

[P 1 – 8]

# Design of Injection and Beam Analyzing System for Heavy-Ion RFQ Linac at TIT

N.Hayashizaki, T.Hattori, K.Sasa, T.Yoshida, K.Isokawa

Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology

2-12-1 Oh-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152, Japan

## Abstract

The RFQ-Linac at TIT (TIT-RFQ) was designed and constructed to accelerate particles with charge to mass ratio ( $q/A$ ) of  $1/16 \sim 1$  injected at 5 keV/u up to 219 keV/u. However, the accelerated particles were only  $\text{He}^+$  and  $\text{C}^{2+}$  by the limit of injection system. Therefore new injection and analysing system was designed to accelerate  $\text{O}^+$  and  $\text{N}^+$  with the  $q/A$  value of near  $1/16$ . In this paper, the overview of new design is described.

## 東工大 RFQ 線形加速器における重イオン加速用入・出射系の設計

### 1.はじめに

東工大 RFQ 線形加速器は、重イオン慣性核融合及び重イオン励起レーザーの基礎研究を目的として製作された4ベインタイプ RFQ で、1993 年秋に初加速に成功している<sup>1)~5)</sup>。

本加速器の設計性能は Table 1 に示すように、電荷質量比 ( $q/A$ )  $\geq 1/16$  の粒子を 5keV/u から 219keV/u まで、また 10mA 入射時に約 70% 加速できるようになっている。そしてこれまでの加速試験において、設計性能の約 90% の透過効率を得ている<sup>6)</sup>。

しかし入射系に制限があったため、これまでに加速されたイオンは、比較的  $q/A$  が大きい  $\text{He}^+$ ,  $\text{C}^{2+}$  にとどまっていた。そこで  $q/A$  が設計値に近い  $\text{N}^+$  や  $\text{O}^+$  などの重イオン加速を目的として、入・出射系の改造を現在行っており、これにより本来の加速器性能の達成を目指している。今回はその設計について報告する。

Charge-to-Mass ratio	$\geq 1/16$
Operating frequency [MHz]	80.9
Input energy [keV/u]	5
Output energy [keV/u]	219
Duty factor[%]	10
Transmission [%]	
Neglecting the higher order mode	
0mA Input	91.6
10mA Input	72.4
Considering the higher order mode	
0mA Input	91.8
10mA Input	68.4

Table 1 RFQ デザインパラメータ

### 2.現行システムの問題点

現行システムでは  $\text{He}^+$  ビームが 2.5mA 入射で 1.6mA 加速と良好な成績を収めている。しかしイオン源からの引き出し電圧が 28kV 以上になると放電を生じるとい

