

Development of IHQ Linac (II)

T.Hattori, H.Suzuki, H.Kinoshita and S.Kamohara

Research Laboratory for Nuclear Reactors

Tokyo Institute of Technology.

O-okayama, Meguroku, Tokyo 152, Japan

Abstract

Characteristics of an interdigital-H type linac structure with fingers electrode configuration (IHQ) are being studied. A prototype IHQ linac is designed to accelerate proton from 0.8 to 2.1 MeV.

1. はじめに

高加速電力効率のインターデジタルH構造に収束力の強い高周波四重極電場（フィンガー付ドリフトチューブ）を持たせ両者を組合わせて中エネルギー領域加速をねらったIHQ型線型加速器の開発研究を行なっている。東工大グループは研究方法として以下の順番でプログラムを進めている。

1. フィンガー付モデルIH共振空洞の製作
2. 四重極電場の磁石モデルによるシミュレーション、多重極磁場成分の測定、ギャップの磁場分布測定（加速・四重極）
3. モデル共振空洞による電場分布とシャントインピーダンス（ Z_s ）の測定
4. RFQ収束によるIHQ型の加速特性の解析的検討、シャントインピーダンス特性の検討
5. 数値解析による粒子の軌道計算
6. プロトタイプ加速器の1/2スケールモデルの設計製作と電場測定
7. 陽子加速プロトタイプIHQ-Linacの設計製作
8. 陽子加速，特性テスト

昨年は1～3ぐらいを報告、今回は4～6の中間ぐらいを本文で報告します。特に、陽子を0.8から2.1MeVまで加速するプロトタイプのIHQ-Linacの軌道解析、1/2スケールモデル等について述べる。

2. シャントインピーダンスの特性

加速、収束電場シミュレーション用磁石モデルの測定結果と基本モデルの共振器（等加速電圧型）の電場測定より、IHQ型線型加速器の横方向収束特性をマシュー方程式をつかって解析した。その結果、陽子から中重イオンまでを、0.5MeV/uから数10MeV/uまで安定に加速できることが分った。このことは又、以下で述べる数値解析による軌道計算により確認できた。そこで、中エネルギー領域におけるIHQ線型加速器のシャントインピーダンス（ Z_s ）を、基本モデル共振器の Z_s 測定データを使って、Alvarez型と比較したのが図1である。数MeV領域の Z_s を200MeVまで外そうした粗いデータであるが、約100MeVまでは確実に Z_s が高いことがわかる。

