

Life Time Measurements of Avalanche Pulsar

Y. HOSONO, M. NAKAZAWA and C. NAKANO*

Faculty of Engineering, University of Tokyo.

*Research Center for Nuclear Science and Technology,
University of Tokyo.

ABSTRACT

This paper describes an experimental life time study of avalanche transistor used for fast high voltage pulser. Experimental parameter's ranges are as follows: (a) Peak current; 30-100 A (b) Load resistor; 1Ω (c) Transistor stages; 1 - 4.

The results are summarized like below. (a) Using transistors of multi cascaded connection, the first failure seem to be trigger position. (b) Life time curve of avalanche transistor shows a tendency of double exponential functions. (c) From the result of statistical Weibull analysis, this destruction was considered as the initial failure.

アバランシェパルサーのライフタイム測定

1. はじめに

アバランシェトランジスタ（以下、ATと略）回路は、サブナノ秒の立ち上がり時間で数kVの高電圧を容易に発生させることが可能な事から、電子線加速器のグリッドパルサーや高速・高電圧トリガー回路等への応用が行われてきた。しかし、同回路は、トランジスタの通常動作領域以外で使用するため、その寿命が通常動作の使用に比較し極めて短く、予想が困難という問題点を持ってきた。

同回路の寿命を決める要因は、大電流を流すことによる素子内の局部的熱発生による素子破壊とされており、その改善は低温で使用する事が効果的であると報告されている¹⁾。しかし、低温状態で用いるにしても依然として寿命の問題が存在することから、その特徴を知った上での使用が求められてきた。

本報は、その特徴を求めた結果²⁾と回路構成が寿命にどの様な影響を与えるかについて述べる。

2. 実験方法、結果および考察

Fig. 1にAT回路によるパルサー出力の一例を示す。同図は、2N5551を10段用い、立ち上がり時間が500psで出力電圧が800V ($R_L = 20 \Omega$)を発生させた時のものである（印加電圧=3.5kV）。この様にAT回路は、簡単に高速・高電圧パルスが発生させることができる。しかし、その寿命や素子破壊に至る過程は必ず

しも明確になっていない。

そこで、トランジスタ（以下、素子と略）を一段とし壊れ方を測定した例を示す（Fig. 2）。同測定は、時間を短くする目的で出力パルス幅を通常より広くしている。同図から、AT回路の破壊に至る過程は、電気的特性（電流増幅率）が変化しつつ壊れることがわかる。その理由は、素子のPN接合部に大量の電荷が入ることによって、電気的特性が変化してしまうからである。なお、壊れ方は、上記の他に瞬時に壊れるケースもある。

次に多段回路において、どの素子が壊れ易いか測定した結果をTable. 1に示す。同測定は4段カスケード接続（ Q_1 がアース側、 Q_4 が高圧電源側）したAT回路で行ったもので、壊れる素子はランダムになることが予想された。しかし、結果は、トリガー入力素子（ Q_1 ）が壊れる例が多かった。測定例が少ないため断定はできないが、本実験からは、最初にトリガー入力素子が壊れ、その影響で他の素子が壊れると推定される。その理由は、トリガー入力素子のベース・エミッター間の結合方法やその動作が他の素子と異なるためであろう。

Fig. 3に出力ピーク電流を変化させた場合の測定結果を示す。同測定は、コレクター損失を一定（最大コレクター損失の $1/4$ ）に保ち出力ピーク電流を変化させた時のもので、寿命をパルスの個数として測定した。同図からも明らかのように、2つの指数関数を合成した特性を持つことがわかる。それは、出力電流領域によって素子の破壊原因が異なることを示した結果といえる。したがって、AT回路の応用に際しては、単に使用する素子の最大コレクター損失のみでなく、ピーク電流にも着目する必要がある。

同一品からランダムに素子を抽出し寿命測定を行った。その結果を破壊現象にあてはめ性がよいとされるワイブルプロットしたものをFig. 4に示す。確率分布関数は、 $F(t)=1-\exp(-(t/\eta)^m)$ で表される。ただし、 $F(t)$ は t に関する累積確率分布関数、 m は形状パラメータ（データの傾き）、 η は尺度パラメータ（標準化された平均値）を示す。この関数にフィッティングを行ったところ、アバランシェ動作による破壊は $m < 1$ となった。これは、通常の半導体寿命試験結果と同様な初期故障型である。さらに破壊データを取得すれば、その出力時の寿命を推定することが可能となる。

