

Pulse Response and Space Charge Effects of Y-796 Electron Gun

T. Ueda, T. Kobayashi, T. Kozawa, M. Uesaka, K. Miya
H. Shibata* and H. Kobayashi**

*Nuclear Engineering Research Laboratory, Faculty of Engineering,
University of Tokyo*

2-22 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-11

**Research Center for Nuclear Science and Technology,*

University of Tokyo

2-22 Shirakata-Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-11

***National Laboratory for High Energy Physics*

1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305

ABSTRACT

For the purpose of the estimation about the space charge effects, the peak currents and the pulse durations were measured by Faraday Cup at the distance of 25mm, 225mm and 475mm from the anode plane of Y-796 electron gun. The 200ps duration pulse with the peak current of 13A and the energy of 90keV was spreaded until 390ps time duration at the 225mm measurement point. The computer simulation agreed with experiment a results.

Y-796電子銃のパルス応答性と空間電荷効果

<はじめに>

東大ツインライナックでは、フェムト秒 (~100 fs) 単パルス電子ビームの発生と利用の計画が進められている。この計画では Xバンド (11.424GHz) 加速管を採用する計画である。フェムト秒単パルス発生 of 構想としては、電子銃から 1ns以下のパルスビームを発生させ、サブハーモニックバンチャー、プレバンチャーの入射部バンチングシステムにより、Xバンド加速管の加速周波数の一周期 (87ps) 以内にバンチングを行い、Xバンド加速管で加速したビーム (目標1ps) をエネルギー変調用加速管と電磁石によるパルス圧縮システムでフェムト秒 (~100ps) を発生させる計画である。このプロジェクトでは、フェムト秒パルスビームの電荷量も 1nc以上を目標としている。従っ

て、単にエネルギー分散をおこしてスリットで切りとる方法は電荷量の損失をまねくため採用できない。この計画実現のためには、さまざまな重要な課題を克服しなければならないが、ここでは電子銃の短パルス発生と、大電流を発生した時のパルス巾に与える空間電荷効果について実験とシミュレーションを行ったので報告する。

<実験方法>

実験体系を Fig-1 に示す。電子銃は Y-796 (EIMAC社) 熱電子銃を使用する。電子銃電圧は 90kVである。グリッドパルサーは2種類使用した。グリッドパルサー1は現在使用しているものでパルス電圧 ~200V、立上り時間 1.2 ns であり、グリッドパルサー2はケンテック社製でパルス電圧 1.8 kV、立上り時間 100 ps である。電流検出は半同軸ファ

ラディカップを使用し、中心導体の内径は14mm ϕ である。信号はセミリジッドケーブル6mでサンプリングスコープにて測定する。測定位置はアノードから25mm、225mm、475mmの3カ所で行い、途中のビーム誘導はヘルムホルツコイルで導いた。ビームの透過率は約80%以上である。ビームプロファイルの測定は、アノードから80mm離れた位置に、発光体（デマルケスト社）を置いて後方からテレビカメラで観測した。そのプロファイルを図2に示す。

