

[P7-08]

The 2 MeV APF-IH Linac for PIXE and RBS Analysis

T.Hattori, K.Isokawa^{A)}, S.Matsui, H.Tomizawa, N.Hayashizaki, T.Yoshida, T.Hata, Y.Takahashi,
K.Kashiwagi, K.Sasa, T.Ito^{B)}, K.Kawasaki^{C)}, T.Nizeki^{D)}, E.Osvath^{E)}, and D.Dudu^{E)}

Research Laboratory for Nuclear Reactors Tokyo Institute of Technology
2-12-1 Oh-okayama, Meguro-ku, Tokyo, 152-8550, Japan

A) Toshiba, Ltd.,

B) Japan Atomic Energy Research Institute

C) Department of Physics, Faculty of Science, Tokyo Institute of Technology,

D) Faculty of Home Economic, Tokyo Kasei University,

E) Institute of Physics and Nuclear Engineering, Romania,

Abstract :

We are studying a heavy-ion IH linear accelerator for PIXE and RBS analysis. The compact IH linac was designed to accelerate proton from 50 keV to 2 MeV with an APF(Alternating Phase Focus) and an operation frequency of 100 MHz. The geometrical dimension of the cavity is 65 cm in inner diameter and 1.5 m in length. We make a 1/2 scale model cavity of this linac by numerical orbit calculation and measure its RF characteristics. The system of PIXE and RBS analysis was designed small space $2 \times 3 \text{ m}^2$.

2 MeV APF-IH 線形加速器(PIXE &RBS用)の研究

1.はじめに

PIXE法は環境汚染物質や廃棄物を非破壊、少量試料でほぼ全ての元素分析が高精度で同時に短時間で測定可能である。1-2) そのため大部分の放出規制物質の元素濃度分析を短時間に決定可能である。現在PIXE分析に使用されている陽子を発生する静電加速器やサイクロトロンは非常に大きく、価格も高価であるため、PIXE分析はそれほど普及していない。

基礎研究用に開発されてきたIH型線形加速器は他の線形加速器に比べて5~10倍電力効率の高い加速器である。3-5) そこでこのIH構造を積極的に利用した、高加速率で小型のPIXEやRBS分析用の実用型線形加速器の研究を開始した。Alternating Phase Focusing (APF) によるIH型線

形加速器を設計したので報告する。

2.小型実用機へのアプローチ

一般的線形加速器ではビーム強度が大きく、低エネルギーでは粒子間に空間電荷効果によりビームが発散する。そのためアルバレ型やIH型ではトランスバース収束のために4重極磁石が挿入されている。一方PIXEやRBS法に必要な陽子電流量は十数 μA で十分であり、特にPIXE法では1 μA 以下数十nAで十分である。そのため空間電荷効果は問題がなくなり収束力の弱いAPF方式での加速が可能と思われ、そこでAPF収束のIH型構造による加速を考え検討した。その結果陽子を50keVから2MeVまで十分に加速できることが粒子シミュレーションで判明した。

表-1 2 MeV APF-IH型線形加速器の設計パラメータ

Acceleration Particle	p
Input Energy	50 keV
Output Energy	2.0 MeV
Operation Frequency	100 MHz
Synchronous Phase	-90°, -30°, 30°, 30°, -30°, -30°
Number of Cell	22
Cavity Length	1.5 m
Cavity Diameter	65cm
Focusing Sequence	-30°, -30°, 30°, 30°
Transverse Acceptance	120 π mm \cdot mrad
Longitudinal Acceptance	30°
Transmission	60 % by Buncher
Acceleration Voltage/Gap	30-200 kV
Acceleration Rate	1.3 MV/m
Effective Shunt Impedance	350 M Ω /m
RF Power	10 kW

十分な位相アクアエプタンスを上げることが可能である。主要パラメータを表1に示す。よりトランスバースアクセプタンスの大きい解を現在シミュレーション中である。

実際の加速空洞は直径65cm，長さ1.5mと予想され，必要高周波電力は10kW程度である。非常に小型で陽子を2MeVまで加速する省電力型の実用機が設計できた。

3. PIXE & RBS用

小型IH線形加速器の設計

これまで東工大で研究されてきた，高加速率IH線形加速器(6-8)と同じ設計方法で，陽子を50keVから2MeVまで加速する小型の線形加速器を設計した。設計方法は

①粒子の収束はAPFを使って各種位相を変えた軌道計算をおこなう。

②加速電圧はセル長に従って電圧が増加する電圧傾斜型の電圧分布を採用した。

③PIXE & RBS用専用加速器として，放射線発生装置としないため，加速電圧の偏りを抑え電子が加速されて放射線を発生しない設計とした。

シミュレーションの一例として，計算結果の位相振動を図1に示す。図2に-70°から-100°までのトランスバース・アクセプタンスを示す。これらの計算より位相アクセプタンスは30°，トランスバース・アクセプタンスは120 π mm \cdot mradであった。トランスバースはイオン源の規格エミッタンスを0.6 π mm \cdot mradとすれば，58 π であり十分アクセプト可能である。又バンチャーを付けることで

