

GRID PULSE GENERATOR FOR MULTI-BUNCH BEAM GENERATION WITH THERMIONIC GUN

T.Naito, M.Akemoto, H.Hayano, H.Matsumoto, J.Urakawa, and M.Yoshioka

KEK, National Laboratory for High Energy Physics,
1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki-ken, 305 Japan

ABSTRACT

We report on the development of grid pulse generator for multi-bunch beam generation with thermionic gun using at the Accelerator Test Facility for the Japan Linear Collider. Double-pulse beam with a bunch spacing of 1.4 nsec, the pulse width less than 700 psec and the peak current 4.5 A, was generated.

マルチバンチ用グリッドパルサーの開発

1. はじめに

高エネルギー物理学研究所では、将来計画の一つとして数百 GeV 級の電子・陽電子衝突型直線加速器 (JLC) の検討を進め、そのために必要な装置の開発とパラメータの決定のために試験加速器 (ATF) を建設し R & D を行っている。物理実験の要求から衝突点では 10^{33} 以上の Luminosity が必要とされる。JLC で要求されるビームのパラメータは、それぞれのバンチ間隔 1.4 ~ 5.6 nsec、バンチ数 20 ~ 80、繰り返し 50 ~ 150 Hz、1 個のバンチのチャージ量は 1×10^{10} 個以上、等である。その電子源のひとつとして熱陰極電子銃とサブハーモニックバンチャー (SHB) で構成される電子源の開発を進めている。この電子銃の特長は、低エミッタンスと大電流の取り出しを可能とするためにカソードに EIMAC Y-796 を用い、240 kV までの高電圧が印加できることである。電子銃の開発は、JLC で要求されるマルチバンチビームを直接発生するためにそのビーム波形を作るグリッドパルサーの開発を中心に進められている。SHB に 714 MHz を使用した場合、電子銃の出口でビーム幅 700 psec、ピーク電流 4 ~ 8 A が必要である。我々は、電子銃の開発を 1) 短いパルス幅を持ったシングルバンチビームの発生、2) パルス間隔を自由に可変出来るダブルバンチビームの発生、3) JLC で要求される 20 バンチを越すマルチバンチビームの直接発生、の順にステップをふんで開発を進めている。1) は、すでに実現されており 1 ns 以下のパルス幅を持ったシングルバンチビームの発生に成功し¹⁾、高電界ビーム加速試験に使われている。2) のダブルバンチビームは、1) で使われたアバランシェトランジスタを使ったパルサーの技術を拡張することによって可能であり、また ATF の 1.5 GeV Linac や Damping Ring の初期の実験用としてマルチバンチに関する種々の実験がこのビームによって行うことが出来るようになる。3) は、2) のパルサーを拡張することによって実現することは難しく、新たに ECL 回路と RF パワーアンプで構成されるグリッドパルサーを検討している。本稿は、2) の実験を中心に報告する。

2. ダブルパルスグリッドパルサー

ダブルパルスグリッドパルサーは、2 台の高速アバランシェパルサー (以下 FAP と略す) と RF コンバイナーによって構成される。バンチスペース分の時間をずらせてトリガーした 2 台の FAP の出力を RF コンバイナーによって合成することによってダブルパルスを生成する。この時、RF コンバイナーでは -3 dB 振幅をロスする。従って、より多くのパルスをこの方法で合成するのは現実的ではない。

