

STABILIZATION OF ELECTRON GUN BEAMS

E.Tojyo, S.Arai, Y.Hosono*, K.Kobayashi, M.Mutou, H.Tsujikawa, and K.Yoshida

Institute for Nuclear Study, University of Tokyo

*Department of Nuclear engineering, University of Tokyo

Abstract

In order to take off the influence of the accelerator vacuum circumference to the cathode emission of electron gun, we have improved the vacuum pumping system with a differential pumping method. The new pumping system has easily ensured a stable and ultra-high vacuum degree for the electron gun.

Besides we have developed the grid pulser for the electron gun with V-MOSFET in place of the electron tube pulser. By this device the time jitter and flatness of the grid pulses have been well improved together. As a result of these works, the beam stability of electron gun has been fairly improved more than former state.

電子銃ビームを安定化して加速管に入射しようとする場合、1) 変化分をグリッド電圧等にフィードバックさせて一定化する方法と、2) 様々の変動要因を、影響の大きなものから逐次除去していく方法とが考えられる。しかし前者はビームの短時間変動が大きかった場合には、一定化してもエミッタンスが変わりやすく、INS-LINACのような入射用ライナックの電子銃の場合には必ずしも効果的ではない。後者は更に電子銃本体の改良（カソード材料、電極構造等）に関するものと周辺の関連技術（真空環境、パルス技術等）に関するものに大別できるが、これらの問題を一度に解決することは困難である。そこで核研では主に電子銃付近の超高真空化とグリッドパルスの安定化・平坦化による電子銃ビームの安定化に努力を集中してきた。以下にその大要を報告する。

(1) 差動排気方式による電子銃部分の超高真空化

INS-LINACの場合、運転時の通常の真空度は昨年までは加速管側が $2 \sim 5 \cdot 10^{-7}$ Torr, 電子銃側が $0.5 \sim 1 \cdot 10^{-7}$ Torr程度であった。そのため真空度によって電子銃ビームが影響を受けやすく、またFIG.1 に示されるように、しばしば突沸的ガス放出によるビームの急激な減少が起こりがちだった。この状態をなくするため、昨年8月より差動排気方式による改修によって、電子銃側だけ $\sim 10^{-9}$ Torr 台にすることができるようになった。

加速管側と電子銃側についてそれぞれ、排気量を Q_L, Q_G ; 排気速度を S_L, S_G ; 到達真空度を P_L, P_G とする。両者がコンダクタンス C で結合されているとすると、次式が成り立つ。

$$\begin{pmatrix} Q_L \\ Q_G \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C+S_L & -C \\ -C & C+S_G \end{pmatrix} \begin{pmatrix} P_L \\ P_G \end{pmatrix} \quad (1)$$

コンダクタンス C が直径 D (mm) のオリフィスで与えられると、

$$C \simeq 9.12 \cdot 10^{-2} \cdot D^2 \quad (1 / \text{sec}) \quad (2)$$

$D = 10$ (mm) のとき $S_L = S_G = 160$ (1/sec) のポンプを使用するとすれば、

$$C \ll S_L, S_G \quad (3)$$

$$\text{また、} \quad Q_G \ll Q_L \quad (4)$$

(1) を P_L, P_G について解き (3)、(4) の条件を用いて支配的な項だけ残すと、次式が得られる。

$$P_L \approx \frac{Q_L}{S_L} \left(1 - \frac{C}{S_L} \right), \quad P_G \approx \frac{Q_G}{S_G} \left(1 + \frac{Q_L C}{Q_G S_L} \right) \quad (5)$$

$C = 0$ の時、加速管側の到達真空度を $P_0 = 1.0 \cdot 10^{-7}$ Torr として、電子銃側の到達真空度を $P_{G0} = 1.0 \cdot 10^{-10}, 5.0 \cdot 10^{-10}, 1.0 \cdot 10^{-9}$ Torr と設定して、オリフィス径 D と到達真空度 P_L, P_G を計算した結果が FIG. 2 である。 P_{G0} には 3 つの値を与えてみたが、 $D \sim 10$ (mm) では P_G は大差がない。また D を絞りすぎるとビームをカットするので $D = 10$ (mm) と決めた。こうして加速管側に比べて電子銃側を ~ 1 桁半高い真空度 $\sim 6 \cdot 10^{-9}$ Torr にすることができ、稼働時の実測結果もほぼ一致した。この結果、全圧真空度によると見られる電子銃ビームの変動はなくなり、始動時のビームの「成長時間」も短縮された。

