

21-P19

Wire Scanner System of ATF Linac

T.Asaka, H.Hayano*¹, M.kikuchi*¹, T.Naito*¹, J.Urakawa*¹ and M.Yoshioka*¹
 T.Nakazato*², M.Oyamada*², S.Urasawa*² and T.Yamakawa*²

Tohokugakuin University

1-13-1 Chuo, Tagajo-shi, Miyagi 985 Japan

*¹ National Laboratory for High Energy Physics

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki 305 Japan

*² Laboratory of Nuclear Science, Tohoku University

1-2-1 Mikamine, Taihaku-ku, Sendai-shi, Miyagi 982 Japan

Abstract

A wire scanner will be used as a high resolution ($\sim 10 \mu\text{m}$) beam size monitor in ATF linac. The wire scanner system which has been developed is installed into the ATF 80 MeV injector. We have developed the automatic beam size measurement system and automatic emittance measurement. The developments of these system are described.

ATF リニアックのワイヤースキャナーシステム

1. はじめに

現在 JLC 実現のための試験加速器 (ATF) では 1.54 GeV 電子リニアック、ビームトランスポート系、1.54 GeV ダンピングリングの建設が進められている。効率よくダンピングリングにビームを入射するためには 1.54 GeV リニアック及びリニアック入射部におけるエミッタンスの測定が不可欠である。我々は ATF の 80 MeV 電子リニアックでのビームサイズモニターの一つとして高い分解能をもつワイヤースキャナーを開発し、コンピューターによるビームエミッタンス自動測定システムの開発を行っている。

本稿では電子リニアックの入射部に設置されたワイヤースキャナーシステムとコンピューターによるエミッタンス自動測定について報告する。

2. ワイヤースキャナー

図 1、2 はワイヤースキャナーチェンバーとワイヤーマウントを示している。本実験では直径 $50 \mu\text{m}$ の金メッキしたタングステンワイヤーを用いており、これを x 方向、y 方向、そして x 方向から y 方向に 45° 傾けた u 方向へそれぞれセラミックサポートに固定している。駆動部分は PI 製ステージを用いた。このステージはステップモーターにより駆動され、ステップの分解能は $0.5 \mu\text{m}$ であり、繰り返し再現性は $0.1 \mu\text{m}$ である。本実験でのステージの位置測定には分解能が $5 \mu\text{m}$ のマグネスケールを採用した。ワイヤースキャナーの分解能はワイヤースイズとワイヤー移動のステップ幅で決定されるが、本システムの分解能は主にワイヤースイズにより決

定されており $50 \mu\text{m}$ 以下である。

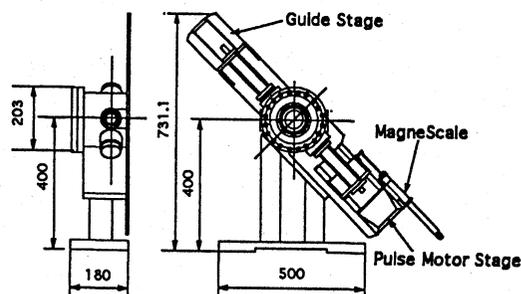


図 1 ワイヤースキャナーチェンバー

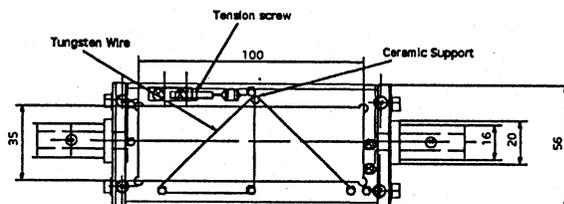


図 2 ワイヤースポート

ビーム照射によるワイヤーからのガンマ線はワイヤースキャナーの下流側で $10 \times 20 \text{ mm}$ のプラスチックシンチレーターを長さ 1200 mm のファイバーライトガイドを通して光電子増倍管 (PMT; ここでは HAMAMATSU H1161 を使用し、ハイテンション電圧は直線性を失わないように低めの -900 V とした) により検出するものである。

3. 計算機によるエミッタンス自動測定

東北大学理学部原子核理学研究施設において開発、ビームテストされたシステムをATFリニアックに組み込み、計算機による自動ビームサイズ測定とQマグネットの励磁電流可変によるエミッタンスの自動測定が可能となるようにした。この制御系の回路構成を図3に示す。データテイキングは以下の様に行われる。まずワイヤーステージを指定した位置までHPTGからのパルスにより移動し、位置をマグネスケールから読み込む。その後ビーム電流とガンマ線量をcharge ADCから読み込む。これらの繰り返しによりワイヤースキャンを行う。

