

[P 1–10]

Development of IHQ Linac for Heavy Ion Implantation

ITO Takashi, SASA Kimikazu, HAYASHIZAKI Noriyosu, YOSHIDA Takuji, ISOKAWA Katushi, MAJIMA Satoshi
and HATTORI Toshiyuki

Research Laboratory for Nuclear Reactors (RLNR), Tokyo Institute of Technology (TIT)
2-12-1, O-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152, Japan

Abstract

An interdigital-H type Quadrupole (IHQ) linac for industrial application has been studied. The linac accelerates the particles from 15 to 100 keV/u (design value). By using a pre-buncher, the transmission has increased. The results of model cavity test showed that the effect of quadrupole field for measurement of distribution of the gap voltages is negligible.

重イオン照射用 IHQ 型線形加速器の開発

1. はじめに

重イオン加速器技術は、工業、医療等の実用的な分野での利用が期待されている。これらの分野には、従来、静電型加速器やサイクロロンが用いられてきた。しかしながら、線形加速器、特に RFQ (Radio Frequency Quadrupole) 型線形加速器が研究・開発され、イオン注入用加速器として利用されつつある[1, 2]。RFQ 型線形加速器は低エネルギー加速に適しているが、加速効率が悪いという欠点を持つ。この問題を解決するために、我々は他の線形加速器と比較して、加速電力効率の非常に優れた IH (Interdigital-H) 型線形加速器を実用的な分野で用いることを考え、そのドリフトチューブに粒子の収束を行うためのフィンガーを取り付けた、[3-10] 実用 IHQ (Interdigital-H Quadrupole) 型線形加速器の開発を行っている。[11,12]

本加速器には以下のような特徴がある。

- ① 他の線形加速器と比較して、加速効率・加速電力効率が優れている
- ② 加速粒子の出射エネルギー可変性
- ③ ドリフトチューブにフィンガーを付けたことによる RFQ 収束

今回は、最近の軌道計算の結果、モデル

テストの結果及び現状について報告する。

2. 軌道計算の結果

本加速器は半導体製造での利用を考慮し、加速器に投入する電力を変化させることで、粒子の出射エネルギーに可変性を持たせている。一般的に、ドリフトチューブリニアックはセル長が一定であるので、ギャップ電圧が変化するとそのセル長は適切な長さからずれてしまう。従って、セル数が多くなると粒子は次第に失われてしまうため、出射エネルギーに可変性を持たせることはできない。そこで我々は、ギャップ数を少なくすることで過度の粒子損失をなくし、粒子の出射エネルギーに可変性を可能にした (30~100keV/u)。表 1 に設計パラメータを示す。

軌道計算は、フィンガーを用いる場合と用いない場合の各々で行った。その結果は、設計電圧の 0.5 倍から 1.0 倍の間でギャップ電圧を変化させたときの透過効率は約 15%~25% (フィンガーあり)、及び 5%~40% (フィンガーなし) であった[13]。

表1 設計パラメータ

Charge-to-mass ratio	≥1/16	
Operating frequency	30	[MHz]
Input Energy	15	[keV/u]
Output energy	100	[keV/u]
Maximum gap voltage	214	[kV]
Cavity length	104	[cm]
Cavity diameter	200	[cm]
Bore radius	14	[mm]
Gap length	20, 28	[mm]

ギャップ間電圧が低い時には入射時にフィンガーによる発散力が働かないのでフィンガーを用いない場合のほうが透過効率が高いこと、また全体の透過効率を上げることを考え、加速器への入射前にバンチャーを用いた場合の計算を行った。バンチャーの有無による透過効率を図1に示す。

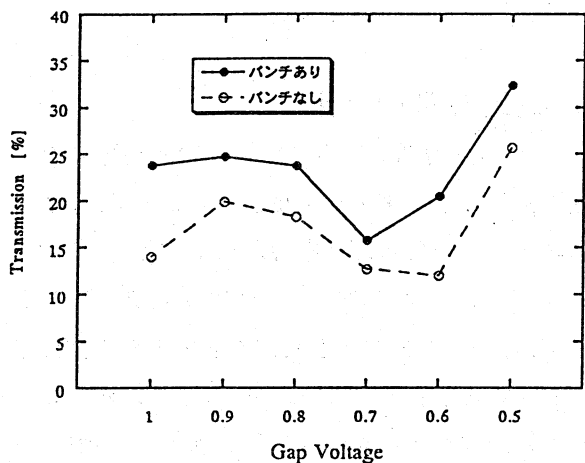


図1 透過効率

バンチャーを用いて入射位相を2/3に圧縮することで、透過効率は最大7割程度向上する。さらに、バンチャーで、入射位相を30度に圧縮すれば、透過効率はほぼ50%にするこも可能である。

