

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

H. Yamazaki, H. Fukusima and A. Honma

Department of Nuclear Engineering, Faculty of Engineering  
Hokkaido University

## ABSTRACT

Using one-dimensional numerical simulation of the radial propagation of electrical signal at the grid-cathode gap, calculated was the signal waveform at a representative radial position, following a given input signal fed by a pulse generator through a coaxial transmission line connected at the outer edge of the grid-cathode assembly. From the pulse height of the signal at the gap and the open signal voltage of the pulse generator, the effective input-resistance of the assembly was estimated in terms of the source-resistance of the pulse generator, under the existence of electron beam at the gap. The loading effect of beam current on the input-resistance was found. The effective input-resistance was also estimated from the reflection of the incoming signal at the edge of the gap. The agreement of the values obtained by both methods is well when the pulse width is larger than a nanosecond; it gets worse in the subnanosecond region.

## 電子銃制御グリッド実効入力抵抗の数値評価

### 1. はじめに

グリッド制御の電子銃によりナノ秒幅の数アンペア以上のビームを発生させる場合、グリッド駆動用パルス発生器にたいする要求は、速い立ち上がり、狭いパルス幅を目指すにつれてより厳しくなる。設計上の余裕が減少するため、制御グリッド駆動時の負荷としての重さに関する情報が欲しくなる。負荷が推測より重い場合、グリッド・カソード間に加わる駆動電圧が低下し、十分な尖頭ビーム電流値が得られなくなる。もちろん、負荷としての重さはパルスの持続期間中刻々変化し、負荷抵抗で置き換えられるような単純なものではない。そこで、信号電圧に関してはすべてパルス波高値で代表させ、パルス発生器を信号起電力と内部抵抗からなる単純モデルで表し、このときのグリッド・カソード間の信号電圧から従来の定義により算出される負荷抵抗値を「制御グリッド実効入力抵抗」と呼ぶことにし、これをもって負荷としての重さの目安としよう。

本研究では、伝送線路を経由してグリッド・カソード部の外縁に達したパルス信号の中心軸に向かう伝搬を数値的に解き、グリッド・カソード間に現れるパルス波形を求めた。これにより、前記「実効入力抵抗」を出力ビーム電流値の色々な場合につき算出した。また、グリッド・カソード外縁部で、伝送線路側に反射波として送り出される信号波形も数値的に求めた。

この場合の入射信号の波高と反射信号の波高から算出されるグリッド・カソード間の実効抵抗値を、最初の方法で得られた値と比較した。

## 2. 計算モデル

Fig.1 に示すように、グリッド・カソード部を間隔  $d$  で平行に置かれた半径  $R$  ( $R \gg d$ ) の2枚の金属円板と考へ、この間の空間における電磁波の  $r$  方向1次元伝搬を考える。電界、ビーム電流は  $z$  成分のみである。信号は、内部抵抗  $z_s$ 、起電力  $V_0$  の電源より特性インピーダンス  $z_s$  の伝送線路を通して、円板外縁から軸対称を保って加えられる。円板ではさまれた空間における電界の支配方程式は、マクスウェル方程式により電界の  $z$  成分を  $E$ 、ビーム電流を  $i$  として、

$$\frac{\partial^2 E}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial E}{\partial r} + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2} - \mu_0 \frac{\partial i}{\partial t} = 0, \quad (1)$$

となる。ここで、ビーム電子は、カソード面より空間電荷制限領域動作で放出されるものとして、 $i$  は  $E$  の関数として Child-Langmuir の式により与えられる。

式(1)を特性曲線法により数値的に解いた<sup>1)</sup>。

外縁 ( $r=R$ ) において、伝送線路よりの入射波の一部は円板内に透過し一部は反射する効果、円板内の外向波の一部は伝送線路側に透過し一部は反射して内向波に転ずる効果を考慮した。

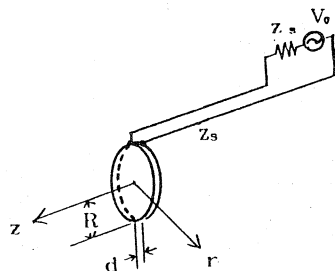


Fig.1 Model of the calculation

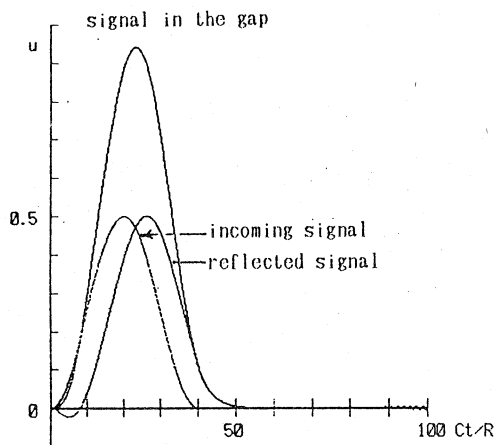
## 3. 計算結果

グリッド・カソード部への入射信号、そのとき発生する反射信号とグリッド・カソード・ギャップに生じる信号電圧を、次の諸条件のもとで計算した結果の一例を Fig.2, Fig.3 に示した。