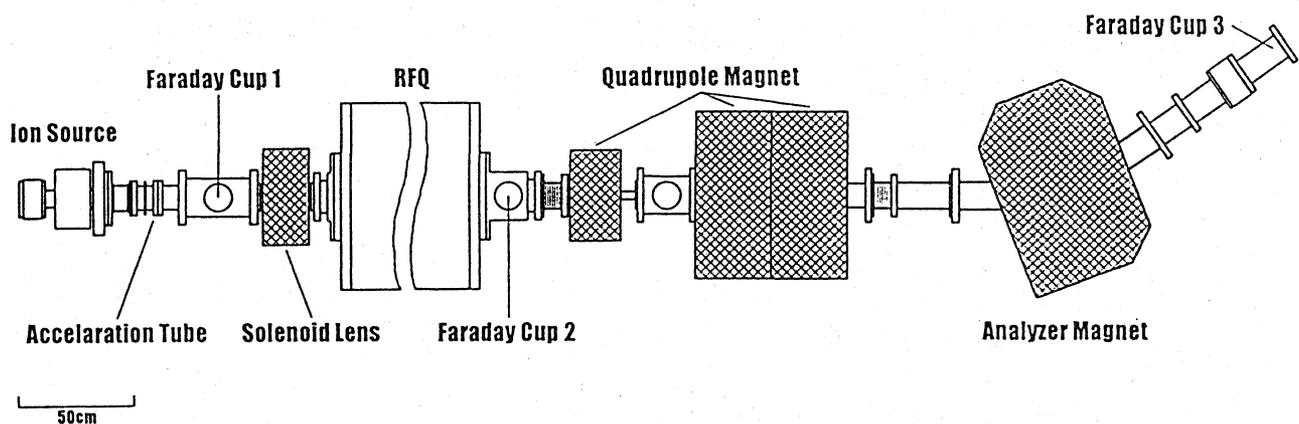


Fig. 1 東工大 RFQ ビームラインレイアウト

問題があり、そのままでは RFQ への入射エネルギーが 70keV の  $N^+$ 、80keV の  $O^+$  などは加速できない。そこでイオン源も含めて入射系を新たに設計することにした。また分析磁石も  $He^+$  用のため、仕様を変更する必要があった。

### 3.設計

まずビームライン全体を Fig.1 に示す。入射系はイオン源、加速管、ソレノイドレンズより構成され、新規に設計・製作される。

イオン源としては 6 極カスプフィールド型を採用した。その構造を Fig.2 に示す。これは電子閉じ込めに 6 極永久磁石のみを利用したもので、軽量でコイル磁石用電源が

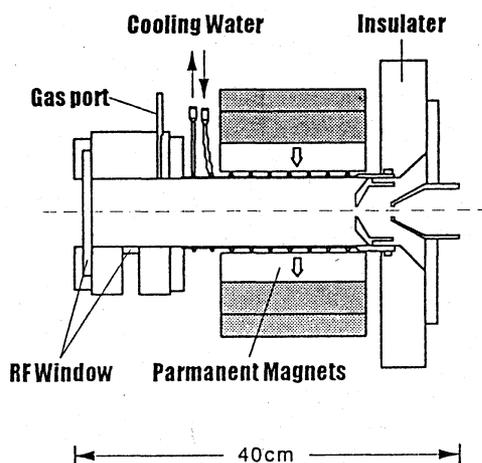


Fig. 2 イオン源構成図

不要という利点を持つ。使用マイクロ波は 2.45GHz で、軸・径方向どちらからでも入射することができる。また引き出し電圧は、最大 50kV までが確認されているが、20kV を予定している。

20kV で引き出されたビームは、RFQ の入射エネルギーに適するように、3 段の加速管で更に 50~60kV 加速される。予備実験の結果、加速管では合計 62kV まで安定して印加されることが分かっており、これを抵抗で分配する。したがって引き出し電極と加速管で合計 70~80kV が達成される。

加速管において必要な入射エネルギーまで加速されたビームは、次にソレノイドレンズで RFQ のアクセプタンスに合致するように収束される。現行では収束レンズとしてアインツェルレンズを採用しているが、しばしば放電を生じており、また低電圧のものを数段重ねることも可能だが、イオン源と RFQ 間の距離が長くなるので、今回は採用を見送った。なおソレノイドの軸上最大磁束密度は約 6.5kG で検討している。

次に射出系は既存の四重極電磁石と分析磁石より構成される。

分析磁石は  $He^+$  の場合  $\rho = 0.35m$  で  $90^\circ$  偏向であったが、今回は  $O^+$  で運動量

が4倍となることから  $\rho = 0.89\text{m}$  で  $35^\circ$  偏向、入・出射角はそれぞれ  $0^\circ$  と  $20^\circ$  とした。運動量分解能は 1.08% である。分析の後、ビームはスリット、ファラデーカップに到達し、その形状や電流値が測定される。

