

COMPACT GRID-PULSER SYSTEM FOR THE ELECTRON GUN OF THE ISIR LINAC WITH PULSE WIDTHS OF 5 ns - 4 μ s

Okuda S., Suemine S.*, Yamamoto T., Tagawa S. and Ichio K.**

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567, Japan

ABSTRACT

Recently a new electron gun developed for improving the characteristics of the electron beams has been installed in the L-band linac at ISIR, Osaka University. A compact grid-pulsar system for driving the gun has been developed in the present work. The pulser is placed in a tank filled with SF₆ gas at about 1.3 atm and works for the injection of electron beams at pulse widths from 5 ns to 4 μ s. The composition of the gun system and the results for the measurement of the pulse shape of the beam from the gun are reported.

産研ライナックにおけるパルス幅5 ns - 4 μ sの小型電子銃グリッドパルサーシステム

1. はじめに

阪大産研38 MeV Lバンドライナックは、高強度の単バンチ電子ビームの発生を特徴とする。共同利用研究では、ピコ秒からマイクロ秒までの広い時間幅のパルスビームで実験を行っている。

最近新しい量子ビームの発生と利用に関する研究を行うために、質の良い電子ビームや優れたパルス特性が求められるようになった。そこで従来より使用してきた陰極径 51 mmの電子銃Model-12 (ARCO)に代えて、YU-156型陰極・グリッドアセンブリ (EIMAC) を用いた電子銃を開発して[1, 2]これを実装使用している。これに伴い、グリッドのパルスドライブ電圧が約3分の1になったことから、従来の板極管 (7698, EIMAC) を用いたパルサー回路を全半導体化してコンパクトなシステムを開発した。電子銃およびグリッドパルサーシステムの構成および動作特性について報告する。

2. 電子銃から入射するビームに求められる条件

産研Lバンドライナックの構成を図1に示す。一般に研究に利用されるビームのモードは、単バンチ、過渡、定常の3種類に分類される。これらのモードにおける、サブハーモニックプリバンチャー (SHPB) の動作条件と電子銃からのビームの入射条件を表1に示す。単バンチモードでは3台のSHPBを動作させるが、第1番目のSHPBのマイクロ波の周期 9.2 ns に対応してパルス幅 5 ns (FWHM)での

入射が必要である。通常、入射ビームのピーク電流は 20 A以下であるが、1バンチ当りの最大の電荷量67 nCを達成した時には[3]、30 Aであった。

過渡および定常モードでは、SHPBは動作させない。このように、電子銃として幅広く種々の動作条件を満足しなければならないのが大きな特徴である。

このほかバーストモードでの入射、2バンチビームの発生は、特殊な研究のための条件なので、パルサーをそのつど交換して利用する。

3. 電子銃システムの構成

電子銃およびグリッドパルサーを開発するに当たり、その種々の試験を、電子銃、集束電磁石およびビーム電流モニタ (コアモニタ) で構成されるテストベンチを用いて行った。YU-156型の陰極面積は、一般にSバンドライナックで使用されている

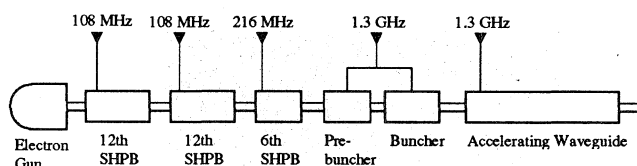


図1 阪大産研Lバンド電子ライナック

表1 電子ビームの入射条件

加速ビームモード	単バンチ	過渡	定常
パルス幅	5 ns	5~100 ns	<2 μ s
ピーク電流	≤ 20 A	≤ 16 A	≤ 600 mA
最大繰り返し	360 pps	360 pps	120 pps
動作させる SHPB	1.2.3		

* Unicon System Corp.

** Link Corp.

Y-796型の1.5倍、 3 cm^2 で、他の条件は同じである。Model-12では、グリッドパルスのピーク電圧に最大2 kVが必要であったが、YU-156型では約3分の1の電圧で最大30.1 Aのピーク電流が得られた[2]。

電子銃システムにおける各要素の配置を図2に示す。電子銃の高電圧部に設置するパルサーおよび各種電源は、アルミニウム円盤の高圧デッキ上に設置されているが、これらは $450 \text{ mm } \phi \times 150 \text{ mm}$ の大きさで、従来のものに比べ、大きさ、重量共に4分の1程度である。高圧デッキは絶縁パイプで支えられている。高電圧部全体を覆うように放電防止用のシールドを設置している。これらは約1.3気圧の SF_6 ガスを封入した直径0.7 m、長さ1 mの円筒状のタンクの中に収められている。このタンクによってシステム全体がコンパクトなものになり、また高電圧に対する安全も確保されている。ベンチテストでは、電子銃を室内雰囲気中に置いた。陽極電圧100 kVで数日使用すると、電子銃管のがし表面への付着物により、沿面放電の頻度が増加した。タンク内ではこのような現象は認められていない。

