

[P 1-12]

The Study of IH Linac for High-Gradient Acceleration

K. Isokawa, T. Hattori, S. Majima, S. Yamada^{A)}

Research Laboratory for Nuclear Reactors Tokyo Institute of Technology

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

National Institute of Radiological Sciences^{A)}

4-9-1 Anakagawa, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba-ken, 263, Japan

Abstract

We have studied an Interdigital-H type linac structure for application in medicine and heavy ion inertial fusion (HIF), at Tokyo Institute of Technology (TIT). We thought to adopt alternative phase focus (APF) and give the voltage that is over Kilpatrick limit between the drift tubes. The calculated results of particle dynamics are showed that the transverse acceptance and acceleration rate of this linac are $109 \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ and 6 MV/m , respectively. The linac is able to accelerate particles with a charge to mass ratio (q/A) greater than $1/16$ from 219 keV/amu up to 600 keV/amu .

高加速率 I H 型線形加速器に関する研究

1. はじめに

1980～90年代に進歩し実用化されてきたIH型加速構造は、アルバレ型やRFQ型に比較して、5～10倍の電力効率を持つことが実証されてきた。[1-5]そこで、低中エネルギー領域で、高電力効率を持つIH型加速構造を利用して、現在より数倍高加速率の線形加速器を検討した。

低中エネルギーで、現在より数倍高い加速率を持つ線形加速器が実用化すれば、医療産業、その他への波及は大きいものがある。例えば、ガン治療用の大型の入射重イオン線形加速器を、小型、小電力で安定性のあるIH型で実用化をすることが可能である。また、重イオン慣性核融合(HIF)の重イオン線形加速器は現在の計算では、数km～10kmの長大なものであるが、これを使えば1～

2kmにすることが可能であり、HIFの実現性が大きくなる。

これらの将来性を考慮し、高電圧、安定性試験用の高加速率IH型線形加速空洞を検討した。単純なテスト空洞ではなく、現在我々が持っている重イオンRFQ型線形加速器(TIT-RFQ)出射の重イオンを加速するのを仮定して、できるだけ高電力効率で、高加速率のIH型線形加速器を検討している。今回、高電力効率実現のために、Alternative Phase Focus(APF)収束による、軌道計算を行った。

ここでは、その軌道計算の結果と今後の予定を述べる。

2. Kilpatrick限界とギャップ間電圧

RFQ線形加速器や超伝導加速空洞におい

て高周波放電の限界が検討され、Kilpatrick
限界の2～3倍の電圧が安定してかけられる
ことが真空、電極表面等の進歩によって証明
された。しかし、通常のドリフトチューブ型
線形加速器のドリフトチューブ間の加速電圧
は、最初にAlvarezが建設したアルバレ型線
形加速器より低下する傾向があった。

R F Q型線形加速器では、電極間電圧を上
げることは、加速電流、加速効率を上げるた
めに非常に重要であるため、放電限界に関す
る研究が各種行われてきた。しかし、ドリフ
トチューブ型では、ドリフトチューブの
ギャップ間に、Kilpatrick限界の1倍程度も
電圧がかかっていない。ドリフトチューブ端
の曲面による、電界の増加を考慮する必要が
あるが、それを含めて、Kilpatrick限界の2
～3倍の電圧はかかると思われる。また、こ
れは、電極表面の処理技術や、TiNなどの電
子放出の少ない物質によるコーティングによ
り、可能となる。

しかし、通常のドリフトチューブ型に高加
速が試みられなかったのは、加速電圧を2～
3倍に上げると、必要電力（パワー）が5～
10倍を必要とし、空洞表面の冷却が困難で
あったからと思われる。高加速率の加速空洞
を実用化するには、通常、常温の加速空洞で
は、高電力効率の加速構造が必要である。

低中エネルギー領域で5～10倍の電力効
率を持つIH型加速構造は常温型で高加速率
を実現できる唯一の加速構造であると言えよ
う。そこで、高電力効率を積極的に利用する
高加速率IH型線形加速器について検討した。

3. 軌道計算

高加速率IH型線形加速器を設計するに当
たり、まず計算機を使い、軌道計算を行った。

Table1. Parameters of Accelerator

q/A	$\geq 1/16$
Input energy	219 keV/amu
Output Energy	600 keV/amu
Operation Frequency	81 MHz
Synchronous Phase	-90, -35, 35, 35, -35, -35, 35, 35, -35, ...
Number of Cell	18
Cavity Length	973 mm
Focusing Sequence (APF)	-35, 35, 35, -35, -35, ...
Transverse Acceptance	109π mm · mrad
Longitudinal Acceptance	50°
Acceleration Voltage	518 kV/Gap
Acceleration Rate	6 MV/m

