

AN IMPROVEMENT OF THE INJECTION SYSTEM AT THE JAERI LINAC

K. Mashiko, Y. Nobusaka, N. Akiyama, N. Ishizaki, T. Shoji, Y. Kawarasaki
Japan Atomic Energy Research Institute

Abstract

A new injection system has been designed and constructed at the JAERI LINAC in 1983. The maximum peak current is expected to be 24A and 12A at pulse widths of 5 and 10ns, respectively, which correspond to the accelerated beam current of 120nC in each pulsed beam. Main improvements consist of the replacement of the electron gun to the new type N-2 and the modification of the gun modulator to the one based on the transistor circuit. This paper will briefly describe the characteristic and performance of the newly developed gun and also the time schedule of the installation.

はじめに

原研では、リニアックの加速ビーム強度がパルス幅 5~10ns で最大尖頭電流 12~24 A を目標として、電子銃及び周辺電気回路の改造に着手した。昭和58年末には、新電子銃 N-2 型、グリッドパルサー、バイアス回路、フィラメント電源回路と光通信方式の制御回路の製作を開始した。この改良の概要と今までに使用された電子銃の性能の経過と問題点、新電子銃の設計性能と今後の予定などについて述べる。

1. 新電子銃と周辺電気回路の構成

改造後の構成概要を Fig. -1 に示す。この改造では、従来の電子銃 N-1 型 (現用) を N-2 型に変える。チョークコイルによるトリガー伝送方式をやめる。グリッドパルサーのスイッチ管 5C22 をトランジスタスイッチ回路にする。電子銃へ印加する電源回路は全てトランジスタなどの固体素子化する。新たに光ファイバーを用いた通信方式で、マイクロコンピュータによる電子銃制御を行う。これらにより、電子銃に最大 160 kV の電圧を印加し、パルス幅 10ns, パルス繰返し 600pps で最大尖頭電流 30 A の電子放出を行い、リニアック加速ビームを最大尖頭電流 12 A とすることを目標としている。

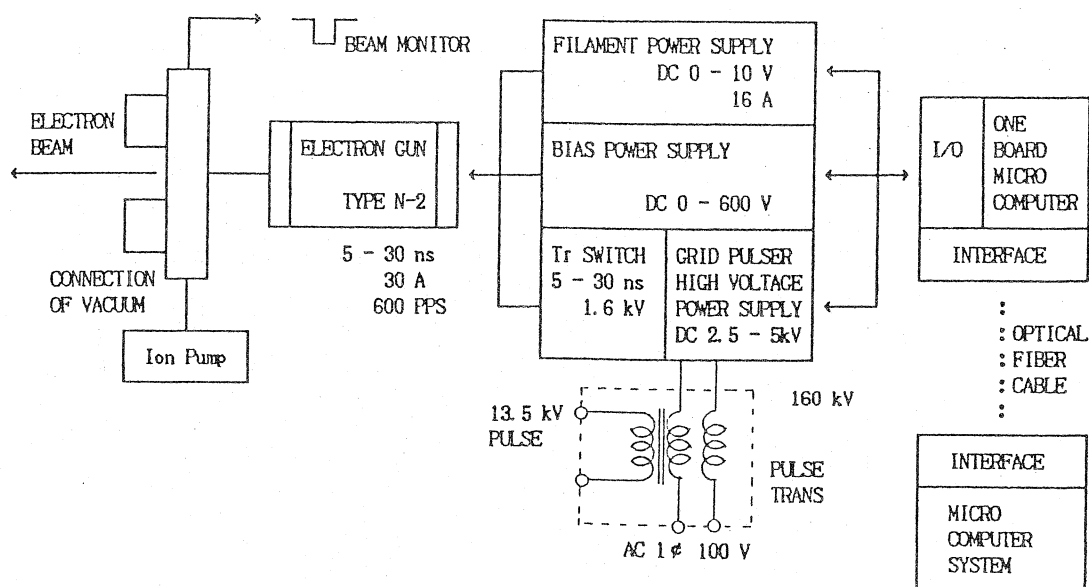


Fig. -1

電子銃及び周辺電気回路の構成

2. 電子銃性能の経過と問題点

原研の第2世代の現リニアック (120 MeV) の電子銃は、建設当初のものが 0 型で、2 代目 (現用) は N-1 型である。今回製作しているものは N-2 型で 3 代目となる。この電子銃の性能の比較を Table-1 に示す。

