

Acceleration Test on the INS RFQ Linac 'LITL'

N. Ueda, S. Arai, T. Nakanishi, T. Fukushima, S. Yamada, N. Tokuda
T. Hattori, Y. Sakurada, T. Ohshiro, T. Yamazaki, N. Yamazaki
T. Homma, T. Hori, A. Itano*, M. Takanaka and A. Mizobuchi
Institute for Nuclear Study, University of Tokyo
* National Institute of Radiological Sciences

ABSTRACT

An RFQ Linac 'LITL' has been constructed. Preliminary results are given on the rf measurements and acceleration test. The machine accelerates particles with charge to mass ratio of 1/7 from 5 to 138 keV/u in the vane length of 122 cm on the design. The acceleration cavity of four vane structure is 56 cm in diameter and 138 cm long. Sufficient mode separation and uniform field have been obtained with a single loop coupler. Ion beams of H^+ , H_2^+ and $^3He^+$ have been accelerated successfully. An rf power of 4.7 kW at 99.5 MHz has been fed to the cavity for the acceleration of $^3He^+$.

1. はじめに

RFQライナックは低速領域での大ビーム電流加速に適した構造であるとともに有効なバンチャーとして機能することが近年、明らかにされてきた。^{1,2)} しかしながら、重イオン加速の際には、横方向の収束力と、製作上可能なセル長の下限とから、低い運転周波数が要求され、加速空洞の直径も大きなものとなる。たとえば、加速粒子の電荷質量数比 q/A が $1/7$ の場合には、100 MHz程度が適当である。重イオン加速器としての実用化をめざして、構造・製法、rf電力の供給法、周波数・電場分布の調整法などについて、研究・開発を行うために、重イオン用RFQテスト・ライナックが建設された。5 keV/u で入射された $q/A \geq 1/7$ の粒子 (H^+ , ..., $^7Li^+$, N^{2+} ...) が 138 keV/u まで加速されるように設計され 'LITL' (Lithium Ion Test Linac) と名づけられている。^{3,4,5)} LITLの設計上のパラメータを Table 1 に示す。これまでに行われた rf 特性の測定、 H^+ , H_2^+ , $^3He^+$ を用いて行われた加速特性の予備テストについて報告する。

2. 加速空洞・rfシステム

加速空洞は4ベーン・タイプで、直径56 cm、長さ138 cmである (Fig. 1)。タンク断面形状はベーンの4回対称面での TE₂₁₀ モードの周波数が 100 MHz となるように、SUPERFISHを用いて定めた。ベーンは無酸素銅製でモジュレーションはNCミリング・マシニングにより 30 μ m の精度で加工した。円筒は軟鋼で製作しシアン化銅溶液を用いて 200 μ m の銅メッキを施した。空洞の両端には各ベーンに対向して8個の容量性のエンド・チューナーがおかれている。また、側面から周波数調整用の4個のサイド・チューナーが挿入されている。最大25 kW (CW) のrf電力が、空洞側面に設けたひとつのカプラー・ループを通じて供給される。電力増中巻の最終段には、4極管 Eimac 4CW25,000 が用いられている。加速空洞は側面から 500 l/s の分子ポンプ1台による排気され、加速テストの際の真空圧は 2×10^{-7} Torrであった。ベーンは 100 μ m 以内の精度で設定されている。

3. 高周波特性

エンド・チューナーの調整により、電場分布は軸方向にそつては±3%以内の平坦性をもつた。また、4つのチエンバー内の磁場の対称性からのはずれは±2%以内となつた。rf オプラー・ルーフは50 Ωのワイヤー・ラインにマッチングするように面積・角度を定めた。このとき、加速に使用されるTE210モードの周波数は99.58 MHz、最も近いTE110モードの周波数は101.60 MHzで、その差は約2 MHzあり運転上、全く問題はない。Q値は10,600でSUPERFISHによる理論値の60%であつた。この理論値は同一断面の無限長の空洞に対するもので、エンド部での損失、真空排気孔、rf モニター孔による損失、コンタクト部での損失を無視して計算したものである。

4. 加速テスト

テスト・スタンドの写真がFig. 2に示されている。デュオプラズマトロンから5 keV/u で引き出されたイオンはギャップ・レンズ、アイソツェル・レンズによって収束され加速空洞に入射される。加速された粒子はQマグネット・トリプレットにより収束され、回転半径40 cm、偏向角90°の分析マグネットによって運動量が測定される。加速されたH⁺, H₂⁺, 3He⁺ のスペクトルをFig. 3に示す。Figs. 4, 5にそれぞれ rf 電力を変化させたとき、入射電圧を変化させたときの加速粒子のビーム電流値を示す。このテストの時点では入射側のイオン種振分け用のマグネット、位相空間におけるマッチング用の収束系はまだ組みこまれていないが、これまで得た結果は計算機によるビームダイナミックスのシミレーションと一致している。

5. おわりに

これまでのテストの結果、安定なビーム加速に必要な一様な電場分布とモード・セパレーションがひとつのルーフ・オプラーによつても得られることが実証された。加速空洞の組立て精度、Q値、また、加速粒子のエネルギー、高周波電力も計画値のとおりであつた。

謝辞

LITLの加速空洞は東芝顕見工場において製作されました。

References

- 1) I. H. Kapchinskii and N. V. Teplyakov, IEEE Trans. on Nucl. Sci., NS-26, No. 3 (1979).
- 2) K. R. Crandall et al., Proc. 1979 Linear Acc. Conf., Montauk, NY.
- 3) N. Ueda et al., Proc. 1981 Linear Acc. Conf., Santa Fe, NM.
- 4) N. Tokuda et al., Proc. 1981 Meeting on Linear Acc. in Japan.
- 5) S. Arai et al., ibid.

