

1 GeV リニアック検討資料

1 GeV LINAC DESIGN NOTE

題目 (TITLE) Study of the 432 MHz DTL Cold Model

著者 (AUTHOR) F. Naito et al.

概要 (ABSTRACT)

We have made a cold model of 432 MHz drift-tube linac (DTL) to check the accuracy of fabrication and assemble of model tank and study the RF properties. Drift tubes (D/T) were fixed in the tank with new method. In the present model, the accuracy of alignment of the drift tubes was a good enough to study the RF properties. In the low β region, the cell length varies very rapidly along the tank. As a result we confirmed that stabilization of an accelerating field was achieved with fine tuning of each gap between post couplers and drift tubes.

KEY WORDS:

Ion source, RFQ, DTL, CCL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics,
Transport, Vacuum, Cooling
Klystron, Low level rf, High power rf, Modulator
Control, Operation, Radiation, Others

Study of the 432MHz DTL cold model

Fujio Naito, Takao Kato, Eiichi Takasaki and Yoshishige Yamazaki

National Laboratory for High Energy Physics

ABSTRACT

We have made a cold model of 432 MHz drift-tube-linac (DTL) to check the accuracy of fabrication and assembling of model tank and study the RF properties.

Drift tubes (D/T) were fixed in the tank with new method. In the present model, the accuracy of alignment of the drift tubes was a good enough to study the RF properties.

In the low β region, the cell length varies very rapidly along the tank. As a result we confirmed that stabilization of an accelerating field was achieved with fine tuning of each gap between post couplers and drift tubes.

1 製作の目的

大型ハドロン計画の陽子リニアックに於てアルバレ型ドリフトチューブリニアック（以下、DTLと略す）の仕様は、現時点では次の様になっている。即ち、

加速エネルギー範囲 3 MeV ~ 150 MeV

加速電場の周波数 432 MHz。 (詳細はref.1を参照)

過去KEKで製作、実用化されたDTLは200 MHzの高周波を使用している。今回のDTLはその2倍の周波数の高周波を使用するため全体寸法は1/2になる。この寸法縮小の影響は特にDTL入射部で大きい。なぜならば、入射部では $\beta\lambda$ が小さいためドリフトチューブ（以下D/Tと略す）が高エネルギー側と比べて密に配置されるからである。更に $\beta\lambda$ の増加率も大きいいため各セルの長さの変化も急である。今回製作したDTLコールドモデルはこの入射部(3MeVから8.5MeV)である。内径441mm, 全長2585mm,セル数35でセル毎にポストカップラー（以下P/Cと略す）がつけられる。そして 1. 空洞の工作、組立精度（特にD/Tの据え付け精度）、2. P/Cの効果を調べる事が今回の製作目的である。1は機械的な精度に関する事であり、特に D/T中心とビーム軸のずれを50 μ m以下にする事が今回の目標（最終的には 20 μ m以下が目標. ref.1を参照）である。 2はRF特性の測定を意味する。

2 加工及び高周波的特性

(特徴)

図1にD/Tと取り付け部の断面を示す。以下の2つの特徴がこの図に示されている。即ち、

1. ステム (D/Tの支柱) のタンクへの取り付け部がテーパになっている事、
2. ステムの太さが途中で15mmφから20mmφに変化している事、

である。1の事項は今回のコールドモデルの最重要点の1つである。テーパ部でSTEMのRF的な接触とD/Tの位置だしを兼ねることを狙っている。さらに将来的には真空封じも兼ねさせる事を考慮している。一般に一つの部分に多機能を持たせる事は避けるべき事である。しかし今回敢えてテーパ部による接合を試みた理由は長期的に安定な接合が得られるからである。もちろん位置出しとRF的な接触が目標精度に到達する事が前提であるが、試してみる価値は十分であると判断し実行した。2は、ref.1に詳細に書かれているが、DTLの各セルの共振周波数を合わせるための処置である。

(加工組立精度)

