

Development of 432MHz DTL

F. Naito, T. Kato, E. Takasaki and Y. Yamazaki

National Laboratory for High Energy Physics, KEK

1-1 Oho, Tukuba-si, Ibaraki-ken, 305 Japan

ABSTRACT

A 432MHz cold model of drift tube linac (DTL) for the Japanese Hadron Project has been fabricated to study the rf properties and the fabrication accuracy. We extensively studied the effect of the number of the post couplers on the field stability against the perturbation. A hot model of 432MHz DTL is being constructed. A compact and strong permanent quadrupole magnet is being developed.

432 MHz DTLの開発

1. 432 MHz DTLコールドモデル

昨年の本研究会で報告したように我々は大型ハドロン計画用1GeV陽子リニアックを構成するドリフトチューブリニアックのコールドモデルを作製し、その製作精度、高周波特性等を調べた¹⁾。表1にモデルの主な仕様を示す。基本的な高周波特性と機械的精度の測定結果及び34本のポストカップラーによる加速電場安定化の結果は既に昨年報告している。今回はその後行なった、より少ない数のポストカップラーによる加速電場安定化実験について述べる。

表-1. DTLコールドモデル仕様

共振周波数	432MHz	直径	441mm	全長	2585.8mm	材質	Al-5052
(加速エネルギーは、3.0~8.5MeVを想定)							
4ユニットタンク分割式		セル数	35				
ドリフトチューブ		(full size)	34個	(half size)	2個		
ポストカップラー (直径13mm)			34個				

DTLの加速モード TM_{010} の群速度 v_g を $v_g > 0$ にして加速電場を安定化 (以下、単に「安定化」と略す) するのにポストカップラー (PC) を使用する方法がある²⁾。しかしPCの存在はQ値の低下や製作、調整の煩雑化を伴うため安定化が可能な範囲内では数が少ないほうが良い。このPC数の最適化が実験の目的であった。

通常PCは各セルに左右交互に装着する。本モデルではPCの数は34本である。そして34本のPCの調整方法と安定化の程度は実験的に確認し昨年報告している¹⁾。次に安定化と

PCの数の関係を調べるためPCの数を17, 12, 6, 4, 3と減らして測定を行った。安定化の評価はDistortion Parameter Dを用いて行なっている。

$$D = \sum_{i=1}^{35} |E_i - \langle E \rangle| \quad E_i: i \text{ 番目のセルの電場の平均値、} \langle E \rangle: E_i \text{ の平均値}$$

無摂動の基本的な状態で $D=1.1 \times 10^{-3}$ である。この状態にチューナーで摂動を加え加速電場を傾ける。このとき $D=3.4 \times 10^{-3}$ である。PCを挿入することにより、傾いた加速電場が平坦な分布に戻って、安定化されるかどうかを調べた結果、4本のPCまでは安定化が確認できた。3本の場合は摂動を除くと加速電場が乱れてしまい確実な安定化は実現できなかった。PCが34本以外の時は、PCとドリフトチューブの間の距離 L_1 を一定値に保ちながら変化させるチューニング方法により安定化ができた。図1に L_1 とDの関係を示す。34本PCの場合の L_1 は18番目のPCの位置で代表させている。Dの最小地点近傍でDの変化率は、PCの数が少ないほど大きい事がわかる。

安定化した時の分散曲線から求めた加速モードの群速度 v_g を図2に示す。PCの数が17本目までは v_g は増加しているが、34本では12本の場合と同程度まで減少している。この結果はPC34本の場合の調整の不十分さを示唆している。これらの測定結果とQ値の測定結果を考慮すれば、我々のDTLについては、2セルに1本ずつのポストカップラーの配置が最適であると思われる。

