

LIFE TEST OF THE HIGH OUTPUT AVALANCHE PULSER

K.Tsumori, S.Suemine^{*)} and T.Okada

Radiation Laboratory

The Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

Unicon System Co. Ltd.^{*)}

ABSTRACT

The life of the avalanche pulser at high duty ratio and high output operation has been studied. The life could be forecasted through measurement on a Collector cutoff current (ICBO) or a Collector to Base voltage (VCB) of the avalanche transistor, and also it could be stretched about 1000 times by means of hold to low temperature on the collector element using a heat sink (small island on a print board) and coolant.

高出力アバランシェ・パルサーのライフテスト

1. はじめに

ライナックの電子銃システムにアバランシェ・パルサーを用いると、短パルスの発生はもとより回路構成、メンテナンスなどの点に於いても、従来の真空管式に比べてはるかに優れている。そのためこのパルサーに関する研究は盛んに行なわれ、なかでもパルス特性については多くの成果が報告されている。しかし、このパルサーをライナックの使用条件で動作させた時の寿命に関する研究は現在のところ余り行なわれていない。従って、今回はアバランシェ・トランジスターの素子温度が寿命におよぼす影響について研究を行なったので報告する。

2. トランジスター素子の温度測定

一般に多段式アバランシェパルサーをハイデューターで動作させると、最初のうちは正常に働くが、ある時間が経過するとトランジスターが次々に壊れてくる。この事は、動作開始直後に素子が瞬時に絶縁破壊を起こすとか、ボンディング線が大電流で溶断する様な純電氣的なものではなく、素子接合部の特性がなんらかの影響で徐々に変化して動作不良に至るもので、その原因には

- 1) 高電圧が印加されてトランジスターが逆バイアスされた時に流れるコレクター遮断電流 ICBO
 - 2) トリガーが掛りアバランシェ動作が行なった時に流れるパルスのコレクター電流 Ic pulse
- 等による素子の温度上昇が考えられる。そこで図1に示した測定回路を用いて、動作中のトランジスターの素子温度を計測した。これはトランジスターの

Circuit Diagram for a Temperature Measurement of the Tr. Junction

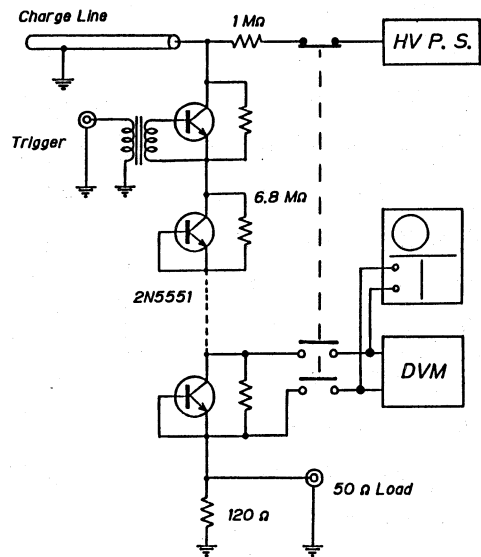


図 1

VCBの温度係数 ($\Delta V_{CB}/\Delta T \approx 2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$) を利用したもので、パルサーと高圧電源は真空スイッチを用いて短時間切り離し、同時に被測定トランジスタのコレクター・ベース間にダイオード・チェックモードにしたデジボルとオシロスコープ (7A13プラグイン使用) を接続してVCBを測定した。素子温度は高圧電源を切り離した時点から急速に低下するため、オシロスコープで測定した。従って、デジボルは定電流源としてのみ用いられた。この測定に使ったパルサーは、

プリント基板上に $6 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ のアイランドを13個作り、そこに2N5551のトランジスタをそれぞれハンダ付けて組み立てた。また、これ以外にアイランドの面積を $42 \text{ mm} \times 6 \text{ mm}$ に大きくしたパルサーも用意した。これらのパルサーは、温度コントロールされたフロリナート液 (3M社製フッ素系溶剤) に浸漬して、パルサーの周囲温度を変化できるようにした。

