

PLA-91-12

91/11/18

1 GeV リニアック検討資料

1 GEV LINAC DESIGN NOTE

題目(TITLE) 432MHz D T L 大電力モデルの開発

著者(AUTHOR) 内藤富士雄

概要(ABSTRACT)

The 432MHz high power model of a drift tube linac (DTL) for the Japanese Hadron Project is being constructed on the basis of the development of various elements for the DTL. Among them the following items are important; (a) alignment of the drift tubes, (b) assembly of permanent magnet pieces into the quadrupole magnet, (c) connection of two unit tanks. The present status of these development are described.

KEY WORDS: Ion Source, RFQ, DTL, Magnet, Monitor, Beam Dynamics, Transport, Vacuum, Cooling, Klystron, Low Level RF, High Power RF, Modulator, Control, Operation, Radiation, Others

高エネルギー物理学研究所 KEK

DEVELOPMENT OF THE HIGH POWER MODEL OF 432 MHz DTL

F. Naito, T. Kato, E. Takasaki, Y. Yamazaki,
*Y. Iino, *T. Adachi, *T. Kawasumi and *M. Ozaki
National Laboratory for High Energy Physics (KEK)
1-1, Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 Japan
*Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. (MHI)
Nagoya Aerospace System Works
10, Oye-cho, Minato-ku, Nagoya, 455 Japan

ABSTRACT

The 432MHz high power model of a drift tube linac (DTL) for the Japanese Hadron Project is being constructed on the basis of the development of various elements for the DTL. Among them the following items are important; (a) alignment of the drift tubes, (b) assembly of permanent magnet pieces into the quadrupole magnet, (c) connection of two unit tanks. The present status of these development are described.

432MHz DTL大電力モデルの開発

1. 序

高エネルギー物理学研究所では大型ハドロン計画用1GeV陽子リニアックを構成する各部の開発を行っている。¹⁾ その一部をなす432MHzドリフトチューブリニアック（以下DTLと略）は小電力モデルによる基本的な試験が終了し、^{1, 2)} 現在大電力モデルの開発が進められている。本モデルは全長約1.2mで、2つのユニットタンクから構成される。セル数は18であり、入射エネルギー3MeVのH⁺を5.4MeVまで加速する。既に昨年の本研究会において開発状況の一部を報告している。³⁾

大電力モデルの開発要素で重要な部分は、ドリフトチューブ（以下DTと略）のタンク内への取付けと位置出し、DT内への永久4極磁石（以下PQMと略）の組み込みと封入、タンクの結合、4極磁石片の製作、そして入力カップラー⁴⁾、等である。我々は各要素の開発に於て、製作の容易さよりも完成後の高信頼性の確保を目標としている。この点と既存の200MHzのDTLの半分の寸法で比較的精密加工がしやすいという点から、開発中の各種方法は過去のものよりも複雑になっている。現時点（91年7月）では、多くの項目が開発途中であるが、このうち今回はDT製作に関連した事項の（イ）方法の概略、と（ロ）開発の現状、を報告する。そして最後に今後の予定を述べる。

2. DTL構成要素の開発状況

(a) 永久4極磁石のDT内への組み込み

16個の永久磁石片からなる4極磁石は図1に示す様な治具により、DT内殻に挿入される。⁵⁾ 磁化軸が動径方向を向いた磁石片は単独に、他は3個1組のブロックにまとめられ捕まれたまま内側に挿入され円

形を構成する。PQMの組立は各磁石片間に働く力を考慮しかつ利用して行う。3個をまとめるのもその一例である。接着材で固定するが磁氣的にも一塊になろうとしている。組立時は可能な限り内殻の中心に対して対称な位置にある磁石片を対にして同時に移動させる。そして磁石片間に薄いシムを挿入して磁石寸法の補正を行い、PQM組立時の形状を確保する。その後外側からSUSのバンドを掛けて全体を固定する。

内殻に固定された4極磁石は次項で示す方法でDT内に封入される。

(b) DTの封入

PQMを組み込まれたDTの内殻を外殻と接合させる方法として(イ)内殻の冷やしばめ、(ロ)外殻の焼きばめ、の2種類を試験している。両者ともに電子ビーム溶接などと異なり、接合が磁場の影響を受けないという長所を持つ。

(イ)の場合、内殻を液体窒素で冷やし、縮めて外殻内に挿入する。しかし液体窒素の温度が低いので、内殻と外殻間の温度差が大きくなり過ぎる点等が問題として残っている。

(ロ)では外殻を暖めて、熱膨張で径が大きくなっている間に内殻を挿入する。(イ)の場合と異なり温度の制御は比較的容易である。ただ永久磁石として熱に強くないNd-Fe-B系の物を使用しているため、締め代に対して十分な余裕が取れるほど熱膨張させられない。また温度を上げ過ぎるとDT表面が酸化する問題もでてくる。