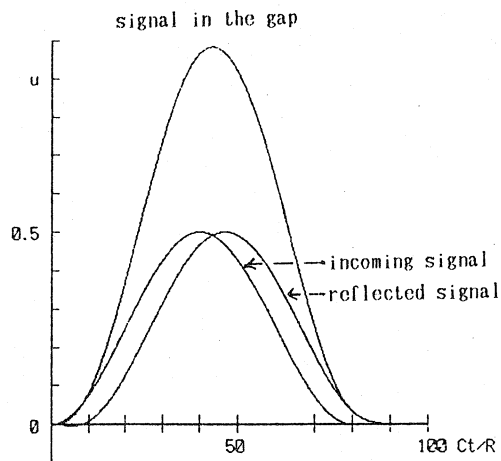
グリッド・カソード半径 $R = 8.5 \text{ mm}$	グリッド・カソード間隔 $d = 1.0 \text{ mm}$
パルス発生器内部抵抗 $z_s = 50 \ \Omega$	伝送線路特性インピーダンス $z_s = 50 \ \Omega$
パルス発生器信号起電力 (ピーク値) $V_0$	電子ビーム電流 (ピーク値) $I_b$
信号パルスの半値幅 $\tau$	

図から、ギャップの信号電圧  $V$  はビーム負荷により低下することが分かる。

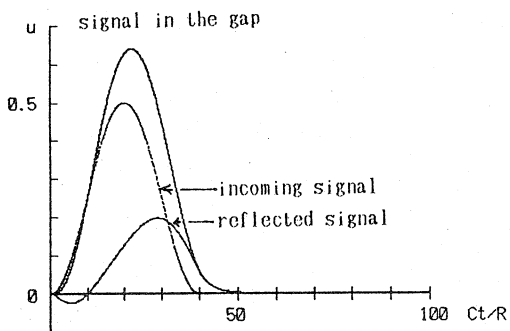
グリッド・カソード部が入力信号に対し負荷抵抗  $z_g$  のように働くものとする、ギャップにおける信号電圧を  $V$  として、 $V/V_0 = z_g/(z_s+z_g)$  の関係がある。これにより、図から読み取った  $V/V_0$  を用いて  $z_g/z_s$  を得ることができる。また、このときの電圧反射係数  $\Gamma$  に対し、 $\Gamma = (z_g - z_s)/(z_g + z_s)$  の関係が成立する。図の入射信号と反射信号の両波高値の比を  $\Gamma$  として、上の関係より  $z_g/z_s$  を決定することができる。  $z_s = 50$  を用いて得た  $z_g$  の値を Table 1 に示す。表より、二つの方法による実効入力抵抗は  $\tau = 1.12 \text{ ns}$  の場合には 5% 以内で一致し、おおよそその働きは抵抗で置き換えられるものと考えられる。



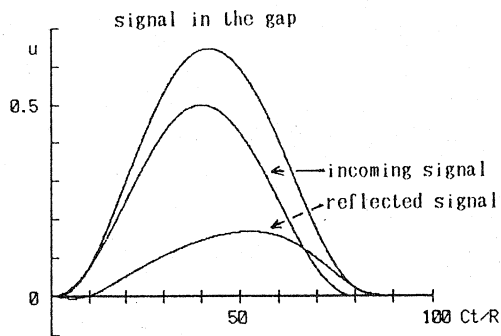
(a)  $I_b = 0$



(a)  $I_b = 0$



(b)  $I_b = 5.19$  Amp.



(b)  $I_b = 5.32$  Amp.

Fig.2 Time variation of signal voltages.

For (a) and (b),  $u = V/V_0$ ,  
 $V_0 = 717$  Volts,  $\tau = 560$  ps.

Fig.3 Time variation of signal voltages.

For (a) and (b),  $u = V/V_0$ ,  
 $V_0 = 717$  Volts,  $\tau = 1.12$  ns.

pulse width	$\tau = 560$ ps	$\tau = 1.12$ ns
$V_0$ [Volt]	717	717
$I_b$ [Amp]	5.19	5.32
$z_0$ from the signal in the gap [ $\Omega$ ]	88.9	97.1
$z_0$ from the reflection coefficient	116.7	101.5

Table 1 Effective input resistance  $z_0$  of the grid-cathode assembly.

### References

- 1) H.Ymazaki and A.Honma, Proceedings of the 12th Linear Accelerator Meeting in Japan, August 1987, p150-152.