3. おわりに

アバランシェトランジスタ回路の寿命測定結果を行った。その結果、①トランジスタの電気的特性が変化しながら破壊に至るケースが確認された ②多段回路ではトリガー入力素子が最初に壊れる傾向がある ③多段回路の寿命は、ピーク電流にも依存し、それは2つの指数関数を合成した特性を持つ ④破壊特性は初期故障型を示す、等がわかった。

参考文献

- 1) K. Tumori et-al. : Proc. 12th Meeting on Linac in Japan, Aug. (1987) p.147.
- 2) 細野米市、中沢正治、中野忠一郎、神保勝久：アバランシェトランジスタのライフタイム測定、応用物理放射線 17-1 (1991) pp.78-84

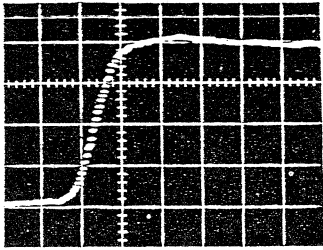


Table.1 Destruction by the avalanche.
(4-stages, 2sc458)

circuit.	transistors			
	Q ₁	Q ₂	Q ₃	Q ₄
1	○	○		○
2		○		
3	○	○		
4	○		○	○
5	○	○	○	
6	○		○	
7	○		○	
8	○	○		
9	○	○		
10	○		○	
11	○	○		
12	○			
13	○			
14	○		○	○
15	○			○
16	○	○		
17	○	○	○	
18	○	○	○	○
19	○	○	○	
20	○	○	○	
21	○	○		○
22	○	○		○
23	○			

Fig.1 Output of an avalanche pulser.
horiz. 500 ps/div. vert. 200v.

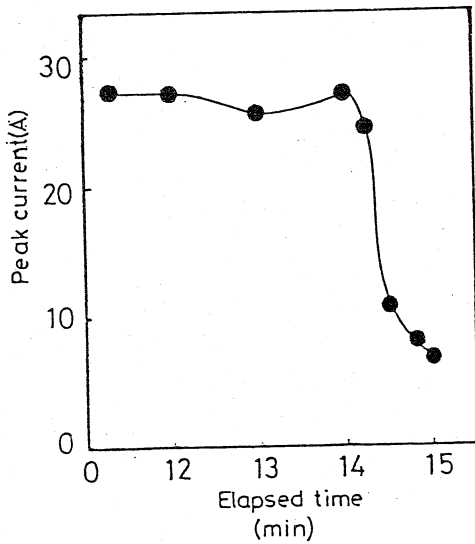


Fig.2 Peak current vs. elapsed time.

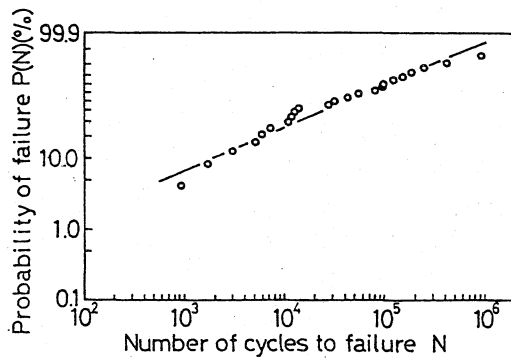


Fig.4 Weibull plots of the life time data.

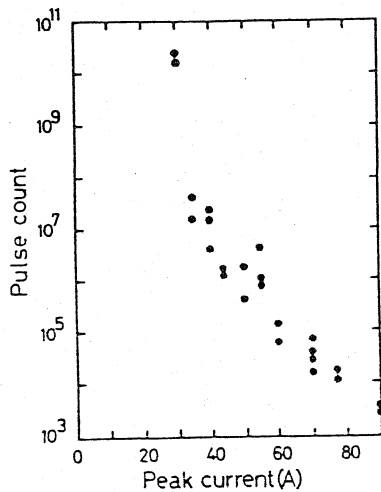


Fig.3 Pulse count (life time)
vs. peak current.