

SHORT PULSE GRID PULSER FOR THE GUN OF THE POSITRON GENERATOR (II)

Y. Otake, S. Ohsawa, Y. Ogawa, O. Azuma*, S. Fukuda and A. Asami
Y. Hosono** and K. Hasegawa**

National Laboratory for the High Energy Physics

*Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd

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

ABSTRACT

Development of a grid pulser of the positron generator has been continued since the previous report¹⁾. Impedance matching between the pulse and the grid-cathode assembly is difficult, because the input impedance of the assembly varies depending on the output current. However, it was found by suitably selecting the output impedance of the pulser, the output current was appreciably increased. A grid pulser with new type transistor was fabricated and tested with an excellent characteristics.

There are described with other effort to improve the pulser.

I. まえがき

陽電子発生装置は1985年・7月に陽電子発生テストを初めて以来、陽電子ビームの強度を増強するための努力が続けられてきた。その中の重要な1項目としてカソード（オキサイドカソード）からの電流増強があり、1つはカソードの活性化プロセスや真空及びパービアンスの改善であり、他はグリッドのドライブ電圧を上げることである。

グリッドのドライブ電圧を上げることは、前回のリニアック研究会で報告¹⁾した要旨に従いトランジスタの段数を増加することで対応してきたが、これはパルスの立ち上がりを遅くする傾向にあり改善する必要がある。SHBでバンチを圧縮するためにも、又より高速で高い出力電圧を得るためにも高性能な短パルスグリッドパルサーを開発する必要がある。

以前から問題とされていたグリッドパルサーとカソードアセンブリのインピーダンス整合の問題は、カソード・グリッド間のインピーダンスが電流と共に徐々に低い方に変化して行くので、グリッドパルサーのインピーダンスを完全に整合させるのは不可能である。このためグリッドパルサーの出力インピーダンスを低く抑える必要がある。本レポートでは上記のことについて検討し実験結果を述べるものである。

II. 陽電子発生装置用の短パルスグリッドパルサーの現状

現在使用されているアバランシェを利用したグリッドパルサーは、図1²⁾に示すものであり電流と電圧には次の関係式がある。

$$I_A = n V_{SYS} / Z_{SYS}$$

V_{SYS} : アバランシェ電圧

I_A : アバランシェ電流

Z_{SYS} : 回路のインピーダンス

n : トランジスタの段数

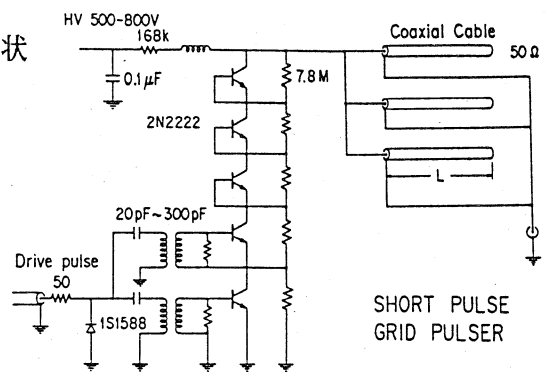


図 1²⁾

現在使用している2N2222Aと言うトランジスタは、負荷インピーダンスが16.6Ωで100V/nsのスルーレートを実現している。しかし

カソード電流を10 A得ようとする、200 V以上の出力電圧を出さねばならず、そのときのカソード・グリッド間のインピーダンスは15-20 Ω程度である。この理由から半値幅で4 ns以上の出力パルスが必要になり、もし出力波形を三角波と仮定するとベースでは8 ns以上になる。これでは119 MHzのSHBを使いパルスを圧縮しても8.5 ns間隔のサテライトパルスが出てしまい、トリスタンリングで短バンチ運転が出来なくなる。

以上の基準から考えると現在使用しているグリッドパルサーでは、140 V・ベース幅5 nsの出力が限界であり、これでは電子銃からのエミッション電流は7 A程度しか期待できない。

III・グリッドパルサーの特性

グリッドパルサーの出力を効率よくエミッション電流につなげるためには、グリッドパルサーの出力インピーダンスとカソード・グリッド間のインピーダンスの整合が重要である。前回の報告ではエミッション電流が2-3 A程度のときカソードのインピーダンスは50 Ωであり、グリッドパルサーのインピーダンスを50 Ωにしておく、出力波形をよく保存したビーム波形が得られた。しかしその後の改善により電子銃のエミッション電流が向上し、グリッドパルサーの出力に依っては10 A程度のエミッション電流が得られるようになった。これはグリッドパルサーのチャージング素子である同軸ケーブルを並列に接続し、出力インピーダンスを下げ動作させることにより高いエミッション電流が得られるようになったのも一因である。これはカソードのインピーダンスが低いことを物語っている。(15 Ω程度)

この結果を示したのが図2で、7-8 A程度のエミッション電流では同軸ケーブルを3本並列にしたものが、一番効率がよいことが判った。また今後エミッション電流が更に増大すれば、カソード・グリッド間のインピーダンスは更に低下するだろう。

グリッドパルサーの温度特性についても調べたが、20℃から70℃までの間では出力波形が変化しなかった。このことによりカソードのヒーターによるグリッドパルサーの加熱の影響は、無視できることが判った。

IV・グリッドパルサーの高性能化

アバランシェを使ったグリッドパルサーの性能を向上させるためには、基本的に回路を工夫すること及びより良いトランジスタを使用することが考えられる。これらについて次の3つのテストや検討を進めている。1つはグリッドパルサーのトリガ点をトランジスタスタックのグランドレベルから、一番電圧の高い最上段にもって行ったことである。図3に結果と回路図を示す。この図から判るよう

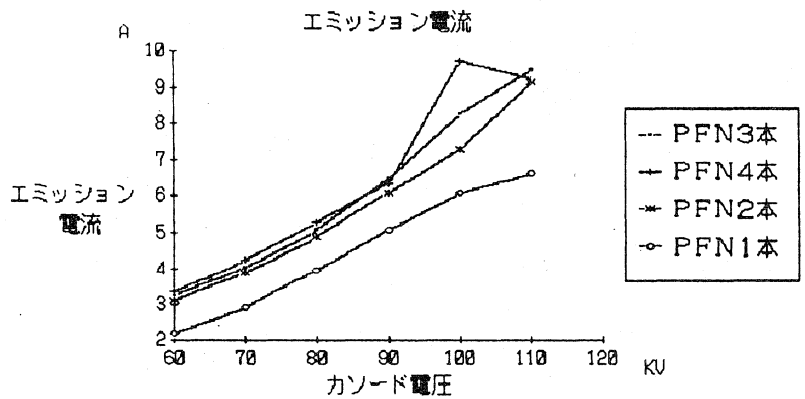
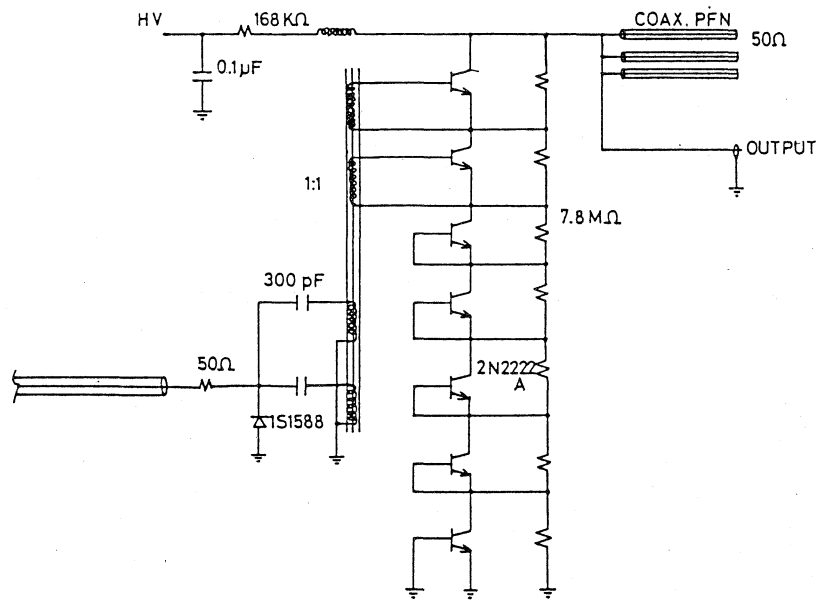
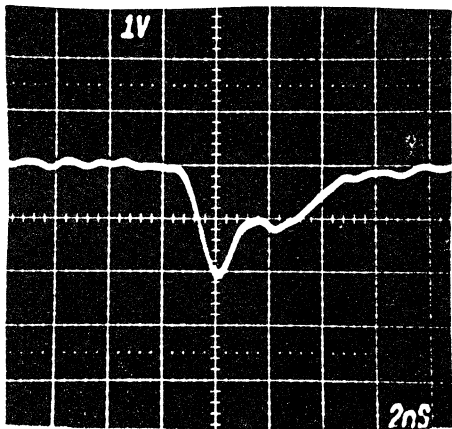


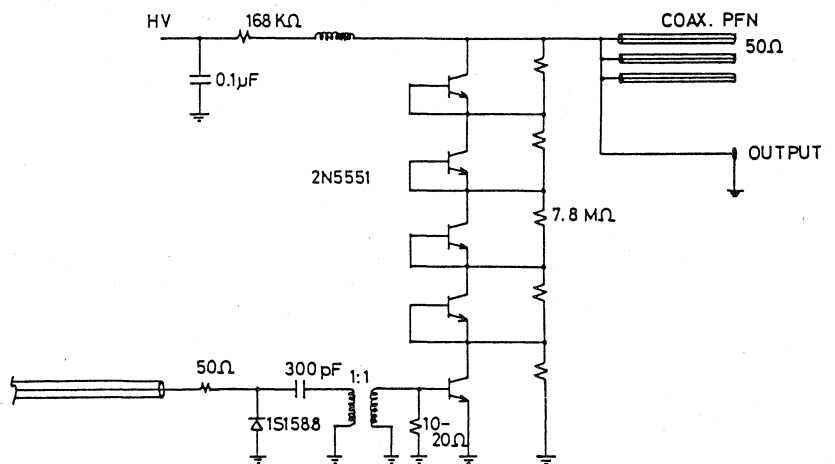
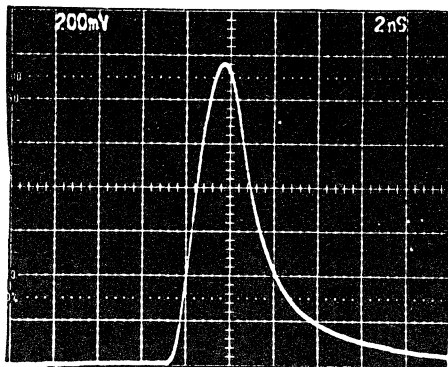
図2

に、2N2222Aのグランドレベルトリガでは100 V/nsのスルーレートしか得られなかったが、トリガを最上段にもって行くことで約200 V/nsのスルーレートが得られた。然るに非常に不安定であり、またパルスの後半の立ち上がりがシャープでなく、よい結果とは言えない。第2に回路のスピードがトランジスタのリード線によるLやCの影響により遅くなっていると考えられるが、回路の高周波域でのインピーダンスを下げるために、リード線の長さを短くするのが良い。この理由から現在回路全体をハイブリッドIC化し、トランジスタのリード線を極力短くすることにより高速化を実現する準備を進めている。最後により適したトランジスタを選択することであるが、レーザー核融合装置で使用されている2N5551と言うトランジスタに注目した。そのトランジスタはV_{ce}が160 V程度あり非常に有望であった。図4にこれを用いて製作したものの回路図と、得られた電子ビームの写真を示す。パルス幅が(半値幅)2.6 nsで9 Aのピーク電流が得られているが、これは現在までの最高データである。



TEST CIRCUIT OF THE GRID PULSER

☒ 3



☒ 4

NO.6 GRID PULSER

V. まとめと今後の問題

トランジスタのカタログデータとアバランシェ現象による出力パルスの値を比較すると、 V_{CE0} が高いほうがより高い出力パルスが得られる傾向にある。トランジスタのスピードを決める f_t は高い方がよいと思われるが、必ずしも重要ではない。グリッドパルサーの出力インピーダンスは、カソード・グリッド間のインピーダンスが電流と共に大きく変化するので最良の値を選択する必要がある。このことの対策としてカソードと並列に数 Ω の抵抗を入れ（カソードのインピーダンスより十分小さいもの）、グリッドパルサー側からのインピーダンスが変わらないようにする方法があるが、現在のパルサーでは負荷インピーダンスが小さすぎ出力電圧が取れず、エミッション電流も低下するので採用できない。また大電流を取ったときのトランジスタの寿命も問題である。

以上が現在までに判っている結果であり、依り詳しいグリッドパルサーの動的な状態（エミッション電流を取っているときの出力電流波形など）を調べるために、負荷に板極管をつかったテストベンチを製作する準備を進めている。

VI. 参考文献

- 1) Y. OTAKE et al. SHORT PULSE GRID PULSER FOR THE GUN OF THE POSITRON GENERATOR, PROCEEDINGS OF THE 10TH MEETING ON LINAC IN JAPAN TOHOKU.
- 2) S. FUKUDA et al. ELECTRON GUN FOR THE POSITRON GENERATOR, PRESENTED AT THE 1986 LINEAR ACCELERATOR CONFERENCE, JUNE 2-6, 1986, SLAC, STANFORD, CA, U. S. A.