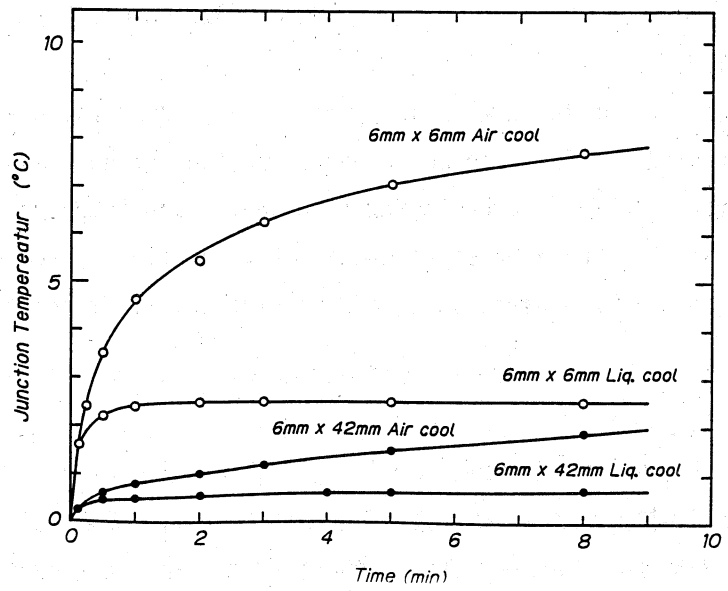


図 2

図2はICBOによる素子の温度上昇をトランジスタ

の周囲の条件を変えて測定した結果を示した。この時用いたパルサーは、未だアバランシェ動作をさせたことの無い新品のトランジスタで組み立てられたもので、トリガーは掛けずに動作時と同じ高電圧を与えて測定した。ICBO (暗電流) が素子に流れて発生した熱は、コレクターの導線を伝わってアイランド (一種のヒートシンク) から放熱される状況が示されている。この冷却効果は、後に述べる

ハイデュティーの運転時のトランジスタの寿命に大きく影響する。ここに示された飽和温度は、それぞれの素子がバージンの時の値であるが、トリガーを与えてアバランシェ動作を行なわせると、その動作時間に比例して飽和温度が高い方に移行する。この値は非

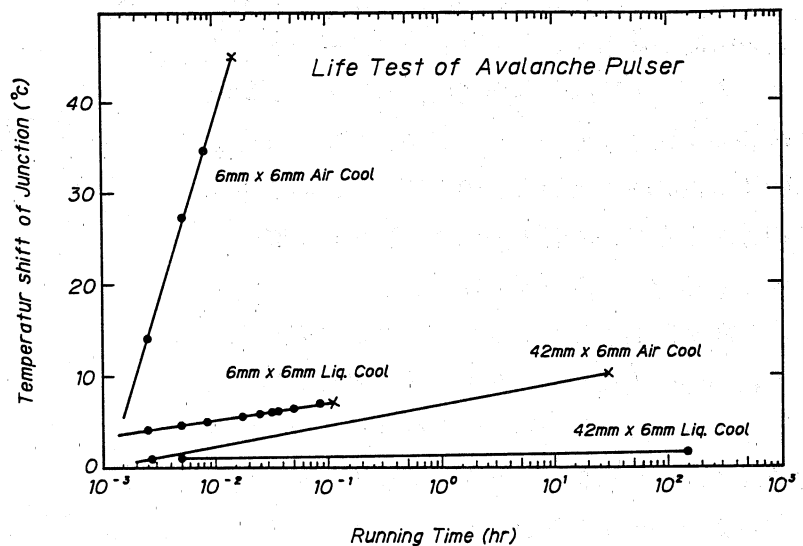


図 3

可逆的であるため、これを手懸かりにトランジスターの寿命が予測できた。

3. 素子の温度上昇と寿命

上記と同じ大きさのアイランドと周囲温度で、50 nsのパルス幅、250 PPSの繰返し周波数（デューティー 1.25×10^{-5} ）でアバランシェ動作を行なった結果の一例を図3に示した。この測定はパルサーの動作中に途中で高電圧を約5 ms切り離し、その間にVCBすなわち素子温度を測定した。6 mm×6 mmのアイランドで空冷の場合は、約5.5秒間で48°Cまで上昇してその後パルサーは破損した。一方、6 mm×4.2 mmのアイランドを液冷にすると、170時間までの運転を確認したが、更に長時間続行できると思われる。この様に有効なヒートシンクと液冷によって素子の冷却を良くすれば、ICBOの増加は抑制されパルサーの寿命は非常に長くなることがわかった。

4. まとめ

今回の研究結果から

- 1) ICBOあるいはVCBを手懸かりにして、アバランシェ・トランジスターの寿命の予測が可能である。
- 2) 電子冷凍素子と冷却液を利用し、トランジスターにヒートシンク取り付け素子温度を低く保てば、パルサーの寿命は大幅に延長できる。
- 3) コレクター電流 I_c pulse（正しくはコレクターに流れるパルスの電荷量）がある値以下で運転すればICBOが増加してこない閾値について今後更に調べたい。
- 4) パルサーが動作した時のコレクター電流 I_c pulseによる素子の温度上昇は計測できなかった。このことは、NECの半導体技術資料¹⁾を参考にして接合部の過渡的な温度上昇を算出すると、最大値で約13°Cであった。従って 10^{-5} のデューティーで平均化された場合は温度上昇は僅かである。

文 献 1) 日本電気(株)：半導体技術資料 TEB-528A