(1) 電子銃 0 型

この電子銃によって得られた最大加速電流はパルス幅 30ns で最大尖頭電流 2.9 A で、定常運転時には 2.5 A であった。S 55 年末まで使用した。この型の問題点は次のようなものであった。 a.) 全放出電流が少ないこと。 b.) 同軸型でないため短い幅のパルス伝送特性が良くないこと。 c.) グリッド電圧が高い (+2 kV) こと。 d.) フィラメント、カソードとグリッドの組付けが難しい構造で寸法精度の維持に熟練を要すること。 e.) パルス伝送用同軸管とグリッドの接続は、工場出荷時スポットウェルディング処理をしているため 2 回目の分解ができなかったこと。

(2) 電子銃 N-1 型 (現用) (*1)

大電流電子銃 N-1 型は、0 型の使用経験をもとに設計製作された。この電子銃によって得られたリニアックの最高加速性能は、パルス幅 30ns で尖頭電流 4A、パルス幅 20ns で尖頭電流 6A、パルス幅 10ns で 7.3A、(グリッド電圧不足)であった。この結果から、原研リニアックは、120 nC の加速能力があることが実験的に判った。従って、パルス幅 10ns で尖頭電流 12A、パルス幅 5ns では 24A が加速できると期待されている。この加速電流を得るためには次のような問題点を解決することが必要である。 a.) リニアックビーム透過率 40~60% を更に向上させること。

b.) 電子銃カソードの全放出電流を大きくすること。

c.) 早い立ちあがり短い幅のグリッド電圧を得ること。

d.) グリッドの曲面の変形を防止すること。

e.) フィラメント、カソードとグリッドを一体化構造として、設計された寸法精度が維持されるよう工場で作る。

f.) 電子銃カソード電圧を 120 から 160kV に上げ、パンチの効率を向上すること。N-1 型は S 56 年から使用している現用電子銃である。

| 電子銃 | | 0 型 | N-1 型 | N-2 型 |
|------------------------|-------|--------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| 構造 | | ピアス型 3 極 | ピアス型 3 極 同軸型 | ピアス型 3 極 同軸型 |
| カソード電圧 | | 100 kV | 120 kV | 120-160 kV |
| アノード電流(Peak) | | 7 A | 15 A | 30 A |
| グリッド電圧 | | 2 kV | 860 V | 480 V |
| バイアス電圧 | | 500 V | 430 V | 370 V |
| カソード直径 | | φ 17 mm (2.27cm ²) | φ 25 mm (4.9cm ²) | φ 20 mm (3.14cm ²) |
| 電子放出密度 | | 3 A/cm ² (1050°C) | 3 A/cm ² (980°C) | 9.5 A/cm ² (1025°C) |
| カソード形状 | | 円形, 放物面 | 円形, 放物面 | 円形, 平面 |
| カソード物質 | | NJRC-N (含浸形) | NJRC-S (含浸形) | NJRC-E (含浸形) |
| メッシュ形状 | | 正方形, 放物面 Au メッキ | 亀甲状, 放物面 Au メッキ | 亀甲状, 平面 Au メッキ |
| メッシュ寸法 (mm) | | | | |
| グリッド-カソード距離 | | 1.5 mm | 1.25 mm | 0.7 mm |
| グリッド-アノード距離 | | 35 mm | 32 mm (可変) | 28 mm (可変) |
| グリッド, フィラメント, カソード 外套管 | | 組立式 熔融石英 | 組立式 熔融石英 | 一体化構造 (工場組立) セラミック |
| リニアック 加速性能 | パルス幅 | 30 ns | 30, 20, 10 ns | 5, 10 ns |
| | 尖頭電流 | 2.5 A (2.9 A) | 4, 6, 7.3 A | 24, 12 A |
| | パルス繰返 | 300 pps | 300 pps (450pps) | 600 pps |
| | ビーム出力 | 2.7 kW | 4.32 kW (6.48 kW) | 8.64 kW |