図2にD/Tのボア中心とビーム軸とのずれを示す。上図が垂直方向、下図が水平方向である。平均値は、垂直方向 $13 \pm 110 \mu\text{m}$ 、水平方向 $20 \pm 58 \mu\text{m}$ である。平均値の偏差は今回の目標精度 $50 \mu\text{m}$ 以下には到達していない。原因はタンク側テーパ部の面精度が不十分なためである。テーパの傾斜が緩やか(1:20)なのでテーパ面上が $\pm 5 \mu\text{m}$ の精度であっても、D/T中心の垂直方向は $\pm 100 \mu\text{m}$ 程度変動する。従って垂直方向の精度を出すにはテーパ面精度としては $1 \mu\text{m}$ 未満の精度が要求される。また水平方向はテーパ部のずれがSTEMの長さ分拡大されるので垂直方向の場合と同程度の精度をテーパ面に対し要求する。これが実現不可能ならばテーパによるD/Tの固定方法は採用できない。図2のデータのばらつきは、第1と第4タンクで大きい。第2、3タンクだけならば中心のずれは、垂直方向 $55 \pm 67 \mu\text{m}$ 、水平方向 $37 \pm 52 \mu\text{m}$ となり、特に垂直方向に関してはばらつきが大きく改善される。つまり第1、4タンクの実際の作業行程で生じた事が判明すれば目標精度を出せる可能性がある。

(RF特性)

DTLで使用する TM010 モードは群速度 $v_g=0$ であるが、P/Cにより $v_g \neq 0$ にして加速電場の安定性を増す方法がある。P/Cによる安定化はKEKでも40MeV陽子リニアック(200MHz)で確認されている。(ref.2)しかし今回のモデルの様に各セル毎に寸法が大きく変化する場合の経験はない。この状況に於いてP/Cを使用するためには、各セルのP/Cモードの周波数を一致させ全セルをRF的に結合させる必要がある。そのために各セルでのP/Cモード周波数とP/Cの位置の関係を求め、P/Cの位置

を決定した。図3の●はP/Cが無い状態でビーズ摂動法により測定した各セルの平均電場分布である。横軸はセル番号、縦軸は電場強度（最大値を1に規格化している）である。強度分布の偏差は $\sigma=2\%$ である。この比較的一様な分布をチューナー挿入により崩した結果が図4の□である。下流側で20%電場が減少している。DTLが安定化した位置での電場分布を図12の中に■印で重ねて示す。分布の傾きが減っているのが分かる。最後にこの安定化状態でチューナーを0位置に戻して、再度電場分布を測定した。（図3 ○印） 偏差は $\sigma=1\%$ とP/C無しの場合の半分になっている。この時点でP/Cによる電場分布の安定化は一応確認はできた。

3 まとめと今後の課題

今回製作したDTLコールドモデルにより、現時点までに判明したことをまとめると次のようになる。

- a D/Tのタンクへの接合をテーパで行う方法は精度の点で目標には到達しなかった。但し、改良の余地はまだあるので、さらに推進を試みる。次には真空封じも考慮しなければならない。もちろん他の従来の方法も併せて検討していく必要がある。
- b P/Cによる加速電場の安定化を確認できた。ただし、P/Cの必要性も含めて電場の安定化の条件として何が最適かをつめていく必要がある。

(Reference).

1. 大型ハドロン計画推進作業部会編、
「大型ハドロン計画陽子リニアック
ワーキンググループ報告1」第4章、
JHP-10, KEK-INTERNAL 88-8, 1988

