

Cold Model Test of a DTL with Transition from 4π to 2π -Mode Acceleration

Kazumi IKEDA, Taro KAN, Kunio YOSHIKAWA, Hitoshi YOKOBORI, Yoshio HASEGAWA, Jitsuya HIROTA,
Mitsubishi Atomic Industries, Inc., 4-1, Shibakouen, 2-chome, Minato-ku, Tokyo 105

Yoshihisa IWASHITA, Hiromi OKAMOTO, Akira NODA, Makoto INOUE
Institute for Chemical Research, Kyoto University, Uji, Kyoto 611

Abstract:

A cold model test has been carried out using a constant-velocity model for the investigation of a DTL with transition 4π to 2π -mode acceleration. The measurements with the Bead perturbation Method reveal that a field difference of about 5% exists between the average fields in the 4π and 2π -mode cell. Field stabilization by post coupler is improved by using slightly different spacings between the drift tube and the post coupler for the 4π and 2π -mode cells. The extra stem on each drift tube improves the fields stability when the stems are installed in line each other. The stability, however, is not improved when the stems are installed cross-wise each other.

4 π - 2 π モード加速DTLのコールドモデル試験

1. はじめに

10MeV の多目的線形陽子加速器の設計研究を共同研究として1990年 4月から実施してきた。^[1] この研究の目的は、共振周波数425MeVの4ベイン型のRFQと4 π モードのDTL及び2 π モードのDTLの最適な組み合わせを検討することである。DTLは、コンパクト化の為に1つのタンク構造にすることを目標とし、4 π モードから2 π モードを接続したDTLの特性を検討するために、コールドモデル試験を行なった。

2本のステムの角度が180°であるようなダブルステム付のDTLはシングルステムにくらべチューニングエラーに対して安定であると報告^[2]されており、今回、4 π モードから2 π モードに途中から変えるようなDTLの電磁場の安定性をダブルステムがどのように向上させるかを検討した。ポストカプラーによる電磁場の安定性への効果についても測定した。

2. コールドモデルの構造

等速モデルのコールドモデルの構造を図1に示す。約2MeVの陽子エネルギーに対応する16個のセルからなり、このうち5セルは4 π モード用であり、1セルは4 π と2 π をつなぐセルで、10セルは2 π モード用である。ドリフトチューブの間のギャップは、共振周波数のSUPERFISHによる計算値が425MHzとなるように決めた。

ドリフトチューブは、1つのステム(シングルステム)か、180°の角度をなす2つのステム(ダブルステム)により支持される。空洞の両端のエンドプレートの1/2ドリフトチューブは、動かすことができ、ギャップが変えられる。

ポストカプラーは、タンクの側面にとりつけられ、4 π モードの各セル及びつなぎのセルについてはそれぞれに、2 π モードのセルについては1セルおきについている。このモデルの構造はポストカプラーの安全運転範囲^[3]を満足するようになっている。

3. 共振周波数と電場分布

シングルステムのコールドモデルにおける共振周波数の分散曲線を図2に示す。TM010モードの測定された共振周波数は425.613MHzでSUPERFISHによる計算値と極めてよく一致した。TM011の共振周波数は、449.373MHzでTM010との差は、23.160MHzと十分に大きい。ステムによる摂動で生じるモードは200MHzと140MHzと間に分布する。ビーズ摂動法により測定されたシングルステム付の空洞における平均電場分布を図3に示す。4 π モードのセルの電場は±1.6%の偏差で、2 π モードでは±1.3%で同様であった。4 π モードのセルと2 π モードのセルとの電場には、約5%の強さの違いが生じた。

4. ポストカプラーによる電磁場の安定性

ドリフトチューブとポストカプラーとの間のスキマを同じになるように10個のポストカプラーを挿入した場合のTM01nモードの共振周波数の変化を測定した。この結果からポストカプラーはドリフトチューブとポストカプラーの間のスキマが20mm以下の範囲で有効であることが判明した。

電場分布の安定性を測るため、空洞の端の1/2ドリフトチューブを動かして摂動を与え2種の電磁場分布を実現した。第1の測定ではセル-1のギャップを小さくし、次にTM010モードの共振周波数が以前の値に戻るようセル-2のギャップを大きくし電場を測定した。第2の測定ではセル-1のギャップを大きくして行った。