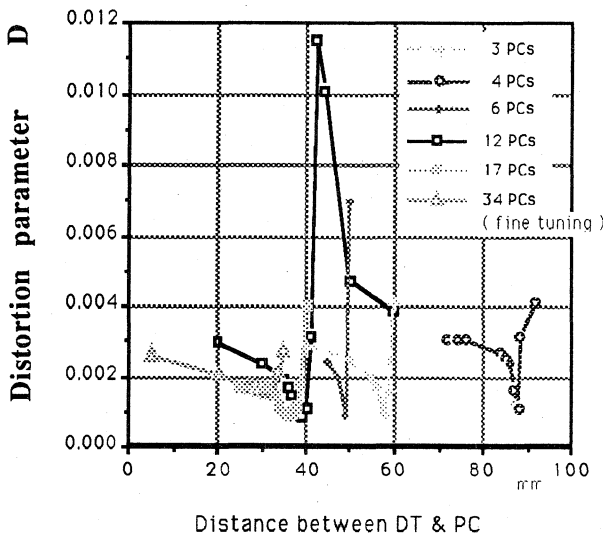


図1. PCとドリフトチューブ間の距離 L_1 とDistortion Parameter Dの関係

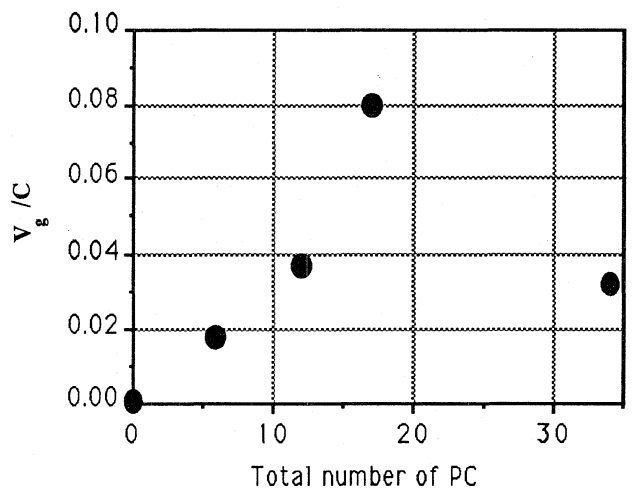


図2. PCの数と加速モードの群速度

2. 432MHz DTLホットモデル

コールドモデルの結果を踏まえて、DTLホットモデルの開発が進められている。基本パラメーターを表2に示す。ほぼコールドモデルの半分の長さである。

表-2. DTLホットモデル仕様

共振周波数	432MHz	直径	441mm	全長	1166.6mm	材質	無酸素銅
(加速エネルギーは、3.0~5.4MeVを想定)							
2ユニットタンク分割式		セル数	18				
ドリフトチューブ		(fullsize)	17個	(halfsize)	2個		
ポストカップラー (直径13mm)			8個				

ポストカップラー(PC)は2セルに1個取付ける。コールドモデル製作時からの特色であった(1)STEMの空洞へのテーパ圧入法による取付け、(2)ユニットタンクの結合によるリニアックの形成は踏襲している。(1)はこの部分でrf接触、真空封じ、位置決めを3つを可能ならば兼ねさせる。

ホットモデルの場合さらに(1)入力カップラー部(2)ドリフトチューブ内に収納する4極磁石及び(3)ドリフトチューブ内への4極磁石の封入法の開発が行なわれている。入力カップラーはTRISTANの508MHzクライストロンの出力カップラー部を基に432MHz用を設計している³⁾。4極磁石は小型かつ高磁場勾配を要求されるためNe-B-Fe系の永久磁石(16分割を採用。従って磁化方向は3種類)を使用する⁴⁾。この永久4極磁石で最も重要なのは磁場中心とビーム中心の一致である。最終的にDTLに装着された段階で約20 μ m(rms)以下の整列精度が要求される。この値を達成するため個々の磁石片の外形寸法、磁化強度、磁化方向のばらつきを極力減らすことを試みた。表3に試作した磁石片の精度を示す。磁石片をランダムに組み合わせて4極磁石を2組製作し、磁石外周から求めた機械的中心と4極磁場中心のずれを測定した。2組のずれは8 μ m, 25 μ mであった。現在磁石片の組み合わせを変えて測定を行なっている。

表3. 試作磁石片の精度

磁石片の種類	磁化方向のばらつき	磁場強度のばらつき
磁化方向0度	0.24度 (rms:0.22度)	rms:0.19%
磁化方向90度	0.20度 (rms:0.23度)	rms:0.18%
磁化方向45度	0.71度 (rms:0.20度)	rms:0.11%

参考文献.

1. F.Naito, T.Kato, E.Takasaki and Y.Yamazaki,
Proc. 14th Linear Accelerator Meeting in Japan, (in Japanese), (1989) 86.
2. D.A.Swenson, F.A.Knapp, J.M.Potter & E.J.Schneider,
6th Int. Conf. on High Energy Acc., Cambridge, Mass., CEAL-2000 (1967) 167.
3. H.Baba, GEMINI Design Report, KEK, (1987) 560.
4. E.Takasaki, T.Kato, F.Naito, K.Nanmo and Y.Yamazaki,
Proc. 14th Linear Accelerator Meeting in Japan, (in Japanese), (1989) 355.