

ELECTRON GUN FOR KEK e^+ LINAC (II)

Y. OGAWA, S. FUKUDA, S. OHSAWA, Y. SAITO, Y. OTAKE, S. ANAMI,
O. AZUMA*, M. YOKOTA, A. ASAMI, and J. TANAKA

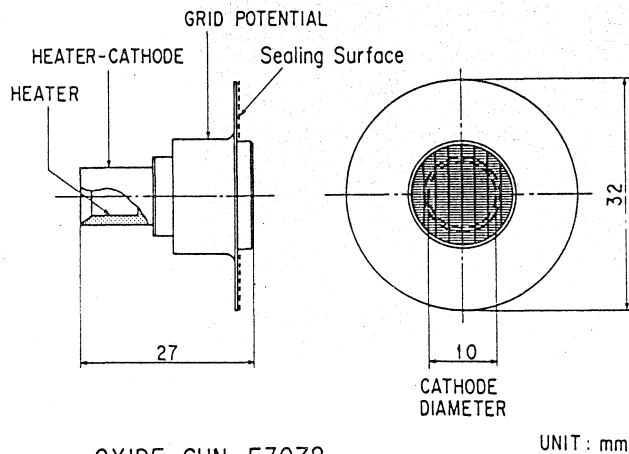
National Laboratory for High Energy Physics
*Ishikawajima-Harima Heavy Industries Co., Ltd

Abstract

The characteristics of a thermionic grided gun installed at the KEK e^+ Linac have been investigated in detail. Several improvements of the gun system; a vacuum system, a conversion process, cathode-anode structures, an operational stability of the gun, and a grid pulser, have been made. As a result, an emission current is considerably increased. The current amounts to about 10 A with a pulse width of 10 ns and a cathode-anode voltage of 110 KV. An injection to TRISTAN ring has been successfully tried applying a SHB(SubHarmonic Buncher) for a shorter pulse of 5 ns. The possibility of a further increase of the current is also discussed.

§ 1 序

KEK e^+ リニアックでは、今秋からのトリスタンの運転に備えて、昨年来、 e^+ 電流の増強をはかってきた。トリスタンリング入射の条件としては、2.5 GeVで、パルス幅 2 ns 以下、10 mA 以上の e^+ 尖頭電流が望まれているが、これまで最大 1~2 mA 程度であった。 e^+ 電流増強のためには、 e^+ リニアックの電子銃の放射電流を増やさなければならないが、ターゲットでの $e^- \rightarrow e^+$ 変換効率が小さい($\sim 0.3\%$)ので、電子銃としては、大放射電流(~ 10 A)が必要となる。今回、電子銃部に、大幅な改善があったので、報告する。



OXIDE GUN E3078

図1 電子銃本体 (カソード-グリッド間距離 0.18 mm)

§ 2 電子銃アセンブリ

KEK e^+ リニアックの電子銃は、酸化物塗布のグリッド付きカソード、東芝E3078 (図1)を用い、図2のように電子銃アセンブリとして組み立てられている。詳細は、前回の報告¹⁾及び文献²⁾を参照されたい。電子銃部の電極構造は、W. B. Herrmannsfeldt³⁾の電子軌道解析プログラムを用いて、パービアンスが大きくなるように決めた。(次節3項参照)

