube) の方へ導かれる。その際、磁極のボールのエッジアングル (30°) により、ビームは上下方向のフォーカス作用をうける。

イオン源のアーキは、現在のところ CW モードの電源により、最大 1 kW のパワーで運転される。高電圧ビームに設置されたイオン源のコントロールは、光ファイバーによる通信システムによって行われる。

3. 運転状況

理研重イオンリニアックは、1981年秋に Ar^{3+} の加速に成功して以来、9つの元素 (うち金属元素2つ) の加速を行ってきた。Fig. 3に、これまでに加速してきたイオンの種類と、その運転時間を示す。図からわかる通り、これまでの運転の大部分は Ar イオンの加速に使われている。この理由は、Ar イオンは、イオン源によって比較的高い強度で長時間安定なビームが得られるので、リニアックの加速試験によく用いられたからである。Table 2にこれら加速してきたイオンの、イオン源の出口におけるビーム強度と、その際のイオン源の寿命とを表わした。リニアックで加速された場合、最終的にターゲットに、イオン源でのビーム強度の5~20%が到達する。

4. 今後の課題

Fig. 4に、これまでに加速したイオンの Mass と Mass-to-charge 比 (M/q) の関係を示す。今後、より重いイオンを加速する場合、イオン源としてはできるだけ多価のイオンを効率よく安定に生成することが望まれる。これは重イオンをより高いエネルギーまで加速する可能性をめぐすためにも、又、高周波電源等による消費電力を節約するためにも必要なことである。そのためには、現在使われているイオン源にいくつかの改良を加えなければならない。例えば、イオン源運転中の真空度の改良とか、アーキ放電をパルスモードにして、より大きなパワーを導入することを現在計画中である。又、全く異なった種類のイオン源 (ECR イオン源、等) の検討も必要である。

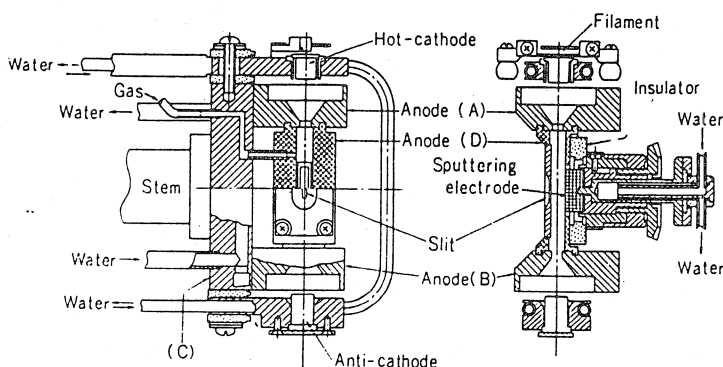


Fig. 1

Magnetic gap	150 mm
Magnetic field	7.2 kG (Max)
Distance between two cathodes	100 mm
Anode slit	$1 \times 20 \text{ mm}^2$
Puller slit	$2 \times 25 \text{ mm}^2$
Source-puller distance	$\sim 3.5 \text{ mm}$
Limit vacuum pressure	$7 \times 10^{-7} \text{ torr}$

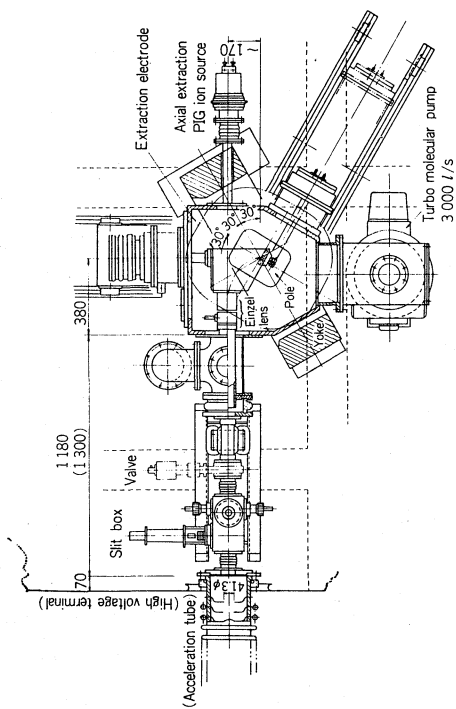


Fig. 2 Plan drawing of the magnet and the vacuum chamber.