ひずみ係数 (distortion parameter) D_s は、ポストカプラーによる電場の安定化の効果は示すもので文献4に述べられた D_x と類似のものであり、次のように定義される。

$$D_s = \sum_n \left| E_{n,+}^+ - E_{n,-}^- \right| / (E_{n,+}^+ + E_{n,-}^-) \Delta f \times 100 (\%) \quad (1)$$

ここで $E_{n,+}^+$ と $E_{n,-}^-$ は、 D_s の第1の測定、第2の測定でのセル-nにおける軸上の電場である。

図4に示すように、スキマsを変えるとひずみ係数は変化する。この図からわかるように、 4π モード及び 2π モードのセルについて異なったスキマを使うと更に小さなひずみ係数 D_s が得られる。

5. ダブルステムとチルトセンシティブィティ

図5にダブルステムを用いたコールドモデルの共振周波数の分散曲線を示す。TM010とTM011モード間の共振周波数の違いは、シングルステムにくらべ、ダブルステムの方が2倍以上大きい。

電場安定化に対する追加ステムの有効性は、チルトセンシティブィティ (Tilt Sensitivity) T_S を用いて検討する。 T_S は次式で定義される。

$$T_S = (E_{n,+}^+ - E_{n,-}^-) / (E_{n,+}^+ + E_{n,-}^-) \Delta f \times 100 (\%) \quad (2)$$

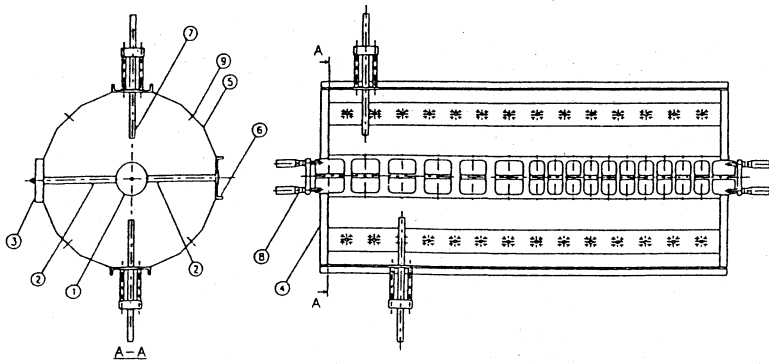
3つの T_S の測定結果を図6に示す。シングルステムの T_S の傾きは $-38\%/MHz/m$ 、1列に配列されたダブルステムは $-12\%/MHz/m$ であった。すなわち、ドリフトチューブに追加されたステムにより、 T_S の傾きはおよそ1/3になった。この高い安定性はTM011モードの共振周波数が顕著に高くなったことと一致する。

6. まとめ^[5]

- (1) TM010モードの共振周波数の測定値はSUPERFISHの計算値と良い一致が見られた。 4π モードと 2π モードとの平均電場の違いは、測定値で約5%であるのに対し、解析の結果では約4%であった。
- (2) 4π モードと 2π モードでドリフトチューブとポストカプラーのスキマをわずかに変えると、ひずみ係数は1/2に小さくなり、電磁場の安定化が向上する。
- (3) 1列に並べたダブルステムではシングルステムにくらべ T_S の傾きが1/3に小さくなり、電磁場はより安定になる。
- (4) ダブルステムを互いに十字になるように並べた場合、このコールドモデルの場合では安定化が得られなかった。しかし、チルトセンシティブィティの測定からわかるように、他の場合と傾きの向きが異なること及びセル長の違いによって大きく傾きが違うことなどより、セル長が長くなりもっと高いエネルギーの加速管には有効であることが示唆される。

7. 参考文献

- [1] K. Ikeda et al., "Cold Model Test of a Four Vane RFQ for Multi-Purpose Use Linac", Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ., 70, 99(1992).
- [2] J. H. Billen., "Field Stability in Two-Stem Drift-Tube Linacs", Mo3-35, 1988 Linac Conf. at CEBAF Report 89-001, 125(1989)
- [3] J. H. Billen., "Survey of Drift Tube Linacs with Post Couplers", AT-1:84-74 LANL memorandum (1984)
- [4] M. Sawamura and H. Takekoshi., "Field Stability of the Alvarez Linacs by Post coupler", Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ., 63, 9(1985).
- [5] K. Ikeda et al., "Cold Model Test of a DTL with Transition from 4π to 2π -Mode Acceleration", Bull. Inst. Chem. Res., Kyoto Univ., 71, 26(1993).



