

ELECTRON GUN FOR SPring-8 LINAC

T.Hori, H.Yoshikawa, S.Suzuki, K.Yanagida, A.Mizuno, H.Sakaki,
K.Tamezame and H.Yokomizo

JAERI-RIKEN SPring-8 Project Team.
JAERI, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-11, Japan

Abstract

The preinjector of SPring-8 linac was already installed in Tokai Establishment of JAERI. We obtained the initial performance of the electron gun. The electrons are emitted by Y796 cathode assembly, and extracted by 200 kV anode voltage. Three types of grid pulsers were prepared for different pulse length, 1 nsec, 10-40 nsec and 1 μ sec. On the 1 nsec mode, this gun generated 22 A peak currents by 50 Ω / 12 Ω impedance converter, and by crip line method.

S P r i n g - 8 線型加速器 電子銃特性

1. はじめに

兵庫県播磨科学公園都市内に平成9年完成予定の1 GeV電子・陽電子線型加速器（リニアック）は、電子銃からバンチャ部までの電子入射加速部（ ~ 9.1 MeV）が昨年夏完成し、あらかじめ基本的なビーム性能試験やモニタの性能確認等を行うため原研東海・リニアック棟増設建屋に設置された。全体的な電子銃性能試験結果は既に報告が行われており⁽¹⁾、本研究会ではシングルバンチ（ ~ 1 ns）、大電流（電子銃出口：14 A以上）ビームを発生するためのグリッドパルサ構成とそのエミッション試験結果を中心に報告を行う。

2. 電子銃システム

SPring-8入射器としてのリニアックには、蓄積リングでのマルチバンチ（1 μ S:150 mA, 10-40 ns:8 A）、及びシングルバンチ（1 ns:14 A）運転可能な電子銃が要求される。しかし、異なった運転条件を1台の電子銃

で最適化するのは困難なため、短パルス・大電流ビームが発生可能なシステムデザインを行った。電子銃のカソードアセンブリーにはEIMACのY796を用い、アノード電圧には最大200 kV（5 μ Sパルス）を印加する。グリッドパルサにはパルス幅に対応する3台のパルサを用意しこれを切換え使用する。グリッド接地、カソードドライブ方式である。ウェネルト、アノード形状はエミッション電流18 A、カソードから150 mmの位置でエミッタンスが最小となるよう最適化されている⁽²⁾。電子銃からプリバンチャまでは、アイリス（ $\phi 1.2, 2.6$ mm）、ゲートバルブ、ステアリングコイル2組、長短パルス用電流モニタ（LCM:JTE-タピアソ model-2100, SCM:ウォルカントモタ 立上り250 pS）、プロファイルモニタ（デマルチAF995R）によって構成されており、又電子銃からのビーム口径を一定に保つためのヘルムホルツコイル（最大励磁量800 G）がバンチャ出口まで8台設置されている。真空系は60 l/sのイオンポンプ2台が電子銃直後に置かれ、現在コールドカソードゲージ指示で到達真空度約 5×10^{-9} torrである。図1に電子銃からプリバンチャまでの機器構成を示す。

3. グリッドパルサの構成

ナノ秒オーダの短パルスビームを発生する場合、パルサと電子銃までの伝送路による立上り時間の劣化を防ぐため、電子銃後部に直接取り付ける埋め込み型グリッドパルサ方式がよく用いられている。しかし、パルサ出力と電子銃とのインピーダンスミスマッチによ

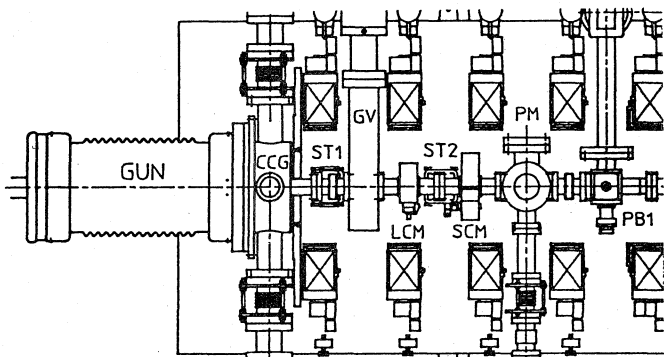


図1 電子銃からプリバンチャまでの機器構成

る反射波等による波形の歪みがさげられない⁽³⁾。

そこで今回我々は、電力効率は無視し電子銃の実効インピーダンス 12Ω にマッチングした同軸伝送路を用いることによって、波形整形を主目的とした方式を採用した。ロングパルサ($1\mu\text{S}$ 用)は、トランジスタスイッチング方式によるパルス回路で、定電圧パルサとして使用し伝送路、電子銃とのインピーダンス整合は行っていない。ショートパルサは、Kentech Instr. Nano-Second Pulser (out-put:200V, rise time:2nS)を用い、立上りトリガとディレイライン長の時間遅れをもった立下がりトリガを入力することにより $10\sim 40\text{ nS}$ パルスが発生する。出力には4つの 50Ω 端子が用意されており、4個のBNC端子が取付いたソケット部を介し 12.5Ω 出力で伝送される。シングルパルサは、Kentech Instr. HMPS Pulser (Output:4kV, Rise time:60pS)と $50/12\Omega$ インピーダンス変換器及びパルスをクリップするショートスタブを組み合わせたものである。往復時間がパルス幅に対応する長さのショートスタブを伝送路と並列に入れ、電子銃側に進むパルスとスタブ方向からの極性が反転した反射パルスを合成することによって、HMPSパルサ出力波形のテール部をクリップする方式である。図2にシングルパルサの構成を示す。

