

20-P15

## Study of Pre-injector Linac for SPring-8

T.Hori H.Yoshikawa S.Suzuki K.Yanagida A.Mizuno Y.Itoh M.Kodera  
H.Sakaki A.Kuba K.Tamezane K.Takami\* and H.Yokomizo

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

\*Reserch Reactor Institute,Kyoto University Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka 590-04

### Abstract

The pre-injector section of the injector linac for SPring-8 has been tested at Tokai establishment of JAERI, and achieved the generation of 1ns single pulse of up to 15 Amps. We represent the present status of this section and the results of detail investigation of our electron gun. It is shown that the cathode impedance mainly depends on the heater power.

## SPring-8 線型加速器の電子入射加速部性能試験

### 1 はじめに

SPring-8 線型加速器の電子銃からバンチャ部までの電子入射加速部は、原研東海・リニアック増設建屋に設置され約2年が経過した。昨年の本研究会では、加速器コンポーネントやシステムとしての初期試験報告を行ったが、本年も引き続き詳細な性能試験を行ったのでその結果を報告する。特に電子銃部の最適化のために、カソードのインピーダンス測定を試みたので併せて報告を行う。

### 2 電子入射加速部の構成

電子銃のカソード・グリッドアセンブリーには EIMAC の Y796 を用い、最大 200kV(5 $\mu$ s パルス) のアノード電圧が印加可能である。蓄積リングでのマルチバンチ、シングルバンチ運転を行うためパルス幅に対応した3台のグリッドパルサ(1 $\mu$ s, 10~40ns, 1ns)を用意した。2台のプリバンチャはノーズタイプのシングルセルでバンチャ入口において14Aのビームが約40°にバンチングされるよう設計されている。バンチャもノーズタイプのサイドカップルキャビティ13セルでどちらも定在波型である。モニタ系は電子銃、バンチャ出口にウォールカレントモニタ(立ち上がり時間: ~250ps)、プロファイルモニタ(デマルケスト AF995R)を設置し、ビーム診断を行っている。バンチャ以降、Qトリプレット、縦・横偏向用ステアリングコイル、スリット、偏向電磁石、ワイヤグリッドモニタ等により構成されており、ここでエネルギー分散測定、エミッタンス測定等を行っている。

### 3 電子入射加速部の現状

過去1年間に電子入射加速部を使って以下のテーマで実験を行った。

- 線型加速器最終設計のための R&D  
Booster Modulator を使用した対ノイズ試験  
シーケンサ動作、組替えに関する試験
- 計算機制御系の R&D  
プロトタイプソフトウェアの VME 動作確認試験  
制御対象としての運転, ビーム調整手順 R&D
- ビームの安定化及び再現性の向上 R&D  
エミッション電流の安定化試験  
理研との共同によるタイミング系のジッタ測定試験
- サブナノ秒パルスの発生と測定システムの R&D  
250ps, 500ps 用スタブを用いたエミッション電流測定  
光電管を用いたエミッション電流、ビームのバンチトレイン測定
- Y796 電子銃特性試験  
1ns 立上がり特性試験  
Y796 ショートパルスビーム試験
- 最適なビーム加速を行うための RF 系パラメータサーチ試験

マシン本体に関するの主な改良は、電子銃ヒータ部の酸化対策(冷却方式の改善)とエミッション電流安定化のための電子銃ヒータ電源の変更(AC→DC)を行った。

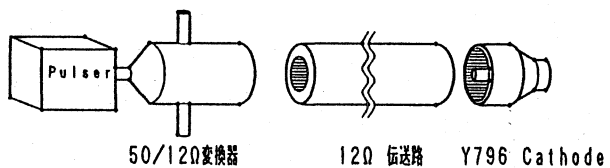
### 4 カソード・インピーダンス測定

我々は 1ns, 15A 以上のエミッション電流を電子銃から取り出すため、電子銃の実効インピーダンス 12 $\Omega$ にマッチングした同軸伝送路を用い、波形形成を主目的とした回路構成を採用した<sup>(1)</sup>。この回路構成を評価するためには、異なったヒータ電流、バイアス電圧等の設定条件でパルサから見たカソード・インピーダンス

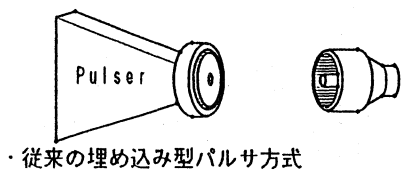
がどのように変化するかを調べる必要がある。この測定は北大等<sup>(2)</sup>で過去に行われているが、我々は主パルスによるエミッション電流と Y796 のカソード及び 50/12Ω ミスマッチング端の 2 回反射によるエミッション電流の比から求める方法で行った。図 1 に我々が採用した 12Ω 整合伝送路方式、従来の埋め込み型パルサ方式、今回の実験で用いたパルス伝送方式を示す。パルサには、立ち上がり時間~110ps, パルス幅 1ns, 最大振幅 880V の特性をもつ伝送線型多段式パルサ<sup>(3)</sup>を用い、50/12Ω ソケット、12Ω 伝送路を介し Y796 をドライブする。伝送路とカソード端でインピーダンス不整合が生じた時の、伝送路内を輻射するパルスの様子を図 2 に示す。パルサからの出力パルス  $P_{out}$  は 50/12Ω ソケット部で伝送路側へ透過する透過波パルスとパルサ側へ戻る反射波パルスとが生じるが、透過波パルスの波高値  $V_1$  は

