

# A New Stabilizing Structure of Alvarez Linac

Sadayoshi FUKUMOTO, Shinji MACHIDA, Chikashi KUBOTA, and Takashi IWATA<sup>a</sup>

National Laboratory for High Energy Physics

<sup>a</sup>Mihara Works, Mitsubishi Heavy Industries Ltd.

## ABSTRACT

The stabilizing structure of post couplers does not work when the post lengths become close to or more than a quarter wavelength. This is easily understood by an equivalent circuit, but not by a coupled resonator model. An alternative stabilizing structure is made based on the equivalent circuit using an impedance transformer of a quarter-wavelength element. Another stabilizing structure of multistems works even if the stem lengths exceed a quarter wavelength. Thus the equivalent circuit is valid for a weakly coupled stabilizing structure.

## アルバレリニアックの新しい安定化構造

### 1. はじめに

アルバレリニアック空洞 (D/Tリニアック) は もともとセル間の結合が非常に密である。従って、APSやSCCの様に結合空洞が不可欠ではない。しかし加速に使用されているのが0または $\pi$ モードであるため (CERN SPSは $\pi/2$ モード)、空洞が長くてビーム強度が高いときには、加速電場の安定化の機構が必要となる。MULTISTEMはBNLで用いられているが、LAMPF, FNAL, CERN, KEK等はPOST COUPLERを採用している。これは後者が tuning可能なためである。しかしながらPOST COUPLERはPOSTの長さが安定化に寄与する長さから僅か離れると加速電場が著しく乱されるが、この現象は結合共振器モデルでは理解できず、ドリフトチューブを支えるSTEMのLとドリフトチューブとタンク間のCに、POSTのLC直列共振を加えた等価回路により解析された<sup>1)</sup>。その物理的解釈は、安定点はドリフトチューブとタンク間のインピーダンス無限大に対応し、著しく乱れる点はインピーダンス0に対応するものである。インピーダンス無限大では加速管に沿ってドリフトチューブを流れる電流が途中でタンクに流れないで一定となり、この電流により誘起される加速電場も一定となる。

またシャントインピーダンスを高くするため、小さなドリフトチューブを使った場合は、POST長が加速RFの $1/4$ 波長に近づくかこれを越すと、POSTモードの共振が検出されるにも拘らず、POST COUPLERはもはや安定化には寄与しないことが経験上知られているが<sup>2)</sup>、これは前述の等価回路によれば、この長さになればSTEMもPOSTもLではなく、むしろCとみなさなければならず、そうすれば共振によりインピーダンスを無限大にすることも出来ないので、加速電場を安定化出来ないのは明かである。そこでドリフトチューブから $1/4$ 波長のPOSTを出し、タンクからこれに対向して短いPOSTを付け、両POST間のギャップを変えることでCを調節して、ドリフトチューブからはLと見える反転型POST COUPLERによる安定化を試みた。またSTEM長が $1/4$ 波長を越し

たMULTI STEMについても共振周波数の変化を測定した。

## 2. 反転型POST COUPLER

特性インピーダンス $Z_0$ の $1/4$ 波長線路は負荷インピーダンス $Z_R$ を $Z = Z_0^2 / Z_R$ に反転させる性質を持つことはよく知られている。ドリフトチューブから見たインピーダンスを $L$ 性にするために図2の様にドリフトチューブから $1/4$ 波長のPOSTを出した。これは図1のSTEMやPOSTを表す $L$ が、それらの長さが $1/4$ 波長より長いために $C$ として働く場合に、並列共振を起こさせてドリフトチューブとタンク間のインピーダンスを無限大とするためである。このような反転型POST COUPLERが無いときの加速電場分布は図3(上)のようになる。両端板を $\pm 5$  mm移動させてPERTURBATIONを加えると図3(中)の分布になった。これに反転型POST COUPLERを付けて先端のギャップを2 mmに調整すると図3(下)の様に電場分布が改善された。これは反転型POST COUPLER有無の場合の基本波と第一高調波の周波数 $f_{010}$ と $f_{011}$ の差によっても裏づけられる。

	$f_{010}$ (MHz)	$f_{011}$ (MHz)	$\Delta f$ (MHz)
反転型POST COUPLER 無し	451.0	465.0	14.0
反転型POST COUPLER 有り	451	486	35

Distortion parameterは $D_x = \sum_i |F_i - F|$ 、 $F_i$ は各セルの電場に比例する量、 $F$ は平均値。

## 3. $1/4$ 波長より長いSTEMのMULTI STEM

図1の等価回路がMULTI STEMにも適用できるならばSTEM長が $1/4$ 波長近く、または以上になると安定化しなくなる。共振周波数の測定結果は図4のようにSTEMが $1/4$ 波長よりも短い場合と同じであった。従って二つのモードの合流によって安定化は行われるものと予想される。

## 4. まとめ

図1の等価回路の解析はPOST COUPLERの理解には大変有効であって、POST COUPLERが安定化しない場合も、これに基づいて反転型POST COUPLERを作り安定化に成功した。しかしMULTI STEMではSTEMの長さを $1/4$ 波長以上にしても共振周波数の動きから安定化が予想されるので、この等価回路は安定化の為に要素(POST等)の間の結合が弱い場合に適用可能である。

謝辞 この研究は加速器研究部総主幹奨励開発費によって行った。又三菱電機 石田忠治氏には回路製作、星川孝氏には測定の協力を得た。厚く謝意を表する次第である。

## References

- 1) S. Machida, Study of the Alvarez Linac Stabilized with Post-Couplers, KEK Report 85-11, 1985. S. machida, T. Kato and S. Fukumoto, Stabilizing Characteristics of Post-Couplers, IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-32, 3259, 1985. S. Machida, C. Kubota, S. Fukumoto and T. Iwata, Stabilizing Characteristics between the Post-Coupled and the Multi-Stem Structure, Proc. 6th Symposium on Accelerator Science and Technology, 89, 1987.
- 2) Y. Iwashita, Private communication.