なお FIG. 4 に、この差動排気系で電子銃を動作させた時の分圧測定例を示した。

(2) 半導体グリッドパルサーによるビームの安定化

INS-LINAC ではこれまで電子銃のグリッドパルサーとして、電子管 (3C45) と集中定数 PFN による回路を用いてきた。しかしこの方式は半導体パルサーに比べて、パルスのジッターと波形の平坦性の点で劣っている。これに代わるものとして我々は既に、高耐圧 V-MOS FET を用いたパルサーを試作し、第 7 回の当研究会でも発表した¹⁾。その時点で実用化の見通しは立っていたが、実際に連続運転に供するには長時間にわたる動作の信頼性・安定性が要求される。これに加え、核研電子銃パルサーの特殊性 (高圧デッキ方式にせず、パルストランスに細い同軸ケーブルを巻いてグリッドにパルスを送る²⁾) によりケーブル伝送長が長い (80m) ため波形の崩れ、ノイズ等の問題が派生したが、最近になって漸く取替可能となった。FIG. 5, 6 に電子管型と半導体型による、グリッド導入部で観測したパルス電圧波形を示した。

新パルサーは波形の立ち上がり特性だけは悪いが、ビームは平坦部だけで作れるから問題はない。また平坦部の垂下特性は主として、D.C. 電源の負荷垂下の補償・グリッド側入力端での R-C 補償回路で更に上げることも出来るが実用上は TAB. 1 の程度でよい。

入力パルス	10V, 2 μ sec
最大出力電圧	+1.8kV
D.C. BIAS 電圧	-200V
出力インピーダンス	50—100 Ω
平坦部垂下率	≤ 0.5 % / 1μ sec
平坦部変動率	~ 0.5 % / 1μ sec
タイムジッター	≤ 1 nsec

TAB. 1 半導体グリッドパルサーの特性

ref. 1) Y. Hosono, K. Kobayashi and K. Yoshida : Proc. of the 7th Meeting of Linear Accelerators : p.144 ; KEK 82-14

2) E. Tojyo, S. Arai, K. Kobayashi and K. Yoshida : ibid : p.20

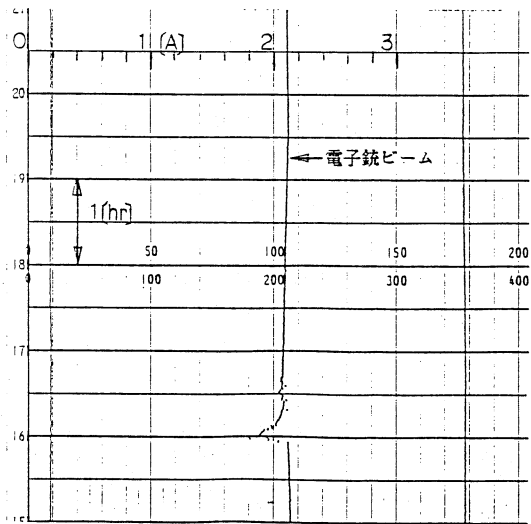


FIG.1 突沸的ガス放出による真空度低下・
電子銃ビームの変動例 (1984年6月)

