

ABSTRACT

A high speed, high voltage pulser for the beam pulsing of a positron linear accelerator is described. The pulser consists of six avalanche transistors in cascade with a capacitor (10pF) charging element. The characteristics of the pulser are as follows ;
 (1) Rise time : 1.5nS (2) Peak voltage : about 400 [v](50Ω) (3) Pulse width \geq 2.5nS.

This grid pulser can provide a current of more than 10[A]/pulse for the positron linear accelerator at National Laboratory for High Energy Physics.

1. はじめに

アバランシェトランジスタ回路は、容易に高速、高電圧パルスの発生が可能であるため、電子銃グリッドパルサーへの応用開発が行われてきた。グリッドパルサーに求められる特性は、電子銃のグリッド・カソード間の距離、イミジョン電流等によって異なる。ここ数年筆者らは、高速・大電流出力電子銃用のグリッドパルサーとして低インピーダンス駆動可能な回路方式を開発し報告してきた¹⁾。この方式は、5Ω負荷時にパルス幅(FWHM) 0.9nSでピーク電流 26(A)のパルス出力が可能という特徴があった。しかし集中定数によるデレイ化を行っているため、プリント基板の大きさが縦横5cm X 19cm程度の大きさになってしまい、工夫をしないと電子銃の中に組み込みにくいと云う問題があった。このため筆者らは、スピードが少し遅くなっても、簡単に小さくできるパルサーの開発を進めてきた。本報告では、試作したパルサー(2cm X 5cmの大きさになる)特性とそれを用いたビーム加速テスト結果について述べる。

試作したパルサーは、アバランシェ電圧が高い2N5551²⁾を用いている。実験では、約400V(6段カソード接続, 50Ω)のパルスを発生させ、高エネ研のポジトロン加速器を用い、ビーム加速テストを行った。その結果、このパルサーは、10A/Pulse(パルス幅 3nS(FWHM))のビーム電流を加速できることがわかった。

2. アバランシェトランジスタ回路およびその特性

試作した回路をFig.1に示す。同回路は、なるべく簡素化するためチャージングエレメントとしてコンデンサを用いている。出力電圧Voutは、一段のアバランシェ電圧をV_aとすれば、負荷インピーダンスZ_Lの時、

$$V_{out} = Z_L \times n \times V_a / (R_c + R_t + Z_L)$$

で与えられる。ここにR_cは、ON状態におけるコンデンサの直列抵抗を示し、R_tは、トランジスタのON抵抗を示す。Z_L ≫ R_c + R_tの時出力電圧は、

$$V_{out} = n \times V_a \quad \text{で表される。}$$

また、出力パルス幅は、コンデンサ容量 C と Z_L の時定数によって決まる。

ただし、出力電圧およびパルス幅の関係は、立ち上がり時間 Tr に比べ時定数 Tw (C × Z_L) が

$$Tw > Tr$$

の時に成立する。Tw < Tr のときは、パルス幅および出力電圧が計算によって定まらない。

チャージングエレメントにコンデンサ 20pF を用いた場合の高圧ハイラスに対するパルサーの出力電圧特性を Fig.2 に示す。用いた素子は、アバランシェ電圧範囲が広く、6段では 1.2Kv から 2.4Kv の間で使用可能であった。