このことは、中エネルギー領域に、Alvarez型以外の高性能のIHQ型構造が誕生したと言える。

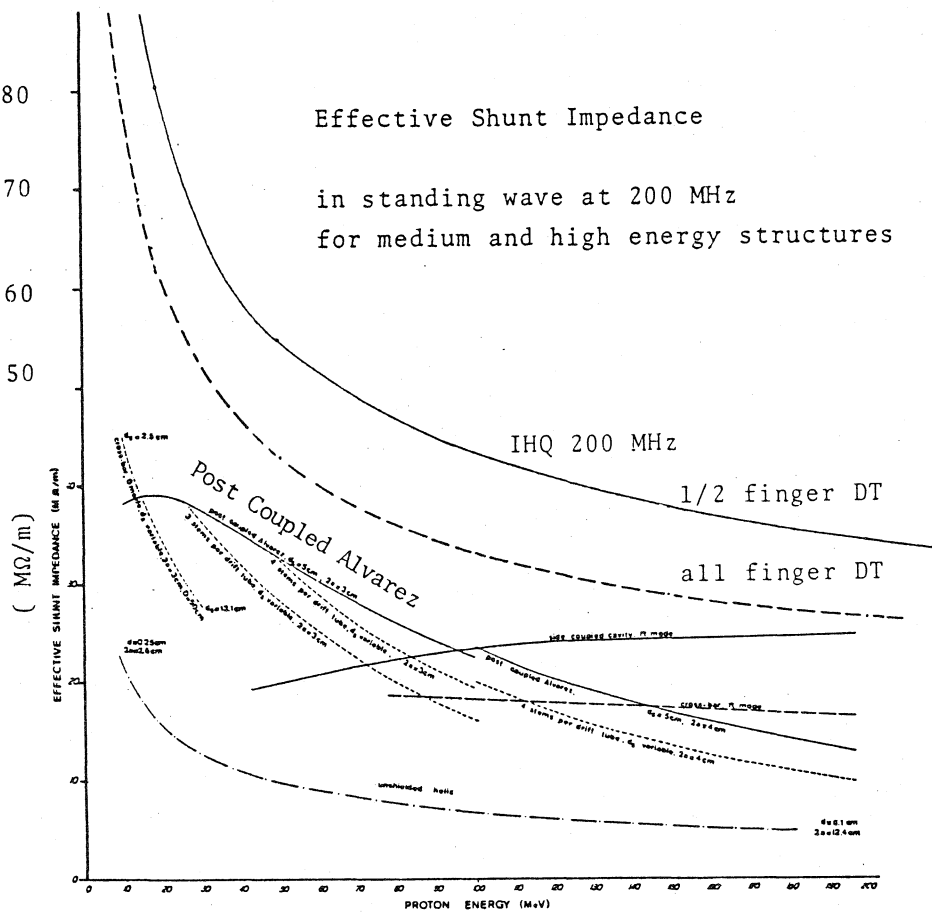


Fig. 58. Effective shunt impedance in standing wave at 200 MHz, for medium and high energy structures. For the helix, d is the wire diameter and $2a$ is the average helix diameter. For the other structures, d_s is the stem diameter, $2r$ is the diameter of the drift tube hole, and D is the inner diameter of the outer cylinder.

図1. 各加速構造に対する実効シャントインピーダンス

3. 陽子加速用 IHQ 線型加速器

低レベル高周波測定で得られたデータの実証、すなわち IHQ 型構造が、中エネルギー領域で高性能であることを実証するプロトタイプ IHQ 線型加速器の製作を計画した。

入射粒子がかなりバンチし、出射粒子のエネルギー分解能が良くなる様、両者を満足するためには、獲得エネルギーが入射エネルギーの4~5倍、加速セル数で30~40個を必要とすることが、粒子の軌道計算の結果分った。陽子を加速する場合、加速空洞長が2~3m、入力高周波パワーが20~30kWとなることで、予算の範囲では不可能と判断した。そこで、出射エネルギー分解能が、かなり良くなる点で満足するデザインを考えた。その結果、入射エネルギー0.8MeVで、加速空洞長1mでも、良いエネルギー分解能の陽子(出射エネルギー2.1MeV)が得られることが分った。

A. 加速主要パラメータ

陽子を0.8MeVから2.1MeVまで加速する、プロトタイプ IHQ 線型加速器を設計した。入射器として、東京大学原子核研究所にある重イオンRFQ線型加速器(TALL)を使用することを予定している。表1に加速器の主要パラメータを示す。

この構造の特徴はIH構造のドリフトチューブ全てに収束用フィンガーが付いていること
 加速ギャップが一定であること、加速電圧分布は等分布を仮定していること等である。

Parameter of the Prototype IHQ Linac

Acceleration Particle	Proton
Energy Input	0.8 MeV
Output	2.1 MeV
Operation Frequency	100 MHz
RF Power	10 KW
Number of Cell	11
Focusing Sequence	FD
Element	RFQ with Finger
Drift Tube Bore Diameter	16 mm
Outer Diameter	48 mm
Stem Diameter	24 mm
Gap Distance	40 mm
Voltage	145 kV
Tank Inner Diameter	60 cm
Length	100 cm
Rige Width	6 cm
Length	80 cm
Height	30 cm
Vacuum System	520 l/s TMP

