

DEVELOPMENT OF A NEW ELECTRON GUN PULSER BY USING HIGH-SPEED MOS-FET'S

Ryoichi SUZUKI, Tomohisa MIKADO, Hideaki OHGAKI, Mitsukuni CHIWAKI, Kawakatsu YAMADA, Norihiro SEI, Suguru SUGIYAMA, Tsutomu NOGUCHI, Tetsuo YAMAZAKI

Electrotechnical Laboratory
1-1-4 Umezono, Tsukuba-shi, Ibaraki 305

ABSTRACT

A new pulser for a low-emittance electron gun of the ETL linac has been developed by using high-speed MOS-FET's. The pulser can produce pulses of variable pulse width(5 ns - 4 μ s) and of variable pulse height. Furthermore, the pulser can be operated with burst mode (100 ns period, more than 20 cycles) for single bunch injection to electron storage rings.

高速MOS-FETを用いた新電子銃パルサーの開発

1. はじめに

現在、電総研ではEIMAC Y-646B型の電子銃を用いた低エミッタンスタイプ入射器への更新作業を進めている。電総研のリニアックは現在、低速陽電子の発生及び4台の電子蓄積リングへの入射に利用しており、新電子銃では、陽電子ビームの発生等のための長パルス幅の電子ビームの発生モードと、自由電子レーザーの発振実験やTOF測定のために電子蓄積リングへのシングルバンチ入射のためのナノ秒短パルスビームの発生モードが必要である。新電子銃のパルサーとして表1の規格のものが備わっているが、このパルサーの短パルスモード(10ns)では、リングへのシングルバンチ入射は難しい。そこで、川崎重工と共同で1ナノ秒のパルサーの開発を進めてきているが、このパルサーは長パルス用のパルサーとは共存できない。また、現在のクライストロンの位相の調整に用いているマイクロ波ダミーロードのローディングモニタは約20MHzのサンプリング周期であり、ナノ秒パルスのモニタはできない。そのため、調整毎に電子銃の高圧を落として長パルス用パルサーと短パルス用パルサーとの切替えを手動で行わなければならない。切替えの時間及び手間が問題となる。そこで、現在、長パルスから短パルスまで共通の回路で発生できるパルサーの開発を進めている。最近、高速のMOS-FETを用いて電子銃用のパルス発生の実験を行ったところ、パルス幅及びパルス波高の可変範囲の広いパルサーを実現できたので報告する。

2. 高速MOS-FETを用いたパルサー

新電子銃はグリッド接地型であり、パルサーの信号はカソードに inputs する。そのため、パルス信号の極性は負でなければならない。

図1に高速MOS-FETを用いたパルサーの回路図を示す。ここで用いた高速MOS-FETは、日立の2SK410である。表2にこのFETの最大定格及び特性を示す。このFETは表2からわかるように、高周波増幅用のFETで、帰還容量が他の大電力FETに比べて非常に小さくなっており、最大電流も8Aで、ソースドレイン間耐圧も180Vと高い。図1の回路では、このFETを2固使用し、図1の第1FETのゲート端子に正のパルスを入力すると、第2FETのドレイン端子に負の出力パルスが発生する。この信号を電子銃カソード端子にコンデンサを通して入力する。図1のようなカスコード接続により、ソース接地回路で問題となる帰還容量による周波数特性の悪化を最小限にすることができる。このパルサーはパルスの無入力時の消費電力を抑えるため、無入力時にはFETに電流が流れないようにバイアス電圧 V_c を設定して、スイッチング動作をさせる。

表1. 低エミッタンス電子銃用パルサー(既存)の規格

| | |
|--------|---------------------------|
| 電子銃 | グリッド接地型 |
| パルス幅 | 4 μ s または 10 ns 手動切替え |
| 最大繰り返し | 250パルス/秒 |
| パルス電圧 | -100V以上 |
| バイアス電圧 | +100V以上(直流) |

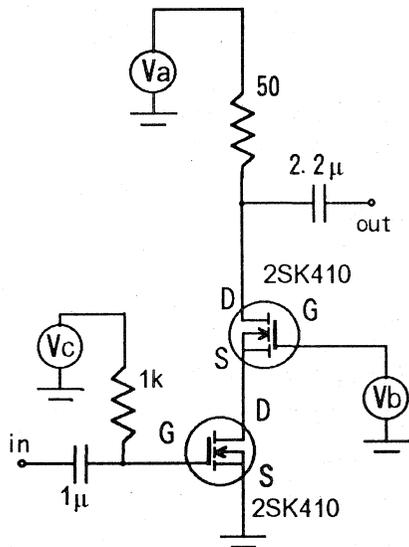


図 1. 新電子銃用パルサー

表2. 2SK410の規格

| | |
|-----------|--------------|
| 最大定格 | |
| ドレインソース間 | 180 V |
| ソースゲート間 | ±20 V |
| ドレインソース電流 | 8 A |
| 消費電力 | 120 W |
| 相互コンダクタンス | 1.25 S (typ) |
| ソース接地入力容量 | 440 pF |
| ソース接地帰還容量 | 0.5 pF |