3. モデル空洞テスト

本加速器の設計の際、加速ギャップの電圧分布を最適化・決定するためにモデル空洞試験行

った。電圧分布の測定はアクリル棒を用いた perturbation method で行ったが[3]、本加速器の加速ギャップ長は2種類あり（ギャップ1～3：20mm、ギャップ4～10：28mm）、フィンガーによる四重極成分の影響が2種類のギャップで異なることが考えられる。そこで、四重極成分の影響がより小さいと考えられる、直径2.4mmの真鍮の球を用いた bead pull method を行い、比較を行った。図2に bead pull method の結果を示す。

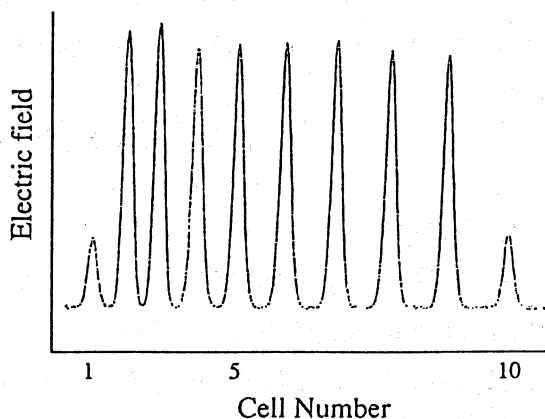


図2 電圧分布

この測定の結果から得られた電圧分布と以前に行った perturbation method の結果を比較したところ、際立った違いは見られなかった。従って、本加速器で採用したギャップ長による四重極成分の影響の差は、非常に小さいものであると言える。

4. まとめ及び今後の予定

工業利用に適した IHQ 型線形加速器の開発を目指し、軌道計算、モデルテストを行い実機的设计を行った。軌道計算では出射エネルギーの可変性の可能性を示し(30~100keV/u) また、バンチャーを用いることにより粒子の透過効率が十分に向上することを示した。

またモデルテストでは、2通りの測定法

により、加速電場測定における四重極電場の影響は非常に小さいものであることを示した。

現在実機を製作中であり、完成の後、電界分布測定、加速特性試験等を行う予定である。

参考文献

- [1] Proc. 1992 Linear Accelerator Conf. 766, H. Fujisawa, M. Tamada, Y. Iwashita, A. Noda, and M. Inoue.
- [2] Nucl. Instr. and Meth. B68 (1992) 36, A. Schempp and H. Deitinghoff.
- [3] Development of IH-SF(Self-Focusing),Type Linac Proc. 10th Linear Accelerator Meeting, 10(1985)102, T.Hattori, H.Suzuki and H.Kinoshita.
- [4] Development of IHQ Linac(α U), Proc. 11th Linear Accelerator Meeting, 11(1986)116, T.Hattori, H.Suzuki, H.Kinoshita and S.Kamohara.
- [5] Development of IHQ Linac (α V) -2MeV proton Prototype Linac-, Proc. 12th Linear Accelerator Meeting, 12(1987)101, H.Suzuki, T.Hattori, H.Muto and T.Fukushima.
- [6] Development of IHQ Linac (α V) -2MeV proton Prototype Linac-, Proc. 12th Linear Accelerator Meeting, 12(1987)101, H.Suzuki, T.Hattori, H.Muto and T.Fukushima.
- [7] Development of IHQ -2MeV Proton Prototype Linac-, Proc. of 6th Symposium Accelerator Science and Technology, Tokyo, 6(1987)101, T.Hattori, H.Suzuki and T.Fukushima.
- [8] Development of a new IHQ Linac (2MeV Proton Prototype Linac), Proc. 1989 IEEE Particle Accelerator Conference, Chicago, USA, CH2669-0(1989)944-946, T.Hattori, H.Muto, H.Suzuki, T.Fukushima and N.Ueda.
- [9] Development of IHQ Linac(α X)(Acceleration Test of 2MeV Prototype Linac), Proc. 14th Linear Accelerator Meeting, 14(1989)94, T.Hattori, M.Okamura, H.Muto, H.Suzuki, T.Fukushima and N.Ueda.
- [10] ACCELERATION TEST OF 2MeV PROTON PROTOTYPE NEW IHQ LINAC, Proc. of 7th Symposium Accelerator Science and Technology, 7(1989)86, T.Hattori, M.Okamura, H.Muto, H.Suzuki, T.Fukushima and N.Ueda.
- [11] Design Study of IHQ type Linac for Heavy Ion Implantation, Proc. 17th Linear Accelerator Meeting, 17(1992)243-245, T.Hattori, Y.Oguri, M.Okamura, Y.Takahashi, K.Takeuchi, T.Aida and K.Sasa
- [12] Study of an IHQ linac for Heavy Ion Implantation (II), Proc. 19th Linear Accelerator Meeting, Tokai JAERI-Conf 94-00319(1994)187-189., T.Itou, Y.Oguri, M.Okamura, K.Sasa, M.Okada, M.Katayose, H.Tomizawa, T.Nakamura, S.Yamaki and T.Hattori.
- [13] Nucl. Instr. and Meth. B113 (1996) 46-49, T. Ito, S. Yamaki, M. Okamura, K. Sasa, H. Schubert and T. Hattori.