

IMAGE PROCESSING SYSTEM FOR ELECTRON LINAC BEAM DIAGNOSIS

De Kang LIU

Institute of High Energy Physics, Academia Sinica
P.O.Box 918, Beijing, The People's Republic of China
and

Kazuo NAKAHARA, Isamu ABE, Takao URANO, Atsushi ENOMOTO and Jiro TANAKA
National Laboratory for High Energy Physics (KEK)

Abstract:

For diagnosis of electron linac beam, an image processing system is an essential requirement. Video signals from TV were picked up by waveform digitizer and the digitized data are transmitted to a computer via GP-IB. The system must be synchronized with the electron linac beam timing. 2D and 3D images of the beam profile were processed for displaying on the screen. Processing speed was, therefore, only of secondary interest in this work.

This system can be also used for measuring beam emittance and beam energy spread of the linac.

1. 序

放射光入射器の2.5 GeVリニアックではスクリーンモニターでビームのプロファイル及びポジションを観測しているが、これらの定量化及びリアルタイム処理はビーム調整に大変有効である。ここではスクリーンモニターの画像処理による定量化方法とその結果を報告する。

2. システムハードウェア

本システムのブロック図を図-1に示す。本システムでは電子ビームによってアルミナスクリーンが発光し、それを60HzスキャンのITVシステムが取り込むため、パルスビームとのタイミング(図-2)が問題になるので、同期化回路を試作した。デジタイザー390AD(10bit A/Dコンバーター 4KW)でビームプロファイル画像を能率よく取り込むため、光学系(焦点距離10-110mmズームレンズ、 $F=1.6\text{max}$)を整備、調整する必要がある。つぎにスクリーン自身も含め光の強度に対する直線性が問題になるので、光量を遠隔操作の絞りで調整するとともに、カメラのAGCをはずして直線性を上げた。デジタイザーに取込まれた画像データはGP-IBを通してFM-11へDMA転送(100KB/s)され(40ms)FM-11のメインRAMで処理される。390ADを使う利点は他のフレームメモリに比べ入力利得が容易にコンピューターから制御出来ることでビーム電流のダイナミックレンジを大きく取れることである。

TVカメラの残光時間を測定するために390ADのトリガーに可変遅延回路を入れた。

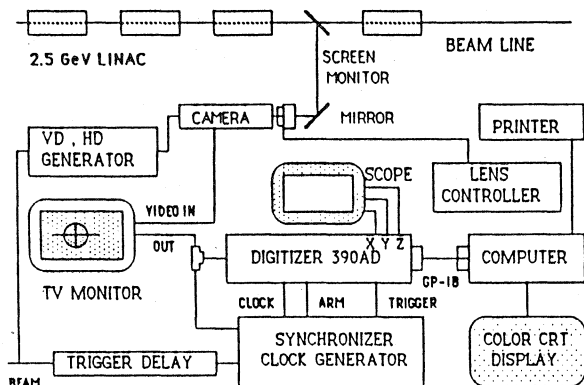


図-1 ブロック図

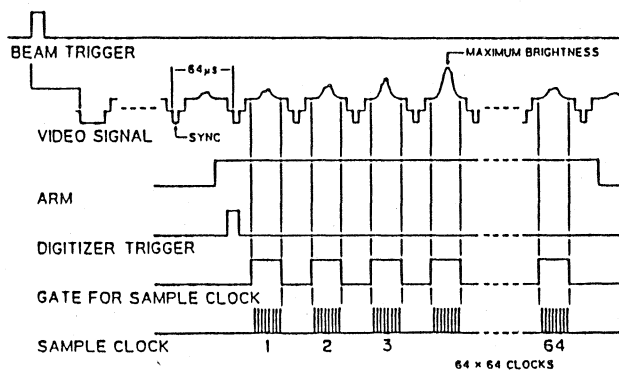


図-2 タイミングチャート

3. ソフトウェア

プロトタイプ性の高いBASICインタープリターを使ってプログラムの開発をした。ただしスピードが要求される所はマシン語が使われている。プログラムは次の構成を持つ。

- a) デジタイザーとFM-11間のデータ転送及び制御プログラム --- マシン語。
- b) データ処理部 ----- BASICインタープリター。
- c) 2次元プロファイル表示。 3次元表示。

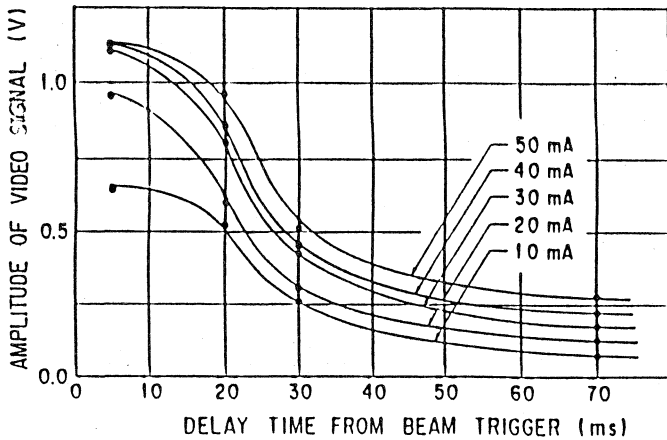


図-3 残光時間

なった。垂直方向に64ラインを取込むと水平方向は64ポイントサンプリング出来ることになる(64 X 64 = 4096)。このサンプリングをうまく行なうためにはVD, HD信号発生回路からトリガー及びサンプリングクロックをデジタイザーに送ることで必要な所のみを入力することが可能である。実際のビームサイズを測るため、寸法の入った映像パターンを写しシステムの較正をした。10mmで10サンプリングポイントが得られるようにシステムを調整した。ビーム強度に対しては光学系の絞りを遠隔調整で行なうか、デジタイザーの入力利得をGP-IBを通して制御することで調整した。