$$V_1 = P_{out} \times (2 \times 12) / (50 + 12)$$

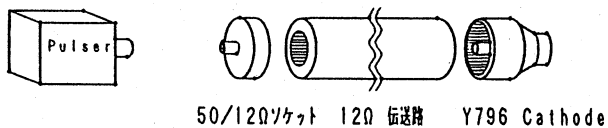
$$= P_{out} \times 0.387$$



・我々が採用した 12Ω マッチング伝送系



・従来の埋め込み型パルサ方式



・今回の実験での伝送系

図 1 3つの異なった伝送方式

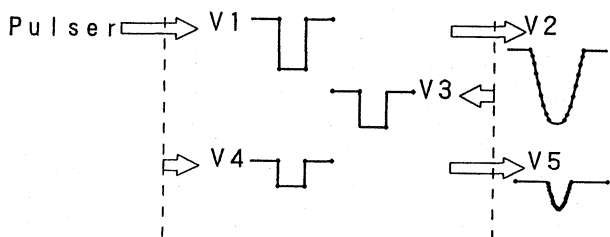


図 2 伝送路内を輻射するパルス電圧の概念図

カソードインピーダンスを  $x\Omega$  とした時、透過波電圧  $V_2$  と反射波電圧  $V_3$  は同様に

$$V_2 = V_1 \times (2 \times x) / (x + 12)$$

$$V_3 = V_1 \times (x - 12) / (x + 12)$$

この反射波が、再び 50/12Ω ソケットで反射される反射波電圧  $V_4$  は

$$V_4 = V_3 \times (50 - 12) / (12 + 50)$$

$$= V_3 \times 0.613$$

このパルスが再びカソードに達した時の透過電圧  $V_5$  は

$$V_5 = V_4 \times (2 \times x) / (x + 12)$$

となり、 $V_2$  によって得られるエミッション電流 (1 次電流) と、伝送路内をパルスが輻射した結果の  $V_5$  によるエミッション電流 (2 次電流) とが生じ、その電圧比率は

$$V_5 / V_2 = 0.613 \times (x - 12) / (x + 12)$$

よりカソードインピーダンス  $x$  が求まる。

1 次電流と 2 次電流の時間遅れは、伝送路 (約 500mm) をパルスが往復する約 6ns 後である。この原理に基づいて実際に動作している電子銃のカソード・インピーダンス測定を行った。まず、アノード電圧 160kV、バイアス電圧 60V、ヒータ電流 5.8A (電力で 48W) の条件でパルサ電圧だけを変化しエミッション電流を測定した。代表的な電流波形としてパルサ電圧 880V 時の波形を図 3 に示す。この動作条件下ではパルサ電圧とピーク電流値の関係はほぼリニアで、しかも反射波による 2 次電流は観測されなかった。次に、パルサ電圧を 880V に固定し、ヒータ電流のみを変えて動作させた時、伝送路とカソード端での反射波による 2 次電流が観測された。代表的なエミッション電流波形としてヒータ電流が 5A (31.5W) 時の波形を図 4 に示す。図の 10ns の点でのピークが 2 次電流で 1 次電流との時間遅れは 6.2ns であった。

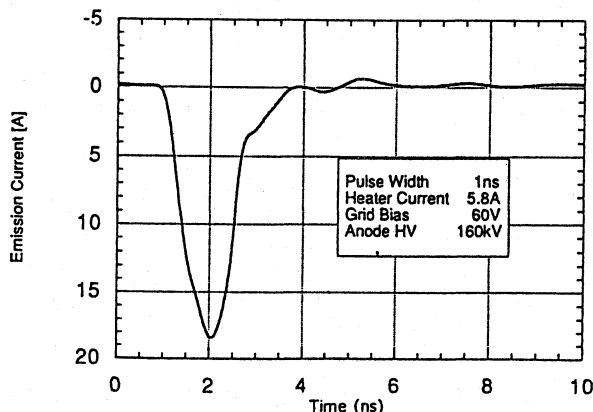


図 3 パルサ電圧 880V 時のエミッション電流波形

そこで、ヒータ電流とパルサ電圧の両方を変え、1次電流と2次電流のピーク値を測定した。図5にヒータ電流を4.8Aから5.3A(電力で28Wから36W)まで変化した時の1次電流のピーク値を示す。ヒータ電流が5.3A以上の時はカソード・インピーダンスが伝送路のインピーダンスと近くなり2次電流が観測されにくくなり、逆に4.8A以下ではピーク値が低すぎ正確な測定は行えなかった。図6にパルサ電圧が880V時の2次電流/1次電流のピーク値の比を示す。