陰極のヒーターの消費電力は、約40 Wである。このヒーターの電圧、グリッドパルスの電圧、グリッドバイアス電圧の制御および長・短パルスモードの切り替えは、ガラスの絶縁棒をモーターで回転して、高圧デッキ上での制御を行う。

銃管は、外部からYU-156のフランジを脱着できるようにしている。またこれに陰極のヒーター電圧、グリッドバイアス電圧およびグリッドへのパルス電圧を供給するために、ソケットを先に取り付けたテーパ状の絶縁板を銃管内に挿入する(図2)。この絶縁板には、ソケット部を冷却するためのファンおよびパルサー回路の一部である、ヒーターのチョークコイル、バイアス回路などが設置されている。

4. グリッドパルサーシステム

グリッドパルサーの構成を図3に示す。手作りの試作品をベンチテストし、性能を試験した後、全体を組み立てて加速器に実装した。パルス幅5 nsの単バンチモードおよび8~100 nsの過渡モードのための短パルサーには、アバランシェパルサーを使用し、パルス成形のための6種類のチャージラインの切り替えによりパルス幅を選択する。このアバランシェパルサーには、トランジスタ2SC1890Aを用い、3個をカスケード接続している。出力電圧は、 25Ω の抵抗負荷で、-375 Vである。チャージライン(1.5DQEV)を、各パルス幅にそれぞれ2本ずつ使用し、1台でインピーダンス 25Ω のアバランシェパルサーを4台並列にして、パルスの大電流に対し十分動作するようにした。

短パルサーでは、グリッドパルサーの出力電圧

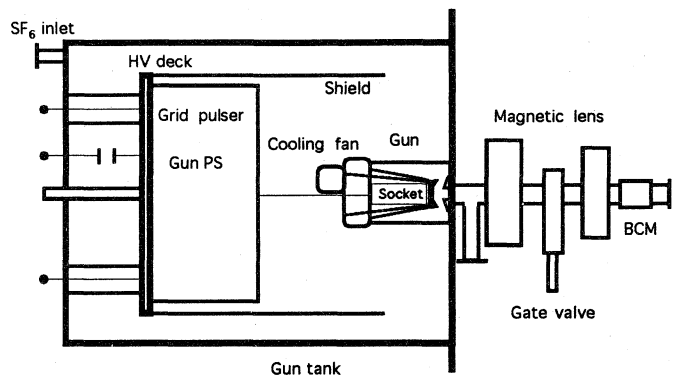


図2 電子銃システムの配置 (概念図)

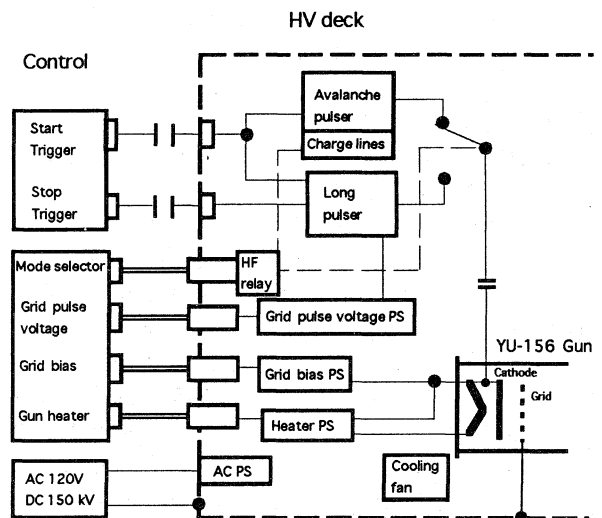


図3 グリッドパルサーシステム構成のブロック図

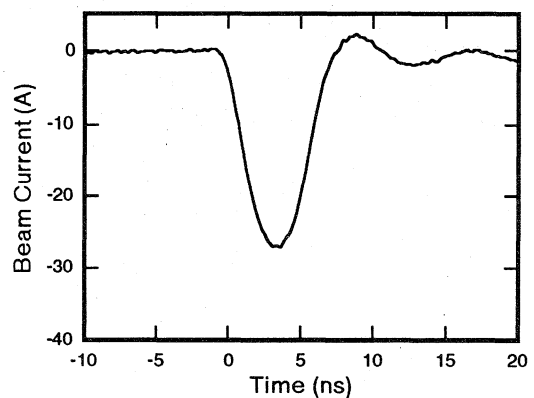


図4 ビーム電流モニタの波形 (陽極電圧: 100kV、バイアス電圧: 275 V)