FAP の技術は、ストリークカメラの CRT スキャンに用いられているもので 1) で使用した Kentch 社の

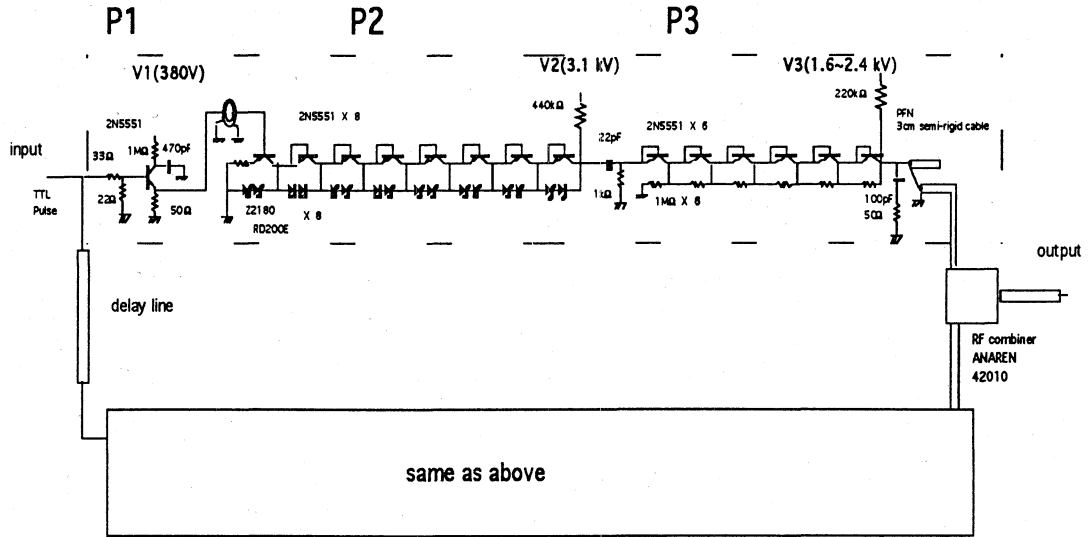


図1 ダブルパルスグリッドパルサー

パルサーも同じ技術を使用している。^{2) 3)} 図1にその構成を示す。このパルサーは3つのアバランシェパルサー（以下AP）からなる。P1は、1段のAPでありTTLレベルの入力信号を増幅し、またその立ち上がりを高速にしている。P2は、8段のAPであり、出力は800V以上の振幅を持つ。この段階では立ち上がり時間は、1~2 nsecである。P2の出力によって6段のAPP3をドライブすることによって急峻な立ち上がり（200~300 psec）を得ることが出来る。P3の出力はPFN（約3cmのセミリジッドケーブル）によって約500 psecのパルス幅に成形される。また、その振幅はV3の電圧によって調整することが出来る。図2にFAPの出力波形を、図3にRFコンバイナーの出力波形を示す。最終的に得られる出力は、パルス幅~500 psec、ピーク電圧~300V、パルススペース1.4 nsecである。

3. ビーム特性

ダブルパルスグリッドパルサーによって電子銃をドライブしたときの波形と電流値をモニターするために高速の壁電流モニター（以下WCM）を用意した。このWCMは、ケーブルの応答も含めて~200 psecの応答を持つ。⁴⁾ 高速化したためにこのWCMは、ビームに対する位置依存性を持つが、90°ごとに取付けた4つの出力ポートの値を比較することによって、位置依存性を補正し電流値を測定することが可能となる。このWCMを電子銃の直ぐ下流に設置し波形と電流値を測定した。その様子を図4に示す。ダブルバンチビームは、パルス幅~700 psec、ピーク電

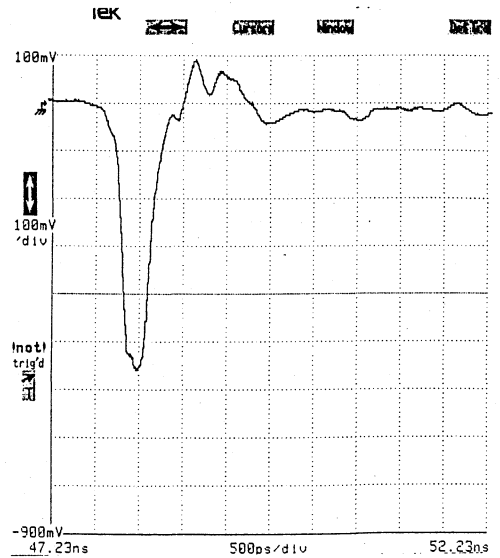


図2 FAPの出力波形
100V/div, 500ps/div

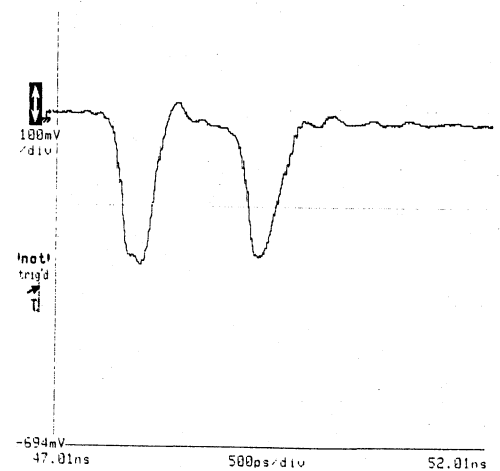


図3 ダブルパルサーの出力波形
100V/div, 500ps/div

流 4.5A、バンチスペース 1.4 ns が得られた。この電流値は、EGUNによるスペースチャージリミットの計算値の約半分である。⁵⁾ その理由は、真空度が十分よくないためと、グリッドパルサーのドライブ電圧が不足しているためと思われる。

