

S. Arai, N. Ueda, T. Nakanishi, N. Tokuda, T. Hori, M. Takanaka, T. Fukushima,
K. Sato, M. Fujita, T. Yamada, Y. Sakurada, T. Homma, Y. Ohshiro, N. Yamazaki,
T. Hattori, M. Yoshizawa, S. Watanabe, K. Chida, H. Tsujikawa, H. Yonehara,
A. Noda, T. Katayama, A. Mizobuchi and Y. Hirao

Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

ABSTRACT

An RFQ linac is in course of construction at the INS in order to develop the technology for the acceleration of heavy ions in a low- β region. The machine is designed to accelerate heavy ions of 5 keV/u with a charge to mass ratio, e of $1 \sim 1/7$. The final energy is 138 keV/u. The design consideration and the outline of machine are presented in this paper.

§ 1. はじめに

東大原子核研究所では、ニューマトロン計画の中で、イオン源とドリフトチューブ型ライナックを継ぐ低速領域での線型加速器として、核子当り数 kV と非常に低い入射電圧で 90% 以上という非常に高い捕獲効率が得られると期待される RFQ ライナックの検討が進められて来た。今まで、計算機によるビーム軌道解析、加速空洞の設計、これに基づいた low-power 試験空洞の製作等によって、RFQ 加速空洞の種々の特性が研究されてきた。次の段階として、RFQ ライナックの重イオン low- β 加速器の開発とその有用性をテストするため、荷電質量比 (E) が 1 から 1/7 までの異なったイオンを、加速電圧を変えるだけで、同一加速空洞で加速し、その加速特性を調べる計画を立て、加速空洞とそれに付随する設備の製作に入っている。ここでは、この加速計画の概要を報告する。

§ 2. 加速器の設計

重イオン low- β 加速器としての有用性をテストするという目的から、次の様な基本的設計理念が採用された。

- 1) イオン源からライナックへの入射電圧は、 U_{230}^{5+} の場合でも、250 kV 以下と低くでき、更にバンキングが短い距離で可能になるので、核子当りの入射エネルギーを 5 keV とする。
- 2) イオン源から得られるエミッタンスの良いビーム強度は限られているので、捕獲効率はできるだけ良くする。同時に、RFQ の特徴である高い捕獲効率を落とさずに、単位長さ当りの加速量をできるだけ上げるようにする。
- 3) 加速可能な核種は、既存のイオン源を使うということから $E=1 \sim 1/7$ の核種である。
- 4) $E=1/7$ のイオンを加速する時、ゲイン間電圧は最大となるが、放電限界を考慮、Kilpatrick's unit の 1.8 倍とした。
- 5) 最終エネルギーは、捕獲効率、アクセプタンス等の加速特性を決める、radial matcher, shaper, buncher の後につづく accelerator をどれだけ長く取るかによって決まるが、最終エネルギーはここでは問題ではないので、使用する RF 電力から決める。

以上の様な考え方に基いて決められた加速空洞の様子が表 1 にまとめられている。

§ 3. 加速器の構成

図1に加速器の全体的な概念図が示されている。最大加速電圧40 kVのイオン源は、性質の良い比較的大きなビーム強度が得られるテェオプラズマトロン(Li⁺イオン加速には表面電離型イオン源を使用)で、H⁺, He⁺, N²⁺等のイオンが得られる。出力ビームの規格化エミッタンスは、0.6π mm·mrad以下が見込まれている。イオン源から出たビームは、イオン分析電磁石によって単一イオンビームにされ、静電四重極レンズの組合わせで、RFQのアクセパタンスに合うようにビームの位相空間が整合される。

RFQ加速空洞は、直径約60 cm、全長約130 cmで、ウェインは無酸素銅、タンクは軟鋼に厚さ1mmの銅メッキをほどこして作られる。ウェインは、計算機で制御された切削機械(NC-machine)で±30μmの精度で加工される。図8は、ウェインがNC-machineで加工されている時の写真である。ウェインは設定を容易にするために、タンクの壁にボルトで固定される。ウェインの設定は、中心軸からの距離、中心軸に対する対称性に対し、±100μm以下の精度に押えられる。高周波電力は、1つの空洞からループ結合器によって最大25 kW供給される。真空は、タンクの側面4ヶ所から引けるようになっている。冷却水路は、ウェインの中と、タンクの回わりに取り付けられる。加速空洞の全体図は、図3に示されている。

高周波系は、基準信号発生器と、二段の電子管増巾器から成る。最大出力は25 kW(CW)で、振巾変調とパルス変調が可能である。使用可能周波数は、90~110 MHzである。