Table-1 原研リニアック電子銃性能目標比較表

(3) 新電子銃 N-2 型

いくつかの電子銃の使用経験とカソード製作技術の進歩によって加速ビーム強度向上の問題を解決できる状況となってきたこともあって、S 57 年から検討してきた新電子銃を製作することになった。原研機械図を Fig. -2 に示す。

電子銃アノード, ウェネルト電極は、ピアス型高パービアン電子銃のビーム軌道解析プログラム(*2)により計算機による電気形状の計算を行った。この結果の一例を Fig. -3 に示す。最終製作図を Fig. -4 に示す。この電子銃カソードの特性を Fig. -5 に示す。

この電子銃の特徴は

(1) フィラメント, カソードとグリッドが一体化して工場生産されるため寸法精度が正しく維持される。このアッセンブリ交換は、フランジの ICF-70 の 6 個のボルトの脱着により取り付けられる構造である。

(2) 含浸形カソードは、最近開発された NJRC-E 型で、直流試験で 11A/cm (1050°C) の電子放出が得られるものである。

(3) カソード電圧は、160kV まで印加するためにセラミック外套管とした。この外套管は高工研田中教授の発案による、電子銃セラミック外套管規格と同じものを採用した。

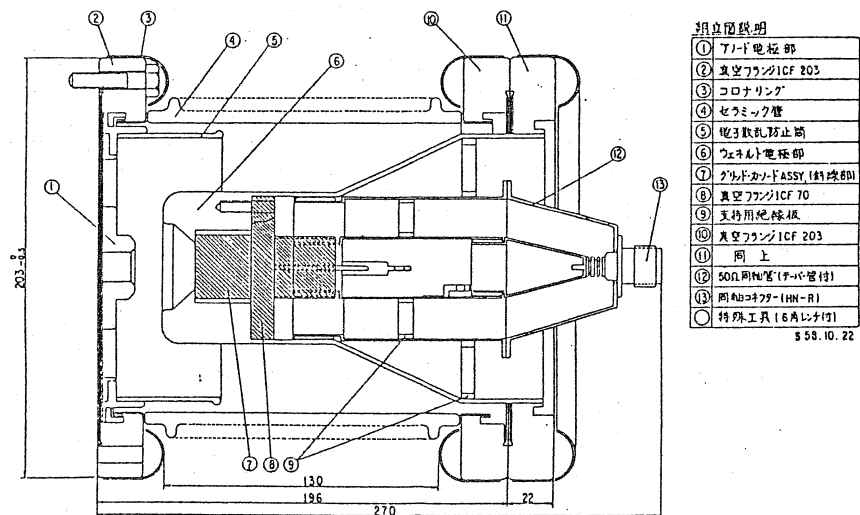


Fig. -2 原研 LINAC 電子銃 N-2 型 設計組立図

- 組立図説明
- ① アノード電極部
 - ② 真空フランジ ICF 203
 - ③ コロナリング
 - ④ セラミック管
 - ⑤ 電子散乱防止筒
 - ⑥ ウェネルト電極部
 - ⑦ グリッドカソード ASSY (特殊部)
 - ⑧ 真空フランジ ICF 70
 - ⑨ 支持用絶縁板
 - ⑩ 真空フランジ ICF 203
 - ⑪ 同上
 - ⑫ 50Ω 同軸管 (チーベ管付)
 - ⑬ 両軸コネクタ (HN-R)
 - ⑭ 特殊工具 (6A レナ付)
- S 58.10.22