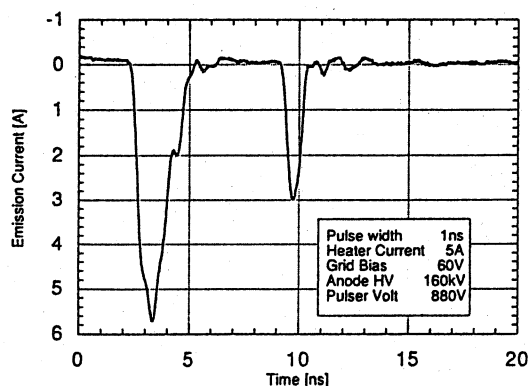


図4 ヒータ電流5 A時のエミッション電流波形

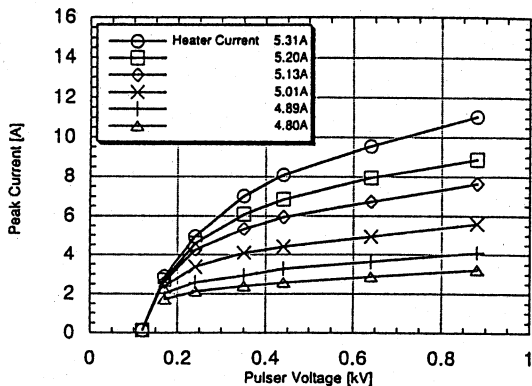


図5 ヒータ電流変更時のパルサ電圧と1次電流のピーク値との特性曲線

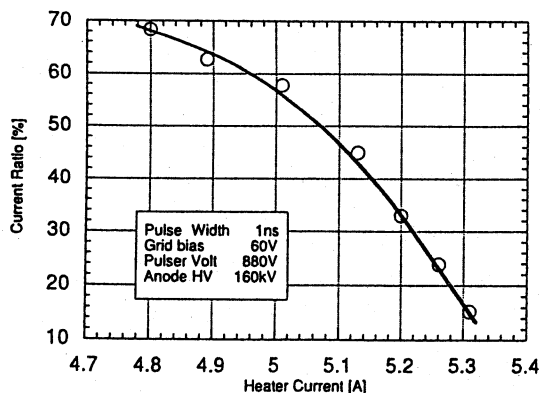


図6 ヒータ電流変更時の2次電流/1次電流の電流比

電流比で約55%変化する結果が得られた。図5のデータから電流比をカソード端での電圧比に換算し、カソード・インピーダンスを求めた結果を図7に示す。カソード・インピーダンスは約33Ωから21Ωへと12Ω程度変化する結果が得られた。

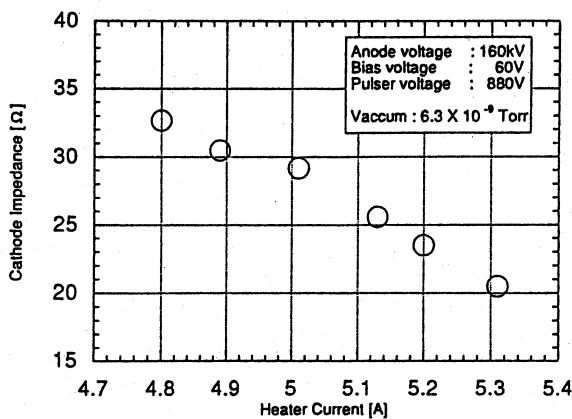


図7 カソードインピーダンスのヒータ電流依存性

### 5 考察とまとめ

カソード表面からの放出電流は、高圧部からの浸み込み電界、バイアス電圧等を総合したグリッド・カソード間の実効電圧で引き出されていると考えられる。しかし、グリッド近傍の電界強度・分布は複雑で求めようがないため、アノード電圧・バイアス電圧一定の条件下では、実効電圧の変化をパルサ電圧の変化として仮定し、カソード・インピーダンスを求めた。従って、その絶対値についてはまだ検討を要するが、カソード・インピーダンスは、ヒータ電流(電力)に依存するものと考えられる。

大電流・短パルス出力の要求に対応し、パルサ出力のパルス特性を劣化することなくカソードに印加するためには、動作しているカソードと伝送路のインピーダンス整合をとることが必要である。この実験結果より低インピーダンス伝送路は有用であると言える。

#### 参考文献

- (1) T.Hori, et al., "ELECTRON GUN FOR SPring-8 Linac", Proc. of 18th Linear Accelerator Meeting in Japan, 1993, 64-66
- (2) H.Yamazaki, et al., "EXPERIMENTAL EVALUATION OF INPUT RESISTANCE OF THE GRID-CATHODE ASSEMBLY OF AN ELECTRON GUN", Proc. of 17th Linear Accelerator Meeting in Japan, 1992, 46-48
- (3) K.Takami, "DEVELOPMENT OF HIGH SPEED AVALANCHE PULSER", Proc. of 18th Linear Accelerator Meeting in Japan, 1993, 80-83