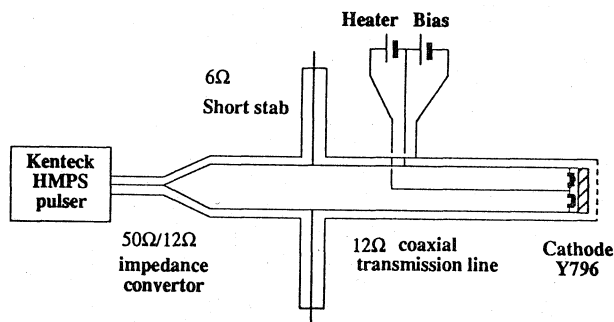


図2 シングルパルサ構成図

パルサ出力を4kVに設定し、スタブ長を変えた時に得られた出力パルス波形を図3に示す。この波形は図2に示したY796の代わりに $12/50\Omega$ インピーダンス変換器を負荷としたものであり、40dB attenuatorを介しtransient waveform recorder, SCD5000で測定を行った。スタブ長は、0.25, 0.5, 1, 1.25, 1.5nSのパルス幅に対応する35, 70, 135, 165, 195mmを用意した。この波形でY796のカソードはドライブされる。この結果から抵抗負荷の場合、スタブの長さを変えることにより

時間幅が異なるサブナノ秒オーダーのパルスが、ほぼ設計値どおりに発生することが確認された。

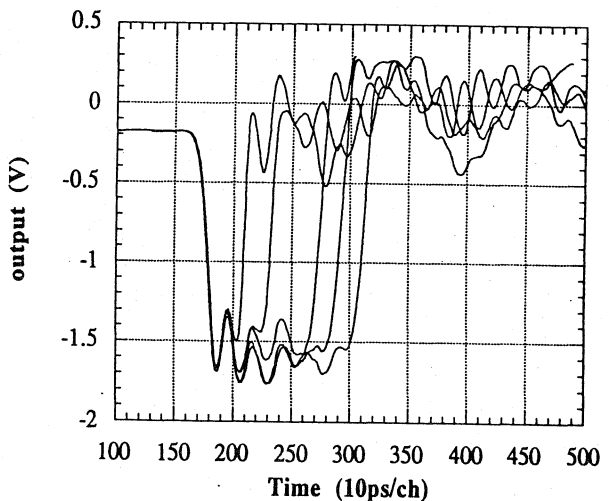


図3 スタブ長の違いによるパルス幅の変化

4. エミッション特性

エミッション電流はLCM, SCMで測定を行った。ウォールカトモタは250pSの立上り特性をもつ短パルス測定用に開発されたものである⁽⁴⁾。電子銃から電流モニタまでの距離は約500mmあり、ヘルムホルツコイルの磁場強度がエミッション電流に影響を与える。この影響を無くするためTRACE-PCで計算された磁場強度⁽⁵⁾と、プロファイルモニタ上での歪みの無いグリッドメッシュ像を確認し測定を行った。 $1\mu\text{S}$ ビームは3Aのピーク電流が得られ、パルス平坦度は $\pm 1.5\%$ 以下であった。 $10\sim 40\text{ nS}$ ビームは各々のパルス幅に対応したエミッション電流が最大12A得られた。図3に対応するパルス幅のSCMで測定したエミッション電流波形を図4に示