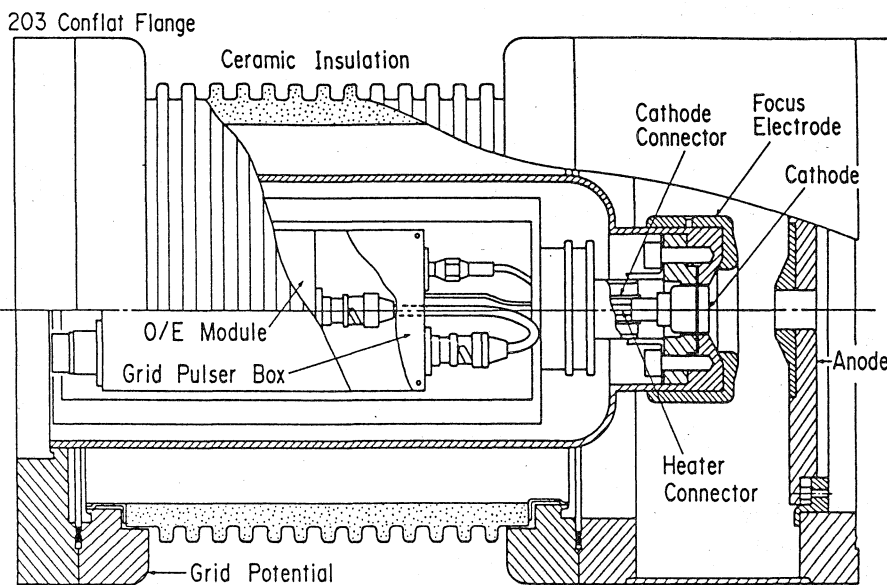


図2 電子銃アセンブリ

§ 3 電子銃システムの改良点

今回改良を行った点を、以下に示す。

1) 真空系 (図3)

酸化物塗布のカソードは、周囲の真空に極めて敏感なので、電子銃部の真空系は十分強力なものとしてあるが、今回更に、下流の加速管側との差動排気を強めるために、二台の 10 l/s イオンポンプを追加した。ビームON時で、 10^{-10} Torr 位の真空度を得ている。

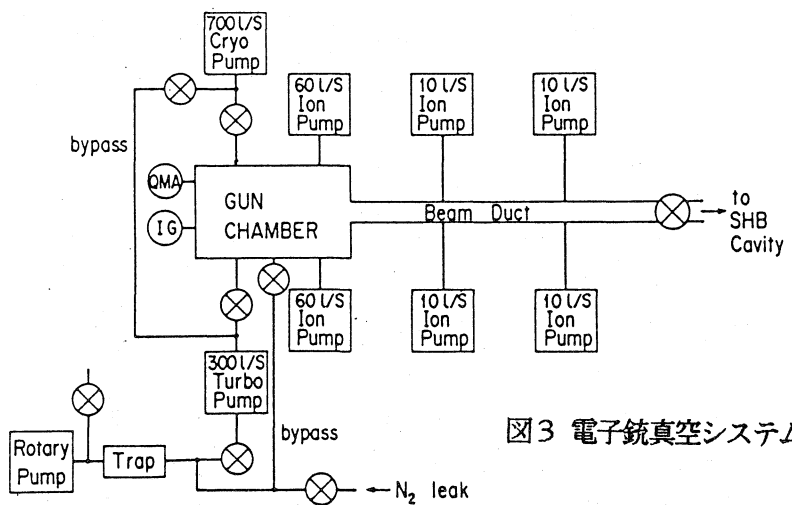


図3 電子銃真空システム

2) 電子銃カソード面活性化

従来、カソード面活性化の際は、ターボポンプON、クライオポンプON、イオンポンプOFFの状態で行っていたが、活性化時の高真空維持、活性化後のイオンポンプ立ち上げによる真空度の悪化防止の為に、イオンポンプONのまま行った。同様の理由から、イオンゲージ等のガスを放出するものは、活性化前に全て立ち上げておいた。

3) 電子銃部の電極構造 (図2)

数値計算によると、これまでの構造ではカソード面電界強度が小さいので、カソード-アノード間の距離を、34.5 mm から 24 ± 0.5 mm に縮め、パービアンスを大きくした。また、ビームの集束を考慮して、アノード穴径を大きくし、アノードノーズをあらたにつけた。図4に、ビーム軌道の計算結果を示す。