Table 1に示すように、APFを採用し、
 $q/A \geq 1/16$ の粒子を219 keV/amuから600
keV/amuまで加速するよう、軌道計算を試み
た。APFを採用することにより、ドリフト
チューブ内に収束Q磁石を入れることを省き、
高電力効率を可能にするからである。ここで
は、-35, 35, 35, -35, -35, 35, 35, ...とい
うAPFを採用し、初めに-90を入れ、-90, -
35, 35, 35, -35, -35, 35, 35, ...とすること
により、ビームをバンチさせるようにした。

また、セル数を18とし加速器長を1000mm
以内に押さえるように計算した結果、全長は
973mmとなり、小型化の実現の可能性を示唆
した。

この計算の結果、Fig1に示すように、入射
位相が -160° から -50° までのビームをアクセ
プトでき、 -110° から -60° までのトランス
バース方向のアクセプタンスはFig2に示すよ
うになり、その共通部は 109π mm · mradと
なった。

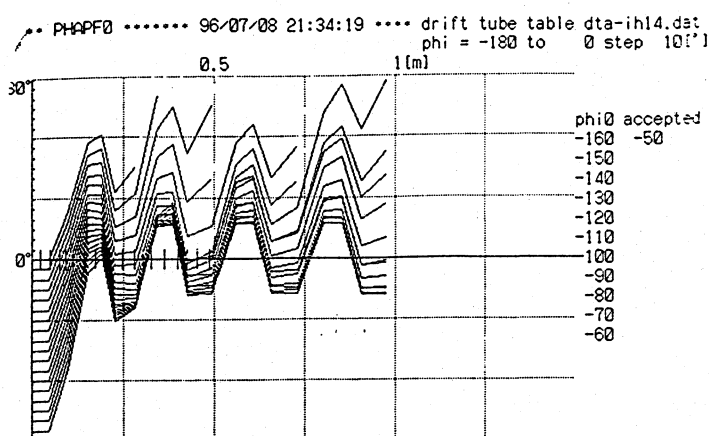


Fig1 Phase oscillation

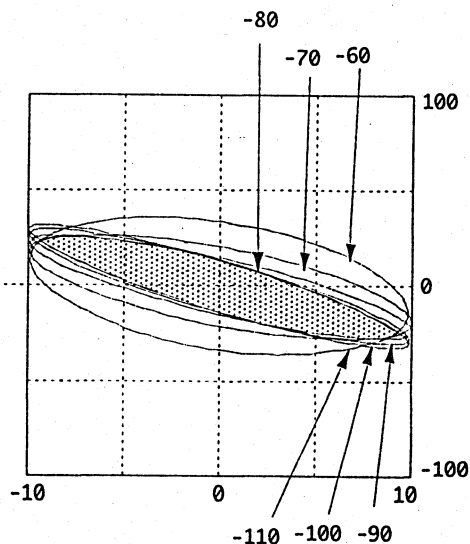


Fig2 Transverse acceptance

4. まとめ

A P Fを採用することにより、高加速率 I H型線形加速器の製作を検討し、軌道計算を行った。その計算結果は、トランスバース方向のアクセプタンス $109\pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$ 、ロンギチューディナル方向は 50° となり、加速率 6MV/m の I H型線形加速器となることを示した。

5. 今後の予定

今後、軌道計算の結果を元に1/2スケールモデルを完成させ、その I H空洞共振器の高周波特性をテスト空洞に反映させる。

高電圧放電、安定度、テスト空洞では、ドリフトチューブの電極の大きさ、電極端のカーブ等を変えて、試験することと、電極表面をTiN等の電子放出の少ない物質をコーティングして、テストすることを考えている。

そして、この高加速率加速空洞の可能性と放電限界についてのデータが得られるであろう。

6. 参考文献

- 1) U.Ratzinger, Proc.1990 Int. Conf. on Linear Accelerators, Albuquerque ,NM,LA-12004-C1990, pp.525-529
- 2) T.Hattori K.Sato, H.Suzuki, Y.Oguri, E.Arai, Proc. 1986 Int. Conf. on Linear Accelerators, Stanford, CA 1986, pp.377-379,
- 3) T.Hattori, A.Okamura, H.Muto, H.Suzuki, T.Fukushima and N.Ueda, Proc. IEEE 1989 Particle Accelerator Conference, Chicago, IL, CH2669-0, 1989, pp.
- 4) T.Hattori, M.Okamura, Y.Oguri, K.Sasa, T.Ito, M.Okada, T.Nakamura, H.Schubert, H.Morinaga, D.Dudu, G.Pascovici, E.Ivanof, S.Ymaki, Y.Shida, T.Fujisawa, S.Seki and K.Furono, Nucl. Instrum. Methos B99 (1995) 807-809.
- 5) U.Ratzinger, Proc. IEEE 1991 Particle Accelerator Conf., 91CH3038-7, 1991, pp. 547-571.