

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 μ m-septum wires, 25 μ m-ribbon foils by laser focus displacement meter. As a result, the error of thickness is estimated to be \sim 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 μ mで1%程度のビームロスとなる^{[1][2]}。今回 80 μ mのセプタムワイヤーのアライメントの測定に加え、25 μ m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についても報告する。

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。

ワイヤ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。

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
ワイヤー径	80 μ m
ワイヤー間距離	1.25 mm
カソード長	1.5 m

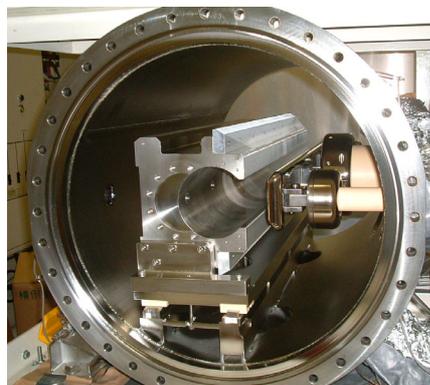


図1. 50GeV R&D静電セプタム

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いることが判明したのでワイヤーの張替えを行った。ワイヤーは径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。

¹ E-mail: arakaki@post.kek.jp

3. ワイヤ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ヤ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、ワイヤ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 $0.3\ \mu\text{m}$ 程度に抑えた。レーザーヘッドの温度ドリフトは8で $2\ \mu\text{m}$ 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、ワイヤ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ヤ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 $60\ \mu\text{m}$ 程度となっている。以前に測定したテストピース($\pm 15\ \mu\text{m}$)^[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ヤーが撓み、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。

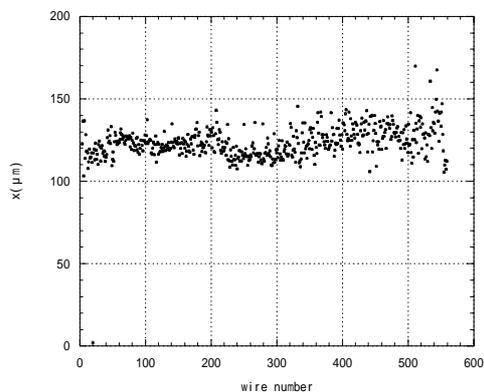


図2. ワイヤーのアライメント

4. 極薄セプタムモデル機

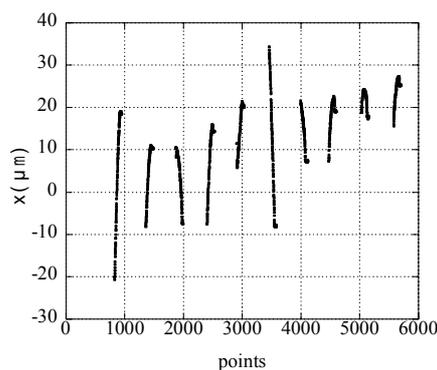
ビームロスをさらに減らすためにセプタムワイヤーの代わりに極薄ホイルを使うことを検討している。今回、リボン状のホイルで厚みが $25\ \mu\text{m}$ のセプタムホイルを試作した。図3に極薄セプタムのモデル機を示す。リボンホイルは材質はRe(20%)W(80%)、断面が $25\ \mu\text{m} \times 1.5\text{mm}$ で6mmピッチの間隔でヨーク(SUS304)に固定されている。リボンが切れた場合を想定してばねで上下両サイドから引っ張る構造となっている。張力を変えた場合どの程度アライメントが改善されるか見るために、張力1kgf、と2kgfの場合についてアライ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 $12\ \mu\text{m}$ 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 $40\ \mu\text{m}$ (張力1kgf), $30\ \mu\text{m}$ (張力2kgf)程度となっている。 $10\ \mu\text{m}$ 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。

リボンホイルのアライメント (張力1kgf)



リボンホイルのアライメント (張力2kgf)

