APPLICATION OF OPTICAL FIBER TO THE SENSOR FOR WIRE SCANNER

Yoshiharu Yano#, Naoko Iida, Shinichiro Michizono
High Energy Accelerator Research Organization
Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801 Japan

Abstract

The wire scanner (WS) of the KEKB injector linac (LINAC) is installed. We have measured the rate and the Twiss parameter of beam emission using WS. WS consists of a 100-micrometer tungsten wire actuator and a photo-multiplier (PMT). LINAC supplies the electron or positron of various energies in accordance with PF (2.5GeV), PF-AR (3GeV), KEKB_e- (8GeV), and KEKB_e+ (3.5GeV). Because the optimal position of PMT changes with beam energies, it is installed according to main beams. Because the circumference of PMT is enclosed by the lead block in order to raise the signal to noise ratio, it is difficult to move the position of PMT easily. We solved these weak points by using an optical fiber. We report the result to which an optical fiber is applied as a sensor of WS.

ワイヤー・スキャナ用センサーへの光ファイバーの応用

1. はじめに

電子陽電子入射器（LINAC）は，合計 60 台の高周波ユニットで構成され，約 8 台ごとの“セクター”に区切れられている。にはワイヤースキャナー (WS)が B セクター、C セクター、5 セクターの 3 箇所に設置されている。これらは運転時のビームのエミッタンス及び Twiss パラメーターを測定するために用いられている。LINAC は PF(2.5GeV)、PF-AR(3GeV)、KEKB_e-(8GeV)、KEKB_e+(3.5GeV)にあわせて様々なエネルギーの電子或は陽電子を供給している。WS のディテクターは光電子増倍管(PMT)を使用しており各ワイヤーの検出感度が高いところに設置されている。5 セクターは様々なエネルギーの粒子が通過するため KEKB_e-ビームに合わせた位置に PMT を設置していたが 2010 年に KEKB の運転が停止したため現在は PF ビームに合わせた位置に移動している。2014 年開始予定の SuperKEKB に向けて様々な改造が進んでいるが WS の増強も予定されている。現在運用中の 5 セクターの WS について PMT の最適な設置場所を光ファイバーで調査した。また WS 用センサーとして光ファイバーを使用する場合の問題点などを検討した。

2. ワイヤースキャナー(WS)

2.1 ワイヤー駆動部と PMT

図 1 に示すように 5 セクターの WS は WS_51_4, WS_54_2, WS_56_2, WS_57_2 の 4 つのワイヤー駆動部とそれぞれの下流約 10m の位置に PMT (E5996(R5990-U);浜松ホトニクス)が設置されている。PMT は鉛ブロックでシールドされている。WS_51_4 は PMT-1、WS_54_2 は PMT-2、WS_56_2 と

