

A NEW GRID PULSER FOR THE SAGA-LS INJECTOR LINAC

Yuichi Takabayashi^{1,A)}, Yoshitaka Iwasaki^{A)}, Tatsuo Kaneyasu^{A)}, Shigeru Koda^{A)}, Katsuhide Yoshida^{A)},
Takio Tomimasu^{A)}, Hideaki Ohgaki^{B)}, Kazushi Hanakawa^{C)}

^{A)} SAGA Light Source

8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga, 841-0005

^{B)} Institute of Advanced Energy, Kyoto University

Gokanoshō, Uji, Kyoto, 611-0011

^{C)} Mitsubishi Electric Corporation, Energy Systems Center

1-1-2 Wadasaki, Hyogo-ku, Kobe, Hyogo, 652-8555

Abstract

A new grid pulser was introduced to the electron gun of the SAGA-LS injector linac in order to make various injection patterns possible. The waveforms of the grid pulser voltage and the electron emission from the gun have been measured. The efficiency of the injection into the storage ring is also discussed.

SAGA-LSリニアック新型グリッドパルサの導入

1. はじめに

SAGA Light Source (SAGA-LS)は佐賀県が建設した放射光施設であり、2006年2月にオープンした。入射器であるリニアックの全長は約30 m、最大エネルギーは260 MeVである^[1]。100 kV DC 熱電子銃、714 MHzサブハーモニックバンチャー(SHB)、2856 MHz定在波型バンチャー、3 m長の2856 MHz進行波型加速管6本から構成されている。リニアックの設計は、ほぼ同規模の旧FEL研のリニアックを参考にして行われた。実績を重視し、グリッドパルサも同様のものが採用された^[2]。このグリッドパルサは繰り返し周波数が22.3125 MHz (=2856 MHz/128)または89.25 MHz (=2856 MHz/32)でマイクロパルス生成する(バーストモード)。そのため、蓄積リングにおけるフィリングパターン(シングルバンチ運転等)の生成を柔軟に行うことができない。また、リングへの入射効率の点から最適条件にない可能性がある。そこで、多様な入射を可能にするため、ショート(シングル)パルスモードとロングパルスモードを追加した新型グリッドパルサの導入を行った。まず、グリッドパルサの基本性能について述べた後、エミッション試験の結果について報告する。最後に、リングへの入射効率に関して議論する。

2. グリッドパルサ

表1に新グリッドパルサ(Kentech社製)の基本性能を示す。技術的また予算的にも過度な改造にならない範囲で、追加モードの仕様を決定した。各モードの切り替え、グリッド電圧設定、パルス幅設定等はRS232C経由で行うようになっている。グリッドパルサの最大マクロパルス幅は12 μ s、最大繰り返しは100 ppsとなっているが、通常、加速管へ投入して

いるRFのパルス幅は2 μ s、繰り返し1 ppsでリニアックの運転を行っている。

表1: 新型グリッドパルサの基本性能

	バースト	ショート (シングル)	ロング
出力電圧	20~180 V	20~200 V	10~220 V
マクロパルス幅	200 ns ~ 12 μ s	100~700 ps	5 ns~12 μ s
パルス可変 ステップ幅	20 ns	1 ps	5 ns
繰り返し	≤ 100 pps	≤ 100 pps	≤ 100 pps
マイクロ パルス幅	~500 ps		
マイクロパルス 周波数	22.3125/ 89.25 MHz		

2.1 バーストモード

バーストモードは旧グリッドパルサと同様のものである。178.5 MHz (=2856 MHz/16)のRF信号をグリッドパルサのマイクロパルストリガー用端子に入力する必要がある。それと同期して22.3125 MHzまたは89.25 MHzの周波数でマイクロパルスが生成される。

2.2 ショート(シングル)パルスモード

714 MHz SHBにより、100~700 psの幅で出射された電子ビームはシングルバンチに圧縮されることになる。なお、バーストモードと異なり、リニアックのRFとは同期していない。

2.3 ロングパルスモード

ショートパルスモードと同様、リニアックのRF

¹ E-mail: takabayashi@saga-ls.jp

とは同期していない。蓄積リングのRFは約500 MHzなので、最小幅5 nsはリングの2~3バンチ分に相当する。

3. エミッション試験

電子銃のカソードはEIMAC Y646Bである。通常の運転条件である、ヒーター電圧6 V(電流1.3 A)、バイアス電圧40 V、高圧96 kVのもとでエミッション試験を行った。

3.1 バーストモード

図1にエミッション波形の測定例を示す。電子銃出口に設置されたコアモニタの出力をオシロスコープ(Tektronix TDS6154C、帯域15 GHz)を用いて測定した。通常、リングへの入射を行うときは、周波数89.25 MHz、グリッド電圧140 V、マクロパルス幅200 nsの設定で行っている。図1からわかるように、パルス幅の設定を200 nsにしても実際には約250 nsのパルス幅で出力されていることがわかった。運用上、特に問題はない。

