

TE_{11n} Higher-Order Mode Acceleration Structure and Effective Shunt Impedance of New Structure in Medium Energy Region

T.Hattori, A.Okamoto, Y.Takahashi, H.Muto and S.Kamohara*

Research Laboratory for Nuclear Reactors,
Tokyo Institute of Technology

* Central Research Laboratory , Hitachi Ltd.

Abstract

A new TE_{11n} higher-order mode drift tube (HD type) linac structure is studied. The new HD cavity has a high effective shunt impedance at the medium energy region.

The principle of accelerating structure and the characteristics of resonating cavity are described.

TE_{11n}高次モード新型加速器構造と中エネルギー領域のシャントインピーダンス

1. はじめに

I H型線形加速器は、低エネルギー領域において、非常に高いシャントインピーダンス加速電力効率を有することが実験的(Ref1)にもまた理論的解析(Ref2)によっても証明されている。しかし、加速エネルギーが10~20MeVを越える中エネルギー領域になるとその加速電力効率は急激に低下するが、そのことを我々は理論的に解析した(Ref2)。その加速ギャップ以外の1) Stray Capacityの増加、2) 単位長さ当りの加速ギャップの減少にあることが分かった。低 β の、高い加速電力効率を維持しながら高 β 加速を行うことの方法として1つは、I H加速空洞のTE₁₁₁モードで周波数を高めることである。周波数を高めるために空洞直径を極端に小さくするが、それとともに加速周波数を上げて空洞直径が小さくなってしまいうために、思った程加速電力効率が上がらないことが解析の結果分かった(Ref2)。

第2の方法として、空洞のTE_{11n}モードの高次共振モードを利用する加速構造を考察した。高

次モードにより加速周波数が上がり、2つの加速電力効率低下の原因が取り除かれ、高 β 領域の加速に低 β 領域の加速構造を維持することができる。この高次モード加速構造がIH型加速構造の $2C \ll 1$ で1ユニットを形成しているため、IH型加速空洞と同じ手法による等価回路計算が可能である。我々はこのタイプの線形加速器をHD(Higher order mode Drift-tube)型線形加速器と名付けた。このHD型線形加速器の加速方法及び中エネルギー領域での高い加速電力効率について以下に述べる。

2. HD型線形加速器の加速原理

IH構造に単に高次モードを共振させただけでは、図1-Aに示したように、最初の半波長で加速を受けても次の半波長で減速を受けると粒子を加速することはできない。そこで新しい加速構造を考えなければならない。我々は図1-Bに示すような、半波長ずれたところでIH構造と異なってSTEMが逆方向に付いている構造を考える。この構造を用いると粒子は常に加速されつづけることが分かる。さらに図1-Cに示すような構造を考えHD型とした。特に以下に挙げる3点がHD型線形加速器の優れた特徴である。