表1. 加速主要パラメータ

B. 粒子軌道解析

粒子軌道計算は、理化学研究所“LINOR”プログラムを電場収束用に拡張して使用した。入力した電場は、基本モデル共振器とシュミレーション用磁場モデルの測定データを使って決定した。運動量分解能±1%程度を目標に解析を行なった。電圧の調整により位相アクセプタンス70~80度で良い結果が得られた。その結果を図2に示す。入射位相-30度の粒子の横方向の軌道を図3に示す。x, y方向の入射粒子のアクセプタンスは、それぞれ83π、98πmm・mradであった。入射器からの陽子のエミッタンスは30~40πmm・mradと考えられるので十分である。

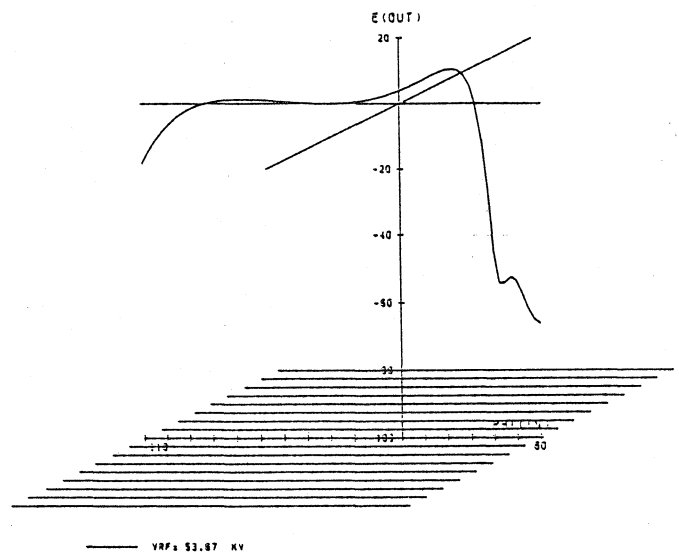
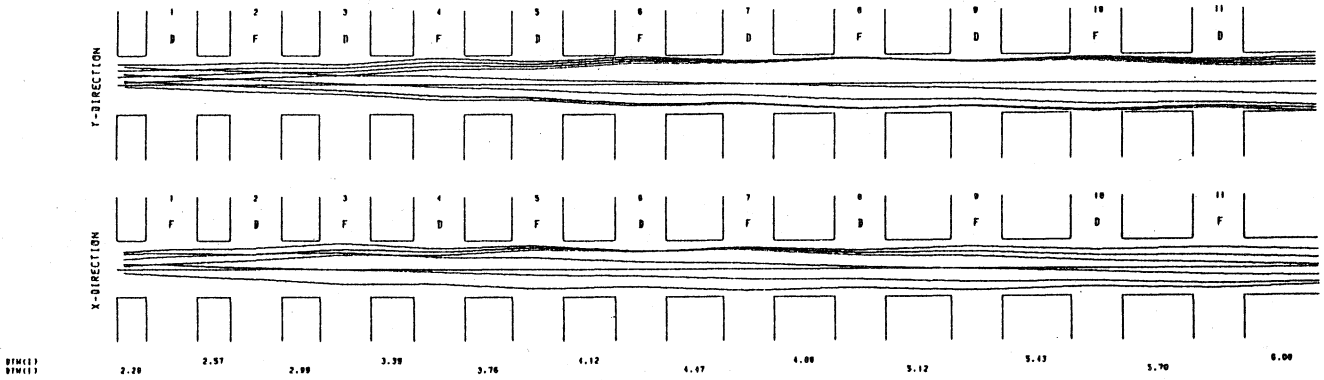


図2. 入射位相と出射粒子のエネルギーの関係

IHQ-LINAC (IHQALL)

Az = 1 Zz = 1 E = 0.800 MEV/U V = 145.24 KV $\nu = 100\text{MHz}$ $\phi = -30\text{ DEG}$