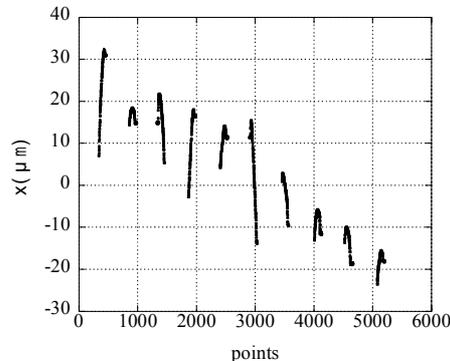


図4. 極薄セプタムのアライメント

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 10^{-6} 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。

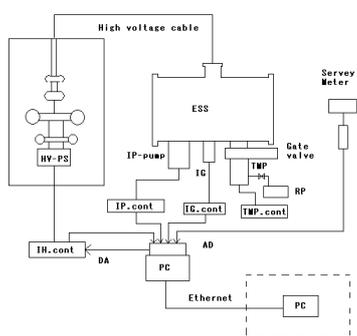


図5. 高電圧試験システム

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 kV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。

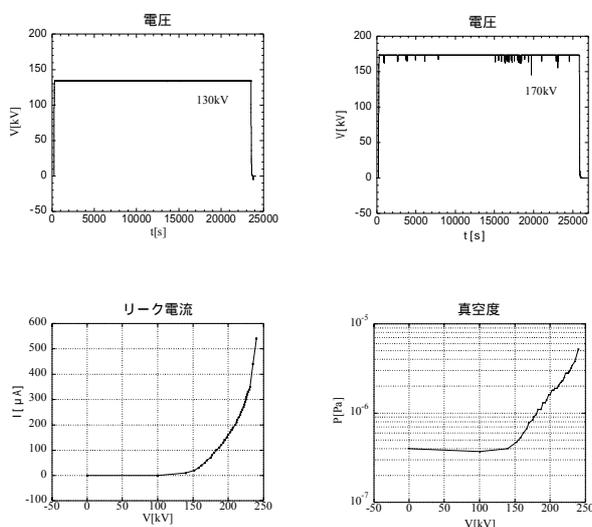


図6. 電極がSUS304の場合

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ー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。

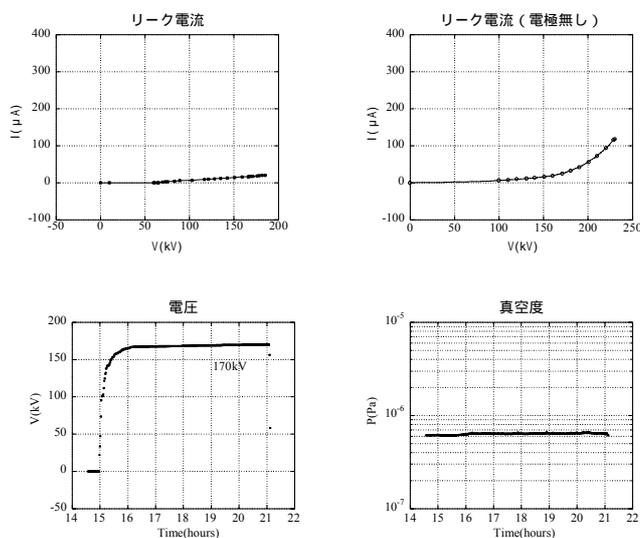


図7. 電極がTiの場合

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60 μm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

- [1] N. Tokuda, *et al.*, iA Design of the Slow Extraction System in the JHF 50-GeV Proton Synchrotron, Proceedings of the 11th Symposium on Accelerator Science and Technology.
- [2] M. Tomizawa *et al.*, iDesign of Small Beam-Loss Slow Extraction in a High Intensity 50-GeV Proton Synchrotron, EPAC2000 Proceedings.
- [3] Y. Arakaki *et al.*, iMeasurement of wire alignment in electric septum by using a laser-focus displacement meter, Proceedings of the 13th Symposium on Accelerator Science and Technology.