R&D TEST FOR ELECTRO-STATIC SEPTUM IN 50GEV RING

Yoshitsugu Arakaki¹, Masahito Tomizawa, Noboru Tokuda High Energy accelerator research Organization 1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801

Abstract

Electrostatic septa will be used in the slow extraction at 50-GeV Ring in J-PARC. Since the beam power is very high in 50-GeV Ring, the beam loss may cause a serious problem, thickness of septum should be as thin as possible. We measured alignment errors of $80 \,\mu$ m-septum wires, $25 \,\mu$ m-ribbon foils by laser focus displacement meter. As a result, the error of thickness is estimated to be ~10 μ m in the ribbon foils. Meanwhile, high voltage test was also performed after changing the cathode material, and successfully obtained stable operation.

50GeVリング静電セプタムのR&D試験

1.はじめに

J-PARC 施設は400MeVリニアックと3GeV RCSと 50GeV Ringから構成される。50GeV Ringの直線部に 設置される遅い取り出し装置は最前段に2台の静電 セプタム(ESS)とその後段に10台のセプタム電磁石 が配置され、ハドロン実験室の方にビームが供給さ れる。

大強度ビームの為、ビームロスによる機器へのダ メージと放射化はメンテナンス上深刻な問題となる。 従ってビームロスは極力おさえなければならない。 ESSのセプタム厚を厚くするとビームがヒットする 確率が増えるので、厚みは機械的な耐久性を考慮し た上で可能な限り薄く作る必要がある。またセプタ ムワイヤーの並びが悪いとビームから見た実効的な 厚みが増えるので、そのアライメントも重要である。 ビームシミュレーションの予測によると、遅い取り 出しにおいて実効セプタム厚が約100 µmで1%程度 のビームロスとなる^{[1][2]}。今回 80 µmのセプタム ワイヤーのアライメントの測定に加え、25 µm厚の リボンホイルのアライメントの測定も行った。

また、カソード電極がSUS304の場合とTiの場合の 高電圧試験ついても報告する。

2.R&Dセプタム

50GeV静電セプタムはセプタムヨークに固定され たセプタムワイヤーとカソードプレートの間に高電 界を起こしその中に入ってきたビームを曲げる装置 である。実機サイズの静電セプタムの緒言を表1に 示す。実機のカソード長1.5mに対してR&D機は680mm で製作した。R&D機の構造を図1に示す。

ワイアーはアルミ材でできたヨークの上下の溝に 張力を一定に保ちながら巻きつけ、かしめ後 最後 にカットして製作されている。張力は400gf(巻き線 時)、300gf(かしめ後)である。

¹ E-mail: arakaki@post.kek.jp

表 1:50GeV用実機の緒元

蹴り角	0.2mrad
電場強度	6.8 MV/m
カソード電圧	170 kV
ギャップ	25 mm
ワイアー径	80 µm
ワイアー間距離	1.25 mm
カソード長	1.5 m



図1.50GeV R&D静電セプタム

カソード電極として電解複合研磨処理したSUS304を 使用した際の高電圧試験で、10MV/mの電界強度で一 箇所ワイヤーが切れてカソードに接触した。また放 電と暗電流によって縦方向でワイヤーの中心部が細 くなってることが判明したのでワイヤーの張替えを 行った。ワイアーは径80 µ mのW(97%)Re(3%)を使用 した。また、カソード電極はTi 電極に交換した。 エージングの際の放電を抑える為、Ti 電極表面の MCP処理を行った後、5nmから10nm 程度の酸化皮膜 を作った。

3.ワイアーのアライメント測定

SUS304電極を使用して高電圧試験を行った後、高精 度レーザー変位計を用いてワイアーのアライメント の測定を行った。測定はレーザーヘッドを3軸移動 機構に取り付け、ワイアーをスキャンして測定した。 変位の出力信号はADCを通してPCに取り込んだ。 三軸移動機構の電源と測定器の電源を別系統にする ことでノイズを0.3 µ m程度に抑えた。レーザーヘッ ドの温度ドリフトは8 で2µm程度である。また 三軸架台の真直度のエラーを取り除くために、ワイ アーの後ろにストレートエッジを置きそのレファレ ンスをみることでワイアーのばらつきを測定した。 測定の結果を図2に示す。測定値はワイヤーの形状 の最大変位をプロットしてある。ワイヤーの本数は 559本で、No20番目のワイヤーが放電で切れたワイ ヤーである。ばらつきは60µm程度となっている。 以前に測定したテストピース(±15µm)^[3]と比較す るとかなり悪い値である。構造は同じなので、これ は張力のばらつきと高電場によってワイアーが撓み、 その状態で暗電流や放電による熱によってワイヤー が塑性変形した結果アライメントが悪くなったと考 えられる。