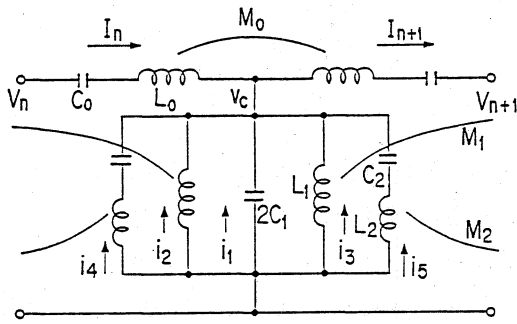


図 1. 等価回路

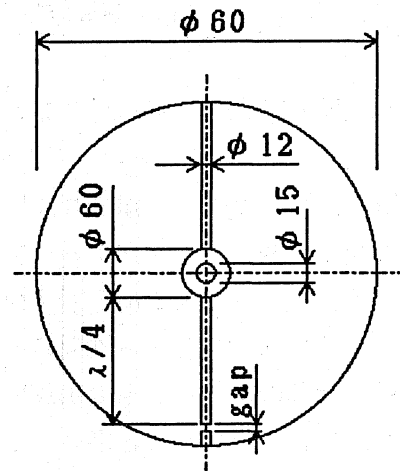
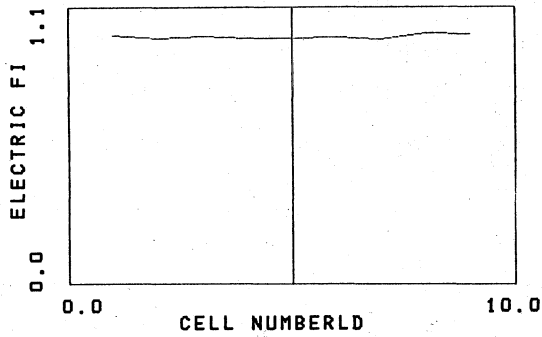
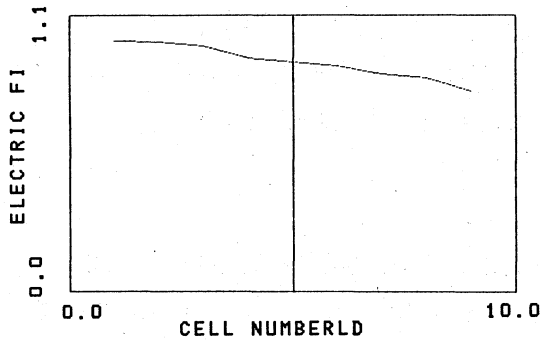


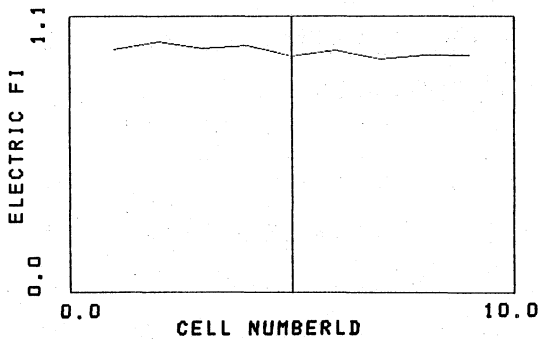
図 2. 8セルモデル空洞  
反転型 POST-COUPLER 付き



Post Coupler 無し, Perturbation 無し  
Distorsion parameter =  $0.0662 \times 10^{-1}$



Post Coupler 無し, 端板  $\pm 5$  mm 移動  
Distorsion parameter =  $0.576 \times 10^{-1}$



反転型 Post Coupler 付き, gap 2 mm  
Perturbation 端板  $\pm 5$  mm 移動  
Distorsion parameter =  $0.193 \times 10^{-1}$

図 3. 加速電場分布

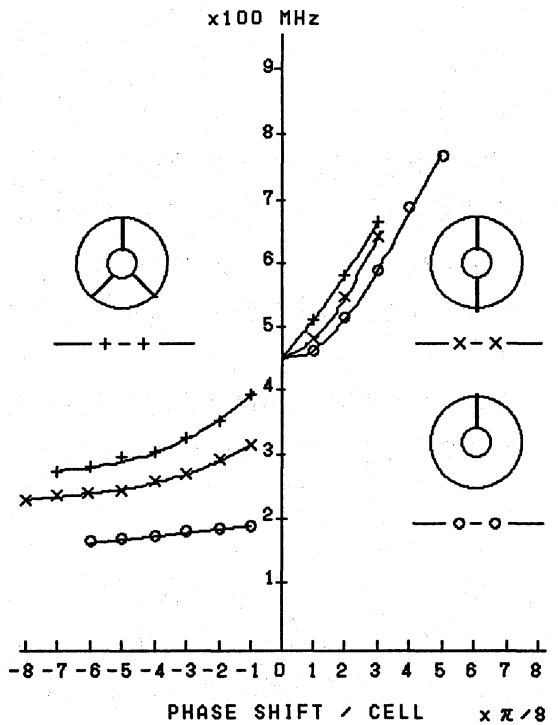


図 4. MULTISTEM の  
Dispersion Relation,  
STEM は  $1/4$  波長より長い