

# STABILIZATION OF THE ALVAREZ LINAC BY POST COUPLERS

Shinji MACHIDA,\* Takao KATO, Sadayoshi FUKUMOTO

\* Department of Physics, University of Tokyo  
National Laboratory for High Energy Physics

## Abstract

The model tank of the 40MeV Alvarez linac is designed and constructed. For the stabilization of its RF field, post couplers are inserted in this tank. As a result of low power measurements, some characteristics of post couplers are obtained and the efficacy of them is demonstrated.

## 1. モデルタンクの設計と特性

ポストカプラーによる、フィールドのスタビライズの効果を確認する目的で、モデルタンクを製作した。径の大きさを実際の1/2として、周波数を2倍の400MHzにとり、長さは15cellとする。タンクのパラメーターを、Table 1に示す。

Table 1 Main parameters of the model tank	
Energy	20.60 - 28.78 MeV
Frequency	401.5 MHz
Beta	0.2062 - 0.2421
Tank	
Length	2.51 m
Inside diameter	0.45 m
Number of cells	15
Drift tube	
Outer diameter	8.0 cm
Bore diameter	1.5 cm

はじめに、タンクの円筒導波管としての特性を、ドリフトチューブを入れないで測定した。このときのモード図を、Fig. 1に示す。共振周波数の最も低いTE111モードについて、計算値と測定値はよく一致している。

つぎに、ドリフトチューブを付けたときのモード図がFig. 2であり、加速モードであるTM010モードの共振周波数は401.67MHz（空气中）で、SUPERFISHによる値からのずれは、507kHz低い。SUPERFISHによる計算は、メッシュサイズの取り方により変わるものであり、この変化の割合をグラフにしたものがFig. 3である。モデルタンクの設計ではA点のサイズを使ったが、サイズを無限小に延長したB点での値との差は、周波数で約400kHzとなり、この分さらに計算値と測定値は一致する方向である。

Q値は、ドリフトチューブを入れないタンクでのTE111モードで、22600（計算値の約60%）、入れたあとでのTM010モードで、13000（計算値の約40%）となっている。

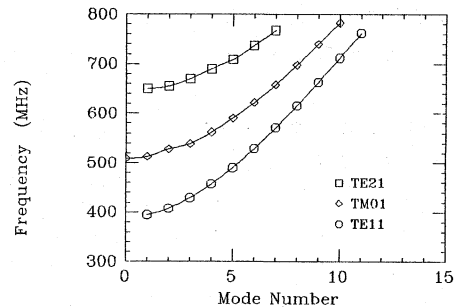


fig.1 Dispersion curve without drift tubes

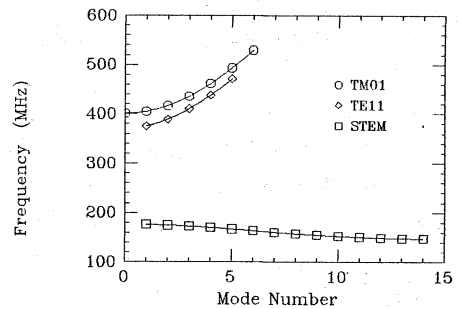


fig.2 Dispersion curve with drift tubes

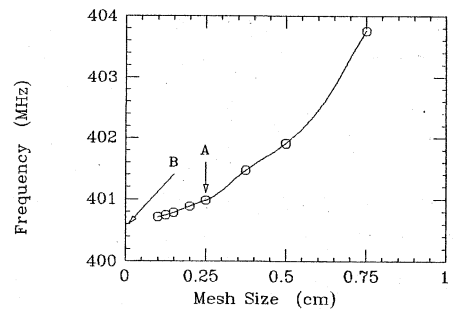


fig.3 Mesh size dependence in SUPERFISH.

