

[A16p04]

## Acceleration test of TIT-IHQ Linac

ITO Takashi, HAYASHIZAKI Noriyosu, SASA Kimikazu, E. Osvath, H. Shübert and HATTORI Toshiyuki

Research Laboratory for Nuclear Reactors, Tokyo Institute of Technology, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan,

Institute of Physics and Nuclear Engineering "Horia Hulubei", P. O. Box MG-6 76900, Bucharest, Magrele, Romania

HIS, St. Ottilien Str. 17A, D-82299, Türkenfeld, Germany

### Abstract

At Tokyo Institute of Technology, an IHQ linac has been developed for application to heavy ion irradiation. This linac accelerates particles with charge to mass ratio greater than 1/16 from 21.8 up to 145 keV/u and focus the particles with finger tips on the drift tubes. Measured shunt impedance is 210 M $\Omega$ /m and the required power is 93W (for H<sup>+</sup>).

## 東京工業大学IHQリニアックの加速試験

### 1. 序論

現在、加速器は様々な分野で広く利用されている。放射線による癌治療やイオン注入などはその一例である。産業での加速器利用では、従来、静電型加速器やサイクロトロンが多く用いられてきたが、利用されるイオン種は多種多様になり、例えば質量数が大きい粒子を高エネルギーまで加速する場合、放電や設置スペースの問題から実用的な利用が不可能な場合もある。これらの問題点を解決するために高周波を用いた線形加速器の利用が考えられる。

RFQ(Radio Frequency Quadrupole)リニアックはその代表である[1]。RFQ リニアックは、粒子の速度に関係なく粒子の集束を行うので、低エネルギーから粒子を効率よく加速することができること、また重イオンの加速に適していることから、イオン注入の分野などでその利用が試みられ注目を集めている。

上記の様な長所があるRFQ リニアックは、一方で電力効率が低いという欠点も持ち合わせている。そこで東京工業大学では、低エネルギー領域において他の線形加速器と比較して非常に高い電力効率をもつ IH 型線形加速器に集束用のフィンガーを取り付けた、重イオン照射用 IHQ (Interdigital-H Quadrupole) リニアックの利用を考え、その開発を行ってきた[2][3]。表1は本加速器のパラメータである。

表1. IHQ リニアックのパラメーター

入射エネルギー	21.8 [keV]
出射エネルギー	145 [keV]
運転周波数	36.18 [MHz]
セル数	10
全セル長	52.84 [cm]
空洞長	104 [cm]
空洞直径	200 [cm]

本加速器は、今年3月に初加速に成功し、現在加速特性試験を行っている。

## 2. シャントインピーダンス及び電力

図1に摂動法で測定した電界分布を示す。測定には半径1.01mmのアルミニウム球を用いた。

シャントインピーダンスを次式から求める。

$$Z_s = \frac{1}{2\pi r^3 \epsilon_0 \omega L_t} \sqrt{\Delta\alpha} dz \quad (1)$$

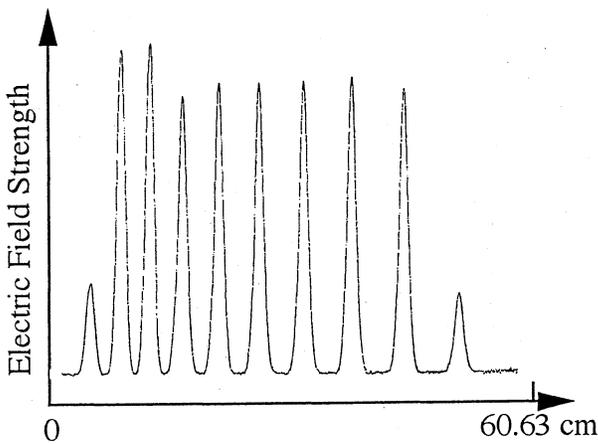


図1. 電界分布

式(1)で  $Z_s$  はシャントインピーダンス、 $r$  はアルミニウム球の半径、 $\epsilon_0$  は真空の誘電率、 $\omega$  は共振角周波数、 $L_t$  は空洞長、 $\Delta\alpha$  は共振周波数からのずれ、 $z$  は加速軸方向での位置である。

測定の結果から得られたシャントインピーダンスは約187であり、 $H^+$ を加速する場合に必要な電力は104.7Wとなった。

## 3. RF パワーと出射エネルギー

TIT-IHQの全体図を図2に示す。イオン源から引き出された粒子はアインツェルレンズ、静電Qレンズを通り、IHQリニアックへ入射される。加速された後、静電Q、分析電磁石を通った後測定される。

今回の実験では加速粒子として  $H^+$  を用いた。図3にイオン源から引き出された  $H^+$  のスペクトル及び投入電力が83Wの時のスペクトルを示す。引き出し電圧は21.8kVである。出射エネルギーは145keVで設計値とほぼ一致している。

加速電圧と出射エネルギーの関係を図4に示す。計算値では設計値の電圧を1として、また、実験から得られたデータでは投入RFパワーが84Wの時の1として規格化してある。