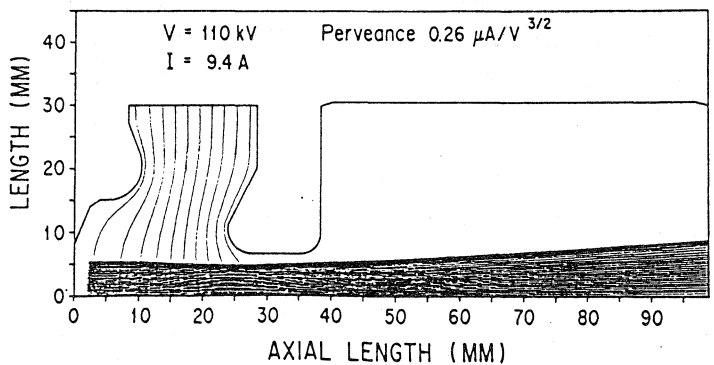


図4 カソードから最初の集束系入口までのビーム軌道計算、W. B. Herrmannsfeldt³⁾ の電子軌道解析プログラムによる。

4) カソードの性能のバラつき

これまでの経験によると、古いロットにはバラつきがあり、例えば、ヒーター電圧対放射電流特性が悪く、電流の大きさがバラつくものや、ヒーター定格電圧で再現性のないものも存在した。今回は、ヒーター電圧対放射電流特性をとり、定格のヒーター電圧で、空間電荷制限領域になるものを用いることによって、電子銃の正常動作及び再現性と安定性を得ることが出来た。(次節、及び図5参照)

5) グリッドパルサーの出力インピーダンス⁴⁾ (短パルスの場合)

カソード-グリッド間のインピーダンスは、放射電流が増えるとともに下がるが、それに応じて、グリッドパルサーの出力インピーダンスを下げた結果、グリッドパルサーと電子銃のインピーダンスマッチングがほぼとれ、カソード-グリッド間に十分な電圧をふりこむことが出来た。

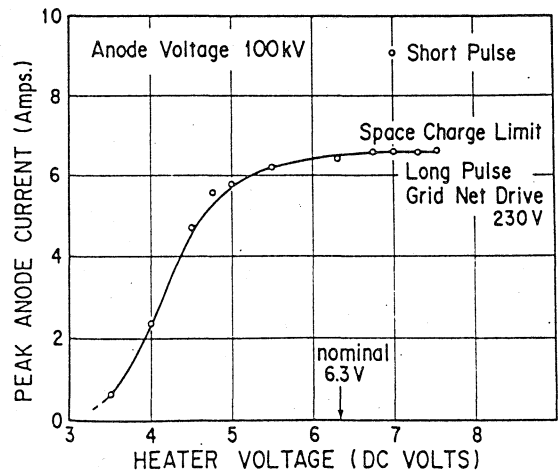


図5 電子銃特性(1)

short pulse 10 ns, long pulse 1 μs 幅

§ 4 電子銃の特性結果

図5に、ヒーター電圧対アノード尖頭電流特性の一例を示す。ヒーター定格電圧 6.3 V (810 °C) で、空間電荷制限領域になっている。また、図6には、カソード-アノード間のパルス電圧対アノード尖頭電流の関係を示す。短パルスの場合、図より、パービアンスが $0.263 \mu A/V^{3/2}$ と求められるが、

図4で述べた計算値とよく一致している。また、グリッドパルサーと電子銃のインピーダンスマッチングから、カソード-グリッド間のインピーダンスは、約 17 Ω と推定される。長パルスの場合、カソード電流を測ることによって、グリッド電流が、アノード電流の約 25 % であることが判った。

8.5 結論及び考察

今回の改良によって、電子銃の特性が明らかにされ、その正常動作及び再現性と安定性も、保証されるようになった。カソード-アノード間電圧、110 kV、パルス幅、10 ns の短パルスで、アノード尖頭電流が最大約 10 A (12 A/cm² の電流密度に相当する)、パルス幅、1 μ s の長パルスで、最大 7 A 得られた。トリストランリング入射条件は、パルス幅が 2 ns 以下なので、電子銃からの 5 ns 幅のパルス電流を、SHB (SubHarmonic Buncher) によって、2 ns 以下に縮めて入射しているが (e^+ 電流は、約 4 mA)⁵⁾、グリッドパルサーのトランジスターの応答速度が遅く、グリッドパルスの振幅が減るために、5 ns 幅では電子銃からの放射電流は、6 A に減っている。最近、新しいトランジスターを用いたグリッドパルサーによって、パルス幅が、3~4 ns で 9~10 A の放射電流が得られる見通しとなったので、現在、パルス幅に関して SHB との最適な組合せを考慮中である。図7に、電子ビームの波形の一例を示す。