4. ECL+RF アンプによるグリッドパルサー 2) の方法では、パルスを合成する毎に振幅をロスしてしまうため JLC で要求される 20 バンチ以上のビームを作ることは難しい。そこで図 5 のような ECL+RF アンプによるグリッドパルサーを検討している。ECL 回路によって任意の数のパルスを切り出し、その出力を RF アンプで必要な振幅まで増幅する。この RF アンプでダブルパルスグリッドパルサーと同じ振幅を得るためには、 ~ 60 dB、 $5 \sim 10$ kW のパワーが必要となる。

5. 今後の予定

今回の実験で、ダブルバンチビーム (1.4 nsec 間隔、 $\sim 1 \times 10^{10}$ electron/bunch) を発生させることが出来た。このビームを加速実験に安定して使用するには、現在パルス間隔は、Delay Lineによって固定的に作られているが、SLCのように加速周波数に対して個々のパルスが独立に位相制御される必要があると思われる。そのために独立にトリガー系と位相制御系を増設する予定である。また、真空系の増強とパルサーの振幅を増やしビーム電流を増加させる予定である。

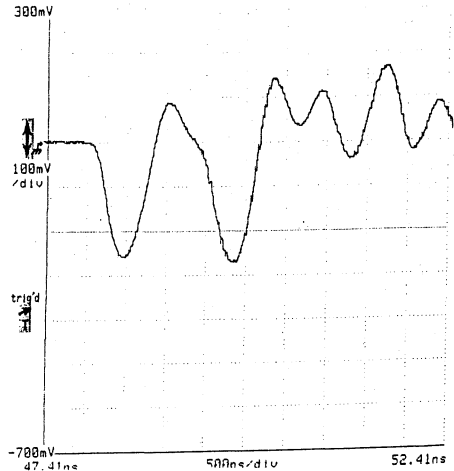


図 4 ダブルバンチビーム

1.8A/div, 500ps/div

Anode voltage: 150 kV, Heater voltage: 6.2 V,
Net drive voltage: 286 V, Vacuum 2×10^{-8} Torr

Fast ECL logic + RF power amplifire

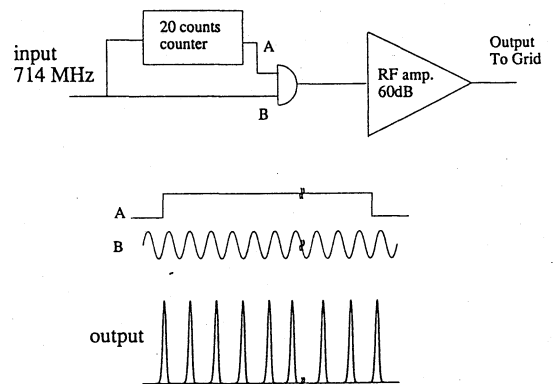


図 5 Schematic drawing of multi-pulse generator.

参考文献

- 1) T.Naito et al., "Single Bunched Beam Generation using Conventional Electron Gun for JLC Injector", Proc. of the 1991 Particle Accelerator Conference, San Francisco (1991)
- 2) D.M.Benzel et al., "1000-V,300-ps pulse-generation circuit using silicon avalanche devices", Rev. Sci. Instrum. 56(7) July 1985
- 3) J.D.Hares, "Advances in sub-nanosecond shutter tube technology and application in plasma", SPIE Vol. 831, X Rays from Laser Plasmas(1987)
- 4) T.Naito et al., "Short bunched beam monitor", 8th Sympo. on Accelerator Science and Technology, Saitama, (1991)
- 5) W.B.Herrmannsfeldt, "EGUN-AN ELECTRON OPTICS AND GUN DESIGN PROGRAM", SLAC report 331,(1988)