

DESIGN STUDY OF AVALANCHE SHORT PULSER FOR ELECTRON GUN

K. Takami, T. Ueda* , T. Kobayashi * and Y. Yoshida*

Research Reactor Institute, Kyoto University
Kumatori-cho, Sennan-gun, Osaka 590-04, Japan

* Nuclear Engineering Research Laboratory,
Faculty of Engineering, University of Tokyo
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-11, Japan

ABSTRACT

Following studies of short pulser for electron gun are reported

- 1) Estimation of characteristics of avalanche pulser by break down curves.
- 2) Generation of short pulses (0.6 nS FWHM and 250 V pulse at 50 ohms load) using the 2SC3733K avalanche transistors (8 series), and circuit design for the avalanche short pulser.
- 3) Development of four parallel pulsers for the Y-796 gun assembly.

電子銃用アバランシェ短パルサの試作

1. はじめに

EIMAC Y-796 電子銃グリッド・カソード・アッセンブリ用短パルサとして、アバランシェ・パルサの検討を行った結果について報告する。2SC3733(NEC)は、高速のアバランシェ・トランジスタ（以下、アバランシェTr）であるが、安定に動作するコレクタ電流のばらつきが大きく、選別しないと多段化できない。選別の第一段階で、トランジスタのブレーク・ダウン特性を使った。そして、2SC3733K 8段で立上がりの速いパルスを得、これをクリッピングして、振幅~250V、パルス半値巾~0.6nS のパルスを得ることができた。

ここでは、トランジスタのブレーク・ダウン特性、トランジスタの選別方法、多段化回路、短パルス発生回路等に関して得られた結果を紹介する。

2. アバランシェTrのブレーク・ダウン特性

アバランシェ・パルサは、コレクタ・エミッタ間を一次降伏状態にバイアス（=コレクタ電流を流）し、ベースにパルスを加えたり、コレクタ電圧を上げたりしてコレクタ電流を増加させると、二次降伏を起こし、パルスを発生する。これは、二次降伏するまでに一次降伏状態で電流を増加していると判断でき、一次降伏（ブレーク・ダウン）特性とアバランシェ・パルス特性の関係が予測できる。二次降伏が生じる迄の一次降伏（ $V_{CES} - I_c$ ）特性は、米国KEITHLEY社製 237型ソース/メジャー・ユニット(10mA at 1,100V)を電流源/電圧測定モードで使用した。アバランシェTr 2SC458(日立), 2N5551(MOT),

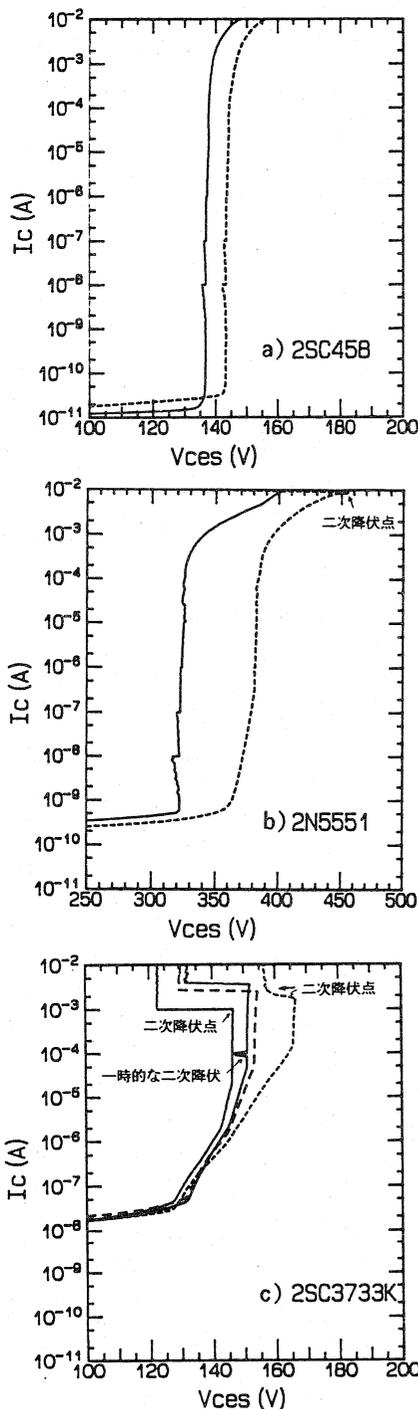


図1 ブレーク・ダウン
特性の測定例

2SC3733Kの測定例を図1に示す。

2SC458の二次降伏点は、別電源を付加して測定すると、 $\sim 30\text{mA}$ 、 $\sim 170\text{V}$ であった。2SC3733Kは二次降伏直前の電圧上昇は小さいが、二次降伏する電流は $10\mu\text{A} \sim 3\text{mA}$ とばらついていた。

2SC458や2N5551に顕著な二次降伏直前の電圧上昇は、トランジスタの一般的特性であるが、電子雪崩（一次）降伏のキャリア増倍率の式⁽¹⁾では生じない。アバランシェTrとならないNPNトランジスタは、この電圧上昇が大きい。2SC3733Kの一次降伏後の二段に折れた直線（片対数グラフ）も先の増倍率の式では生じない。2SC3733Kの曲線とアバランシェ・パルス特性の関係については、先に報告⁽²⁾している。

逆に、二次降伏直前の電圧上昇が小さいトランジスタ（2SC3733, 2SC97A）は、二次降伏を起こしやすい。このようなトランジスタは、一本でも高速パルスを発生できるが、少ない無信号時のコレクタ（以下、バイアス）電流で動作させる必要がある。そして、トランジスタによって安定に動作するバイアス電流が、大きくばらつくために、選別が必要になる。このバイアス電流と先の二次降伏をおこす電流との関係は認められない。