図3 極薄セプタムモデル機

ル並びの傾きである。製作上のエラーでホイルにね じれが生じている物もある。ホイルの変位は最大で 40µm(張力1kgf),30µm(張力2kgf)程度となってい る。10µm程度の小さいホイルもあるので選択して 使えばかなり実効的に薄いセプタムが得られると期 待される。



図2.ワイヤーのアライメント

4.極薄セプタムモデル機

ビームロスをさらに減らすためにセプタムワイ ヤーの代わりに極薄ホイルを使うことを検討してい る。今回、リボン状のホイルで厚みが25µmのセプ タムホイルを試作した。図3に極薄セプタムのモデ ル機を示す。リボンホイルは材質はRe(20%)W(80%)、 断面が25µmx1.5mmで6mmピッチの間隔でヨーク (SUS304)に固定されている。リボンが切れた場合 を想定してばねで上下両サイドから引っ張る構造と なっている。張力を変えた場合どの程度アライメン トが改善されるか見るために、張力1kgf、と2kgfの 場合についてアライメント測定を行った。測定結果 を図4に示す。縦軸はレーザーヘッドとホイル間の 距離、横軸の1ポイント間隔は12µmである。全長 にわたる傾きはレーザーのスキャンする方向とホイ





図4. 極薄セプタムのアライメント

5. 高電圧試験

SUS304をカソード電極にした場合とTiに変えた場合 で高電圧試験を行った。図5に高電圧試験のセット アップを示す。高圧試験の際はX線が発生するため、 ESSの周りを鉛でシールドしている。イオンポンプ (IP)の電流値、真空計(IG)、X線サーベイメー タ、リーク電流の読みはADCを介してPCに取り込ま れ、DACで高圧電源を制御している。さらにVNC等を 利用して別のPCからネットワークを介して制御も可 能である。エージングは真空度10⁶ Pa以下を保持 しながら5分ごとに60Vの割合で自動的に上げるられ る様になっている。



図5. 高電圧試験システム

高圧試験はギャップを30mmに設定し高い電圧で励磁 した後,デザイン値の25mmに戻して安定かどうかを 確認している。電極をSUS304にした場合の高圧試験 の結果を図6に示す。130 k Vでは安定であった。 従って30GeVの遅い取り出しの条件は達成できた。 しかし50GeVのデザイン値170kVの際は音なしの放電 が有り、エージング電圧を240kVまで上げてもこの 放電は消えなかった。真空度もリーク電流と対応し て悪くなるのがわかる。



図6. 電極がSUS304の場合

次に電極をTiに変えてエージングを行った。図7に その結果を示す。電極ワイヤー間以外でのリ-ク電 流を調べる為に電極をはずした状態でリーク電流を 測定した。その結果ほとんど電流値が同じになった すなわち電極とワイヤー間には電流はほとんど流れ てないことがわかる。これは表面処理を施したTi電 極によって電極ワイヤー間での2次電子の放出率が 小さくなった為、SUS304に比べてリーク電流が小さ くなったと考えられる。ギャップをデザイン値の 25mmに設定してデザイン値の170kVで長時間試験を 行った。その結果、SUS304に比べ安定した結果が得 られた。





図7. 電極がTiの場合

まとめ

非接触高精度レーザー変位計を用いて、ワイヤーの アライメントの測定を行った結果 放電によるダ メージで約60µmのエラーが確認された。極薄ホイ ルはESSのセプタムとしてかなり有望であることが わかった。高電圧試験は電極を表面処理されたTiに 変え安定した運転が得られた。

参考文献

- N. Tokuda, *et al.*, i A Design of the Slow Extraction System in the JHF 50-GeV Proton Synchrotronî, Proceedings of the 11th Symposium on Accelerator Science and Technology.
- [2] M. Tomizawa *et al.*, i Design of Small Beam-Loss Slow Extraction in a High Intensity 50-GeV Proton Synchrotronî, EPAC2000 Proceedings.

[3] Y.Arakaki *et al.*, i Measurement of wire alignment in electric septum by using a laser-focus displacement meter î, Proceedings of the 13th Symposium on Accelerator Science and Technology.