

Beam Loading Monitor with High Speed A/D Converters

Ryoichi SUZUKI, Tomohisa MIKADO, Suguru SUGIYAMA, Mitsukuni CHIWAKI, Hideaki OHGAKI,

Kawakatsu YAMADA, Tetsuo YAMAZAKI and Takio TOMIMASU

Electrotechnical Laboratory

ABSTRACT

A beam loading monitor has been made utilizing high speed A/D converters and new type microwave detectors. This monitor provides easy operation for the phase adjustment of microwaves. Furthermore, all waveform data can be put into a computer and be displayed in real time.

高速ADCを利用したビームローディング波形モニタ

1.はじめに

電総研のリニアックでは、加速管の後についているマイクロ波のダミーロードの信号を検波しそのローディング波形を見てビームの加速の状態を知り、マイクロ波の位相を調整して最適化する。今回、このダミーロードの信号の観測のための新しいモニタ装置を製作したので報告する。

これまでは、ダミーロードから同軸ケーブルで制御室まで伝送してきたマイクロ波信号をパネル上でコネクタを切り替えることによって選択し、検波し、オシロスコープで観測していた。この方式だとケーブルの長さが50~60m以上のところはケーブル内でのマイクロ波の減衰が激しく波形の観測が難しかった。さらに、手動の切り替えの煩わしさ、低パルス運転時(10pps以下)にはオシロの波形の輝度の低下等の問題があった。これらの問題を解決するため、トランジスタを使ったマイクロ波検波器と8個の高速A/Dコンバータを使った波形モニタを製作した。これによって、波形観測の操作性が向上し、コンピュータへの波形入力も可能になった。

2.トランジスタによる検波増幅回路

これまで、マイクロ波の検波はダイオード(クリスタルディテクタ)を使用していたが、上述のように、ケーブル(5D2V)の長さが50m以上の所は信号が減衰しSN比が悪く観測しにくかった。そこで、これを改善するために、図1に示すような高周波のトランジスタ($f_T=10\text{GHz}$)による検波と電圧増幅を同時に行う回路を製作した。ダミーロードの信号はトランジスタのエミッタに入り、ベース・エミッタ間の非線形特性により検波する。この回路ではベースにバイアス電圧をかけ、ベース・

エミッタ間の順方向電圧の影響をキャンセルしている。検波された信号は同じトランジスタで電圧増幅されてコレクタに出力される。これにより、従来より5倍程度のSN比の向上がみられた。しかし、ケーブルの長さが約100m以上のところは、損失が大きすぎてマイクロ波のアンプを通してノイズが多く観測が困難なため、絶縁材が発泡ポリエチレンの低損失ケーブルにかえた。これにより信号の損失が20dB以上改善し、すべての信号の観測が可能になった。

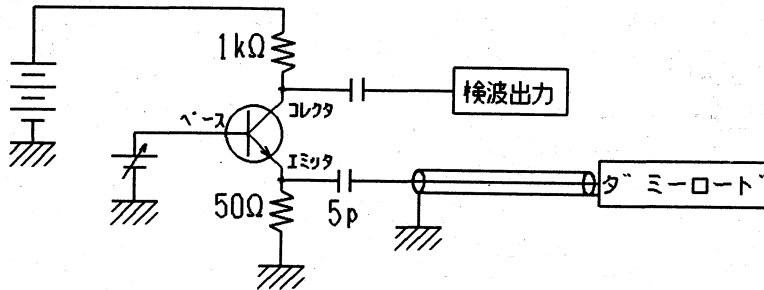


図1.トランジスタによるマイクロ波検波器

3.波形モニタ装置

図2にこのモニタのブロック図を示す。ダミーロードからのマイクロ波信号は上述の検波器と増幅度可変のアンプを通りアナログ・セレクトタに入る。アナログ・セレクトタではクライストロン毎に波形信号を1つずつ選択して、A/Dコンバータに入れる。セレクトタの前で検波することにより、セレクトタに高価な同軸スイッチを使わずに済み、安価なビデオ帯域のアナログスイッチが使える。このアナログ・セレクトタにはクライストロンの電流・電圧の信号波形も接続しており、外部からセレクトしてA/Dコンバータに送ることができる。A/Dコンバータは15MHzサンプリングで、8chあり、リニアックのパルスに同期して全チャンネル同時にデジタル信号に変換する。A/Dコンバータでデジタル信号に変換された波形はFIFOメモリに一時的に記憶する。このメモリは、書き込みと読み出しを非同期で行うことができ、リセット信号を入れることにより読み出しを繰り返すことができる。オシロスコープに波形を出力する場合は、デジタルのセレクトタによって1つを選び、D/Aコンバータによって再びアナログ信号に変換してオシロスコープに出力する。メモリからの読み出しの繰り返し数はオシロスコープで観測のしやすい1000サイクル程度にしている。

アナログ・セレクトタとデジタル・セレクトタはどちらも、マイクロ波の移相器のコントロールパネルのスイッチによって選択される。また、コンピュータからの外部セレクト信号での選択も可能である。どちらで信号を選択するかは、コンピュータによってコントロールされ、コンピュータが繋がっていない場合は自動的にスイッチパネルにコントロールが移される。コンピュータにはダミーロードの波形の他に、クライストロンの電流・電圧の波形の入力も可能である。コンピュータとこの装置とは高速のフォトカプラを介して入出力している。

1つの波形データをコンピュータに取り込む時間は約1msecであり、リニアックのパルス間隔に比べると十分短く、1つのパルスで8個の波形データを取り込むことができる。したがって、すべての波形データを取り込むのにダミーロードの波形のみの場合は4パルス、ダミーロードとクライストロンの電流・電圧波形の場合は6パルスあればよい。これによって、低パルス運転(10pps以下)の

