

A HIGH PERFORMANCE AVALANCHE PULSE GENERATOR

K. Tsumori and S. Suemine *

Radiation Laboratory
The Institute of Scientific and Industrial Research
Osaka University
* Unicon System Co., Ltd

ABSTRACT

A high output voltage, subnanosecond rise time and small jitter avalanche pulser suitable for electron gun has been developed. Rise time (~ 600 ps) and output (~ 1.5 KV) were obtained by the small bypass capacitors (~ 6 pF) connect to each emitter of the avalanche transistors and trigger signal supply to the transistor of charge line side. Minimum jitter of the output pulse was obtained about 45ps and it was depend to pulse height of the trigger signal.

1. はじめに

トランジスタを用いたアバランシェ・パルサーは、高速パルスの発生が比較的容易な事から、加速器に於ては電子銃のグリッドパルサーとして多く用いられているが、トランジスタの選択（立上り特性、ブレイクダウン電圧）及び、組立方法による特性の変化等、非常に多くの要素が全体の性能を決定している。今回試作したパルサーは、各段のコレクターに小容量のバイパスコンデンサーを設け、トリガーを負荷とは反対のチャージ・ライン側から与える等、従来の回路を一部変更してサブナノ秒の立上りで、1500V以上の出力を得る事が出来たので、その動作の解析も含め報告する。

2. 試作回路

図-1 に試作した回路の一例を示す。トランジスタは2SC458を使い、ガラスエポキシ両面プリント基板（G-10）を用いて製作したもので、バイパスコンデンサーは基板上にパターンを設け、その面積を利用している。この回路の動作解析の為に電流プローブ（テクトロニクス・CT-1）を用いて、図のA、B、Cの各点に於ける電流の測定を行なった。動作としては、トリガー信号によって Q_1 が導通すると、 C_1 を充電しこの電圧が Q_2 のブレイク・ダウン電圧に達すると、 Q_2 は導通し C_2 を充電する。同様に Q_3 が導通するとすでに Q_1 、 Q_2 が導通状態にある為チャージ・ラインの電荷は直ちに負荷抵抗RLに流れる。すなわち、この回路の立上り時間は Q_3 の特性にのみ依存し、それ以前（ Q_1 、 Q_2 ）の特性には無関係である事が、電流波形の写真A～Cによって明らかになった。

この回路の各トランジスタはバイパスコンデンサーに依り確実に前段の電圧を積み重ね、ブレーク・ダウン時の不安定を防いでいると考えられる。図-1のA, Bの電流波形に於て、立上り途中に一旦ピークに達した後少し減少しているのが見られるが、この電流の減少は電圧で考える時、分割抵抗によって充電されている前段の電圧が、バイパスコンデンサーに加算された為の充電電流の減少と思われる。

3. 高電圧パルサー

現在使用中の電子銃 (ARCO・MODEL-12) をドライブするためには、出力電圧は、1600V (負荷インピーダンス・130Ω) が必要である。従って、使用するトランジスタは出力電圧の出来るだけ高いものが望ましいが、今回は2N5551を用いて試作した。このトランジスタは50Ω負荷で、130Vの出力電圧が得られるので13個必要であった。パルサーの出力抵抗はアッテネーターと並列に、120Ωの抵抗を入れて電子銃のインピーダンスにマッチさせた。製作するに当ってバイパスコンデンサーの静電容量は、試作回路を参考にして1段につき210mm²のパターン (約5.6pF) を設け、縦及び横の比率を変えたものを数種製作した。図-2は5×42mmのコンデンサーを使ったパルサーの出力波形を示したものである。出力電圧は1600V以上、立上り時間は約900psであった。この時、コンデンサーの縦横比は波形の平坦部のリップルに少し影響した。

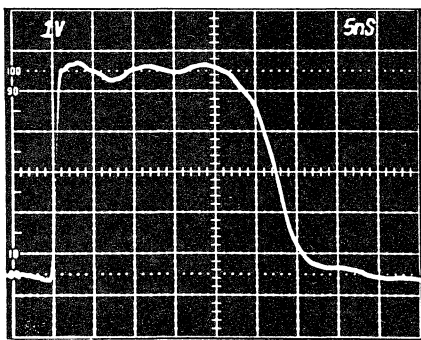
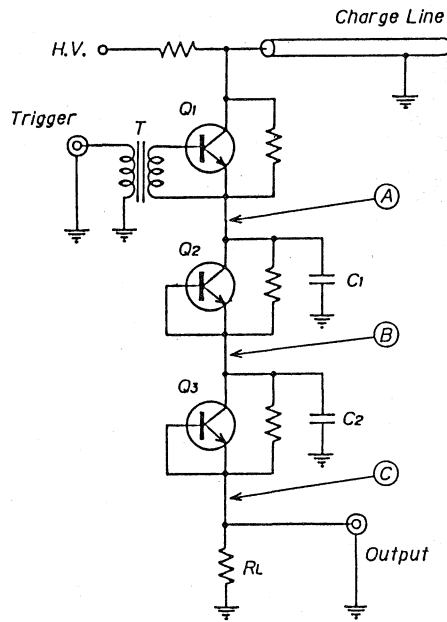
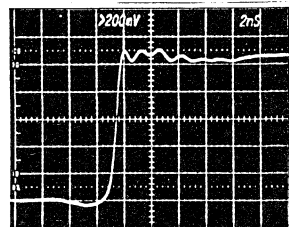
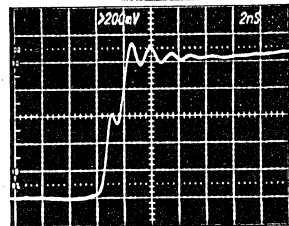
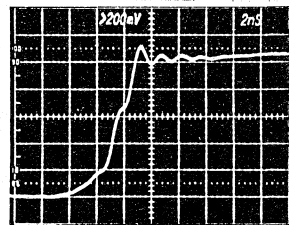