- 1 Drift tube
- 2 Stem
- 3 Garter
- 4 End plate
- 5 Cavity wall
- 6 Channel
- 7 Post coupler
- 8 End cell detuning device
- 9 Measurement hole

図1 DTLコールドモデルの構造

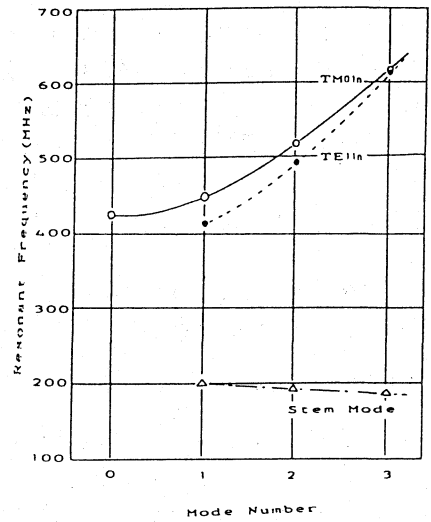


図2 共振周波数の分散曲線 (シングルステムのモデルの場合)

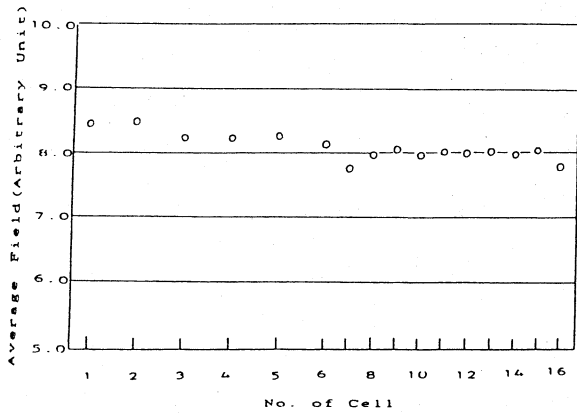


図3 軸方向の電場分布 (シングルステムのモデルの場合)

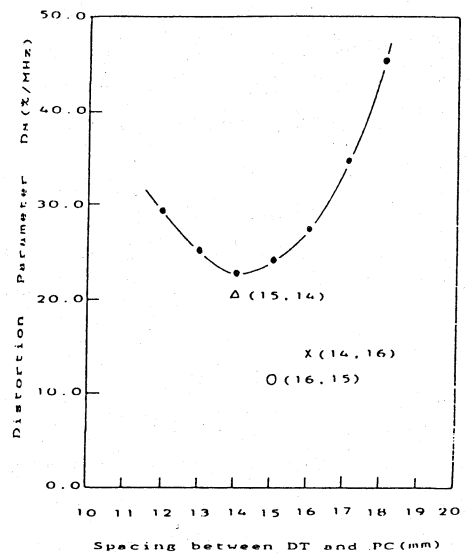


図4 ドリフトチューブとポストカプラーとの間のスキマとひずみ係数

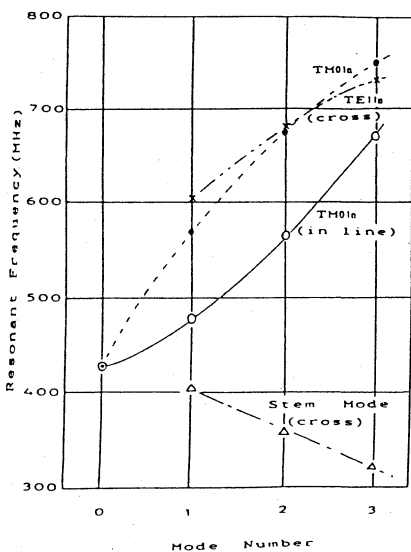


図5 共振周波数の分散曲線 (ダブルステムのモデルの場合)

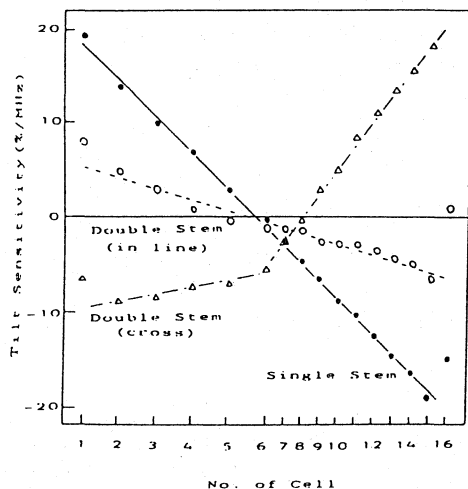


図6 チルトセンシティブィティ (シングルステムとダブルステムのモデルの場合)