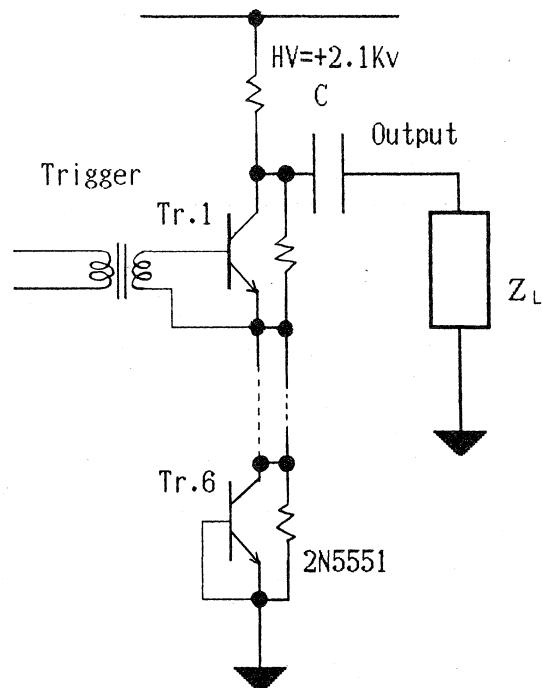


Fig.1 Schematic of the avalanche pulser

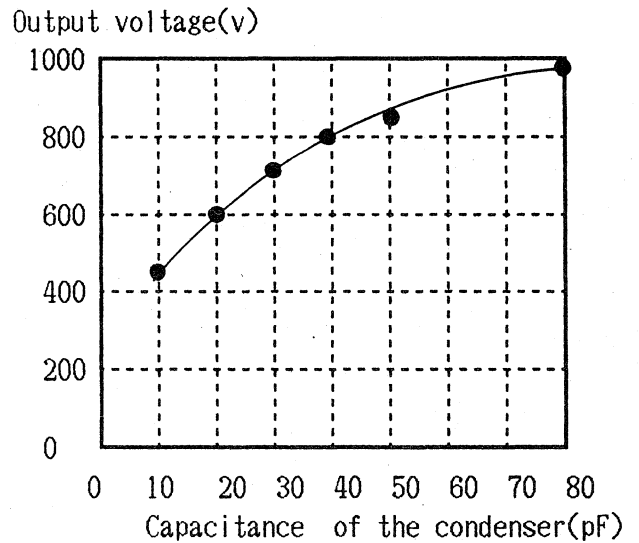
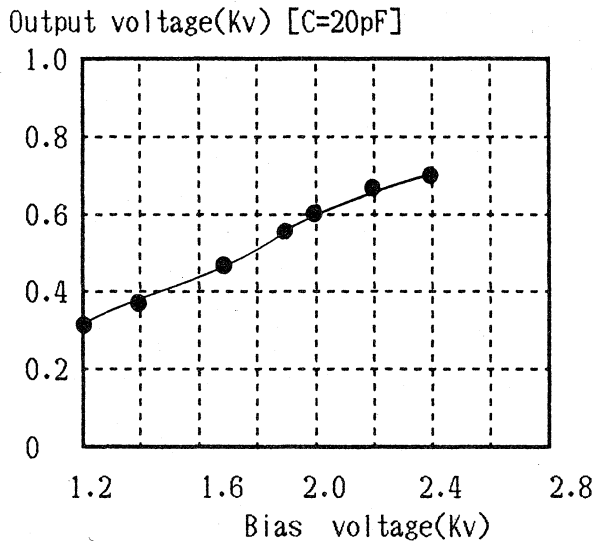


Fig.2 Output voltage vs. bias voltage. Fig.3 Output voltage vs. capacitance of the condenser

コンデンサ容量（負荷を50Ω一定）を変化させた場合の出力電圧特性をFig.3に示す。同図からも明らかのようにコンデンサ容量を増加させると、それにもなって出力パルス波高値も高くなって行く。約1kvで飽和状態（ $TW > Tr$ ）に達する。パルス幅は、時定数の増加とともに広がる。40pF以上では、コンデンサ容量が大きくなるにつれ、立ち上がり時間（一定）と立ち下がり時間（長くなる）の違いがでてくる。このため出力波形は、非対称になってしまう。従って、40pF以上では、そのままの出力波形を電子銃のグリッド・カソード間に振り込むのは困難であり、何等かの工夫が必要である。

電子銃のグリッド・カソード間のインピーダンスは、カソードから取り出す電流の大きさによって変化する。SLACのKornitzは、大きな電流をとるとSLACの場合12.5Ωぐらいに低下するといっていた。高研の加速器では、10A/PULSEぐらいになると $16 \pm 2\Omega$ 程度に低下するとのことである（大竹氏の発表参照）。インピーダンスが変化した場合の出力特性をFig.4に示す。同図からも分かるように、今回製作したパルサーは、50Ω負荷の時、波高値が約400Vでパルス幅(FWHM)3nsであり、14Ωのときは、約160Vとなりパルス幅は、約2nsであった。電子銃のCUT-OFFバイアスを60V前後とすれば、100V程度振り込めることになる。

このパルサーの出力波形をFig.5に示す。同図は、アトランジェ回路の高圧に2Kv印加したときのものである（コンデンサ10pF,）。

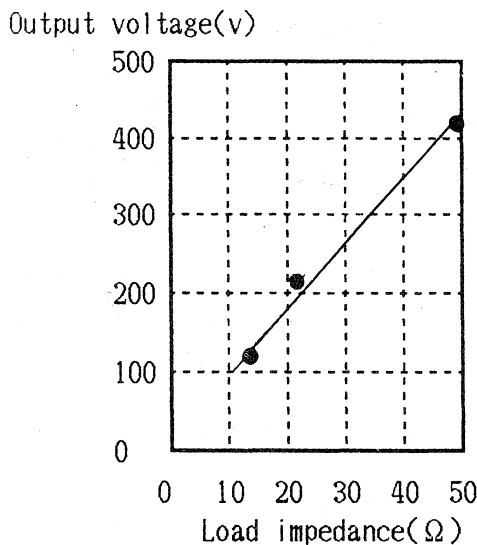
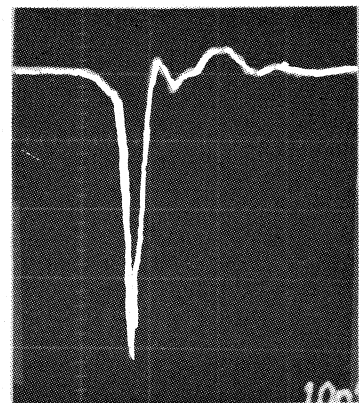
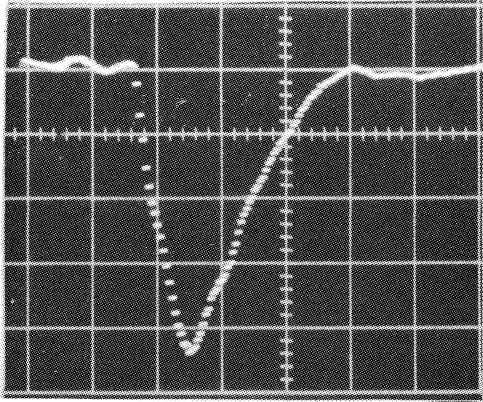