図-2



試作回路



上から (A), (B), (C)

図-1

現在使用中の電子銃 (ARCO・MODEL-12) をドライブするためには、出力電圧は、1600V (負荷インピーダンス・130Ω) が必要である。従って、使用するトランジスタは出力電圧の出来るだけ高いものが望ましいが、今回は2N5551を用いて試作した。このトランジスタは50Ω負荷で、130Vの出力電圧が得られるので13個必要であった。パルサーの出力抵抗はアッテネーターと並列に、120Ωの抵抗を入れて電子銃のインピーダンスにマッチさせた。製作するに当ってバイパスコンデンサーの静電容量は、試作回路を参考にして1段につき210mm²のパターン (約5.6pF) を設け、縦及び横の比率を変えたものを数種製作した。図-2は5×42mmのコンデンサーを使ったパルサーの出力波形を示したものである。出力電圧は1600V以上、立上り時間は約900psであった。この時、コンデンサーの縦横比は波形の平坦部のリップルに少し影響した。

(使用測定器)

- オシロスコープ、 テクトロニクス・7104
- 7A29プラグイン
- アッテネーター、 ウィンチェル・40-20-43型
- (1GHz・10KW) 他

左の写真は、1600V出力時、(320V/div) アッテネーターは、50dB使用

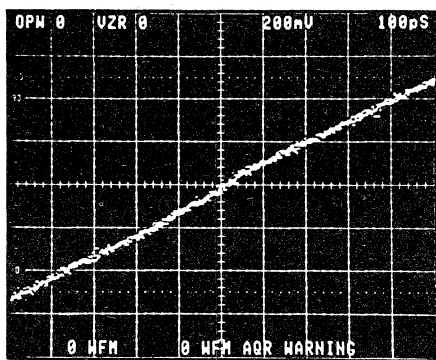


図-3

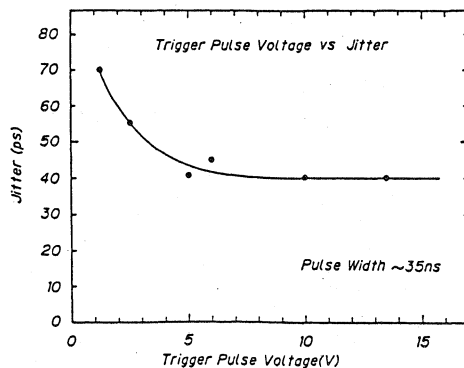


図-4

4. ジッター

この回路の出力パルスのジッターを、サンプリングユニット (7T11・7S11) 及び、サンプリングヘッド (6S) を用いて測定したのが図-3である。ジッターは図-4に示す様に、トリガーパルスの電圧によって影響を受けるが、最少45 psであった。

5. 最下段のトランジスタの種類

高電圧パルサーの最下段のトランジスタ2N5551を、2SC458、2SC97A、MMT2222等に変更すると、立上り時間は約600 psに改善出来た。この時、分割抵抗はそれぞれのトランジスタの、アバランシェ電圧に合わせて調整を行っている。

6. 出力電圧の極性

通常負パルスを発生させる時は、チャージ・ラインのアース側から出力を取出すが、ラインはアースから浮いてしまう為に、外部の影響を受けて波形が変化する。しかし、今回試作したパルサーでは高電圧電源と、トランジスタの極性を逆転させるだけで回路を変更する事なく正・負とも、同じ特性のパルスを発生させる事が出来た。

7. 出力電圧の限界

周波数特性が良く高電圧で使用出来るアッテネーターが入手出来れば、更に高電圧まで確認することは出来るが、今回は~2KVが限界であった。

8. 耐久試験

5×42mmのコンデンサーを使った同一形状の高電圧パルサーを6台製作し、負荷インピーダンス36Ω、出力電圧1600V、パルス幅10ns、繰返し約300ppsで試験を続行中である。

9. まとめ

バイパスコンデンサーを附加した本回路は、従来方式では困難であったサブナノ秒の立上り時間で、数KVのパルスを発生させる事が出来た。又、今迄は同一品種のトランジスタで回路を構成する事が必要であったが、今回の試作回路では異なる品種との組合せも可能となった。高電圧の高速パルスが必要な時には、出力電圧の出来るだけ高いものを選び段数を少なくして電圧を確保し、立上りを速くする為にスイッチング特性の良いトランジスタを最終段に使用すればよい。この回路の立下り特性は、バイパスコンデンサーを附加した為の影響は見られず、従来のものと同様であった。この立下り時間については最終段のトランジスタによって変化するので、今後引続いて調べる予定である。