3. パルサーの評価

今回製作したパルサーの性能を調べるため、パルス発生器(LeCroy9210)の信号をプリアンプで増幅してパルサーに入力し、パルサーの出力をダミーロードに接続して評価を行った。図2は、パルサーの入力に5ns, 20ns, 200ns, 2μsの幅のパルスを入力した時の出力波形である。パルサーの電源の電圧Vaは140Vである。若干リングングが見られるが約120Vの波高で入力パルス幅に対応したパルス幅の出力が出ている。図3は、パルサー電源の電圧を100V, 80Vにした時の出力パルスの波形であり、電圧が低いときは若干パルスの立ち上がり時間が長くなっているが、パルス幅を変えずに出力パルスの波高が可変できることがわかる。

以上のように、高速MOS-FETを用いたパルサーは、5ナノ秒程度からマイクロ秒以上の任意のパルス幅のパルスを120V以上までの任意の出力レベルで出力することが可能であり、既存の電子銃パルサーと置換えが可能である。このパルサーを用いれば、ナノ秒

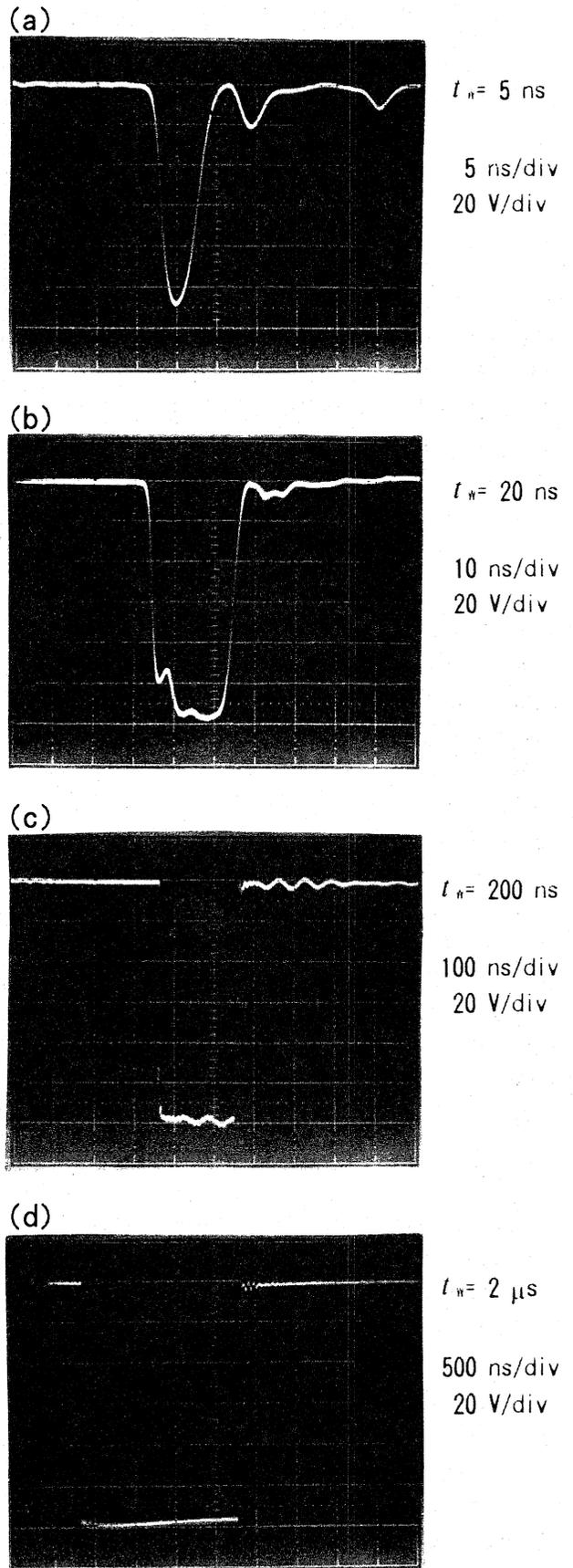


図 2. パルサーの出力波形(Va = 140 V)