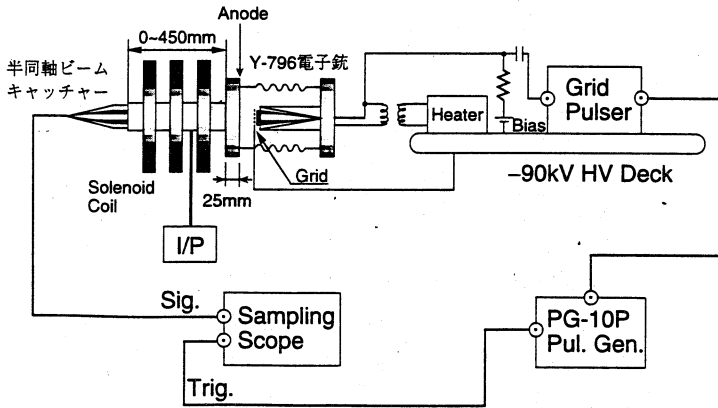


Fig.1 電子銃テストベンチ実験体系

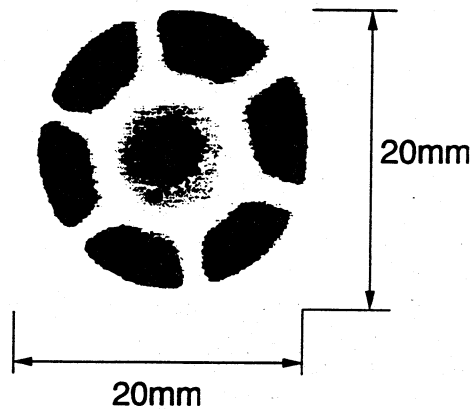


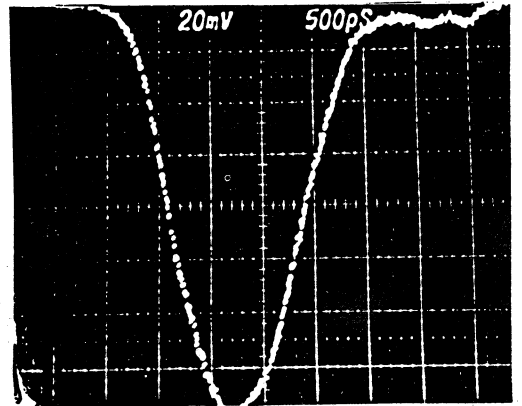
Fig2

電子銃直後でのビームプロファイル

<Y-796 電子銃の短パルス応答性>

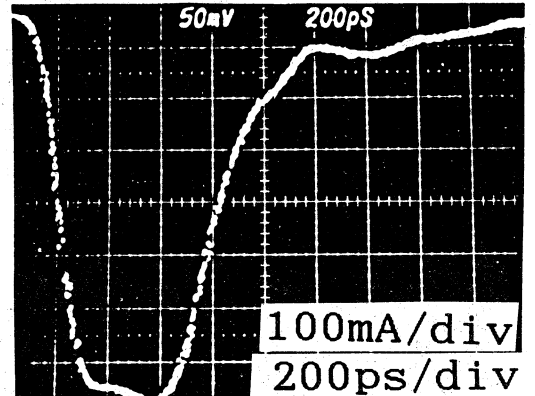
Fig-3にグリッドパルサー1の電圧波形とアノードから22mm離れた位置で得られるエミッション電流波形の代表的な波形を示す。Graph-1では、グリッドバイアスを変化させた時の電流値とパルス