2SC3733Kの選別は、①二次降伏前の電圧が $148 \sim 152\text{V}$ で 1mA 以上のもので、②一次降伏が比較的緩やかにおこるものを選び、③アバランシェ・パルスを発生し、安定に動作するバイアス電流の測定を行い、④安定動作バイアス電流の大きいものから8個 \times 5組を選んだ。選別のために測定したトランジスタは、1,100本で、選んだ40本のトランジスタの安定動作バイアス電流は、 $7.7 \sim 18\mu\text{A}$ になった。これで、5組のパルサを製作した。

3. 2SC3733Kによる多段短パルス発生回路

1) 並列抵抗と充電抵抗

アバランシェTrを多段化する場合、各トランジスタに加える電圧よりも、流れる電流を同一にすべきである。2SC3733Kの動作バイアス電流が $\sim 7\mu\text{A}$ と小さく、並列抵抗は $100\text{M}\Omega$ 以上の高抵抗が必要になり、省略した。パルサの安定動作を確保するために、充電抵抗を大きくした。但し、これは、最高パルス繰返し率を下げる。

2) 高速化とトリガ位置

アバランシェTrは多段化すると、トランジスタ一本よりも高速化するが、立上りを

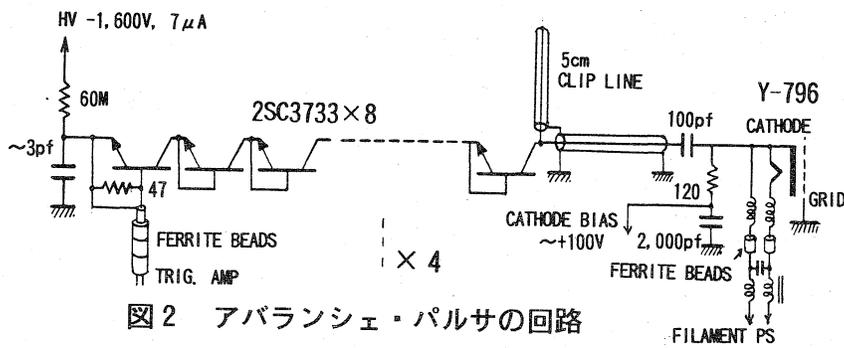


図2 アバランシェ・パルサの回路

速くすれば、立下がりは遅くなり、立上がりと同下がり両立できない。今回のパルサでは、立上がりを速くすべく、出力側から最も離れたトランジスタにトリガを加えた。2SC3733K×8

段で、振幅～400V、立上がり～0.4 nS、半値巾～2 nSのパルスを得た。⁽³⁾

3) 短パルスの発生

パルサの出力と並列に短絡同軸ケーブルを接続し、出力パルスをクリッピングすることで短パルスを発生した。この回路は、同軸ケーブルを短くすれば、0.5nS 以下のパルス巾も容易である。5cmの短絡同軸ケーブルで、振幅～250V、半値巾～0.6nS を得ている。

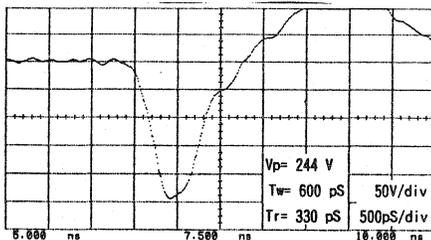
4. 電子銃Y-796ドライブ用パルサ

1) 負荷インピーダンス

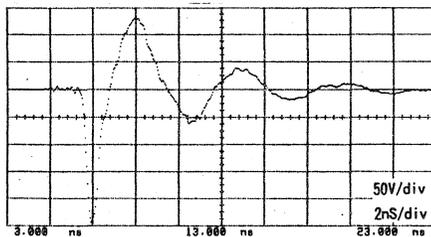
電子銃Y-796 の負荷インピーダンスは、12～25Ωといわれているので、パルサ4台を並列にしてパルサの出力インピーダンスを12.5Ωにし、Y-796 をドライブすることにした。

2) タイミング

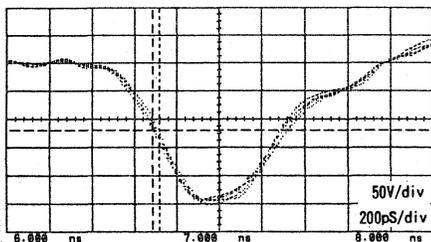
パルサ出力4台のタイミングのばらつきは、トリガ・ケーブルの長さを調整して、～30pSにした。タイム・ジッタは、～±50pSであった。パルサの回路を図2に、出力波形を図3に示す。



a) パルサの出力波形(500pS/div)



b) パルサの出力波形(2nS/div)



c) パルサ4台の出力波形

図3 パルサの出力波形

東大炉ライナックによる実装テストの結果は、研究会当日に発表する予定である。

5. おわりに

アバランシェTrを使い、短パルス発生回路を開発した。本パルサは、小型で、半値巾0.5nS 以下のパルスも容易に実現できた。今後の課題は、実装テストである。このパルサの最大の欠点は、2SC3733K の歩留りが低く、選別に多大のエネルギーを要することである。今後は、選別の容易なアバランシェTrを探したいと考えている。

今回の技術開発の一部は、京大原子炉実験所の研究助成費(平成3年度)の援助を受けて行ったもので、ここに感謝致します。

参考文献

- (1) NECデータ・ブック「シリコン小信号トランジスタ・ダイオード」1989, P573
- (2) 高見清: Proc. of the 15th Linear Accelerator meeting in Japan 1989 P156
- (3) 高見清: 技術研究会報告集 H3.3 投稿中, 核融合科学研究所