2. T.Kato
"DESIGN AND RF TUNING OF THE KEK
40MeV PROTON LINEAR ACCELERATOR"
KEK REPORT 86-5, KEK, (1986)

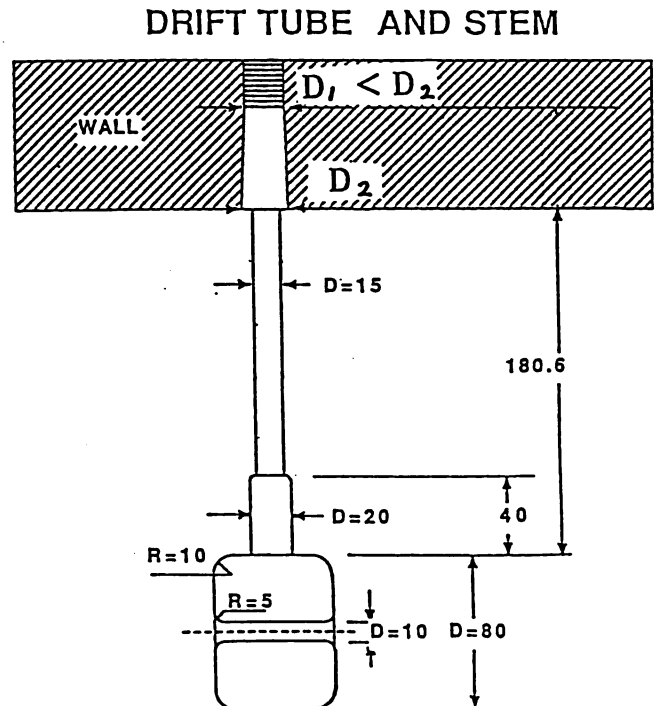


図-1 ドリフトチューブとステムの形状

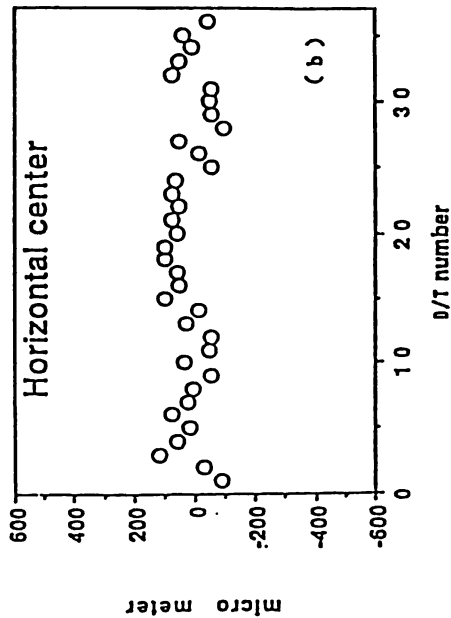
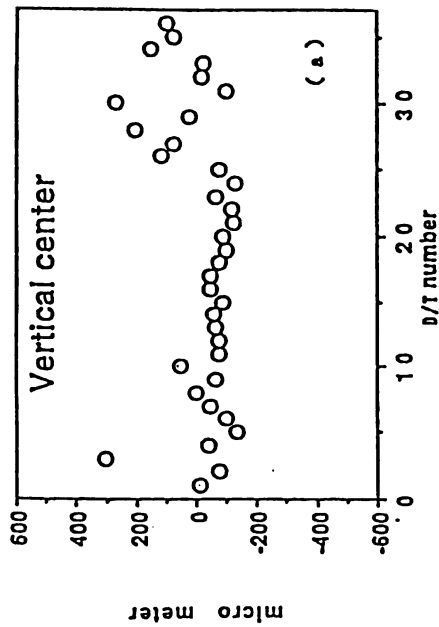


図-2 ドリフトチューブの取り付け精度

タンクに取り付けられたドリフトチューブの中心とヒーム軸とのずれ。
 a) は垂直方向, b) は水平方向のずれ。

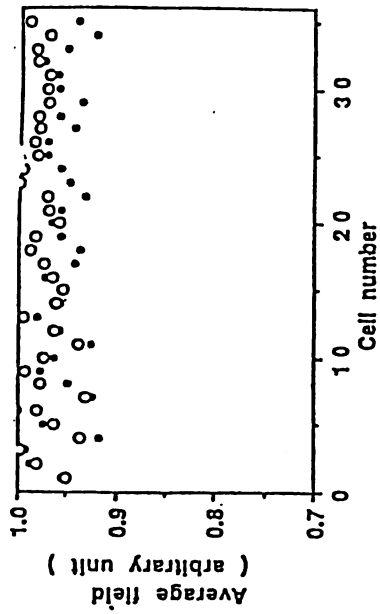


図-3 平均電場分布 (1)

○印: 最初の平均電場分布。横軸はセル番号。縦軸は電場強度。最大電場を1に規格化

●印: P/Cにより安定化した時の電場分布。図12の裏印の場合からチューナーによる振動のみを無くした状態。

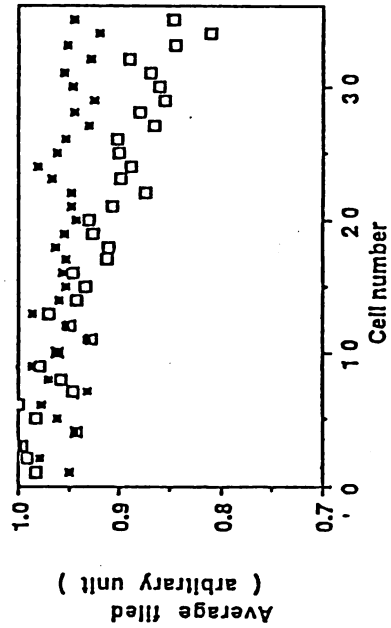


図-4 平均電場分布 (2)

□印: チューナーによる振動を加えられた平均電場分布。
 ■印: □印の状態にP/Cを挿入し安定化した時の電場分布。