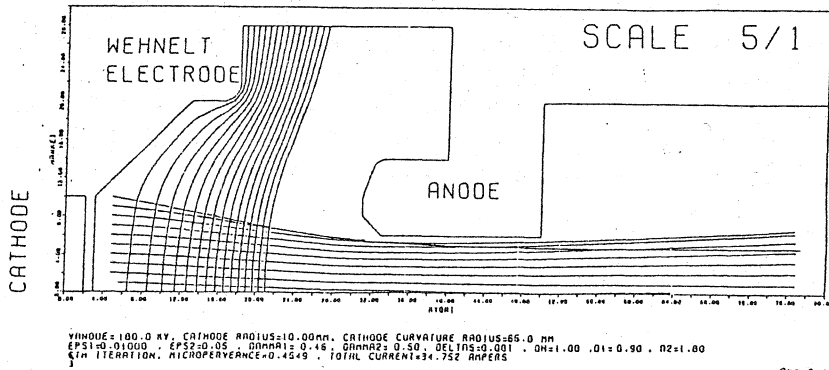


Fig.-3 N-2 TYPE ELECTRON GUN
THE ELECTRON TRAJECTORIES

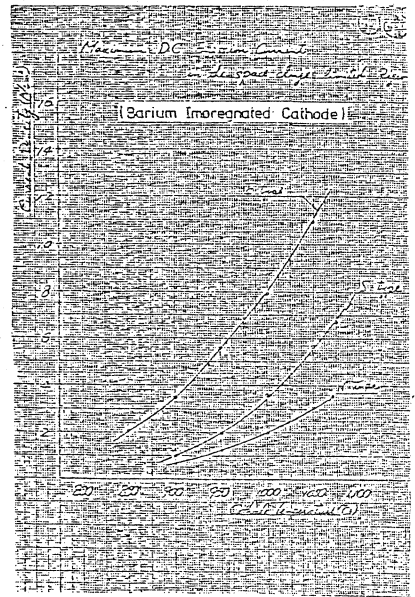


Fig.-5 電子銃カソードの特性

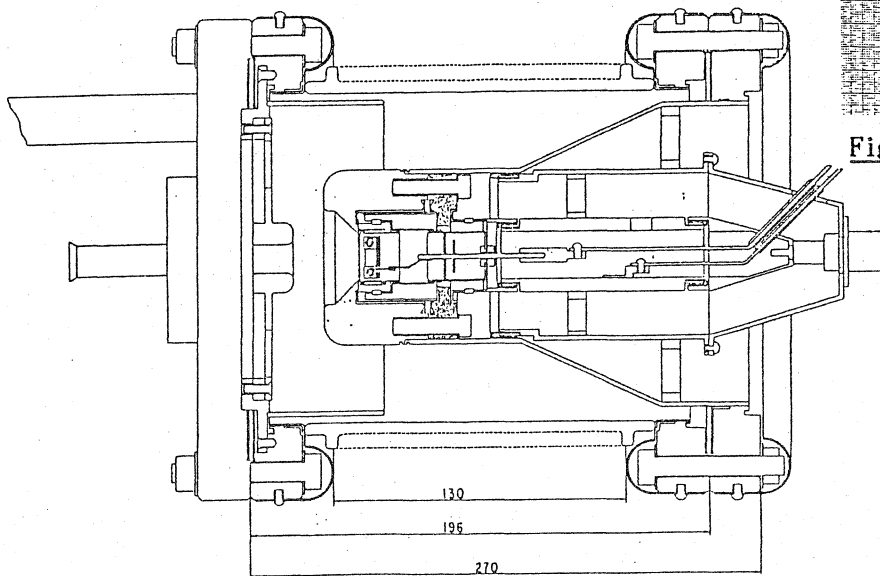


Fig.-4 原研LINAC電子銃 N-2型製作組立図

(4) 今後の予定計画

新電子銃N-2型は、S 59年 5月に500 C のベーキングと真空試験を行い 8Lイオンポンプで排気して、イオンポンプ電流 1 μ A以下の良好な結果を得た。一体化構造のカソード、フィラメントとグリッドアセンブリは、一部手直しのため製造が遅れている。S 59年 8月には、リニアックでベンチテストを行う。周辺電気回路は、S 59年12月までには全部の回路が完成する。

(*1) PROCEEDINGS OF THE 6TH MEETING ON LINEAR ACCELERATOR IN JAPAN
27-29, JULY, 1981 p67~p70 原研 益子 他5名

(*2) デジタル計算機による高パービアンス電子銃の解析
13, MAY, 1966 電気通信学会 東大工 二宮, 大越, 神内