## 2. 電場測定、ビーズパーティション法

タンクのスタビライズは、一つの結果として電場分布に現れる。電場分布を測る方法として、ここでは最も一般的なビーズパーティション法を用いた。ビーズパーティション法の原理は、金属球または誘電体球を入れた場所で、電場が乱れる効果を共振周波数の変化として検出し、その変化の大きさから電場の強さを (1)式により見積もる。

$$\Delta f/f = -3 \epsilon_0 E^2 v / 4U \quad (1)$$

この測定により得られた電場分布の例として、cell一つ分のデータをFig. 4に示す。

図にみられるように、一定の周波数のノイズののっており、さらにフーリエ変換すると、Fig. 5に示すように約

25Hzの周波数成分をもっていることがわかる。このノイズ源は、タンクの機械的な共振であろうと考えている。また、この測定系の時間変化は約0.5Hz/secで、この程度のドリフトは避けられないものとする、今回の測定時間、約8秒のあいだで精度は

$$\Delta f = 250 \pm 1 \text{ Hz}$$

となる。

以上のような、ノイズ、ドリフトを抑えるために、おもにソフトウェアによる平滑化を行う。ハードウェアのブロックダイアグラムは、Fig. 6に示す。

## 3. ポストカブラーによるスタビライズの原理

現在あるKEKの20MeVタンクでは、RFのTwo Feedによるスタビライズを行っている。これは、タンクの長さ方向、約1/4と3/4の場所からRFをフィードして、基本周波数より一つ上のモードが立ちにくいシステムになっている。今回のポストカブラーによるスタビライズでは、基本モードに対してポストモード（いわゆるカップリングモード）を合流させる。これによりモード図上で、本来傾きを持たない基本モードのカーブに傾きを持たせ、基本周波数と一つ上のモード間のモードスペースが、大きくなるようにする。このように、higherモードが励起されにくくすることが、タンクがスタビライズされる一つの条件である。

また、ポストカブラーによるスタビライズのもう一つの利点は、基本モードが傾きを持つことによって、RFの群速度が零でなくなり、タンク内でエネルギーの流れが起こることである。これにより各cell間ではほぼフラットなフィールド分布が得られる。

## 4. パータベイションに対するポストカブラーの効果

端板の位置を前後にずらし、両端のcellに意図的にパータベイションをあたえたタンクを、ポストカブラーによってスタビライズした。測定量として、モード図、周波数、電場分布の3つの変化を測った。

### 4-1 モード図

ポストカブラーを、タンクに入れる長さを変数にしたときのモード図は、Fig. 7のようになった。ポストカブラーを入れることにより、ポストモード（いわゆるカップリングモード）周波数は下がる。ポストカブラーを13.5cm入れたところで、基本モードとポストモードのカップリングが起こり、モードスペースが大きくなっていることがわ