場合でもリアルタイムですべての波形データをディスプレイに表示することができる。

図3は実際にモニタに信号を入れD/Aコンバータからオシロスコープに出力したローディングの波形で、電子ビームが通っている場合と通っていない場合について多重露光したものである。

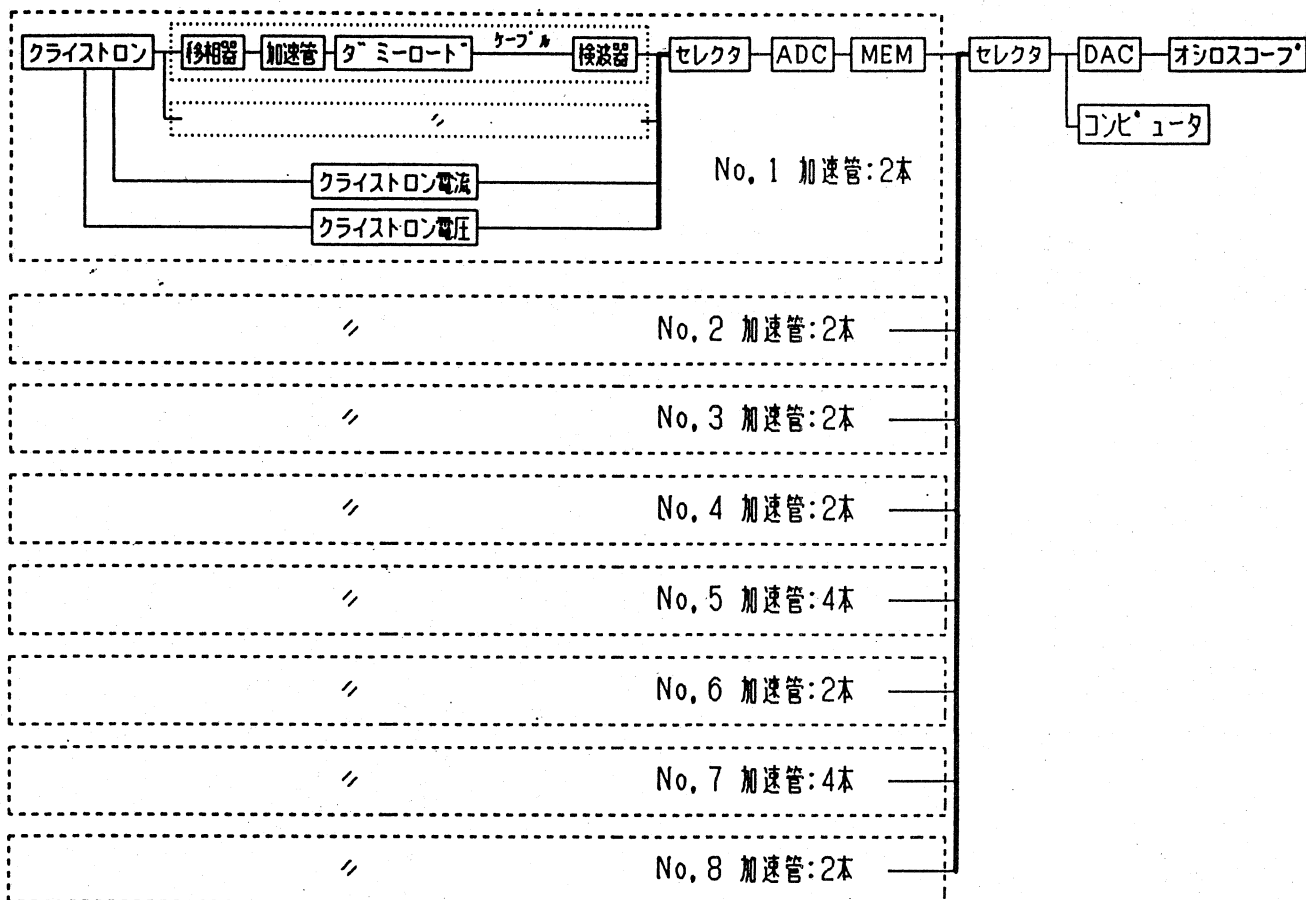


図2. 波形モニタブロック図

4. おわりに

電総研のリニアックは、現在、陽電子の実験(エネルギー: 70MeV, リニアックパルス: 50~100pps), 蓄積リング TERA(315MeV, 50pps), NIJI2号(150MeV, 10pps), NIJI3号(185MeV, 4pps)等に電子ビームを入射している。これらの実験ではクライストロンの電圧や位相のパラメータを各々別々の値に設定しなければならないが、今回製作したモニタによってこれらの設定・調整の作業が非常に楽になった。

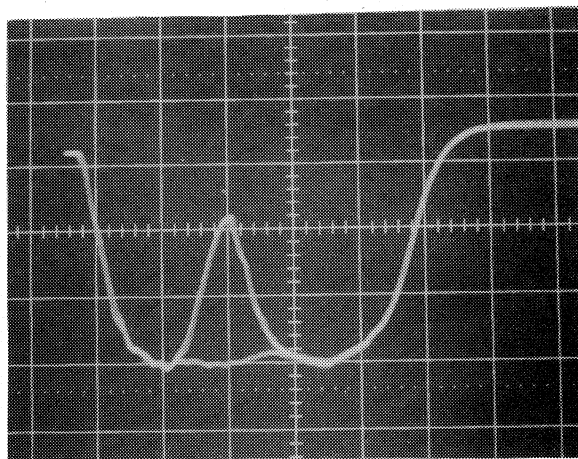


図3. ローディング波形