一方、図6からもわかるように、カソード-アノード間の電圧を更に上げれば、電子銃からの放射電流が増えるだけでなく、プレバンチャー、バンチャーとの関係や、ビーム軌道も改善されるので、カソード-アノード間の電圧を、150 kV に上げてテストを行っている。

この様な大電流電子銃の寿命については、現時点では不明だが、実際の運転時の重要なパラメーターの一つであるので、今後明らかにしていく予定である。

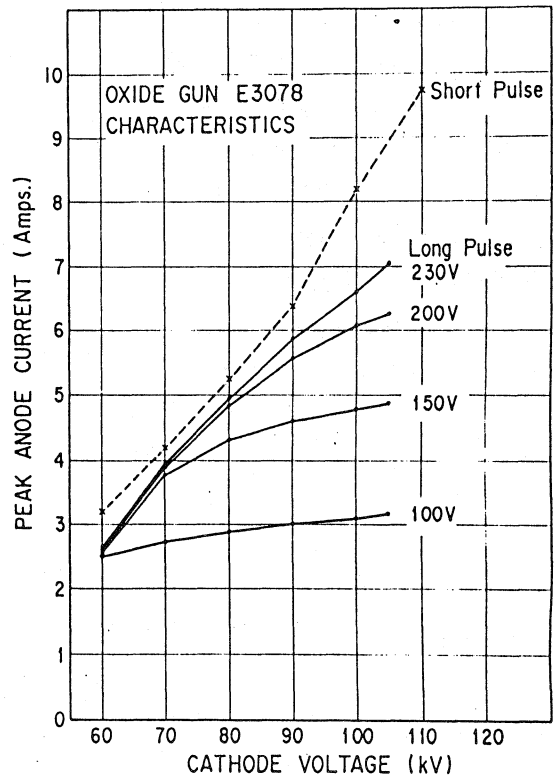


図6 電子銃特性(2) heater voltage 7.0 V

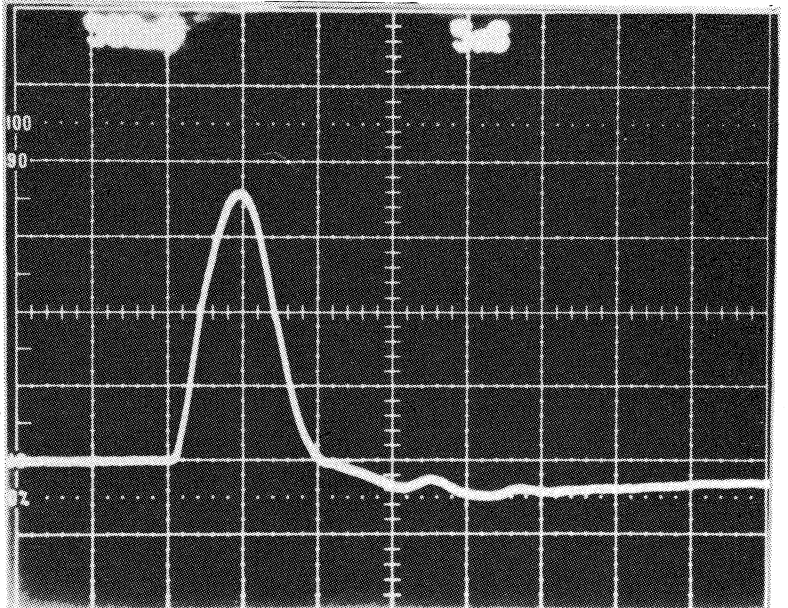


図7 電子ビームの波形の一例 (壁電流モニターで観測)

参考文献

- 1) Y. Ogawa et al., "Electron Gun of KEK e^+ Linac", Proc. 10th Linac Meeting, Kawatabi, 38, 1985.
- 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.
- 3) W.B. Herrmannsfeldt, "Electron Trajectory Program", SLAC Report 226, November 1979.
- 4) Y. Otake et al., "Short Pulse Grid Pulser for the Gun of the Positron Generator (II)", presented at this meeting.
- 5) S. Ohsawa et al., "Beam Characteristics of KEK e^+ Injection System", presented at this meeting.