4-b) スクリーンモニターの残光時間測定
500MeV, 10-50mA, 1 μ s,
1ppsの電子ビームにてパルスビームの
タイミングから測定系のトリガーを遅延させる
ことで残光時間を測定した。図-3に示す。

4-c) 映像出力電圧の直線性の測定
ビームタイミングに対して測定系のトリガー
の遅延時間を変えそれぞれのビーム電流に
対する映像出力の直線性を測ったグラフを
図-4に示す。これからいえることは
映像出力を0.3V程度以下になるように
セットして測定すれば良いことが分る。

4. 実験

本システムを評価するにあたって、まずデジタイザーへの取り込みに関しての最適化をリニアックの500MeVの地点にシステムをセットして行ない、次に電子ビームによるプロファイルモニターの残光時間の測定、及びビーム電流強度に対する直線性の測定を行なった。

4-a) 取込みに対する最適化

デジタイザーが10bitして4kWの容量であるので、ビームスポットの全体が4kW以内に入るように光学系の調整を行

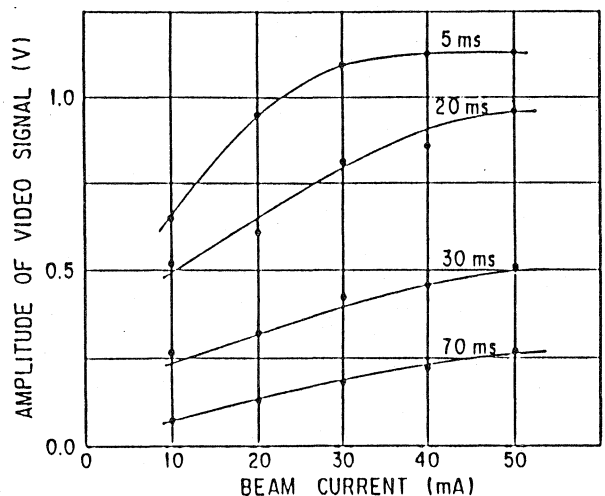


図-4 映像出力電圧の直線性

4-d) ビームプロファイルの表示

2次元表示の実際を図-5に示す。X-軸、Y-軸の電流密度を表示すると共にビームサイズを算出し表示している。また3次元表示の実際を図-6に示す。

5. まとめ

このシステムを使うことでビームプロファイルやビームポジションの定量化が出来、これまで以上の情報を得ることが出来た。ビーム強度が弱くモニターテレビでは良く見えない状態でもバックグラウンド処理すればグラフィックディスプレイ上では(図-7)ははっきり見ることが出来た。

またエミッタンス測定やアナライザーマグネットを使ったエネルギー分布の測定なども可能であり、ビーム収束やステアリング調整の自動化への応用の可能性がある。本システムを定常的に運転に使用するには次の改良が必要である。

- (1) 適当なコンパイラ言語及び高速処理可能なコンピューターを使用することで全体の処理スピードを上げること。
- (2) VD, HD 発生回路を工夫することで画像の取込みをもっと容易にすること。
- (3) システムの較正をもっと簡単に行なえるようにすることなどがある。

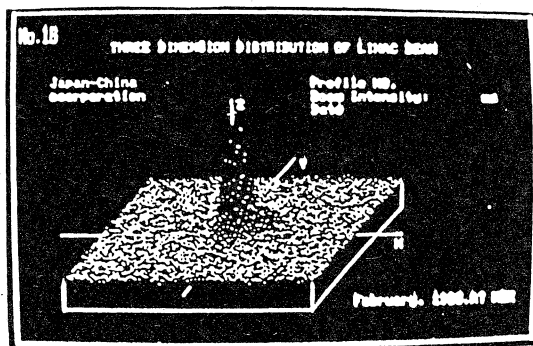


図-6 ビームプロファイル3次元表示

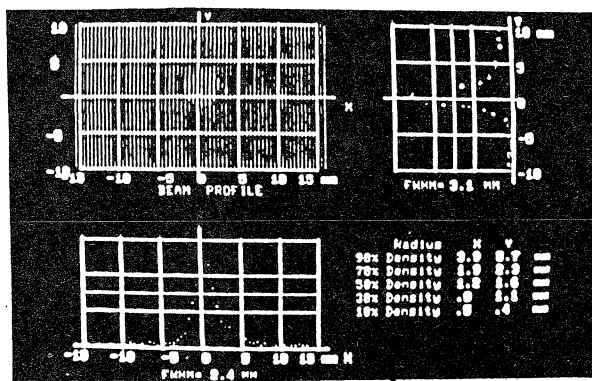


図-5 ビームプロファイルの2次元表示

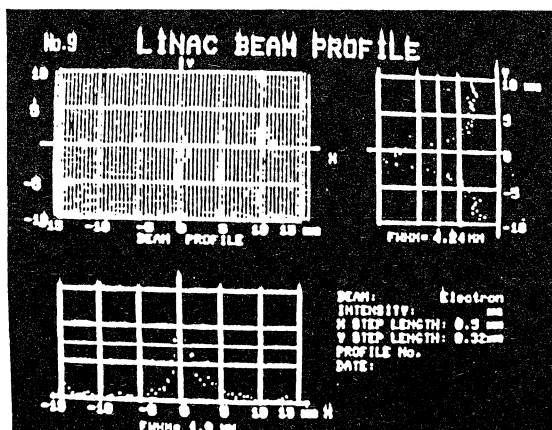


図-7 微小ビーム電流時における処理後のビームプロファイルモニター