RFQ加速空洞で核予当り5 keVから138 keVまで加速されたビームは、加速空洞の下流に置かれたビーム解析装置によって、エネルギー、ビーム強度、エミッタンス等が測定される。

図1 RFQ LINAC TEST STAND AT INS

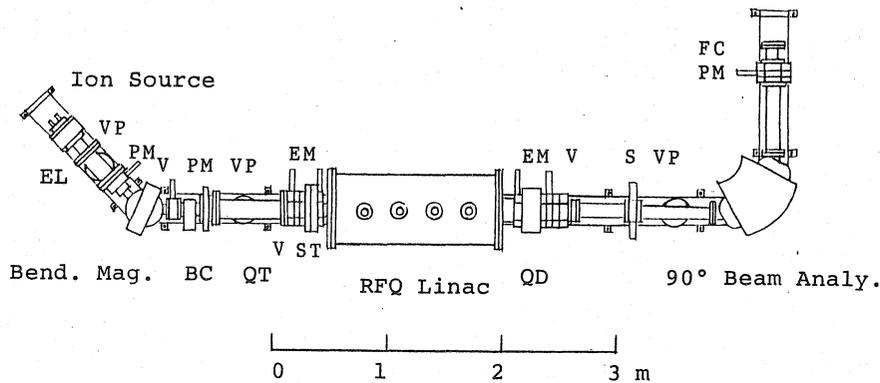


Table 1 Acceleration Specification

Accelerated ions	H ⁺ , He ⁺ , N ²⁺ , ...	Design type	Constant average radius
Duty factor	100 %		(r ₀ = 4.1 mm)
Frequency	100 MHz	Minimum apertur radius	1.25 mm
Intervane voltage	62 kV (for ε=1/7)	Diameter of tank	56 cm
Input energy	5 keV/u	Length of tank	130 cm
Output energy	138 keV/u	Limiting current	5 mA (for ε=1/7, 85% transmission)
Capture efficiency	97 %	Maximum RF power	25 kW

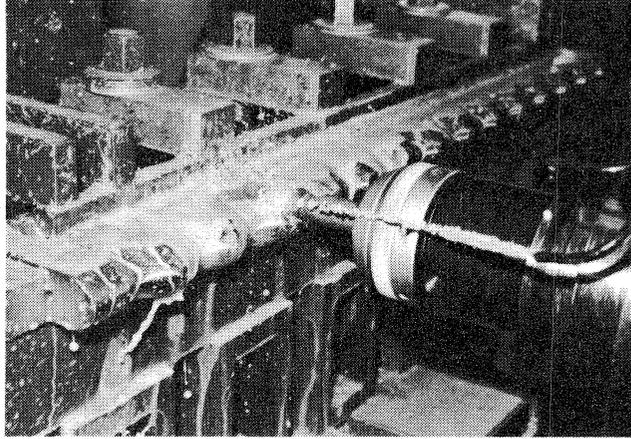


图 2

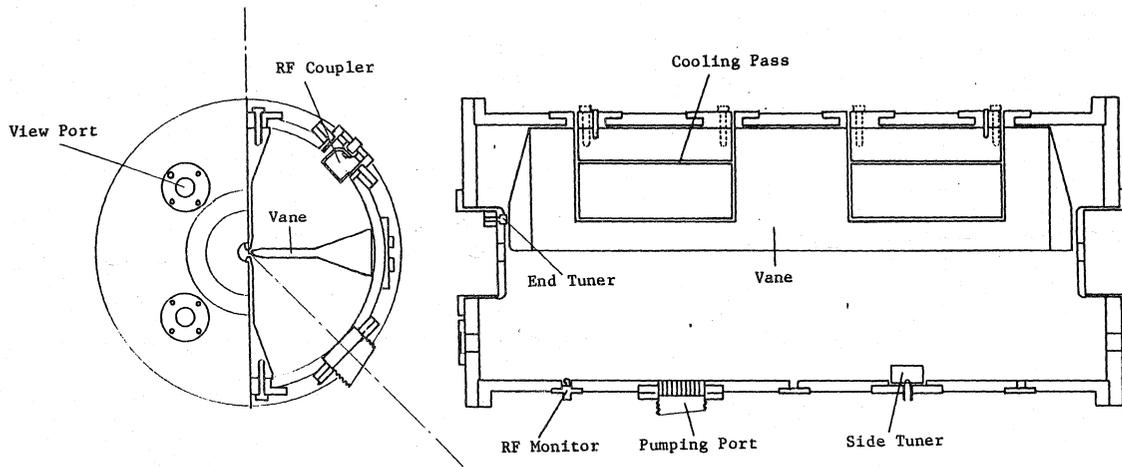


图 3