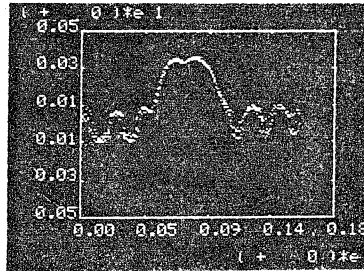


fig.4 Field distribution in one cell

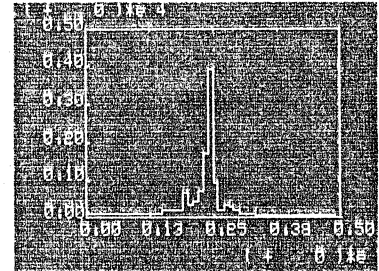


fig.5 After fourier translation

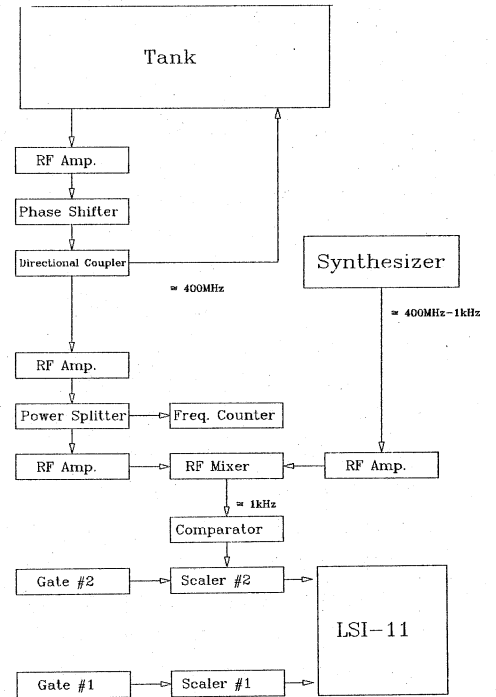


fig.6 Field measurements system

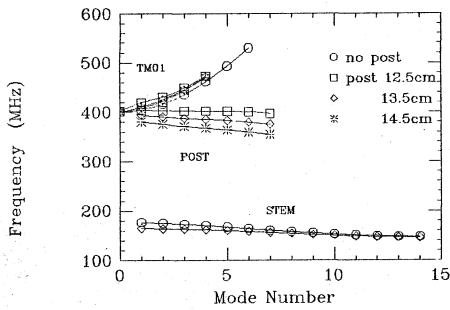


fig.7 Dispersion curve, changing post length

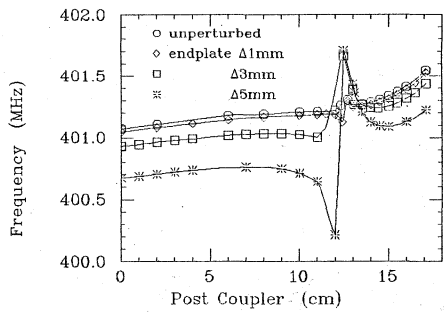


fig.8 Frequency shift by insertion of post, taking endplate perturbation for parameter

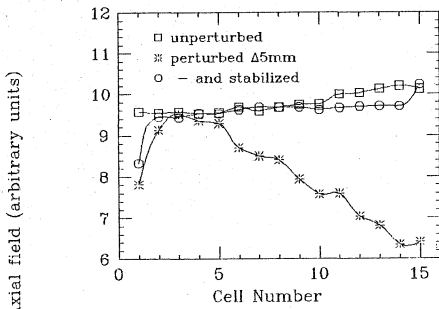


fig.9 Field distribution before and after post stabilization

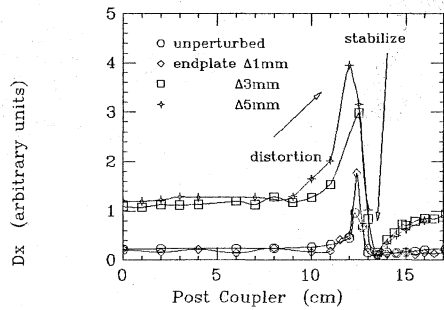


fig.10 Distortion parameter defined by Ungrin, et al.

かる。12.5cmのところでもさらにモードスペースが大きい、この状態ではあとで電場分布の結果が示すように、フィールドのディストーションが起こっている。

#### 4-2 共振周波数

共振周波数を示したのが、Fig. 8である。端板によるパーティションのあたえ方により、共振周波数の変化は個々に異なるが、どれも12.5cmに一つのクリティカルポイントを持ち、その前後で大きく変化する。

#### 4-3 電場分布

ポストカプラーにより、電場分布がいかに改善されるかを、Fig. 9に示す。ここでは、電場分布が改善されフラットになることを示すパラメーターとして、Ungrin, et al. (Ref.2) が定義したように

$$Dx = \sum_i |\bar{F} - F_i|$$

をとる。これを使ってDxの変化をみたものが、Fig. 10である。この図から明らかに、12.5cmのフィールドディストーション、および13.5cmのスタビライズが読みとれる。

#### 5. ポストカプラー先端のタブの角度、および大きさによるスタビライズの効果

ポストカプラーの先端には、Fig. 11に示すようにタブをつけてある。このタブは、元来各cell間の対称性を破ることにより、フィールド分布に傾きをもたせるものであるが、その効果、およびタブの大きさを変えたときのスタビライズの効果を調べた。

Fig. 12がタブをすべて一方向に向けたときのフィールド分布であり、タブを向けた方に減少している。

タブの大きさに関しては、ドリフトチューブとのキャパシタンスから、大きなものほどポストカプラーを入れる長さが短い所でスタビライズする。

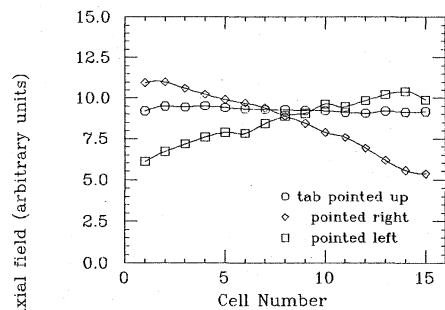


fig.12 Field distribution vs. tab rotation

References

1. E.A.Knapp, B.C.Knapp, and J.M.Potter, Rev. Sci. Instr. 39, 652 (1968)
2. J.Ungrin, S.O.Schriber, and R.A.Vokes, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-30, No.4, 3013 (1983)