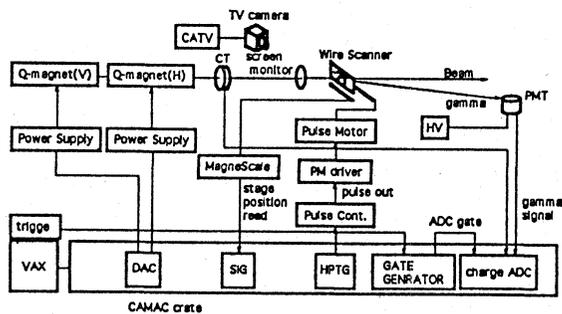


図3 コンピューターによるデータ取得ブロック図

図4はステップ間隔の変化によるフルスキャン(65mm)に要する時間を示す。ワイヤースキャンに要する時間は大部分がワイヤーステージの移動に費やすものであり、これはHPTGのパルスの周波数で決定される。当初HPTGからのパルスの周波数は2048Hzであった。周波数を上げることで高速化が可能となるがステッピングモーターのトルクが落ち、ステージを駆動できなくなるので、結局駆動できる最大周波数は6596Hzであった。

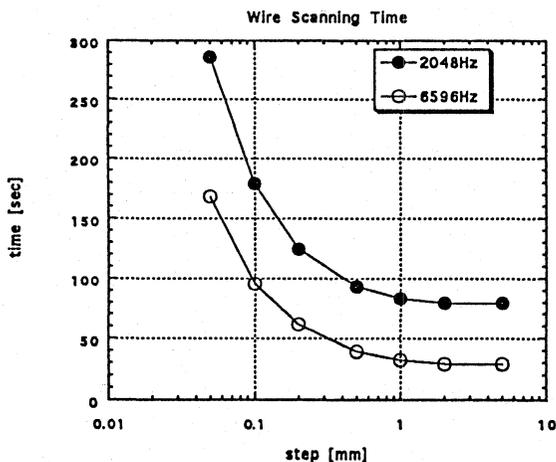


図4 ワイヤースキャンタイム

またワイヤー移動のステップ幅が0.5mmの場合、上記の1サイクルで330msかかるが、内訳はステージ移動に190ms、信号捕獲までのウェイト80ms(ビーム繰り返ししが12.5Hzの場合)、信号読み込みとデータ処理に60msであった。このうちcharge ADCからのデータ記録部分を見直し、短縮化することにより1回のデータテイキングにかかる時間を60msから10msにした。このようにして高速化をはかった結果、図4の白丸に示すように半分の時間でスキャンできるように改善できた。

4. ATF電子リニアック入射部のビーム

ATF電子リニアック入射部にワイヤースキャナー及びその上流2466mmと2834mmにエミッタンス測定のためのQマグネットを2台設置した。上流側のQマグネットはx方向をフォーカスするものであり、下流側のものはy方向をフォーカスするものである。測定の評価のためにスクリーンプロファイルモニターをワイヤースキャナーの上流290mmの位置に設置した。ビームサイズの測定はエネルギーが80MeV、総電子数が 1.3×10^{10} 、繰り返ししが12.5ppsのビームを使用した。図5にこのコンピュータ自動測定でのスキャン例を示す。これはQマグネットのx方向、y方向に対する励磁電流を5.0A、ワイヤーのステップ幅を0.1mm、PMTのハイテンション電圧を-900Vとしたときのビームプロファイルである。

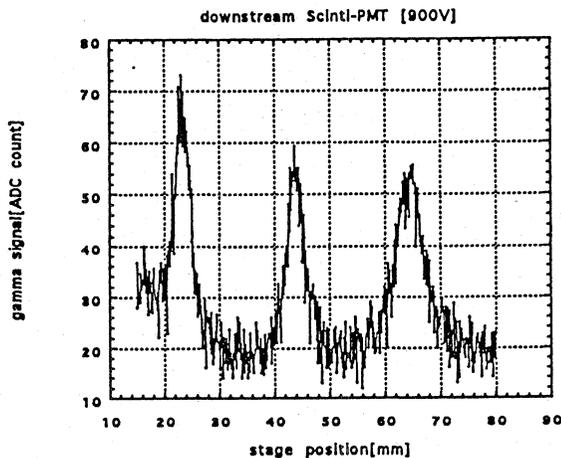


図5 コンピューターによるビームスキャン例

5. ガンマ線信号強度とS/N比

当初の測定ではガンマ線バックグラウンドが大きく信号が検出できなかった。このガンマ線バックグラウンドは上流の狭いチェンバーやワイヤマウント等で発生するものであり、検出器周りの鉛シールドの強化、またバンチャーやヘルムホルツコイルでのビームチューニングにより低減化した。またS/N比はワイヤーとビーム軸からの角度依存をもつため、シンチレーターを適当な位置に設置

してガンマ線強度測定を行った。図6はPMTのハイテンション電圧を-700Vとしたときの測定結果である。シグナルカウントとノイズカウントのそれぞれのワイヤーポジションは65.1mm、75.0mmとした。この結果よりシンチレーターの位置をワイヤースキャナーから9.5°の角度に決定し、以下の測定を行った。