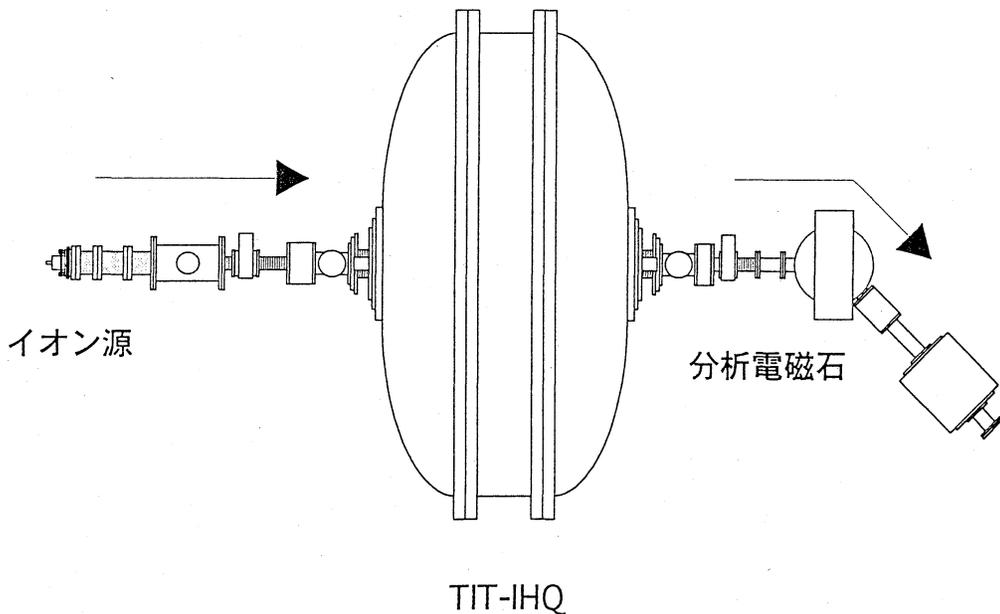


図2 TIT-IHQ 全体図

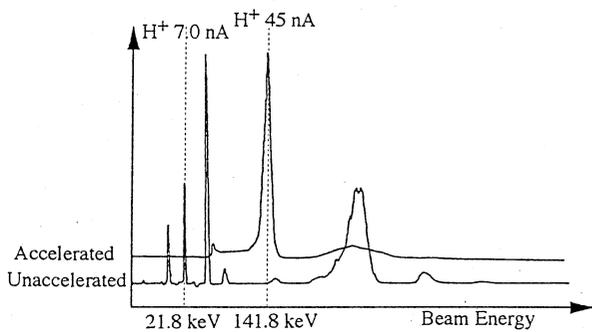


図 3. 加速粒子のスペクトル

計算値と実験値は同じ傾向を示しており、ほぼ設計通りに加速されていることが分かる。また、設計通りの加速電圧をかけるためには、およそ 93W の RF パワーが必要であることが分かる。このことから、実効シャントインピーダンスは 210.6 MΩ/m となる。この値は低電力試験の値とは異なっているが、これは、空洞を真空に引いたことでタンクのコンタクトが改善されたこと、エージングによってタンク内表面がきれいになったためと考えられる。

#### 4. まとめ

東京工業大学で開発を行ってきた TIT-IHQ リニアックが 98 年 3 月初加速に成功し、その後加速特性試験を行ってきた。

加速後の粒子のエネルギーは、設計段階での計算値と良く一致していた。また、加速データから得られた実効シャントインピーダンスは 210.6 MΩ/m であり、この時の電力は 93W であった。

#### 参考文献

- [1] H. Vormann, U. Beisel, O. Engels, D. Li A. Schempp, Nucl. Instr. and Meth. B 113(1996)38-41.
- [2] T. Ito, S. Yamaki, M. Okamura, K. Sasa, H. Schubert, T. Hattori, Nucl. Instr. and Meth. B 113(1996) 46-49.
- [3] T. Ito, K. Sasa, N. Hayashizaki, T. Yoshida, K. Isokawa, S. Majima, T. Hattori, Proceedings of the 21st Linear Acc. Meeting in Japan, 1996, pp. 275-277.

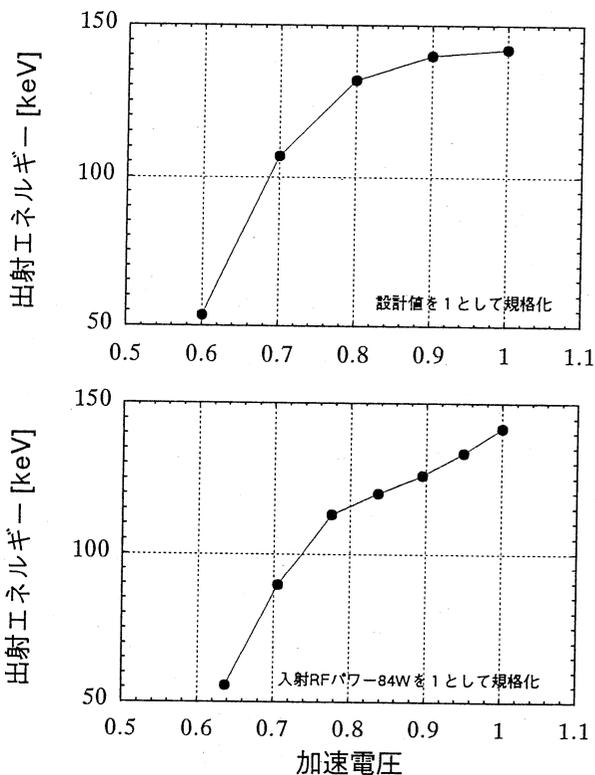


図 4. 加速電圧と出射エネルギー