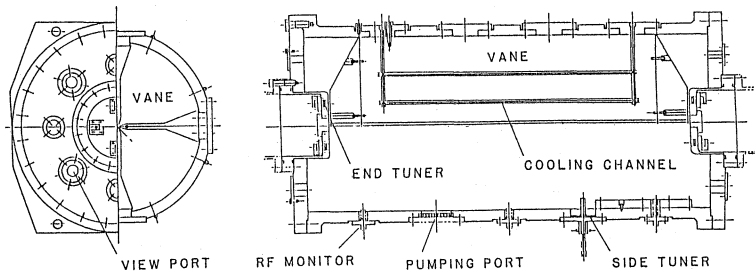


Fig. 1 Schematic drawing of the acceleration cavity of LITL.

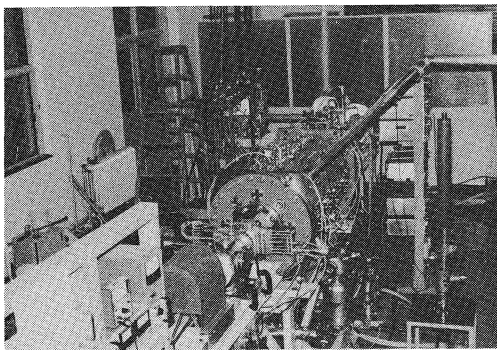


Fig. 2 LITL test stand.

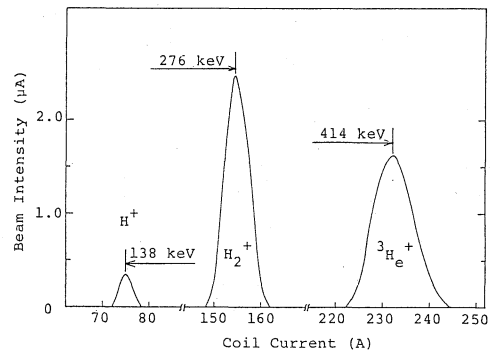


Fig. 3 Beam intensities of the accelerated H^+ , H_2^+ , $^3He^+$ vs. the coil current of the analyzer magnet.

Table 1 INS RFQ LINAC 'LITL'

ACCELERATED IONS	$Q/A \geq 1/7$ (H^+ , $^3He^+$, $^4He^+$, $^7Li^+$)
FREQUENCY	100 MHz
VANE	CONSTANT AVERAGE RADIUS TYPE ($r_0 = 4.1$ mm)
MINIMUM APERTURE RADIUS	2.5 mm
VANE LENGTH	121 cm (132 cells includ. 12 cell of R.M.S.)
TANK LENGTH	138 cm
TANK DIAMETER	56 cm
INTERVANE VOLTAGE	62 kV FOR $q/A = 1/7$
MAXIMUM RF POWER	25 kW
DUTY FACTOR	100 %
INPUT ENERGY	5 keV/u
OUTPUT ENERGY	138 keV/u
TRANSMISSION EFFICIENCY	97 % FOR LOW INTENSITY BEAM 85 % FOR 5 mA $q/A = 1/7$ BEAM ($\epsilon_n = 0.6 \pi$ mm·mrad)

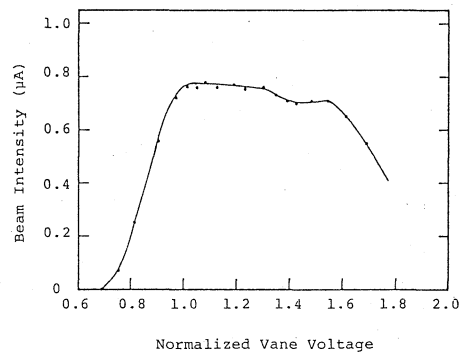


Fig. 4 Beam intensity of the accelerated H_2^+ vs. the intervane voltage.

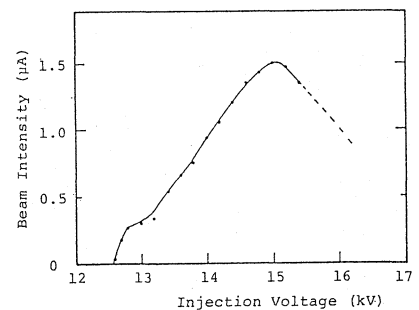


Fig. 5 Beam intensity of the accelerated $^3He^+$ vs. the injection energy.