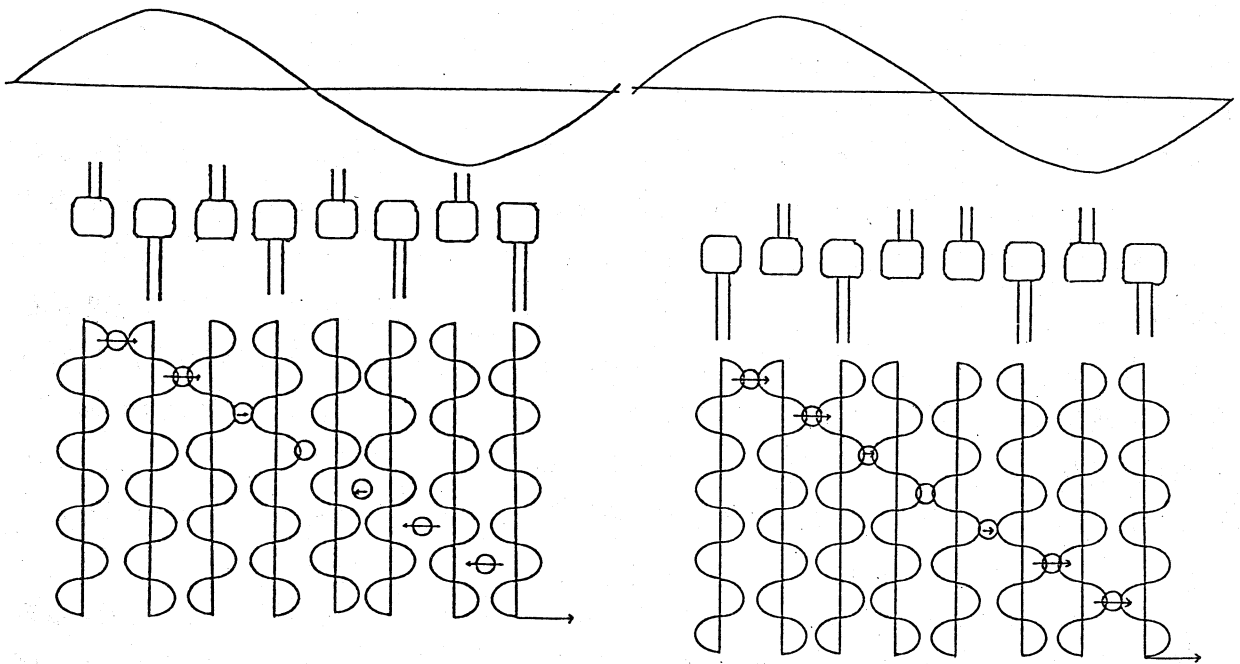


図1-A

図1-B

1) 図1-B の構造では高次共振モードの節の部分ほとんど加速に利用できないが、図1-C の I D 構造では節の部分でも十分加速電場をえることができ、むだなギャップなしで π モード加速が可能となる。

2) TE₁₁₁モードを用いた I H 型線形加速器では、電場分布が sin 分布になるため諸処のチューナで平坦化する努力を行うが(Ref3)、H D 型では前後ギャップ以外では平坦化されているはずである。

3) 図1-C に示す H D 型構造では、共振周波数がより高くできるため同じ構造でより高エネルギー領域の加速が可能である。

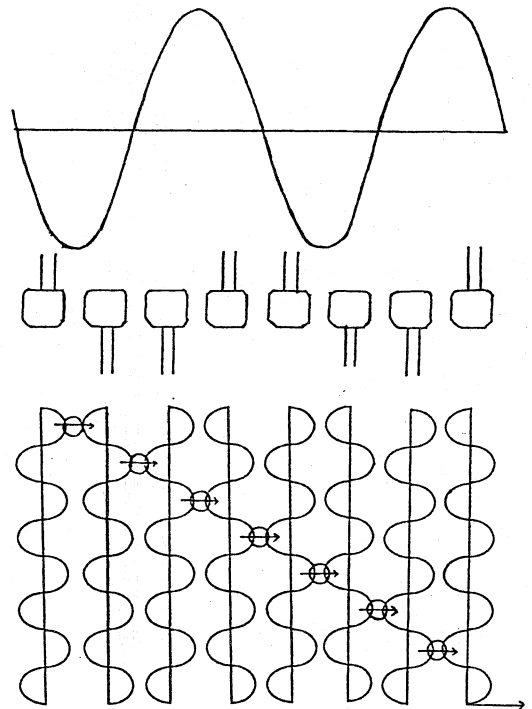


図1-C

3. 数値計算による解析結果、共振周波数、加速電力効率

H D 構造は図1-C に示すような $2n$ 個の c c l 1 を持つ π モードのドリフトチューブ構造のとき、 n 次の TE₁₁₁ モードを共振させることを特徴としている。図2に示すように 2 cell で電場位相増が

180° になる 1 ユニット構造が 1 共振空洞でそれが n 個続いている。共振空洞のことを考慮しないと、2 cell の 1 ユニット構造が連続して続くとも考えることもできる。すなわち、TM モードのアルバレ型構造は 1 cell で 1 ユニットのリ・エントラント空洞が連続しているのと同じように、H D 新型構造は TE モードの 2 cell で 1 ユニットのリ・エントラント空洞が連続していると考えることができよう。このことは、1 ユニットが 1 空洞と考えると、我々が I H 型構造に対して行ってきた、数値計算による解析方法をそのまま採用してよいことを示している。その仮定に基づいて等価回路計算を行うと、空洞直径に対する共振周波数の依存性は小さく、ドリフトチューブのステム直径に対する共振周波数の依存性が非常に強いという、I H 型空洞とは反対の特徴を持つことが判明した。

また加速電力効率を計算すると、ステムの直径、リッジ間隔に大きく依存し、空洞直径にはあまり依存しないことがわかった。H D 型線形加速器で、高加速電力効率を得るためにはステム直径を大きくまたリッジ間隔を狭くすることが挙げられる。図3に加速周波数 270, 360 MHz の H D 型線形加速器の加速電力効率 Z_{off} をエネルギーの関数として示す。図に示すように、H D 型線形加速器は中高エネルギー領域において非常に高い加速電力効率を示すことが分かる。しかし、加速電力効率は常に高エネルギーに向かって上昇し続けるのではなく、途中より下降をはじめるのである。