Grid Pulser - 1



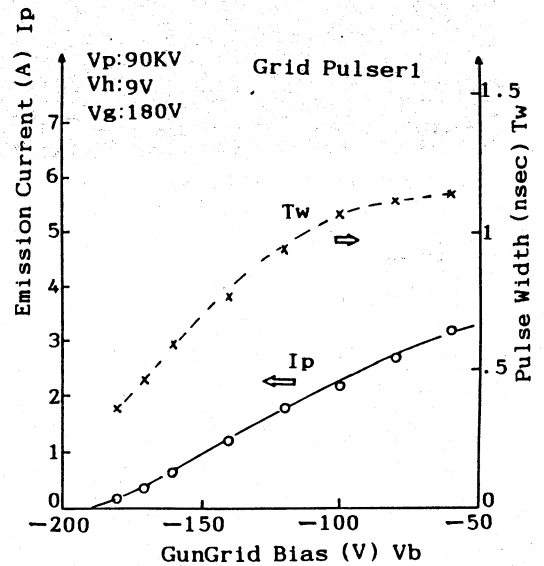
20V/div 500ps/div

Emission



100mA/div
200ps/div

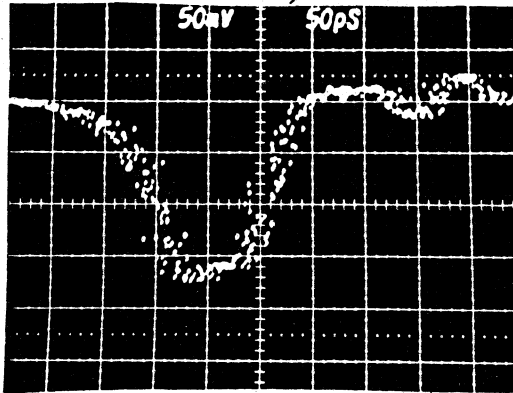
Fig3



Graph1

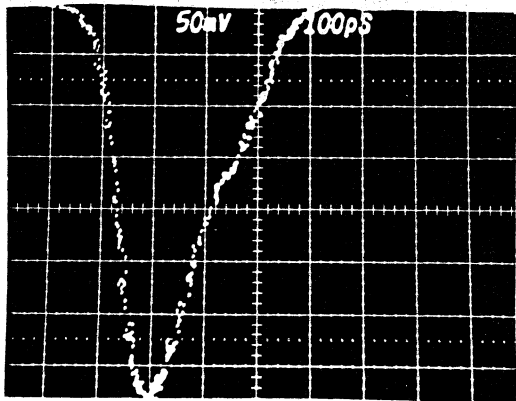
巾（半値巾）の関係を示す。この結果では、パルス巾を短くするためにバイアス電圧を上げる必要がある。700psの半値巾ではピーク電流は1A, 0.4Aであり得られる電荷量は0.7nCしか得られずこのグリッドパルサーを使用する限りにおいてはこれ以上の電荷量は得ることはできない。Fig-4にグリッ

Grid Pulser (KENTECH)



500V/div 50ps/div

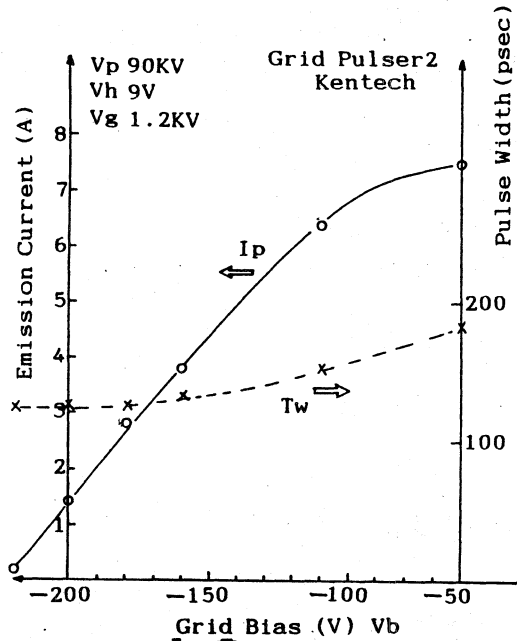
Emission



1A/div 100ps/div

Fig4

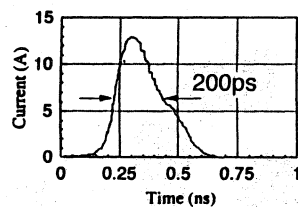
ドパルサー2の電圧波形とエミッション電流波形の代表的なものを示す。Graph-2は、グリッドバイアス電圧を変化したときのエミッション電流値とパルス巾の関係を示す。この結果より、パルス巾（半値巾）200psでピーク電流値8A（実測地）の値が得られた。従って、Y-796電子銃でも十分1ns以下のパルスビームを発生させることが可能である。



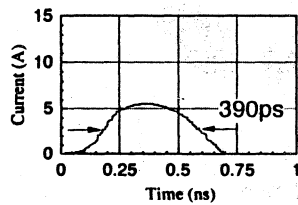
Graph2

<空間電荷によるパルス巾の広がり>

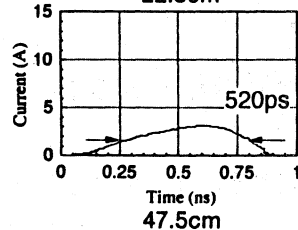
グリッドパルサー2を用いてエミッション電流の測定位置を変化させその時のパルス巾の広がりを測定した結果をFig-5に示す。明らかに空間電荷効果の影響が表われているのが分かる。Fig-6に実験