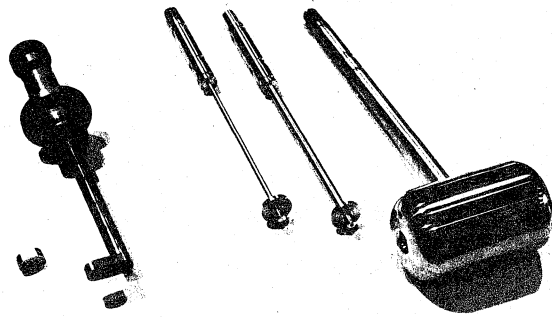


fig.11 left: post coupler and small tab  
right: drift tube and slimmer stems

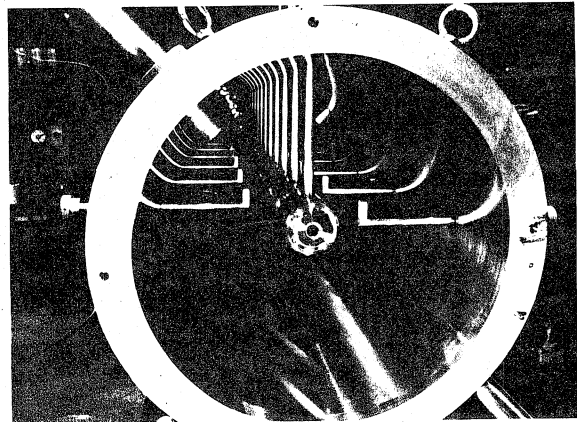


fig.13 Inside tank with post couplers

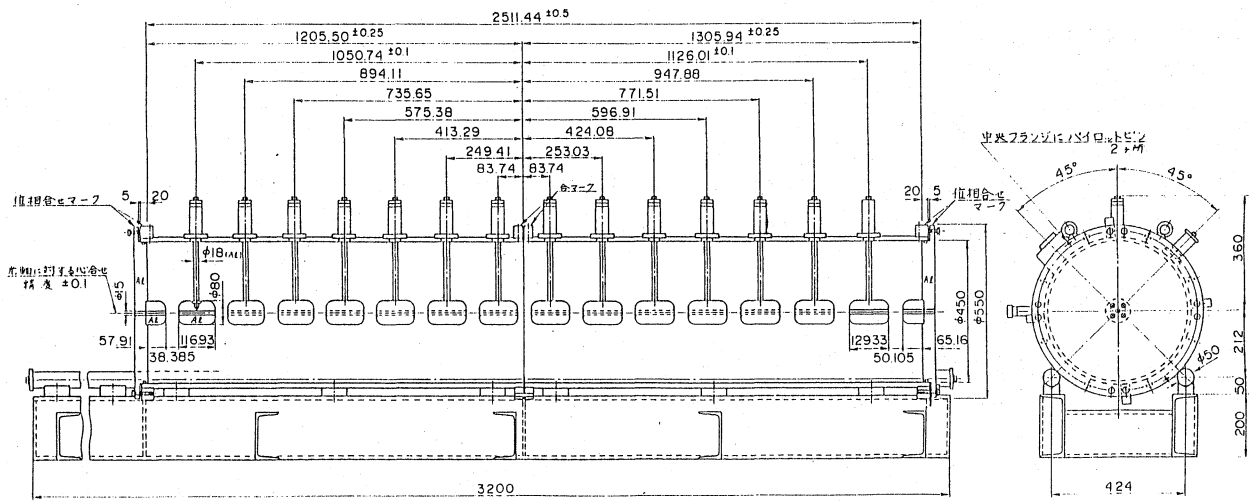


fig.14 Dimensions of the tank