#### 4. 軌道計算

ビーム軌道計算は、RFQ 内部については計算機コード PAMTEQ-H を用いて行われている。その結果を Fig. 3 に示す。

入射系におけるビーム軌道は、収束要素である加速管とソレノイドレンズに大きく

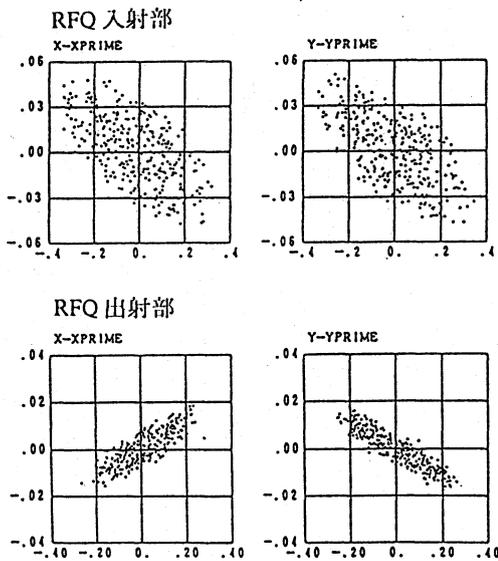


Fig. 3 PARMTEQ-H による RFQ 入・出射部における  $O^+$  の粒子状態

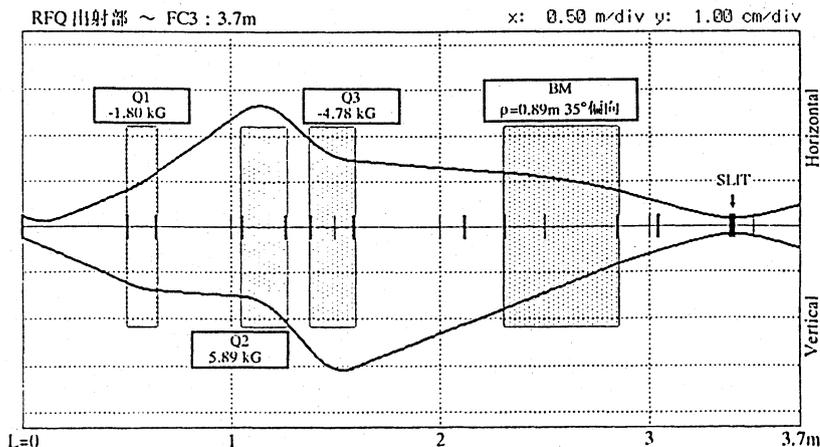


Fig. 4 MSTR による  $O^+$  の軌道計算

依存する。したがってその電圧配分及び磁場強度の最適値を求めることは非常に重要であり、これは現在導出中である。

出射系については計算機コード MSTR を用いて、各要素の寸法ならびに磁場強度を導出した。その結果を Fig. 4 に示す。

#### 5. まとめと今後の予定

東工大 RFQ 加速器の新しい入・出射系を設計した。これが実現すると新しく  $N^+$ ,  $O^+$  のビームが加速可能となり、RFQ の設計性能が確認されると共に、ビームの応用範囲も広がると思われる。

今後は各種機材が揃い次第、入射系試験を行い、その後に加速試験に移行する。加速ビームとしては  $N^+$ ,  $O^+$  の他に  $He^+$  についても行き、現行システムとの比較を行う予定である。また入射系にイオン弁別用の要素を組み込むことも予定している。

#### 6. 参考文献

- 1) M.Okamura et al. ; Nuovo Ciment, A106 (1993) 1537-1540
- 2) M.Okamura et al. ; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B89 (1994) 38-41
- 3) M.Okamura et al. ; Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B99 (1995) 694-696
- 4) M.Okamura et al. ; Proc. 1992 International Linear Accelerator Conference, OTTawa, Canada (1992) 67-69
- 5) M.Okamura et al. ; Proc. 1992 International Linear Accelerator Conference, TSUKUBA, Japan (1994) 728-730
- 6) M.Okada et al. ; Proc. of the 19th Linear Accelerator Meeting in Japan, TOKAI, Japan (1994) 190-192