

A LARGE CURRENT ns PULSER USING AVALANCHE TRANSISTORS

Yoneichi HOSONO and Ken-ichi HASEGAWA

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, University of Tokyo

Abstract:

This paper describes a cathode pulser using avalanche transistors and a multi-coaxial-cable charging element. The pulser has been developed for providing fast rise time pulses for electron guns. The characteristics of the pulser are as follows:

- (1) Rise time : 1 — 3 [ns]
- (2) Peak current : 40 — 50 [A] (4.4 load)
- (3) Pulse width : ≤ 1.6 [ns]
- (4) Time jitter : ≥ 20 ps
- (5) Repetition rate : ≥ 1 KHz
- (6) Transistor stages : 3 — 7

1. はじめに

リニアック用電子銃は、グリッドパルサーをカソード近傍に組み込むタイプが開発されてきた。^{1,2)}(グリッド接地型ではカソードパルサーと呼ぶべきであるが、本文では、以下グリッドパルサーと云う)

この方法は、従来の電子銃に比してパルサーとグリッド・カソード間の伝送路(大部分は、50, 75 Ω)が不要であり、パルサー出力はそのまま印加され、伝送路の特性インピーダンスを考慮する必要がないと云う特徴をもっている。また、この電子銃は、グリッド・カソード間の距離が狭く(0.1mm)数百ボルトの振込みを十分となってきた。

一方、以前よりナノ秒パルス電圧線加速に際しては、ビーム放出時のグリッド・カソード間のインピーダンス変化が課題として指摘され、数 Ω 負荷を駆動できるパルサーが望まれてきた。われわれは、この問題を解決するため、アバランシェトランジスタを用い負荷インピーダンス数 Ω でも駆動可能なパルサーを開発した。本報では、試作した回路とその特性について述べる。

2. 原理および構成

アバランシェトランジスタをFig.1に示す。充電素子として同軸ケーブルを用いた例である。この時の出力パルス幅はケーブル長に依存しており、伝送速度5ms/mとすれば、10L[ms]で与えられる。

トランジスタのアバランシェ動作は、コレクター・ベース間逆方向飽和電流 I_{col} に依存しており、その時の電流増幅率 h_{FE} は、 $h_{FE} \approx \frac{M\alpha}{1-M\alpha}$ で与えられる。³⁾ここにMは、

$M \equiv 1 / (V_{CB} / BV_{CB})^n$ で、シリコントランジスタの場合、 $n \approx 4$ である。この時、流れる電流 I_A は、 $I_A = V_A / (Z_c + Z_B)$ で与えられる。ここに Z_c はケーブルの特性インピーダンス、 Z_B はアバランシェ動作時の内部インピーダンスを示す。

一般に V_A は、トランジスタ固有の特性であり、使用するトランジスタによって決ってしまう。したがって、 I_A を増大させるためには、 Z_c を小さくしなければならない。

しかし、一段当たりの V_A は一定であるので、大電流出力とするためには、トランジスタの段数を多くし、 Z_c を小さくする必要がある。この場合、 n 段重ねれば、アバランシェ電圧は、 $n \cdot V_A$ となるので、

$$I_A \approx n \cdot V_A / (Z_c' + Z_B)$$

ただし、 Z_c' は低くなった特性インピーダンスを示す。

電流出力を大きくするためトランジスタを多段にした回路を Fig. 2 に示す。(概要)

3. 実験結果

Fig. 2 は、トランジスタを3段用いた回路でチャージング素子として、10本の同軸ケーブルを用いている。等価的に 5Ω となっている。

負荷インピーダンスは、等価的に 4.4Ω となっており、その時の出力波形を Fig. 3 に示す。

同図なら明らかなように、立ち上がり時間、立ち下がり時間約 3ns 、電流出力約 45A (4.4Ω 負荷) が得られている。反射等が観測されているが、実用上は、電圧鏡のカットオフバイアス以上となるため問題とならない。

同様な手法を用いてシングルバンチ用パルサーを試作し、実験を行なった結果を Fig. 5 に示す。(同回路はトランジスタ7段)

同図ならもわかる様に、立ち上がり時間、立ち下

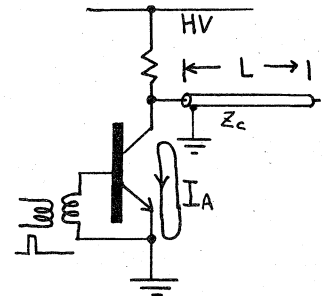


Fig. 1. Basic avalanche switch with coaxial cable load.