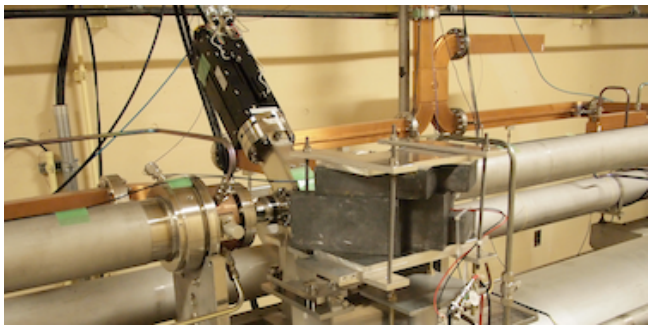

図 2 ： WS_56_2 & PMT-2

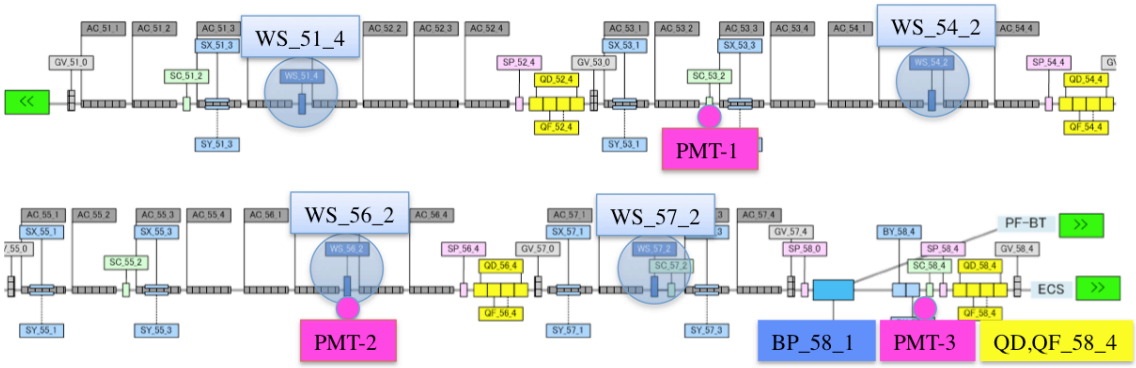

図 1 ： 5 セクターの WS とパルス電磁石(BP_58_1)

yoshiharu.yano@kek.jp

WS_57_2 については PMT-3 がディテクターになっている。図 2 に WS_56_2 と PMT-2 の写真を示す。

2.2　光ファイバービームロスモニター[1]

MT(H10721;浜松フォトニクス) 2 個または 4 個を NIM モジュールに組込んだものと大口径の純粋石英光ファイバーを組合せたものが光ファイバービームロスモニター(OP-LSM)である。図 3 にモジュレーターを示す。コア径は用途に応じて 400 μm、600 μm、800 μm を使用している。

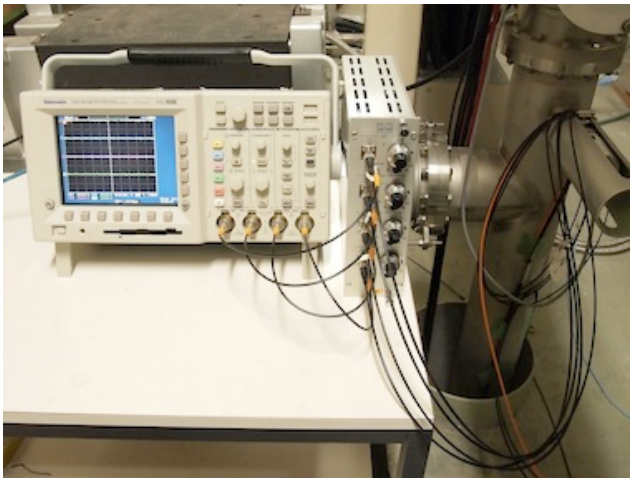

図 3 ：光ファイバービームロスモニター

図 2 にある加速管上のケーブルはコア径 800μm の純粋石英光ファイバー心線である。

2.3　WS 信号の調査

BP_58_1 上流から QD,QF_58_4 の下流域まで光ファイバーを敷設して WS の信号が出る場所を調査した。尚、光ファイバーは電磁石の中を通しダクトに密着させている。図 4 に敷設場所の写真と信号を示す。

