

Development of IH-SF(Self-Focusing) Type Linac

T.Hattori, H.Suzuki, and H.Kinoshita
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 are being studied. A half scale model cavity (37.5cm in diameter and 150cm in length) for measurement of RF characteristics. In setting the focusing fingers in half numbers of total gaps, effective shunt impedance has decreased to about 70%. The multipole and gap field distribution have been measured by an analogous magnetic model. The higher order components than quadrupole are less than 10% of Q component.

1. はじめに

インターデジタルH型線型加速器の高い加速電力効率¹⁾は東工大“TAILAC”の建設と粒子加速により実証された¹⁾。高周波四重極集束(RFQ)型線型加速器が低エネルギー領域で高性能を持つことも又諸々の研究所で実証されつつある。そこで、両長所を持たせたSelf-Focusing(SF)-IH型線型加速器の開発を考え、これを開始した。

線型加速器の粒子集束のためSFの考え方は、強力な四重極電磁石が実用化するまで種々の方式が提案され研究されていた。1965年、オルセー研究所のD. Bousard等²⁾はレッヘル線型共振器にフィンガー付ドリフト・チューブを取り付けHeイオンを50keV/uまで加速することに成功したが、研究は停止していた。一方、1981年V. A. Teplyakov等³⁾は、ソ連セルフコフ高エネルギー物理研究所のシンクロトロン用入射線型加速器としてH型共振器にフィンガー付ドリフト・チューブを取り付けた構造で、30MeVの陽子を80mA加速することに成功した。現在、西独GSI研究所のR. W. Muller等により研究されている分離同軸RFQ型もフィンガー付ドリフト・チューブを持ったSF型線型加速器と言えるが、これはより純粋なRFQ型と言うべきであろう。

東工大グループは、IH型共振器にフィンガー付ドリフト・チューブを取り付けた加速構造を採用した。加速は中エネルギー領域とし、集束電場に四重極以上の高調波成分の少ないBousard型のフィンガーを製作した。

1/2スケール・モデル共振器を製作し、その高周波特性を測定した。又加速・集束電場の精密測定には、1/1スケールの磁石モデルを製作して、電場を磁場でシミュレーションを行なった。以下にその結果を述べる。

2. モデル共振空洞の高周波特性

モデル共振空洞は、入射エネルギー核子当り2.4MeV(2.4MeV/u)、出射エネルギー3.4MeV/uの第2線型加速器の1/2スケールモデルにフィンガーを取り付けて行なった。共振空洞は内径37.5cm、長さは150cmで、ギャップ電圧は等分布である。外径3cmのドリフト・チューブに1cm外径のフィンガーが付いている。モデル共振器の写真を第1図に示す。電場測定はパーターピング・ボール法で行ない、測定系はマイクロコ

ンピュータとパルスモーターで、完全に自動化されており、データはフロッピーディスクに集録した。加速軸に沿った電界分布を第2図に示めす。IH型共振器にフィンガー付ドリフト・チューブを取付けることで、位相安定性が発生し加速透過率が向上する。その反面集束電場発生による加速電場の減少、フィンガー付ドリフト・チューブによる容量の増

