

DEVELOPMENT OF STREAK-CAMERA SYSTEM FOR THE KEKB LINAC

Y. Ogawa, K. Furukawa, T. Kamitani, S. Ohsawa and A. Enomoto

KEK, High Energy Accelerator Research Organization, Accelerator Laboratory
Oho 1-1, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

K. Suzuki, S. Abe and K. Iwazaki

Hamamatsu Photonics K.K.
812 Joko-cho, Hamamatsu 431-31 Japan

Abstract

A new streak-camera system optimized for beam diagnostics of linear accelerators (linac) has been developed. It is a system all in one like an oscilloscope, which involves not only the streak camera itself but also a delay unit synchronized to a linac beam trigger and an RF frequency, and a control system for input optical systems. The operation as well as the set-up of the system becomes quite simple, which enables the linac beam diagnostics much easier than before. The system configuration and function are described together with brief examples applied to the beam diagnostics.

KEKB リニアック用ストリークカメラシステムの開発

1. はじめに

KEKB リニアックでは、同リングへの入射が頻繁に行なわれるが、入射中にビームに異常が生じた場合、即座にビーム診断を行ない正常なビームの復帰を目指さなければならない。ビーム診断のためには、電流モニタ、スクリーンモニタ、ビーム位置モニタ、エネルギー解析装置など各種モニタが必要であるが、KEKB リニアックのビームは、リニアックのシングルバンチ (幅 ~ 10 ps) であり、バンチ幅のモニタも必須とされている。とくに陽電子ビームは、陽電子発生標的直後のソレノイドコイルの磁場内でバンチ幅が長くなる現象があるので、標的前にバンチ圧縮システムを設置して、あらかじめ一次電子ビームのバンチ幅を短くすることになっている。したがって、リニアックの各部分でのバンチ幅のモニタは、ビーム診断に不可欠なものである。

バンチ幅のモニタには通常、ビームと物質との相互作用によって発生するチェレンコフ光や OTR (Optical Transition Radiation) を、ストリークカメラで観測する方法がとられている。KEKB では、OTR によるバンチ幅モニタを使用するが、これまでのストリークカメラは、加速器のモニタに用いるのに必ずしも最適化されておらず (1)、KEKB の場合のような、迅速なビーム診断装置としてはいくつかの問題があった。とくに、ストリークカメラまで光を導く入力光学系の調整やビーム (入射光) に同期したストリーク掃引用トリガの遅延調整などの機構が、ストリークカメラシステムの中には組込まれておらず、別のシステムを用意して調整を行なう必要があった。そこで今回、ほとんど全ての操作をストリークカメラシステム内で簡便にできるようにして、使い勝手の悪さを解消し、加速器、とくにリニ

アックのビーム診断用に最適化したシステムを製作した。

2. リニアック用ストリークカメラシステム

全体の構成は、入力光学系およびRF同期トリガ遅延回路を内蔵したストリークカメラ本体とデータ解析装置からなり、ハード部分は、入力光学系の一部（リニアックトンネル内光学系）とデータ解析装置を除いてすべて一体化したシンプルかつコンパクトな構成になっている。また、接続すべき入出力信号も、制御用GP/IB接続以外は、ビームトリガ、リニアックRF信号の2入力と、ストリーク画像ビデオ信号とそれに伴うパルス信号（ともに電気-光学変換を行なって光ファイバでデータ解析装置のある主制御室まで運ばれる。）の2出力のみの必要最小限になっている。したがって、リニアックトンネル内光学系を別にすれば、移動も可能でありポータビリティにも優れている。基本的に、オシロスコープと同様な使い易さを目標として、システム構成を考えた。図1にブロックダイアグラムを示す。

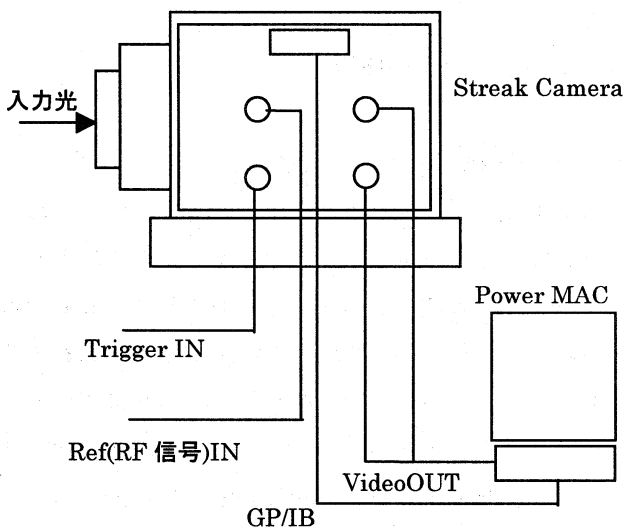


図1 システム構成

2-1 入力光学系

入力光学系は、リニアックトンネル内のOTR発生部から地上部クライストロンギャラリまでの光導入系と、ストリークカメラ入力部分の2つに分かれており、レンズ、ミラー、スリットおよびシャッタとその位置制御系からなる。従来のストリークカ

メラでは、これらの光学系のセットアップ（調整）が厄介であったが、本システムではストリークカメラソフトウェアの操作の一部として組み込まれており、容易に立ち上げることができるようになった。

2-2 ストリークカメラとRF同期トリガ遅延回路

本体は、浜松ホトニクス社製のストリーク管（分光感度特性：200～850nm、時間分解能：2ps）及びそのドライブ回路とRF同期トリガ遅延回路、ファイバ結合のビデオCCDカメラからなる。