4. HD型共振空洞モデル

東大核研の等速中型モデル (Ref3) を使ってHD型構造のモデルテストを行った。その結果予想した高次モードを共振させることは可能であった。加速電力効率を実測するには空洞表面の状態が悪いこと、TEモードのリ・エントラント空洞と考えるには構造の精度が悪いことで正確な電場分布が測定できない等により等速構造の1ユニットモデルと数ユニットモデルを計画し設計した。1ユニットモデルの実測と計算結果の比較について報告する予定である。

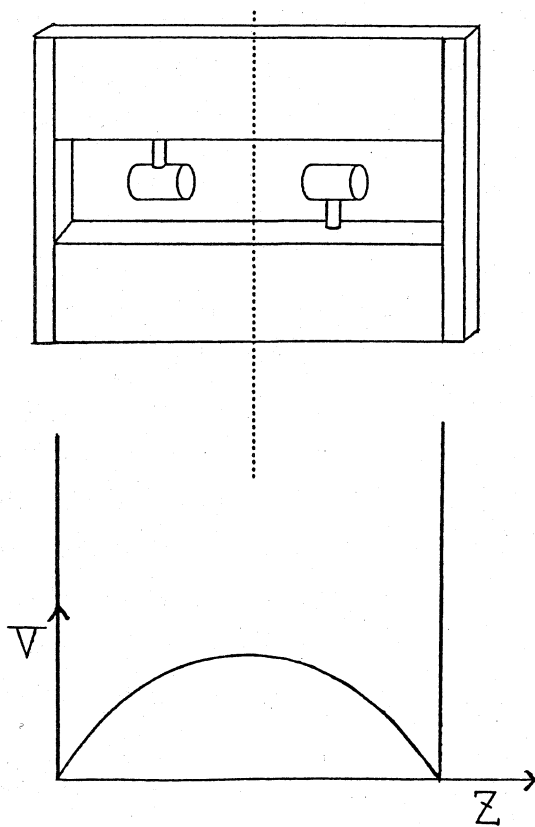


図 2

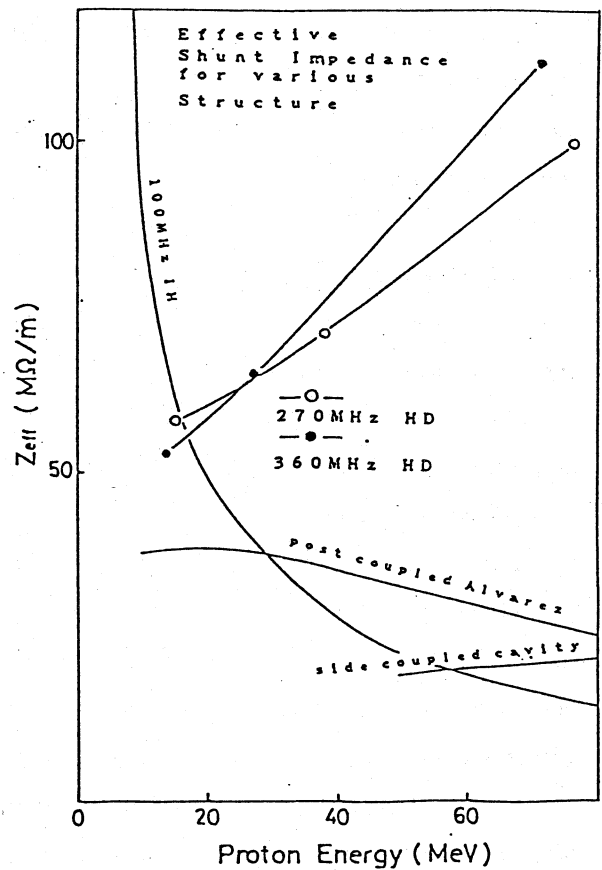


図 3

- Refarence
1. T. Hattori, K. Sato, K. Suzuki, Y. Oguri and E. Arai
Proc. 1986 Intn. Cont. of Linear Accelerator
 2. S. Kamohara, Y. Takahashi, K. Sato, T. Hattori and E. Arai
Proc. Meeting on Linear Accelerator, 12, 98 (1987).
 3. S. Yamada, T. Hattori, T. Murakami, E. Tojyo and K. Yosida
INS-NUMA 57 (1985)