グリッド電圧を50 V以上にすると、十分なエミッションが得られた。しかし、50 Vの場合は140 Vの場合よりも波高のばらつきが大きいことが見てとれる。グリッド電圧自体に起因しているかどうかを調査するため、グリッドパルサの出力電圧波形を同じオシロスコープを用いて測定した(図2)。出力電圧が大きかったので、アッテネータ(20 dB)を挿入した。図2からわかるように、グリッド電圧の波高のばらつきは小さいことがわかった。

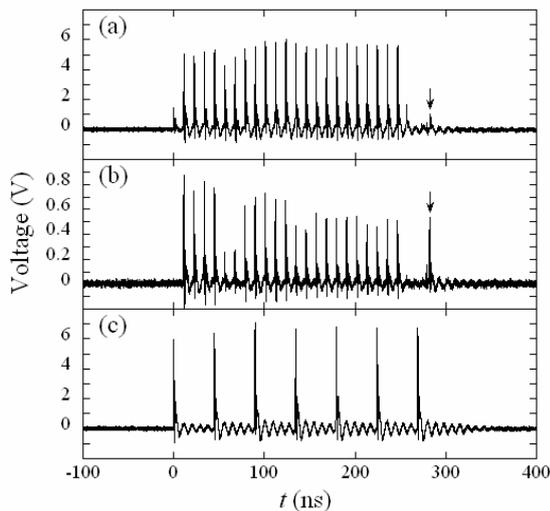


図1：バーストモードのエミッション波形。(a) 89.25 MHz, 140 V, 200 ns。(b) 89.25 MHz, 50 V, 200 ns。(c) 22.3125 MHz, 140 V, 200 ns。

図1の(a)、(b)に矢印で示したが、マクロパルス幅約250 ns分から約30 ns離れたところで、1パルス出力されていた。図2から、これはグリッドパルサの出力電圧自体に由来していることがわかった。なお、

22.3125 MHzの場合はそのようなピークはみられなかった(図1(c))。

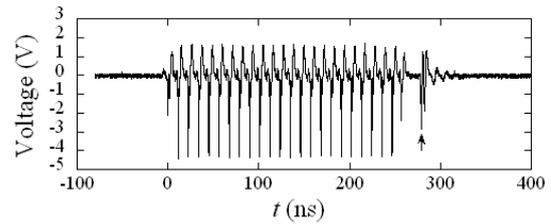


図2：グリッドパルサの電圧波形。バーストモード89.25 MHz、50V、200 ns。エミッション波形と極性が逆になっていることに注意。

3.2 ショート(シングル)パルスモード

図3にエミッション波形を、図4にグリッドパルサの電圧波形を示す。両者ともパルス幅の設定を大きくしていくと波高が大きくなる傾向がみられた。

バーストモードのマイクロパルスとショートパルスモード(幅400 ps設定)のエミッション波形の比較を図5に示す。グリッド電圧は140 Vである。バーストモードのマイクロパルスの波形はショートパルスモードの400 ps設定のときと同等であることがわかった。

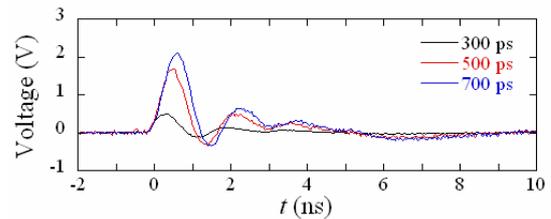


図3：ショート(シングル)パルスモードのエミッション波形。グリッド電圧50 V。

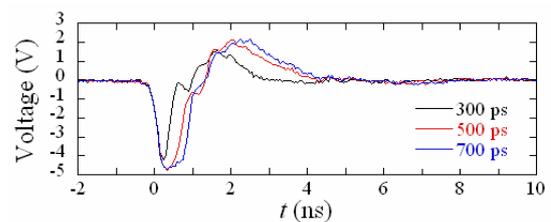


図4：ショート(シングル)パルスモードのグリッドパルサ電圧波形。グリッド電圧50 V。

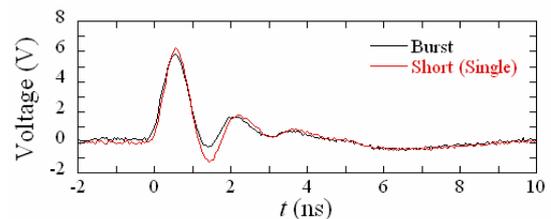


図5：バーストモードとショートパルスモードの比較。

3.3 ロングパルスモード

図6にエミッション波形を、図7にグリッドパルサ

の電圧波形を示す。図6からわかるように、マクロパルス幅の設定を40 ns以上にしても、エミッション波形の幅はほとんど変化しないことがわかった。これは、グリッドパルサに接続されているパルス伝送装置にバイアスブロック用のコンデンサ(容量2 nF)が挿入されているためである。より幅の長いビームを必要とする場合は、コンデンサの容量を大きくする必要がある。ただし、次の章で述べるように、リングへの入射に関しては40 nsもあれば十分である。