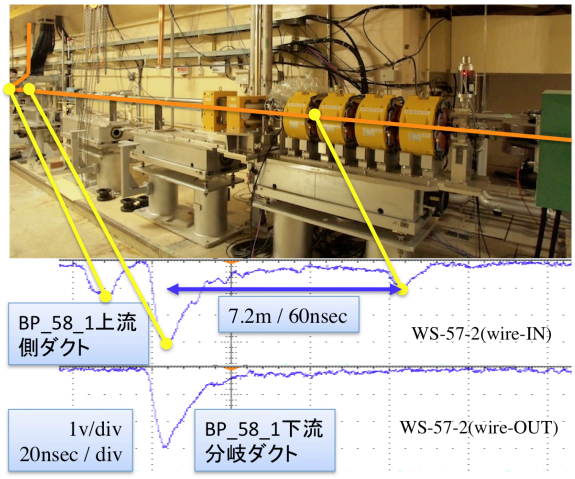

図 4 ： WS 信号調査

分岐ダクトの中心から QD,QF_58_4 の上流端までは実測値で 7.0m である。図 4 の波形から WS_57_2 の信号は BP_58_1 の上流側ダクトと QD,QF_58_4 上流端から 20cm 下流、第 1 マグネットと第 2 マグネットの間に出ていることが分かった。しかし、この経路で敷設すると分岐ダクトのビームロスの影響を除くためのゲートが必要である。また、WS の信号の出る場所が分かったのでそのポイントを下流から覗くのが最も効率が良い。壁側に出ているビームロスの影響を避けるため第 3 スイッチヤードのケーブルラックから光ファイバー下し床を這わせビームロスに曝される場所は簡易なシールドを施し QD,QF_58_4 の下流側から引き込んだ。光ファイバーは Q マグネットの中を通しダクトに密着させている。

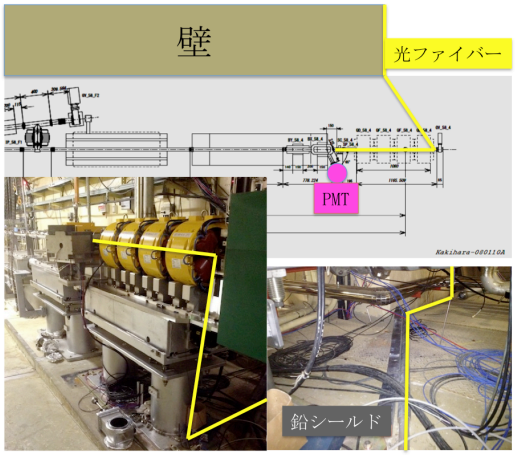

図 5 ： WS 用光ファイバー布設経路

AR ビームについて既存の PMT の信号と OP-LSM の信号を図 6 に示す。

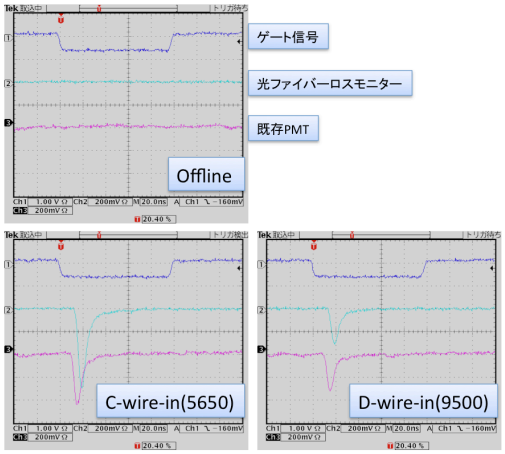

図 6 ：既存の PMT と OP-LSM の信号

AR ビームでそれぞれの信号を測定した。図 7 に既存の PMT と OP-LSM の場合の測定結果を示す。C-wire は WS_56_2、D-wire は WS_57_2 を示す。図 6 の信号の比較から予測される事ではあるが C-wire で明らかに S/N が良くなっているのが分かる。

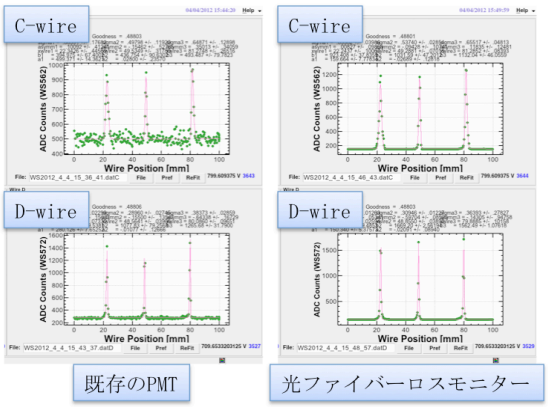

図 7 ： WS 測定結果@AR

PF ビームについて既存の PMT の信号と OP-LSM の信号を図 8 に示す。

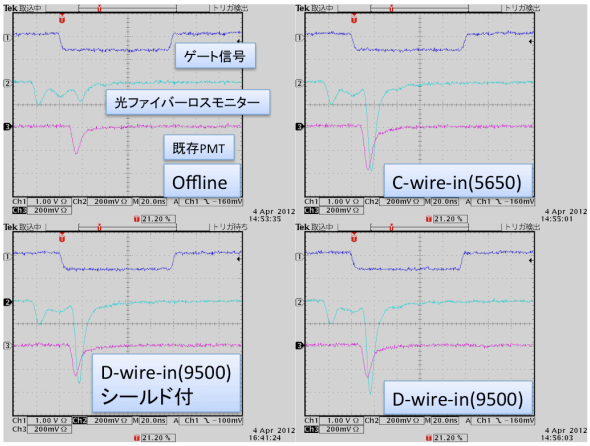

図 8 ： PF ビームの場合の信号

PF ビームの場合分岐ダクトでのビームロスがあるため WS の信号の前にかなり大きな信号が現れている。図 9 に既存の PMT と OP-LSM の場合の測定結果を示す。分岐ダクトの下流で壁とダクト間にケーブルを這わせるとビームロスの影響を避けることが出来ない。ビームエネルギーも 2.4GeV と高いため簡単なシールドでは全く効果が無い。図 5 に示すような鉛シールドを施しても殆ど効果はなかった。

図 10、11 に示すように分岐ダクトでのビームロスを避けるため BP_58_1 の上流で通路側に迂回した。さらに加速管を設置している床面と通路の段差部にケーブルを這わせ QD,QF_58_4 の下流で立上げマグネット内部に敷設した。

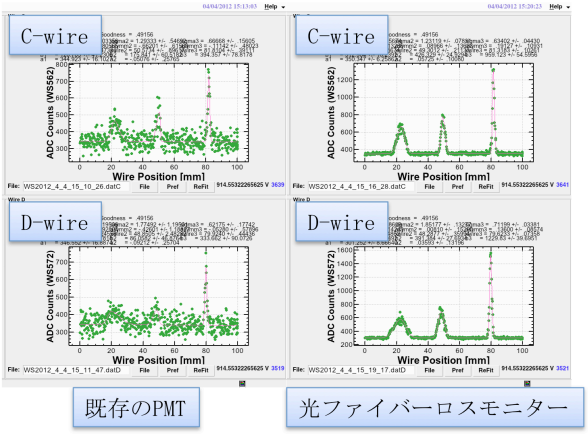

図 9 ：測定結果@PF

図 10 ：分岐ダクトでのビームロスを避ける布設経路の写真

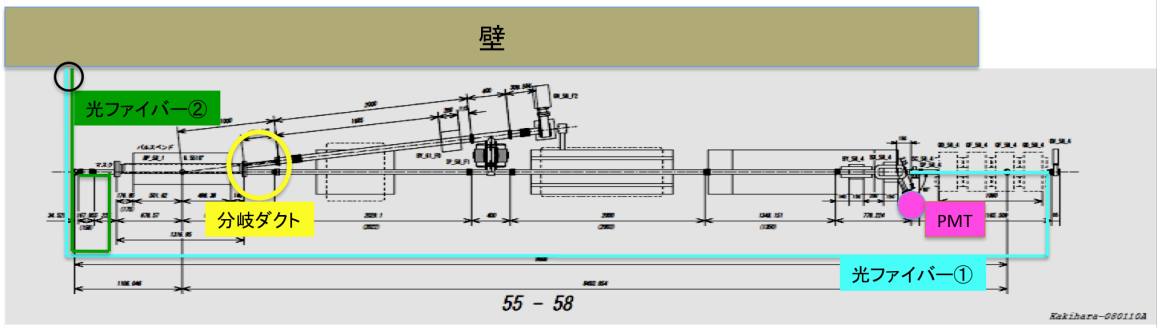

図 11 ：分岐ダクトでのビームロスを避ける布設経路

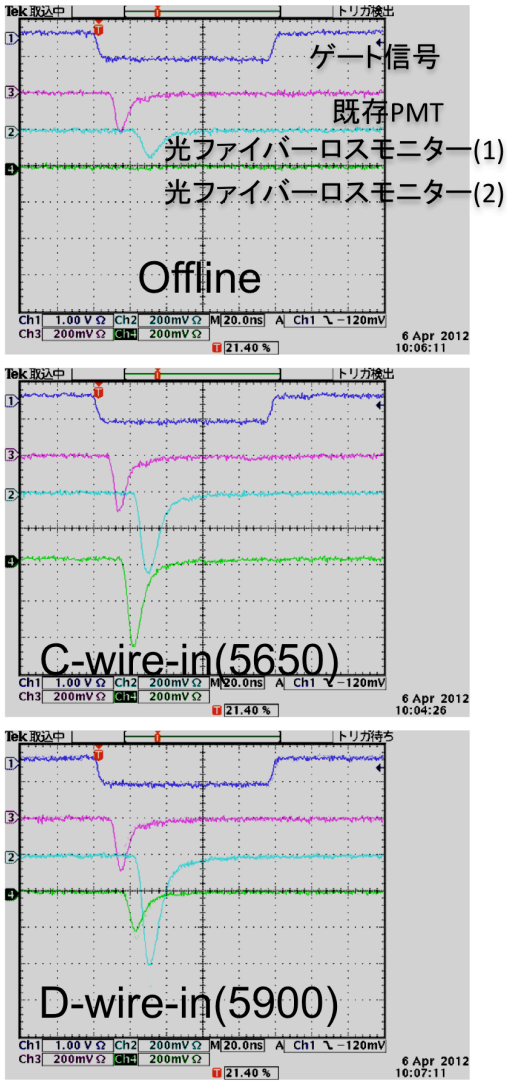

図 12 ：既存の PMT と OP-LSM(1), (2)の信号

ここで、OP-LSM(1)は QD,QF_58_4 に布設したもので、OP-LSM(2)は BP_58_1 の上流側ダクト部に布設したものである。これらの信号を比較すると C-wire は OP-LSM(2)、D-wire は OP-LSM(1)をセンサーとして使用するのが良い。

A-wire、B-wire に最適な光ファイバーの設置場所を探すために、5 セクター全体に光ファイバーを敷設し上流側から観測しワイヤーを入れた時に信号の出る場所を探した。しかし 5 セクターの加速管はフィールドエミッションが多いためそのノイズに隠れて信号が確認出来なかった。各ワイヤーに対応した場所に設置された PMT の前後を含んだ場所に光ファイバーを敷設し WS による信号を確認した。

A-wire には AC_54_3～AC_55_4、B-wire には AC_55_5～QD,QF_56_4 に敷設するのが良いことが分かった。

4. まとめ

既存の WS のセンサーの置換えを検討した結果充分使用出来ることが分かった。センサーに PMT を使用する場合は設置場所に充分なスペースが必要であるが、光ファイバーの場合の利点は信号の出るポイントがマグネット内部であっても対応出来る事である。さらに設置と移動が非常に簡単に出来る事も大きなポイントである。加速管のフィールドエミッションの影響が少ないところでは複数のワイヤーに対して 1 本の光ファイバーで対応出来る。オシロスコープで波形データーを取り込み信号のある区間のみ積分れば効率の良いデーター収集が出来る。

今後は光ファイバーの特徴を生かした WS のシステムを構築して行きたい。

参考文献

[1] Y. Yano, et al., “光ファイバービームロスモニターの開発” Proceedings 8th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, Tsukuba, August 1-3, 2011