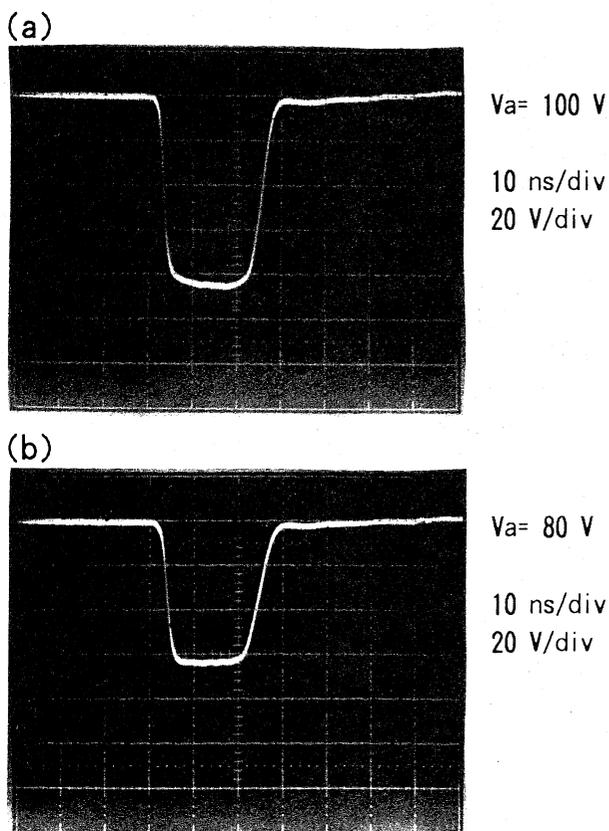


図3. パルサーの出力波形($t_w = 20$ ns)

以上のパルス幅のビームはパルサーの切替え無しに出力できると考えられる。このパルサーは250pps以下ではほとんど発熱を生じず、FET素子には放熱版は付ける必要がない。そのため、コンパクトなケースに納めることができ、既存のパルサーと容易に置換えができる。

電総研の蓄積リングでは、TOF測定やFEL実験のためにシングルバンチあるいは指定バンチへの入射が必要であるが、この入射を効率的に行うには蓄積リングの電子ビームに同期したバーストパルスによる入射が望まれる。電総研の蓄積リングの中での電子ビームの周期は100ns程度であり、効率的な入射には約100ns周期のバーストビームが必要である。図4は100ns周期のバーストパルスをパルサーに入力した時の出力パルスの波形であり、入力パルスに対応したパルスが出力されていることがわかる。図4(b)はパルスのデューティ比を変えた時の出力波形であり、デューティ比を任意に変えることもできる。このデューティ比が大きいバーストビームは出力ビームのローディングモニタに都合が良い。

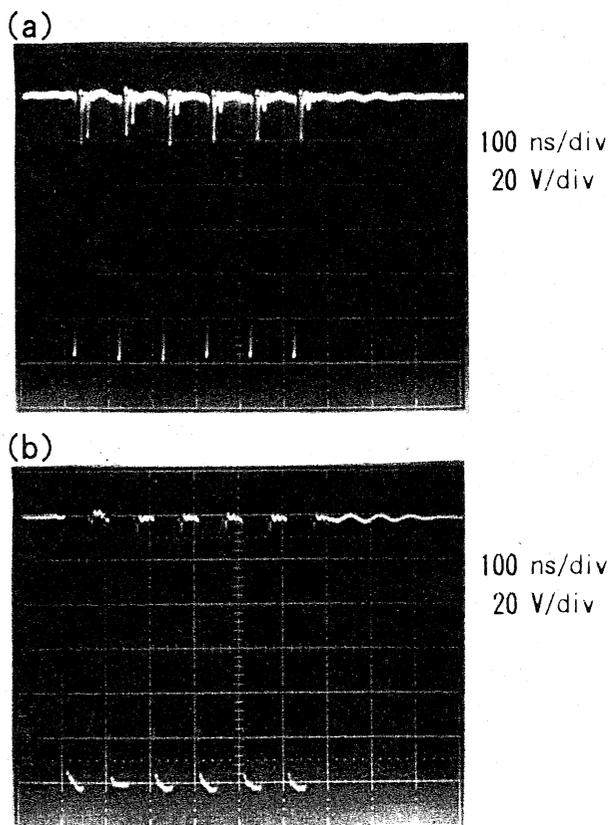


図4. パルサーの出力波形(バーストモード)

4. まとめ

高速MOS-FETを用いたパルサーは

- ◎コンパクト
- ◎低消費電力
- ◎パルス幅がナノ秒からマイクロ秒以上の広範囲で可変
- ◎バーストモードのパルスの発生が可能
- ◎パルスの出力レベルの調整が容易
- ◎FET素子の最大定格内で使用しているため、素子の寿命が長い

という優れた特徴がある。今後、このパルサーを実際に電子銃に取り付けて電子ビームの出射実験を行う予定である。

本研究で用いたMOS-FETは2SK410という数年前に発売されたものを用いており、最新の技術で製造した特性のさらに良いFETを用いれば、より短い幅のパルスの発生も可能であると考えられる。

本研究を行うにあたり、日立製作所基礎研究所の梶山氏にご協力をいただきました。深く感謝いたします。

参考文献

- [1] "FET規格表", CQ出版, 1992年版