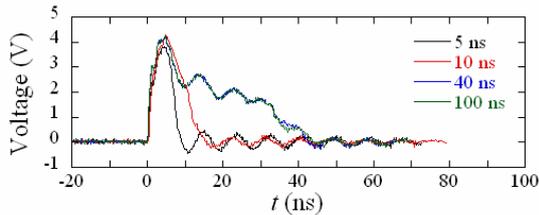


図6：ロングパルスモードのエミッション波形。グリッド電圧50 V。パルス幅5、10、40、100 ns設定。

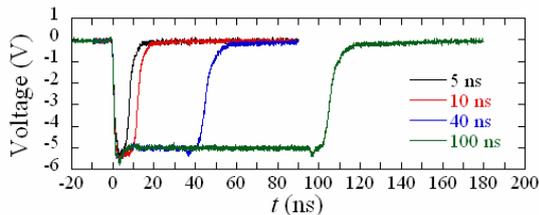


図7：ロングパルスモードのグリッドパルサ電圧波形。グリッド電圧50 V。

4. 入射試験

まず、グリッド電圧を一定にしてマクロパルス幅のみを変えたときの蓄積速度(1秒あたりの蓄積電流量)を測定した。結果を図8に示す。リニアックからリングへの入射は1 ppsで行っている。バーストモード89.25 MHzの場合(図8(a))は200 ns、ロングパルスモードの場合(図8(b))は30 ns以上で、蓄積速度はほぼ一定になった。つまり、それ以上パルス幅を広げても、蓄積電子は増加せず、余分な放射線量だけを増加させることになる。

次に、平均ビーム電流(入射あたりの全電荷量)が一定になるようにグリッド電圧を調節して蓄積速度を測定した(図9)。幅を狭め、ピーク電流を高くして入射した方が、蓄積効率の高いことがわかった。これは、入射バンパ軌道の高さが最も大きくなるキッカー磁場のピークの時点で、集中的に電子を入射した方が効率の高いことに対応する。

試験的に、ショート(シングル)パルスモードでの入射も行った。図10(a)にリニアック出口での平均ビーム電流、図10(b)に蓄積電流の変化の様子を示す。前述したようにビームの出射タイミングはリニアックのRFと同期していないので、予想された通りビーム強度の変動は大きかった。さらに、リングのRFと同期していないことも相まって、蓄積速度の変動も大きかった。RFに同期したタイミング系の構築が必要である。

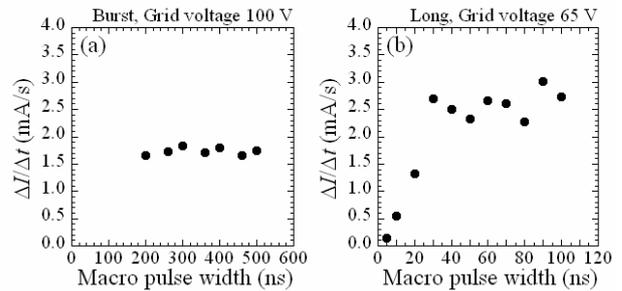


図8：グリッド電圧一定の場合の蓄積速度。

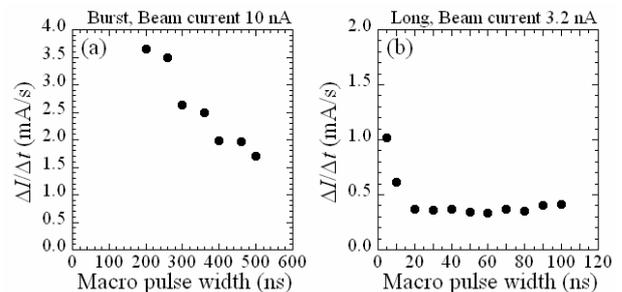


図9：リニアック平均電流値一定の場合の蓄積速度。

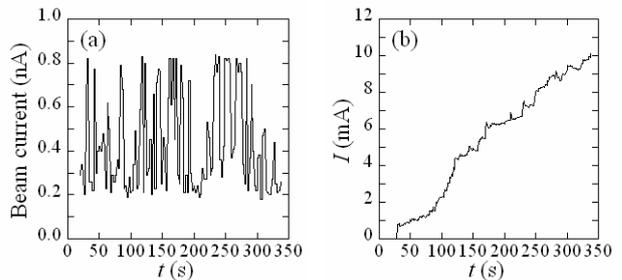


図10：(a) ショート(シングル)パルスモード時のリニアック平均電流値の変化。(b) リング蓄積電流値の変化。

5. まとめ

多様な入射を可能にするため、新型グリッドパルサの導入を行った。エミッション試験の結果、概ね想定どおりの性能が得られていることが確認された。リングへの入射試験も行ったところ、パルス幅を狭め、ピーク電流を高くして入射した方が、入射効率が高いという結果が得られた。シングルバンチ入射に関してはタイミング系の整備が今後の課題である。

参考文献

- [1] T. Tomimasu, et al., "Commissioning of SAGA Light Source", Proceedings of 2005 Particle Accelerator Conference.
- [2] K. Hanakawa, et al., "HIGH FREQUENCY BURST ELECTRON GUN SYSTEM FOR SAGA LIGHT SOURCE", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan.