

EXPERIMENTAL EVALUATION OF INPUT RESISTANCE OF THE GRID-CATHODE ASSEMBLY OF AN ELECTRON GUN

Hatsuo YAMAZAKI, Akira HONMA, Hiroyuki FUKUSIMA

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering, Hokkaido University
Kita 13, Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, 060 Japan

ABSTRACT

The loading effect of beam current on the grid signal of an electron gun was simply represented by a resistance. This effective input resistance was determined from the ratio of pulse heights of the incident and reflected signal respectively to and from the grid-cathode assembly Y-796. It was also determined from the ratio of pulse height of the incident signal and that of the signal exactly at the assembly. The experimentally obtained values are compared with those obtained by the numerical simulation of radial signal propagation at the grid-cathode gap.

電子銃の制御グリッド実効入力抵抗の実験的評価

1. はじめに

電子銃のグリッド駆動用パルス発生器の設計にあたり、その出力インピーダンスおよびグリッドへの接続線路の特性インピーダンスを選定するうえで、グリッドの負荷としての重さがどの程度かを知る必要がある。グリッド-カソード間に印加される電圧に応じて流れるビーム電流により負荷効果が生じるが、ビーム電流は空間電荷制限条件に支配されており、非線形である。また、ナノ秒オーダーのパルスでは過渡効果の影響もあると考えられ、グリッドは負荷としては非常に複雑なものと思われる。しかし、あえて著者等は電圧をすべてパルス波高値で代表させ、グリッド-カソード間を単純な抵抗に置き換えて負荷の重さの目安にできないかを検討してきた。

前報において¹⁾、負荷を抵抗で代表させることの妥当性をグリッド信号伝搬の数値シミュレーションによる結果により検討し、パルス幅数ナノ秒以上の場合には目安としての使用に耐えることを示した。ここでは、グリッド-カソード部に Y-796 を用い、Y-796 への入射パルスと反射パルスの波高からグリッド入力抵抗値を評価した。これを Y-796 に対する数値シミュレーションの結果と比較した。

2. 測定原理

グリッド-カソード間が等価的に抵抗 R_L であるとする。これに特性インピーダンス Z_0 の十分長い線路を通して、波高 V_i のパルスが入射したとする。入射パルスによりグリッド-カソード部には波高 V_G のパルスが形成され、線路には波高 V_R の反射パルスが生じたとする。このとき、次の関係が成立する。

$$V_R/V_I = (R_L - z_0)/(R_L + z_0) \quad (1)$$

$$V_G/V_I = 2R_L/(R_L + z_0) \quad (2)$$

式(1) または (2) の左辺の波高比を測定すれば、 R_L を決定できる。

3. 実験方法

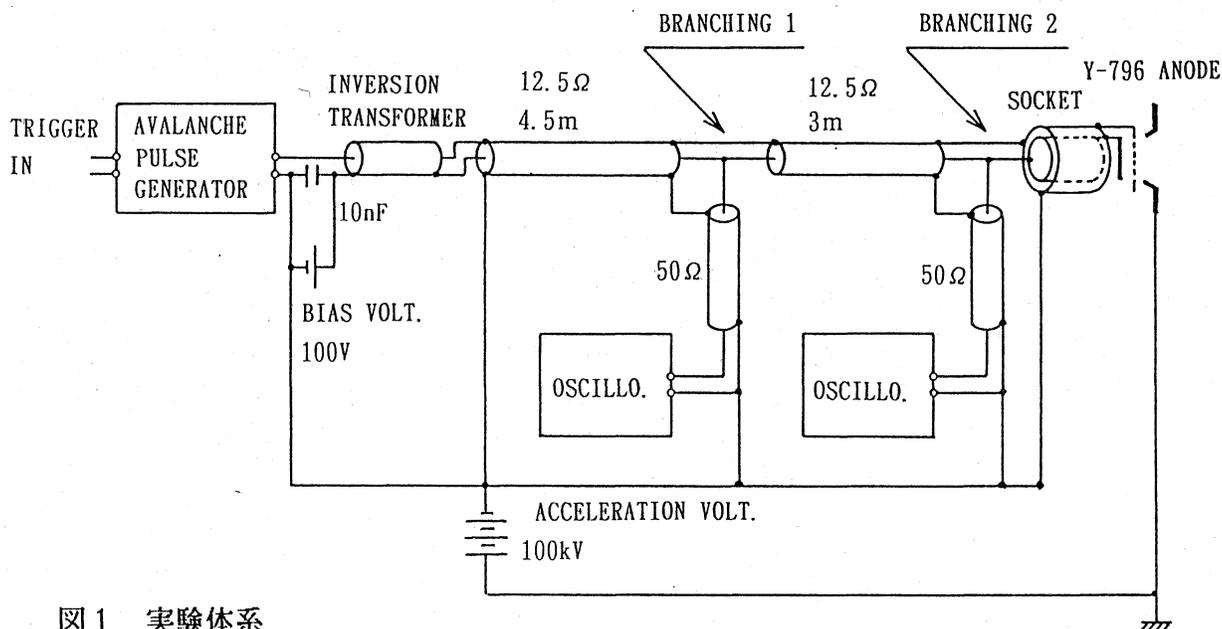


図1 実験体系

図1に示してある体系により実験を行った。パルス発生器よりの正パルスを反転トランスにより負パルスに変え、長さ4.5メートルと3メートルの伝送線路をタンデムに連結してY-796のソケットに信号を供給している。この伝送線路は、反転トランスを含めて、50オームの同軸ケーブル4本を並列とした特性インピーダンス12.5オームの線路である。分岐1(BRANCHING 1)および2では波形観測のために50オームの同軸ケーブルの枝を出している。分岐1よりの信号により入射パルスと反射パルスを約30ナノ秒の間隔で分離して測定できる。(信号パルスの半値幅は3ナノ秒) 分岐2よりの信号は、グリッド-カソード間に現れる信号に近似できる。パルス幅3ナノ秒に較べて、ソケットからグリッドに至る信号伝搬時間は十分小さいからである。

分岐1よりの観測に式(1)を、分岐2よりの観測に式(2)を適用して、基本的には、 R_L を決定できるのであるが、現実の測定では二つの点を考慮しなければならない。

- 1) 分岐1において、左手の12.5オームの線路から見ると、その先には12.5オームと50オームが並列接続されていることになり、インピーダンスの不整合が存在する。これにより、分岐1を通過するとき波高は8/9に落ちる。右側から左へ行くパルスについても同様である。
- 2) 分岐1と分岐2共に、ここで同軸ケーブルの中心導体を自由空間に露出させる結果、信号がもれ、減衰が起きる。特に、2本の導体が平行配置となっているような所にコイルモードとなって信号がもれて行く。本実験の場合、50オームの同軸ケーブル4本の並列使用のため、ケーブル間の空間に信号がもれて行くと考えられる。コイルモードの抑制にはフェライ

トピーズが有効であるが、もれを完全に無くすることはできない。

分岐1と2における信号もれによる減衰率は、加速電圧を印加しない予備実験によりその値を求めた。

分岐1のもれ減衰率： 先ず、分岐1よりの波形観測により入射信号波高を測定する。次いで、分岐1の左手の伝送線路を構成する4本の同軸ケーブルのうちの1本を直接オッシロに導き、入射信号波高を測定する。前者波高を後者で割った比は8/9より小さく、その低下率をもれ減衰率とする。

分岐2のもれ減衰率： Y-796よりソケットを抜き、ソケットに適当な値の抵抗を取り付けて、分岐1より観測して反射信号のない状態にする。このときの分岐1で観測される入射信号波高を測定する。この波高は分岐2への入射波高と考えることができる。(3メートルの同軸ケーブルを伝搬する間の減衰は無視できる) 次いで、このときの分岐2で観測される信号の波高を測定する。ソケットよりの反射信号が無いのであるから、後者の波高を前者で割った比は分岐2におけるもれ減衰率である。

ソケットに種々の値の抵抗を取り付けたときの波高比の測定値に、上で求めたもれ減衰率と分岐1の透過係数8/9を考慮すると、式(1)と(2)は良く成立することを確かめた。

4. 測定結果

分岐における信号透過係数ともれ減衰率を考慮して実効入力抵抗 R_L を求め、ピークビーム電流に対しプロットしたものが図2である。グリッド-カソードギャップにおける径方向信号伝搬の数値シミュレーションをY-796の幾何寸法に合わせて実行して得られる入射・反射波形から波高比を求めて得られた結果も同時に示してある。

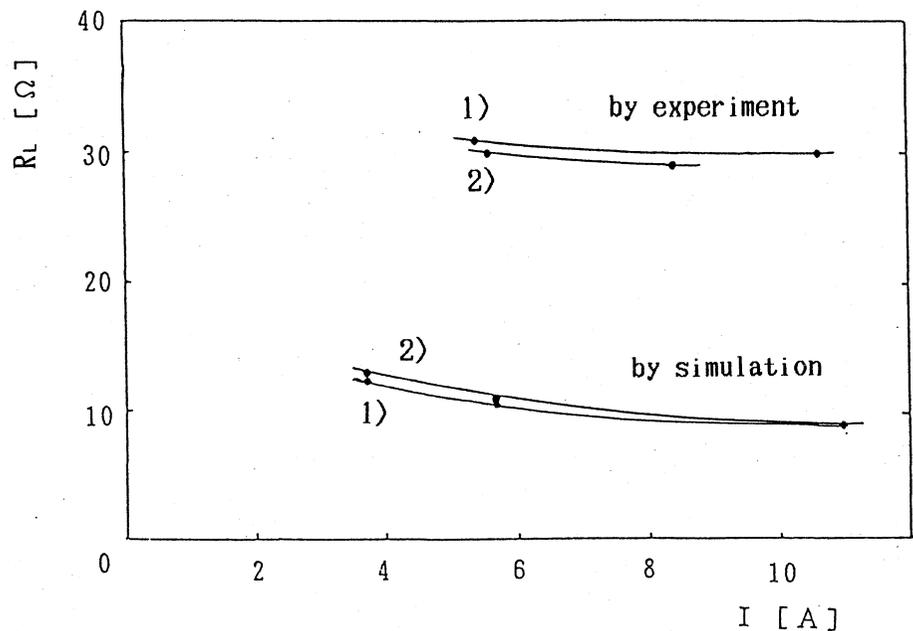


図2 ビーム電流 I に対するグリッド実効入力抵抗 R_L
1) 式(1)による 2) 式(2)による

両者の一致は良くなく、約3倍の開きがある。今後、測定精度を上げ、更に検討を加えたい。

References

- 1) H. Yamazaki, H. Fukusima and A. Honma, Proceedings of the 16th Linear Accelerator Meeting in Japan, September 1991, p230-232.