E-FACTOR = 1.000 Q-MAG-FACTOR = 1.000 ED-FACTOR = 1.000 APERTURE = 1.60 CM Ef = 2.293 MEV/U



IHQ-LINAC (IHQALL)

Az = 1 Zz = 1 E = 0.800 MEV/U V = 145.24 KV $\nu = 100\text{MHz}$ $\phi = -30\text{ DEG}$

IHQ-LINAC (IHQALL)

Az = 1 Zz = 1 E = 0.800 MEV/U V = 145.24 KV $\nu = 100\text{MHz}$ $\phi = -30\text{ DEG}$

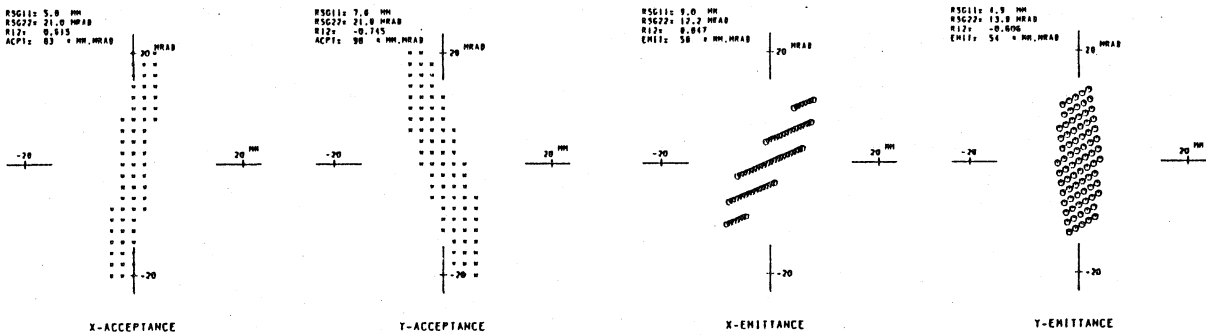


図3. 加速軸に直角な方向の粒子軌道

4. 陽子加速用 IHQ線型加速器の1/2モデル

プロトタイプ IHQ線型加速器の1/2モデルを設計し、現在、製作を完了した。図4に組立て中のモデルの写真を示す。モデルは、内径30cm、内長48~62cmの真ちゅう製である。エンドスペース、ウイングチューナ、リッジ端の切りかき等は、簡単に調整可能な設計になっている。

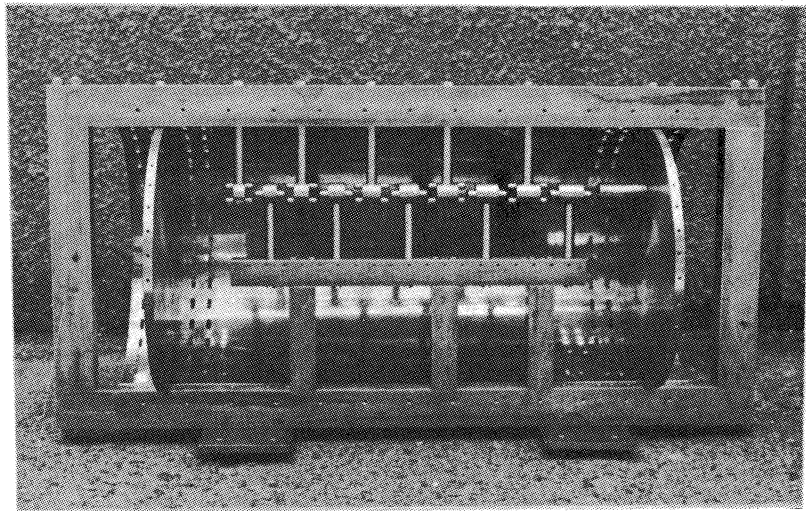


図4. 1/2モデルの写真