を固定とし、電子銃のグリッドから引き出されるパルス電流を、陰極・グリッド間に直流的に印加するバイアス電圧で制御した。このバイアス電圧と電子銃からのビーム電流との関係から、パルサーの実際のドライブ電圧は約700 Vと推定される。

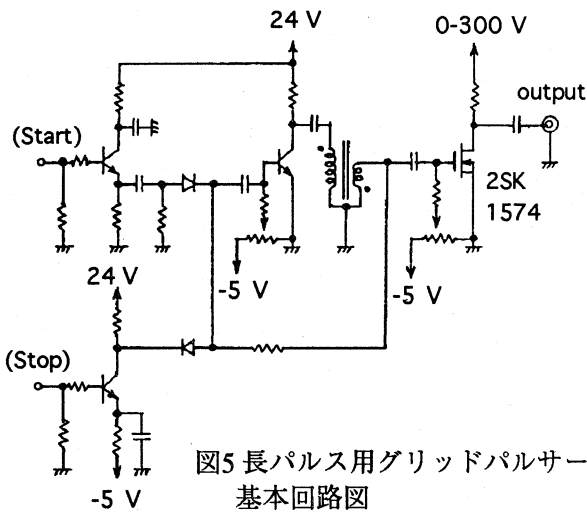


図5 長パルス用グリッドパルサー
基本回路図

陽極電圧 100 kV、バイアス電圧 275 V、パルス幅 5 ns(FWHM)においてビーム電流モニタで観測されたビーム波形を図4に示す。

長・短パルサーの切り替えや短パルサーにおけるチャージラインの切り替えには、高周波リレーを用いた。定常モードにおける長パルサーの基本回路を図5に示す。制御卓のトリガ発生器から送られたスタート、ストップのトリガ信号で、トランジスタとトロイダルコイル等で構成された、単安定動作回路を起動、停止する。この動作を利用し、パルス幅を連続的に ($0.1 \sim 4 \mu\text{s}$) 変化させる。この回路で成形された電圧約 12 Vの矩形波信号を、MOS FET (2SK1574) のゲートへ入力し、ドレイン電流をスイッチする。FETのエミッション電流は、ドレインに印加する電圧で制御する。この電源がグリッドパルサーの波高を制御する電源となる。パルサーの出力電圧は最大 300 V、パルスの立ち上がり時間は約 30 nsである。

長・短パルサー共通で、最終増幅部にFETを使用して、全システムをより単純な構成にすることがパルサーシステムとしての最終目標である。これは現在まだ実現していない。ベンチテストで、短パルサーの最終増幅部に MOS FETを使用して、電子銃の動作試験を行った。FETのドレイン電圧が 900 V の時、電子銃のビーム電流として 20 A が得られたが、ドレイン電圧を 1 kV に上げて、ビーム電流はほとんど増加しなかった。これは、FETに固有のドレイン・ソース間のオン抵抗 ($1.5 \sim 2.5 \Omega$) の損失の増大によると考えられる。グリッドパルサーのパルス波形の立ち上がり時間は、約 2 ns であった。単バンチビームの加速の際に電子銃から入射するビームに要求されるパルス幅は 5 ns で、十分な立ち上がり時間が得られたとはいえない。今後、より単純なグリッドパルサーシステムをめざしてFET素子の選択や回路構成等の改善を行う予定である。

本研究において製作したパルサーシステムは、従来のものに比べ部品がはるかに安価である。これまでに加速器に実装して約1年の使用期間中、故障なく安定に動作している。電子銃からの入射ビームの特性と加速ビームの特性の測定結果については文献[2]に報告した。

5. まとめ

産研Lバンドライナックにおける、新しい電子銃の使用に伴い、半導体を使用したコンパクトなグリッドパルサーシステムを開発した。パルス幅は、5~100 nsの短パルスモードと0.1~4 μs の長パルスモードを切り替えて動作させる。従来使用していたものに比べ1/4程度の大きさとなり、安定な動作が確認されている。

参考文献

- [1] S. Okuda, S. Suemine, T. Yamamoto, T. Kozawa and S. Tagawa, Proc. 21th Linear Accelerator Meeting, (1996) 287.
- [2] S. Okuda, S. Suemine, T. Yamamoto, T. Kozawa and S. Tagawa, Proc. 22th Linear Accelerator Meeting, (1997).
- [3] S. Takeda, K. Tsumori, N. Kimura, T. Yamamoto, T. Hori, T. Sawai, J. Ohkuma, S. Takamuku, T. Okada, K. Hayashi and M. Kawanishi, IEEE Trans. Nucl. Sci., NS-32 (1985) 3219.