ストリーク掃引の際、トリガ信号を遅延させ入力光とタイミングを合わせる必要があるが、早い掃引レンジでは、長い遅延が必要となりジッタの原因となる。一方、リニアックでは集群後、ビームは加速用マイクロ波と同期がとれているので、ビームトリガ信号を遅延させる場合、ビームトリガとRF信号を再同期化することによって、ジッタの小さいトリガ遅延信号を得ている。そこで、本システムでもストリーク掃引のために、ビームトリガとRF信号（572MHz）からストリークトリガ用同期遅延信号を作る回路をストリーク本体に内蔵した。これによって、ビームトリガとRF信号の2つを入力するだけで、長い遅延でもジッタの小さいストリーク用トリガが容易に得られるようになった。

2-3 解析ソフトウェア

ストリークカメラシステム用計算機は、パワーマッキントッシュを使用した。CCDカメラの画像信号はビデオフレームグラバによって取り込み、ストリーク制御は、ネットワーク経由GP/IB制御とした。

解析ソフトウェアの主な特徴としては、以下のものが挙げられる。

- [1] 入力光学系のセットアップ（調整）が容易に行なえる。（制御ソフトの一体化）
- [2] ストリーク掃引レンジの切替えの際に、トリガ遅延を自動的に行ない、信号のピークを画面中心にもってくる。（自動ピークサーチ機能）
- [3] シングルショットで連続測定可能とする。（重心平均によるS/Nの改善）

従来のシステムでは、ストリークカメラをフォーカスモードといわれる状態にセットし、ストリークとは別に用意した入力光学系制御システムを調節し、セットアップを行なう必要があったが、本システムでは、ストリークカメラシステムと一体化したソフトの中で容易にセットアップが行なえるようになった。〔1〕

次にフォーカスモードから、ストリーク掃引モードに進む際、従来は入力光とトリガ信号のタイミングを合わせる際、あらかじめビームトリガとストリークトリガの時間関係を別のオシロスコープなどで確認して、トリガ遅延を決めていた。今回、自動的にストリーク像ピークをサーチする機能を導入することによって、ある程度の入力信号強度があれば、直ちに入力光とトリガ信号のタイミングを設定できるようになった。〔2〕

さらに、ジッタの影響を受けずに時間分解能を向上させて測定を行なうためには、シングルショットの測定を行なうが、従来は、ジッタの影響を受けずにシングルショット積算を行なうことが不可能であり、通常オフラインで解析を行なっていた。本システムでは、実時間での重心平均による重ねあわせの方法によって、入力信号に短い時間変動がない限り S/N の良い測定が可能となった。〔3〕

3. リニアックビームによる測定例

KEKB リニアックでは、入射部後端をはじめとして、各要所にバンチモニタを設置する予定である。今回、試験用入射部後端で、本システムを用いてバンチ幅の測定を行なった。今回試験時の KEBK リニアック入射部の構成および OTR を用いたバンチモニタについては、文献(1)、(2)を参照されたい。

ビームはリニアックのシングルバンチ (幅 \sim 10ps、電荷量数 nC) 用いた。図2に本システムによる測定例を示す。

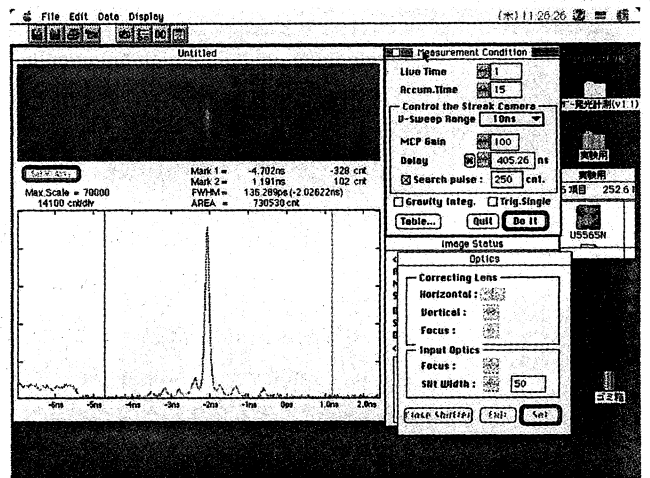


図 2 シングルバンチビームの観測例

4. 結論

リニアック運転用に最適化した、オシロスコープ感覚のストリークカメラシステムを製作した。その結果、システムの設置が容易となり、入力光学系やストリーク掃引用トリガの遅延調整から重心平均によるシングルショット精密測定までの一連の手順が簡略化された。また、本システムを用いたビーム試験でも良好な結果が得られた。今後、加速器の実際の運転に使用することで、さらにより良いものにしていく予定である。とくに、今回制御用マッキントッシュを主制御室に設置するために、CCDカメラの画像信号を光変換しファイバで主制御室まで運んだが、これについては、将来、Ethernet 経由で画像転送まで行なう方向で検討している。

5. 参考文献

- (1) K. Furukawa et al., "Control System for a Bunch/Profile Monitor at the KEK e+/e-Linac", Proc. of the 1994 International Linac Conference, Tsukuba, Japan, August 21-26, 1994, p.819.
- (2) Y. Ogawa et al., "Beam Monitor utilizing Transition Radiation", Proc. of the 1993 Particle Accelerator Conference, Washington, D.C., USA, May 17-20, 1993, p.2516.