アノードからの距離 : 2.5cm

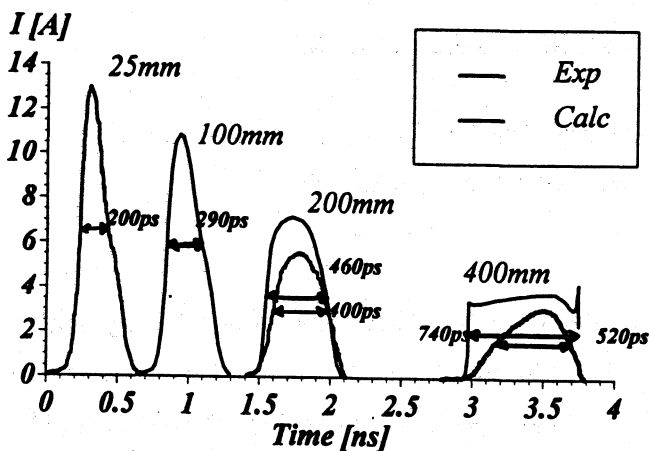


22.5cm



47.5cm

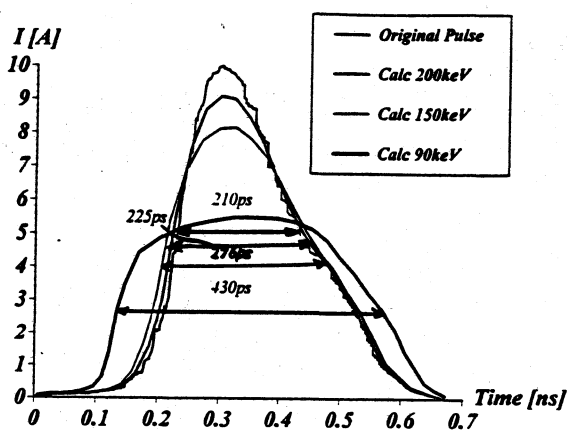
Fig5



アノードからの距離に対する電子銃のEmission波形
(実験値および計算値)
分割数 30、Time Step 200、ビーム径 $\phi 14\text{mm}$

Fig6

結果とシュミレーション結果を合わせて記す。ピーク電流値の値は実験誤差と考えられるが、パルス中の広がり様子はシュミレーションと合っている。次に電子銃電圧を変化させて、アノード位置



アノードから20cmの点の電子銃Emission波形 (計算値)
ビーム径 $\phi 8\text{mm}$ 、ビーム電流 10A

Fig7

から225mm離れた位置でのパルス中の広がり様子のシュミレーションの結果がFig-7である。このシュミレーション結果から、電子銃電圧90kVでは空間電荷効果によるパルス中の広がりが大きいため将来は200kV電子銃を使用することが考えられる。

<結論>

Y-796電子銃でも1ns以下のエミッション電流パルスが発生させることができ、その測定にも成功した。現状は90kV電子銃電圧で、ケンテック社製バルサーにより電流値11A、250ps(半値巾、実測値)が得られている。実験結果とシュミレーションにより、空間電荷効果の影響を調べ、将来フェムト秒ライナックのシステムでは電子銃電圧を200kVにすることが望ましい結論が得られた。今後はエミッタンス及びビーム集束系についても実験の検討を行っていく予定である。

<参考文献>

- 1) T. Ueda, T. Kobayashi, T. Kozawa, M. Uesaka, K. Miya, H. Shibata and H. Kobayashi, "Pulse Responses of Y-796 Electron Gun", Proceedings of the 19th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1994) p.136-138
- 2) M. Uesaka, T. Kozawa, Y. Yoshida, T. Kobayashi, T. Ueda and K. Miya, "Magnetic Pulse Compression For Femto-Second Single Pulse", Proceedings of the 18th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1993) p.4-7.
- 3) M. Uesaka, T. Kozawa, T. Kobayashi, T. Ueda and K. Miya, "Generation and Measurement of Subpicosecond Electron Single Bunch", Proceedings of the 19th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1994) p.49-50