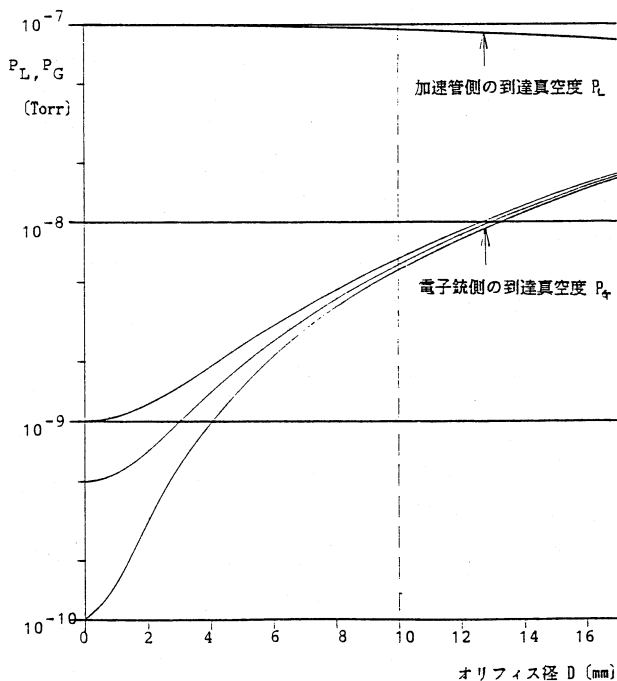


FIG.2 オリフィス径と到達真空度の関係

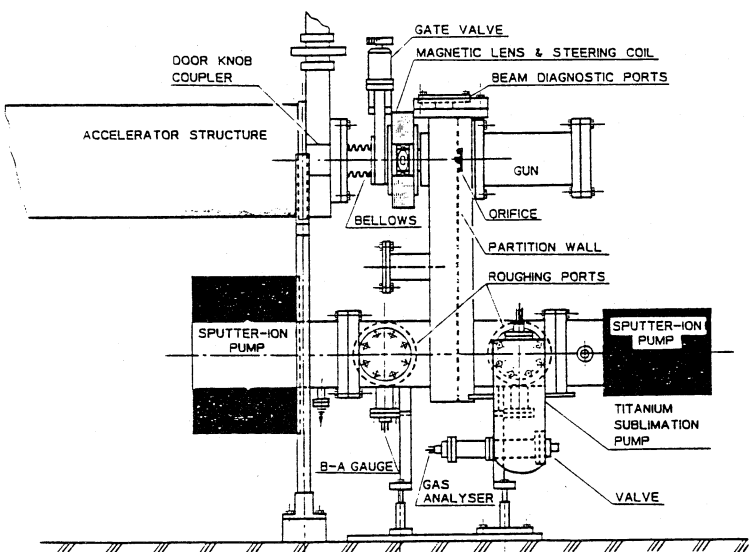


FIG.3 差動排気系の配置図

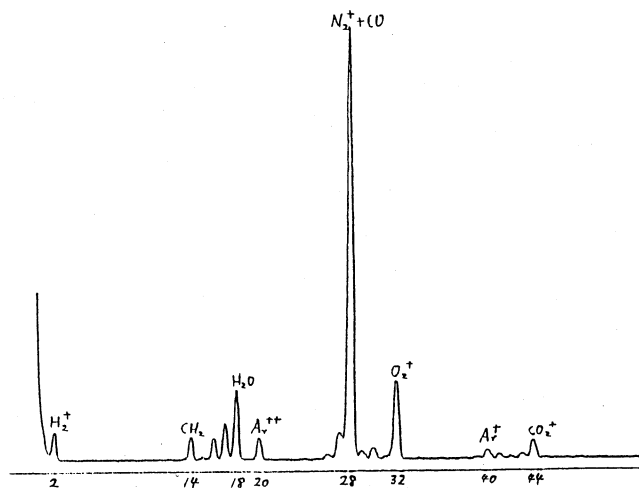


FIG.4 電子銃側の分圧測定例

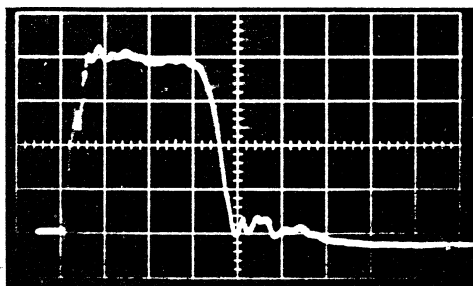


FIG.5 旧グリッドバルサーの波形

H : 2μsec / div.
v : 500V / div.

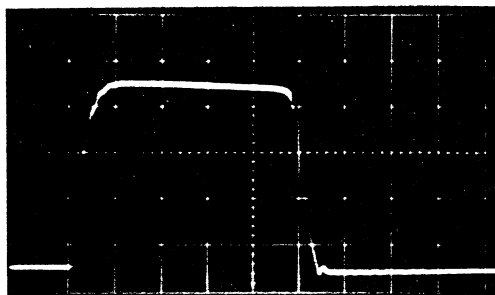


FIG.6 半導体グリッドバルサーの波形

H : 2μsec / div.
v : 500V / div.