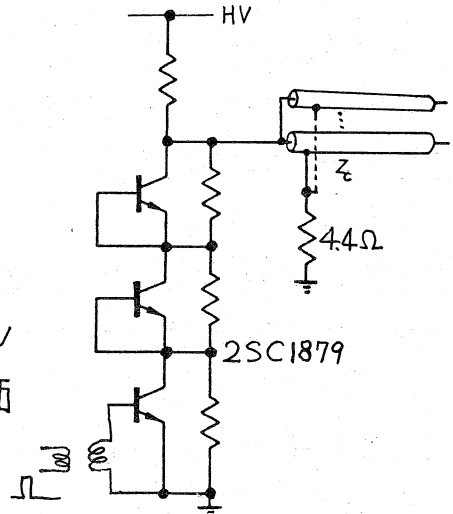


Fig. 2. Series operation of avalanche transistors.

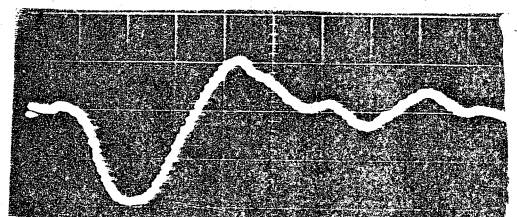


Fig. 3. Oscillogram of output pulse. vertical Scale: 23A/div . horizontal scale: 5ns/div .

なり時間1ms以下, パルス幅(半値幅)約1.6ms以下, ピーク電流約54[A]であった。2ms以内の波高値は、約150Vであり、電流にすると、約33[A]の出力が得られることになる。この値は、S-バンドシングルバンチ用パルサーとして、十分に仕様を満たすものである。

4. 結論

アバランシェトランジスタを用いて低インピーダンス駆動可能なパルサーを試作した。実験は、日本製の入手容易なトランジスタを用い、立ち上がり時間、立ち下り時間1~3ms, パルス幅(半値幅)1.6ms \geq , ピーク電流40~50[A](4.4 Ω 負荷時)を発生させることなできた。

本報で示したパルサーの特性は、ナノ秒パルス電子線を発生させる加速器のグリッドパルサーとして、全ての条件を満たすと考えられる。また、本報で示した方式は、SLACのKoontzの方式より簡単であり、ピーク電流等の特性がすぐれていると云える。

本パルサーは、加速器のみならず他の研究分野にも応用可能と考える。

5. 参考文献

1. R. F. KOONTZ; SLA-PUB-2261
2. Y. HOSONO, K. HASEGAWA, A. ASAMI and S. OHSAWA; KEK82-14.1983
3. MILLMAN and TAUB; Pulse, Digital and Switching Waveforms. P198.
4. NEC電子デバイスデータブック. 1978. P47

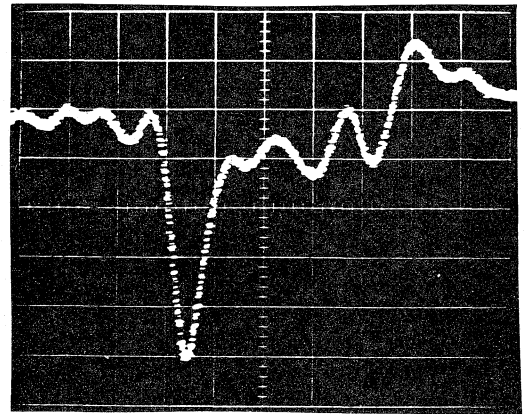


Fig. 4. Oscillograms of output pulse .
vertical scale: 11A/div.
horizontal scale: 2 ns/div.