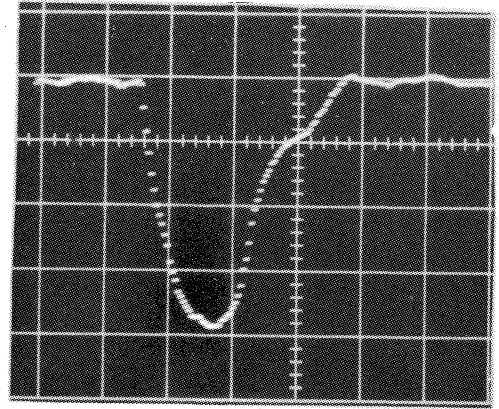
Fig.4 Output voltage vs. load impedance



100v/div, 10ns/div. (50Ω)
Fig.5 Output waveform of the pulser (10pF)



5nS/div. 200v/div.



5nS/div. 200/div.

(A)Output of the pulser using a strip line (B)Output of the pulser using a 50Ω cable
Fig.6

パルサーの特性を知る資料として、チャージングエレメントにプリント基板1.5cmx22cm（北大、本間氏がパルストランスとして提案）をもちいた場合および50Ωケーブルを用いた場合の出力波形をFig.6に示す(HV=2.5Kv)。

3. 実験および考察

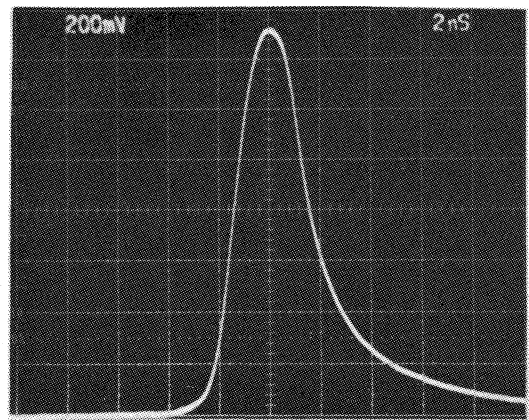
実験は、Fig.5(A)に示した簡単な回路を用い高エネ研のポジトロン加速器を用いて行った。トリガーは、KELLの光ファイバリンク（3,600円、ジッター400pS）で高圧ステーションに伝送し、パラランジェ回路を駆動した。高圧ステーションは、約110から150Kvの間で駆動し、パラランジェ回路のバイアスを2.1Kvに設定、グリッド・カソード間逆バイアスを+50から+100Vの間で行った。高圧ステーションを約120Kvで振ったときの出力ビーム波形を、Fig.7に示す。同図は、ウォールカレントメーター出力を約100mの50Ωケーブルを通し観測したもので、メーター特性およびケーブルによって立ち下がりが悪くなっている。実際のビーム波形は、立ち上がり、立ち下がりともおなじ時間で、左右対称な波形と考えられるので、出力ビームは、立ち上がり（たち下がり）時間約2nS、パルス幅（FWHM）約3.2nSであると推定される。このときビーム電流は、ピークで約10A/Pulseであった。この値は、トランス入射に求められる電流値を満たすものであり（119MHzで駆動するSHBを用いる）、ポジトロンへの変換効率を0.1%程度とすれば、10mA/Pulseのポジトロンが期待できる。

4. むすび

極めて簡単で小型化ができるパラランジェトランジスタ回路を試作し実験を行った。この回路は、チャージングエレメントにコンデンサーを用いた方式であり、2.8Kv(30pF, 7段)のバイアスを印加すれば1Kv程度の出力を得ることが可能である。この回路は簡単なので、加速器や他の分野のコンパクトパルサーとして応用可能と思われる。

参考文献

- (1)細野, 長谷川; 応物放射線Vol. 12, No. 1(1985)P3-10
- (2)滝口 他; 応物, Vol.55, No.5 (1986)P515-522



2nS/div. Peak 1.33A/div.
Fig.7 Output waveform of the beam current