現在上記問題の解決も含め、各種条件(締め代、設定温度、位置合わせの簡略化、治具の熱絶縁性強化等)の最適化を実験を繰り返しながら行っている。

(c) ステムのタンク内への取付け

DTをタンク内へステムを介して装着する際、テーパ結合により固定する。つまりタンクに開けたテーパ穴にテーパ状のステムを差し込んで固定する。装着後の安定性は既存のDTLのステム保持法と比較して格段に良くなると予想している。ステム固定部で、(イ)ステム位置出しと(ロ)RF的接触を行う。そしてもし可能ならば(ハ)真空保持も兼ねさせたい。現在作成中のステムではInメッキを施し真空とRF的接触を保たせる。さらにテーパ穴途中にバックアップ用の真空引き口が用意されている。DTの位置制御はテーパ部の加工精度及び固定時に加える力と、次項で述べるステムの姿勢制御装置で行う予定である。

(d) DT姿勢制御

タンク内に装着したDTが所定の位置からずれていた場合、位置は修正されねばならない。タンク装着後、DTの位置は上下方向の微調のみできる。しかし他の方向に関しては微調機構はない。そこで位置がずれていた場合はDTをタンクからはずし、ステムを塑性変形させてから再装着する。上下方向に大きくずれた場合も対象となる。

具体的にはステムの上部を固定し、DTに近い部分に力を加える。横方向には比較的容易に塑性変形可能である。しかし縦に伸ばすには非常に強い力が必要となるため、頑丈な治具が必要となる。姿勢制御の作業はステムの上下の数箇所を3次元測定器で測定しながら遂行する。ステムの固定方法等、注意が必要な箇所がある。

(e) タンク結合

DTLのタンクは組立時の作業性を考慮して長さが0.6m程度の短いユニットタンクを結合して製作する。DTLの最上流側(製作中の大電力モデルが対応する部分)は単位セル長が短いのでユニットタンク間の作業空間が狭い。そのため、溶接で2つのユニットタンクを結合する。即ち、2つのユニットタンク結合部円周上にタブを溶接し、溶接時の収縮力を利用して結合させる。この場合の結合部断面を図2に示しておく。DTL下流側はボルトを使用してタンクを結合する。溶接及びボルト結合ともに供試体(2セルのタンク)を使用した実験を行っている。実験はタブもしくはボルトによる結合力の変化に対して、(イ)外形寸法、(ロ)共鳴周波数、(ハ)Q値、の変化を測定する。そして最適条件を割り出す。現時点で溶接接合の条件はほぼ確定している。

3. まとめ

本DTLの製作方法は過去の200MHzのDTLとは異なる点が多い。故に開発項目も前述のごとく多岐にわたるが、収束に向かっている。これらR&Dの結果を基に本年度内に大電力モデルを完成させ、平成4年度より実際に大電力高周波を入力して試験を行う予定である。その後RFQからのH-ビームを入射してビームテストを行う。以後は逐次ユニットタンクを製作し、既存のタンクに接続する事により、加速エネルギーを10MeVまで上げる予定である。

参考文献

- 1) 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I
JHP-10 KEK Internal 88-8, 1988
- 2) 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II
JHP-14 KEK Internal 90-16, 1990
- 3) 内藤富士雄、他、Proc. the 15th LINAC meeting in Japan, Hokkaido Univ., 41 (1990)
- 4) F. Naito, et al., Proc. 1990 LINAC Conf., 156 (1990)
- 5) Y. Iino, et al., Proc. 1990 LINAC Conf., 123 (1990)

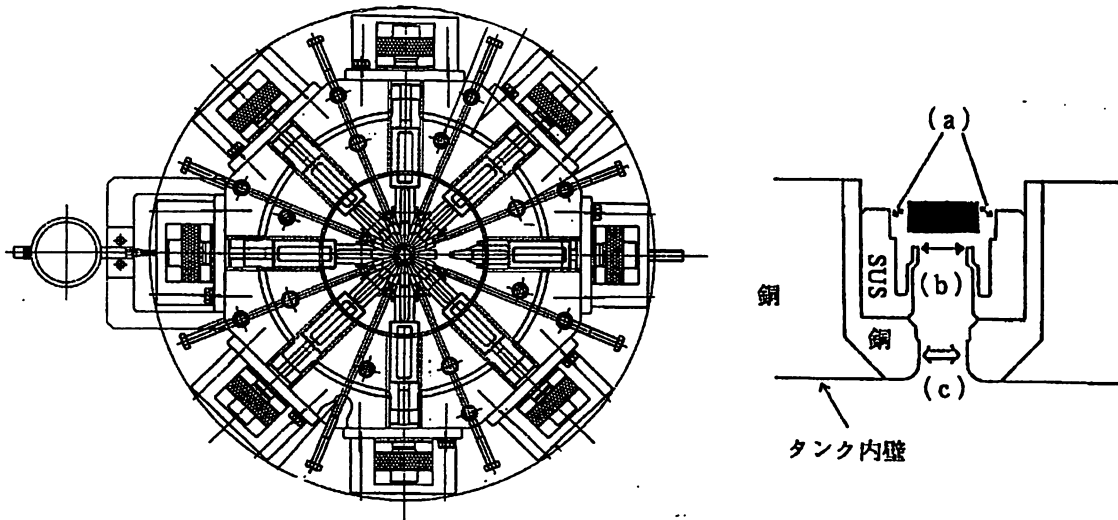


図. 1. 永久4極磁石組立治具

図中央が16個の磁石片からなる永久4極磁石 (PQM)

図. 2. タブ溶接による
タンク結合部断面

- (a) TIG溶接部
- (b) 真空封じ用TIG溶接
- (c) 面接触部 (RF的接触)