Table 2 Beam Intensity and Life

	Intensity (μA)	Life (hr.)
$^{12}C^{2+}$	7	
$^{14}N^{+}$	20	> 47
N^{2+}	2.2	
N^{3+}	2	
$^{16}O^{2+*}$	10	
$^{20}Ne^{3+}$	1	
$^{27}Al^{2+}$	2.5	16
Al^{3+}	4	15
$^{40}Ar^{2+}$	30	
Ar^{3+}	50	33
Ar^{4+}	60	30
Ar^{5+}	10	
Ar^{6+}	2	
$^{63}Cu^{4+}$	8	> 8
Cu^{5+}	2.2	
Cu^{6+}	0.62	
$^{84}Kr^{5+}$	4	15.6
Kr^{6+}	0.55	4.6
$^{129}Xe^{7+}$	0.4	13.1
Xe^{8+}	0.1	

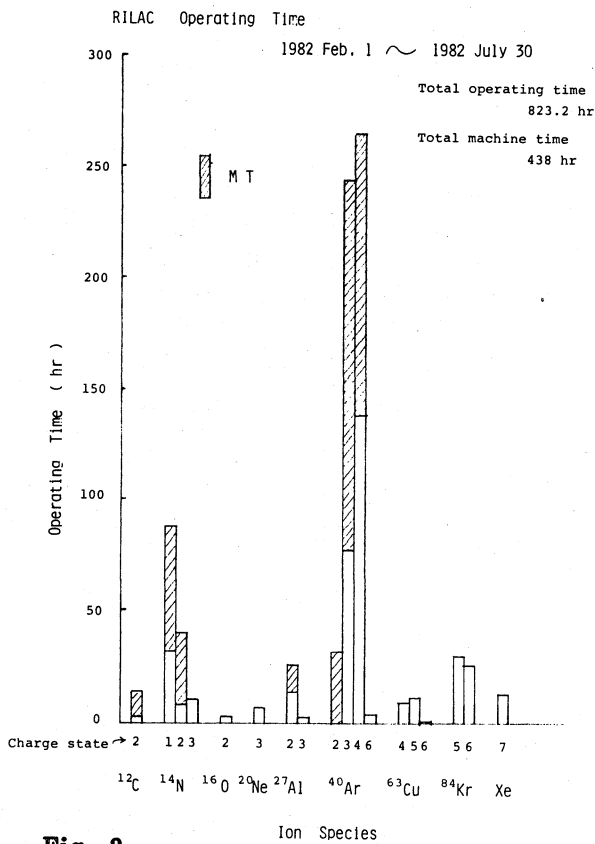


Fig. 3

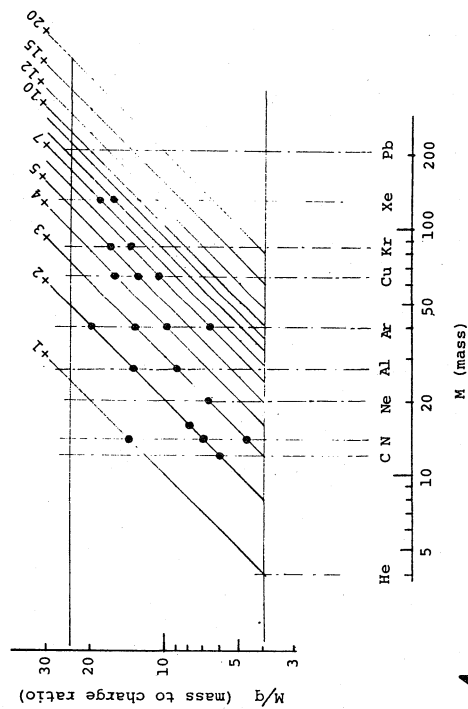


Fig. 4