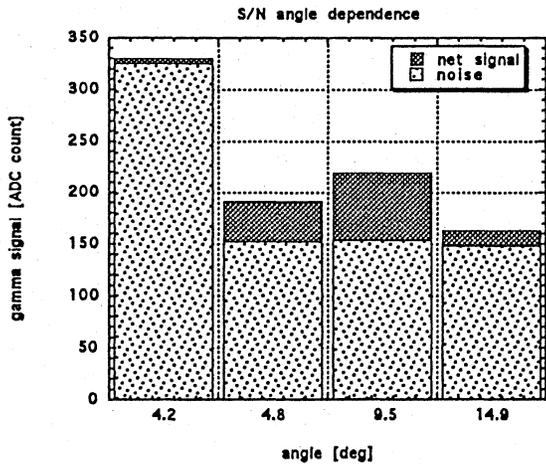


図6 S/N比の検出角度依存性

6. エミッタンス測定結果

2台のQマグネットの励磁電流をそれぞれ変えとときのビームサイズの変化よりエミッタンスを測定した。自動測定プログラム中ではビームサイズを1次関数+ガウシアンフィットの結果より求め、最終的にk値に対して2次関数フィットを行うことでエミッタンスを計算している。Qマグネットのk値に対してワイヤースキャナーで得られたビームサイズの変化を図7に示す。これらより得られた正規化エミッタンスはx方向で 6.3×10^{-5} m.rad、y方向で 1.2×10^{-4} m.radである。いずれも計算機による自動測定により得られたものであり、1回の測定に4分程度かかる。エミッタンスの値自体はリアックの調整が不十分でありやや大きめにしているが通常 $4 \sim 5 \times 10^{-5}$ m.radである。

7. まとめと今後の課題

ATF電子リニアック入射部においてビームサイズ及びエミッタンスのコンピューターによる自動測定システムを開発した。charge ADCからのデータ記録のプログラムの短縮化とHPTGからのパルスの周波数を2048 Hzから6596 Hzへ変更したことにより、以前の約半分の時間で測定を行うことができた。今後ステップモーターステージの駆動を高速化(高トルクも必要)し、ビーム繰り返しの間でステージ駆動とデータ取得が可能となるように変更する予定である。またワイヤーサポートから発生するガンマ線を減少させるためフレームのビームクリアランスを広げることによりS/N比の向上をする予定

である。

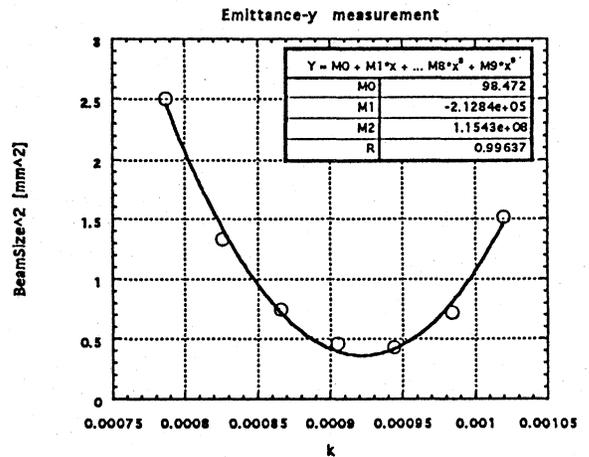
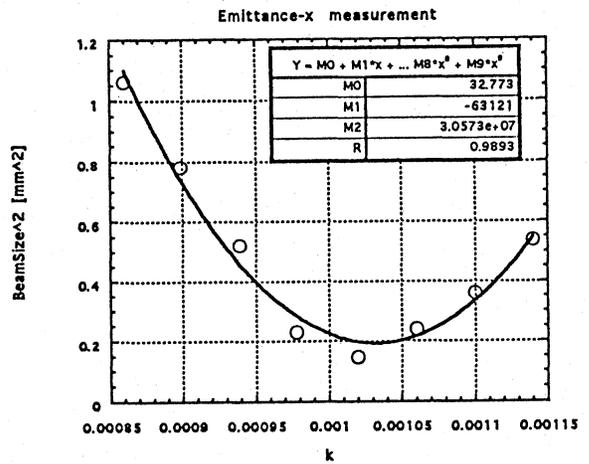


図7 Qマグネットに対するビームサイズ変化(エミッタンス)測定

謝辞

本研究を行うに当たり多大な御指導をして頂いたKEK JLC R&Dグループの先生方に深く感謝いたします。また測定の際、多くのコメント頂いたATCの森田成基氏に感謝いたします。

参考文献

- [1] H, Hayano et al; "Wire Scanner Beam Size Monitor for ATF" Proc. of 9th Sym. of on Acc. Sci. and Tech. KEK '93.
- [2] 早野、菊池、内藤; 2/16, 17 '93 Wire Scanner Beam Test Report, internal