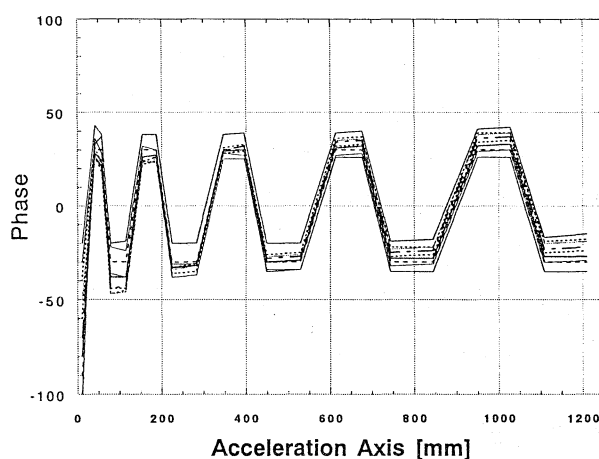


図-1 Phase Acceptance

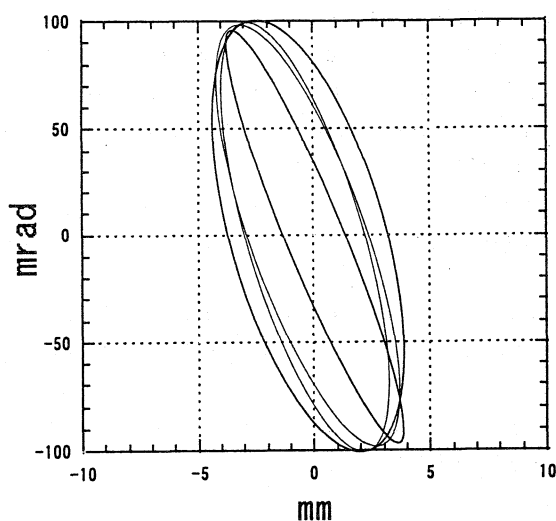


図-2 Transverse Acceptance of Phase

4.まとめと将来計画

PIXE & RBS分析用の2MeV陽子を加速するAPF-IH型線形加速器を設計することができた。加速空洞は直径65cm、長さ1.5mと予想され、必要高周波電力は10kW程度である。非常に小型で省電力型の実用機が設計できた。

PIXEとRBS分析用装置の全体の大きさは各種電源類を含めて、2×3mの面積に入ると思われる。床占有面積、必要電力パワー、価格等を考えると今後分析機器として一般に普及することが可能となろう。

今後の予定として1/2スケールモデルを製作して、電磁特性を測定し加速電圧の調整後、測定した高周波特性を基に実機を設計製作し、加速試験を行う。加速特性試験後さらにPIXE、RBS分析用のチェンバー、測定器を装備して、放射線発生装置としない分析装置として実際の実用研究に利用することを考えている。

参考文献

- 1) S.A.E.Johansson and T.B.Johansson, Nucl. Inst. Meth.,137(1976)473
- 2) T.Hattori, N.Fujita, T.Yoshida, H.Tomizawa, K.Kawasaki, M.Adachi and T.Nizeki, International Journal of PIXE (1999) in printing
- 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.944-946
- 4) U.Ratzinger, Proc. 1990 Int. Conf. On Linear Accelerators, Albuquerque NM, LA-12004-C, 1990,pp.525-529
- 5) T.Hattori, M.Okamura, Y.Oguri, K.Sasa, T.Ito, M.Okada, T.Nakamura, H.Schubert, H.Morinaga, D.Dudu, G.Pascovici, E.Ivanof, V.Zoran, S.Yamaki, Y.Shida, T.Fujisawa, S.Seki, and K.Furuno, Nucl. Inst. Meth. B99(1995)807-809

- 6) T.Hattori, K.Isokawa, H.Schubert, K.Sasa, T.Ito, H.Tomizawa, N.Hayashizaki, T.Yoshida, S.Majima, S.Yamada and S.Yamaki; Proc. LA. M. 21(1996)278-280.
- 7) 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.
- 8) T.Hattori, K.Isokawa, S.Matui, K.Sasa, T.Ito, T.Tomizawa, N.Hayashizaki, N.Sakamoto, T.Yoshida, S.Yamada, S.Yamaki, E.Osvath, D.Dudu and H.Schubert, Proc. 23rd Linear Accelerator Meeting, 23(1998)352-354
- 9) K.Isokawa, T.Hattori, S.Majima and S.Yamada: Proc. 21st Linear Accelerator Meeting, 21(1996)281-283.
- 10) K.Isokawa, T.Hattori, S.Majima and S.Yamada: Proc. 22nd Linear Accelerator Meeting, 22(1997)302-304.
- 11) K.Isokawa, T.Hattori, T.Ito, N.Hayashizaki, S.Majima and S.Yamada: Nucl. Inst. and Meth., A145(1998)287-290