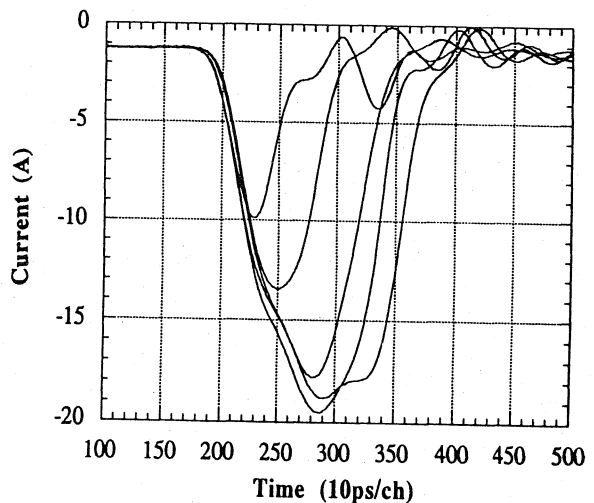


図4 パルス幅の違いによるエミッション電流波形

す。電子銃パラメータはアノード電圧180kV, ヒータ電力40W, グリッドバイアス60V, グリッド電圧320V (パルサ出力 4kV) である。Y796は、大電流・短パルス用として開発されたものでRF用板極管のグリッドカソードアセンブリを利用した低インピーダンス型電子銃である⁽⁶⁾。図3と図4の測定結果よりY796の立上り時間は約1ns程度であり、この結果はSPICEで計算されたシミュレーション結果⁽⁷⁾と比較的良く一致した。スタブ長を135mmとしたときのグリッド電圧対ピーク電流、アノード電圧対ピーク電流をそれぞれ図5、図6に示す。

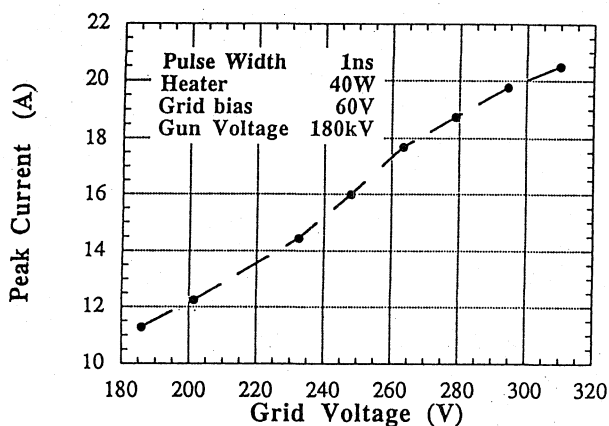


図5 グリッド電圧対ピーク電流

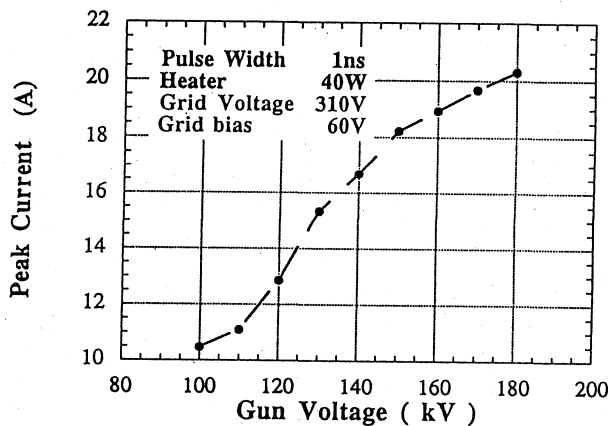


図6 アノード電圧対ピーク電流

5. まとめと今後

設計当初SHBの採用も考慮した⁽²⁾が、スタブを用いたパルス整形、長い伝送路方式を用いることにより電子銃出口で1ns, 最大ピーク電流22Aのビーム取り出しに成功した。又SPRING-8入射器としてマルチバンチ・シングルバンチ運転が可能な電子銃性能も確認し

た。将来、よりパルス幅の短いサブナノ秒オーダーの大電流ビームを発生するためには、Y796電子銃ではグリッド、カソード間の静電容量が大きく十分に応答しない。このような構造をもつ電子銃では限界であると考えられ、RF電子銃、フォソカソード電子銃等の開発が待たれる。

今後、将来の営業運転に備え電子銃の寿命・ヒータ部の酸化対策等、安定にビームを供給するための問題に取り組む予定である。

謝 辞

電子入射部性能試験を行うにあたって作業を分担して頂いた田山豪一氏、並びに適切な助言と指導を頂いた益子勝夫氏に感謝いたします。

参考文献

- (1) S. Suzuki, et al., "Initial data of Linac Pre-injector for SPRING-8", Proc. of '93 PAC, Washington D. C., May 1993, to be published.
- (2) N. Nakamura, et al., "DESIGN OF BUNCHING SYSTEM FOR A HIGH-CURRENT ELECTRON LINAC", Proc. of '90 Linear Acc. Conf., 1990.
- (3) T. Ueda, et al., "Design and Simulation of Grid Pulser for Short Pulse Electron Gun", Proc. of the 11th meeting on linear acceleration in Japan, 1986, 72.
- (4) K. Yanagida, et al., "Performance of Beam Diagnostics for SPRING-8 Linac", Proc. of 9th symp. Acc. Scie. and Tech., 1993, to be published.
- (5) H. Yoshikawa, et al., "BUNCHING SYSTEM OF THE LINAC FOR SPRING-8", Proc. of 8th symp. Acc. Scie. and Tech., Japan, Nov, 1991, 304-305.
- (6) R. F. Koontz, "CID Thermionic Gun System", SLAC-PUB-2824, 1981.
- (7) T. Naito et al., "Single Bunched Beam Generation using Conventional Electron Gun for JLC Injector", Proc. of '91 PAC, 1991.