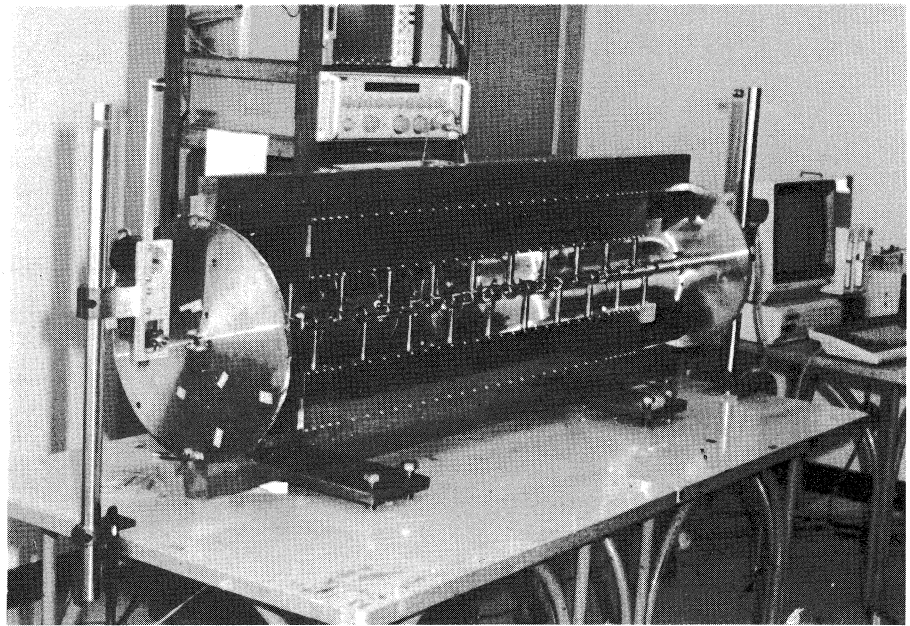


図1. モデル共振器の写真

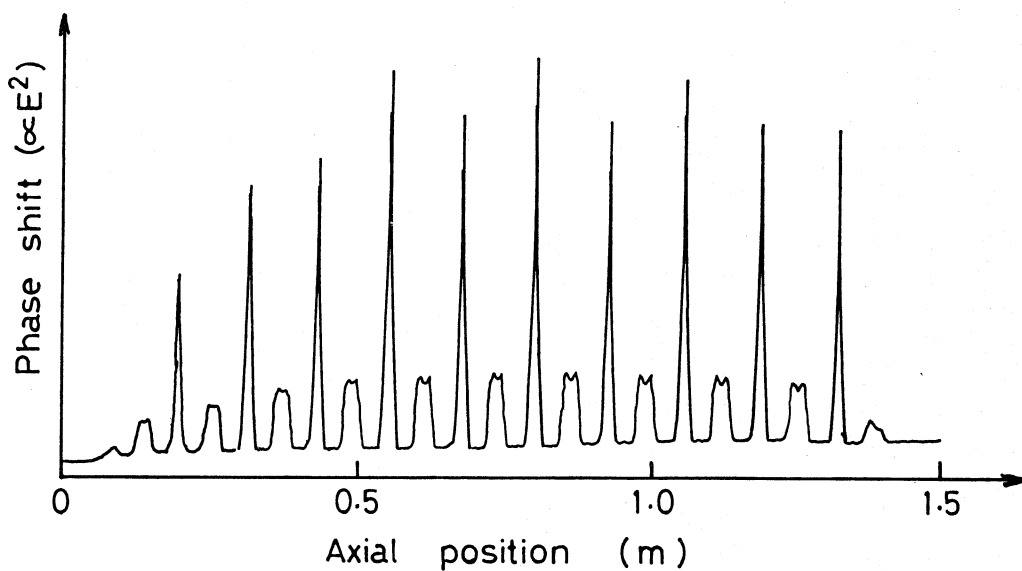


図2. 加速軸に沿った電界分布

加による共振周波数の減少等より I H 型共振器の特徴である高い電力効率が低下することになる。

第3図にフィンガー付ドリフト・チューブの数に対する共振周波数と加速電力効率（エフェクティブ・シャントインピーダンス）を示す。周波数の変化を補正したものが規格化シャントインピーダンスである。22ギャップ中の10ギャップにフィンガーを付けると規格化シャント・インピーダンスは約30%低下する。

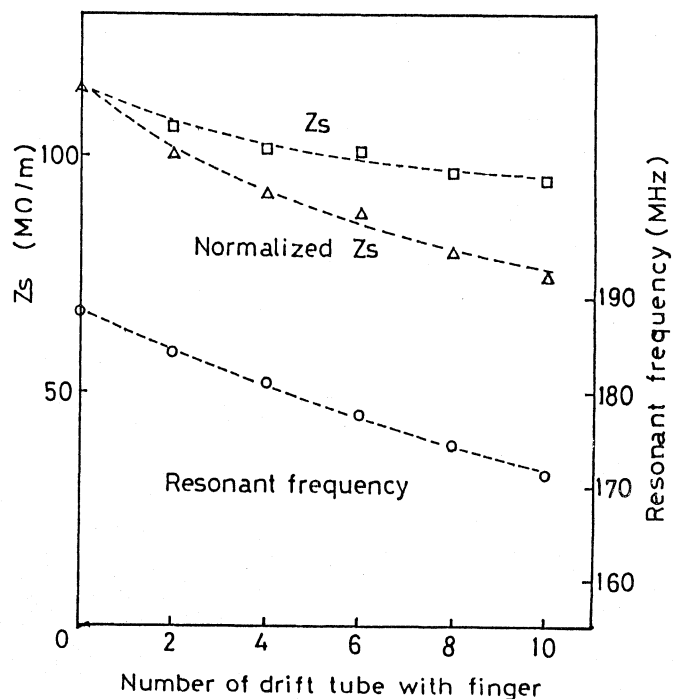


図3. 共振周波数と加速電力効率の変化

3. 電場シュミレーション用磁石の磁場測定

加速・集束電場の精密測定には等倍スケール（第9ギャップ）の電磁石を製作して、磁場測定で、シュミレーションを行なった。第4図に電磁石の写真を示す。磁場測定はホールプローブと回転コイルを使用して行なった。

軸方向ホールプローブを3次元駆動台にセットして、第5図に示す座標系で、加速軸方向（Z軸）と横方向（X軸）の磁場測定を行なった。第5図の軸方向の磁場分布が第2図の電場分布と対応していることになる。加速軸に直角な（X軸）方向の集束電

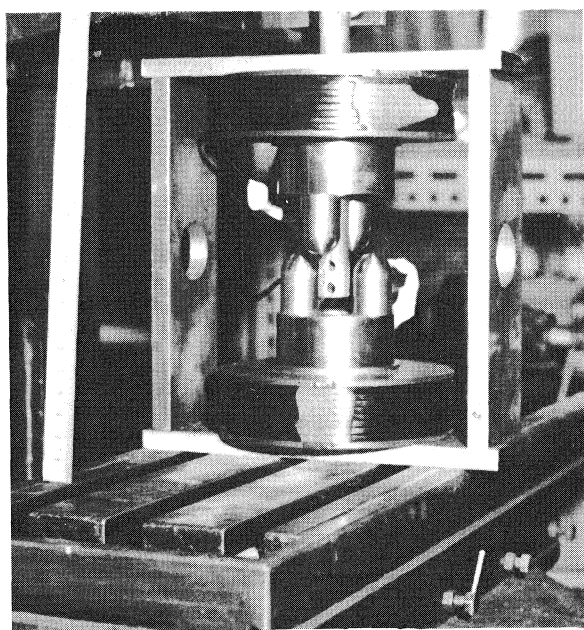


図4. 電磁石の写真

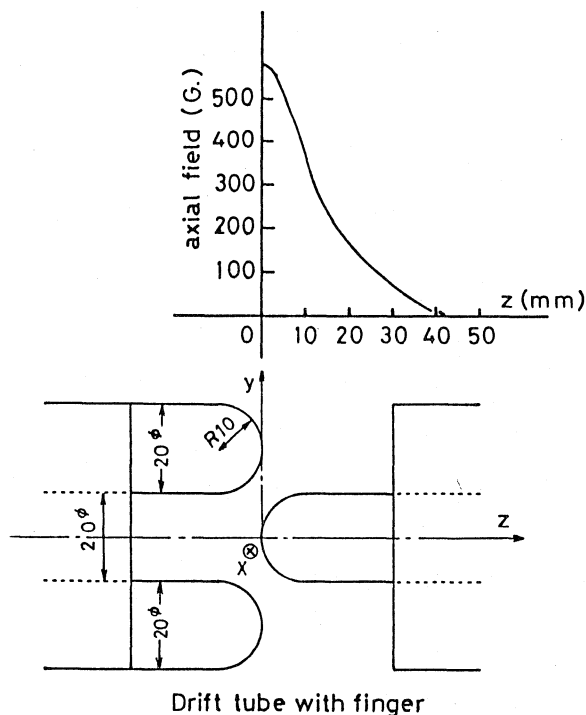


図5. 軸方向の磁場分布

場に対応する磁場の強さが、第6図である。軸より $\pm 6 \sim 7$ mmの領域で良い四重極磁場が発生している。第2・5・6図の組合せにより集束電場の強さを決定できる。四重極磁場とそれ以上の高調波成分の精密測定は、回転コイルからの電圧を、Fast-Fourier-Transformer (FFT) で分析することで行なった。第7図に加速軸中心より ± 7 mm、軸方向10mmの範囲の高調波磁場成分の強さが、軸方向位置の関数として表示されている。測定した結果、8重極以外の多重極成分は四重極成分の1%以下である。

$n=4$ の8重極成分は、ギャップ中心では1%以下であるが、中心から10mmまで約10%に増加し、以後減少している。このデータから、四重極以上の高調波成分の積分値は数%以下で、かなり良い四重極磁場が発生していることがわかる。

4. まとめ

モデル共振空洞のテストより、半分のギャップにフィンガーを付けた場合、シャントインピーダンスの低下は30%程度で、まだ十分高いと言える。D. Boussard型のフィンガーによる集束電場は、かなり良い四重極電場が発生している。これらのデータを使用して、軌道解析を行ない、集束フィンガーの構造を決定する。そして、最終的シャントインピーダンスを予想することが、これからの興味の対象である。

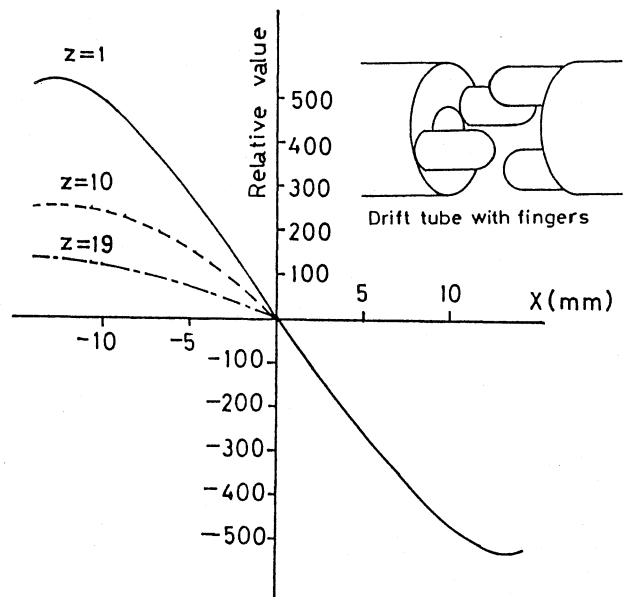


図6. x軸方向の磁場の強さ

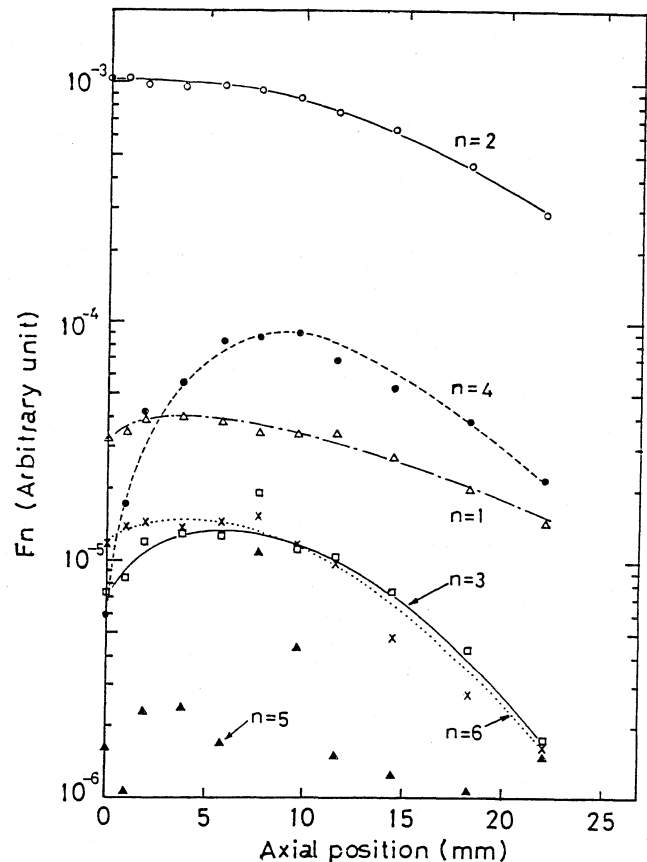


図7. 高調波磁場成分

References

1. T.Hattori, K.Sato, H.Suzuki, S.Noguchi and E.Arai. Proc. Meeting on Linear Acc. 1985.
2. D.Boussard and A.Septier. IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-12 652(1965).
3. A.A.Egorov, V.A.Zenin, S.A.II'evskii, S.P.Kuznetsov, A.P.Mal'tsev, I.G.Mal'tsev, V.V.Nizhegorodtsev, V.B.Stepanov and V.A.Teplyakov, Sov.Phys.-Tech.Phys.,26,942(1981).