

20-P17

PERFORMANCE OF AN INJECTOR SYSTEM FOR THE ETL ELECTRON LINAC, TELL

M. YOKOYAMA, M. KAWAI, S. HAMADA, T. YAMAZAKI^a, T. NOGUCHI^a, T. MIKADO^a,
S. SUGIYAMA^a, K. YAMADA^a, M. CHIWAKI^a, H. OHGAKI^a, R. SUZUKI^a, T. OHDAIRA^a,
N. SEI^a and S. OKABE^b

Kawasaki Heavy Industries, Ltd. 1-1, Kawasaki-cho, Akashi 673, Japan

^aElectrotechnical Laboratory 1-1-4, Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan

^bOkabe Keisoku Kogyosho 1, Nozawa, Setagaya, Tokyo 154, Japan

ABSTRACT

A new injector of the ETL linac TELL was prepared to improve the quality of the electron beam and the efficiency of injection to storage rings, TERAS, NIJI-IV, and so on. The generation of the beam current 600mA (pulse width of $1 \mu\text{s}$) from an electron gun and the generation of 2ns short pulsed beam required for the single bunch injection to NIJI-IV were already achieved. The emittance and the energy spread of the electron beams will be measured downstream of the new injector. The operation of TELL by using the new injector will be started after the measurements.

電総研リニアック用電子入射器の特性試験

1. はじめに

電総研と川崎重工業(株)は、電子ビームの質を向上させて、汎用の電子蓄積リングTERASやFEL専用の電子蓄積リングNIJI-IV等への入射効率の向上や、選択した特定のバンチのみへの蓄積(シングルバンチ入射等)を目的として、電総研リニアックTELLの新しい電子入射器[1]の運転準備を進めている。

現在、その入射器の性能試験を行っており、既に、電子銃の立ち上げ、及びNIJI-IVのシングルバンチ入射に必要な2nsのショートパルスビームの生成確認を終了している。今後エミッタンス及びエネルギー分散測定を行う予定である。本稿では、性能試験の現状とエミッタンス測定装置及びエネルギー分析装置の設計について報告する。

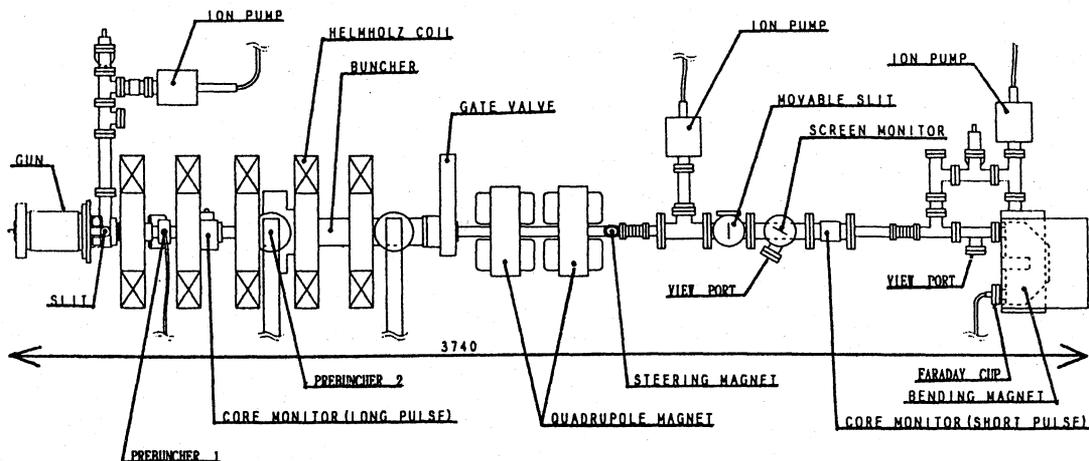


図1 新しい入射器及びその測定系の概略図

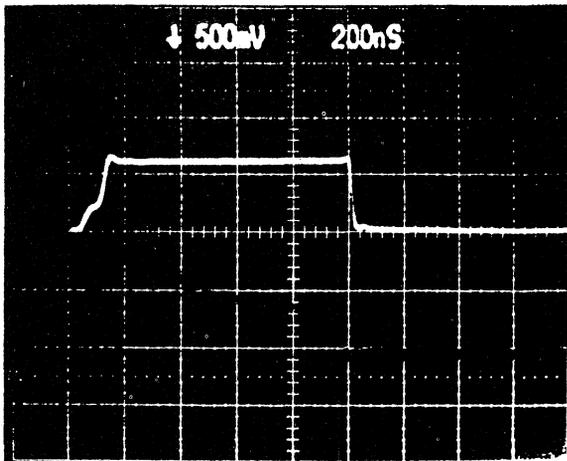


図2 ロングパルスビーム出力波形

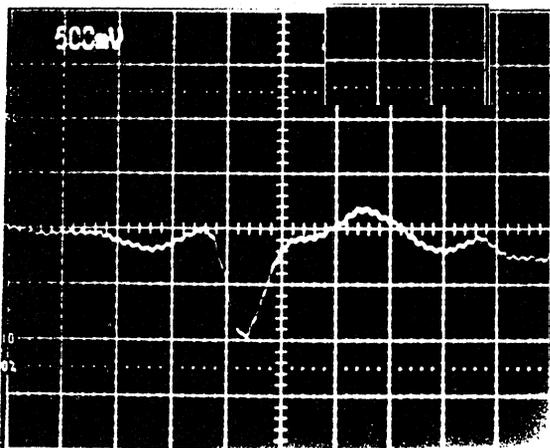


図3 2nsショートパルスビーム出力波形

2. 性能試験の概要及び現状

図1に新しい入射器及びその測定系の概要を示す。準備した新しい入射器は、主に低エミッタンスの電子ビーム生成のためのY646B(アイマック)を用いた電子銃、プリバンチャー1、プリバンチャー2、及びバンチャーからなる。電子銃とプリバンチャー1の間には、ロングパルスの電子ビームカレントをモニターするコアモニタが設置されている。また、アモルファスを用いたコアモニタが2nsショートパルスビーム生成の確認のために下流部に設けられている。

エミッタンスは、4極電磁石、可動式のスリット及びスクリーンモニタにより、また、エネルギー分散は、2極電磁石とファラデーカップにより測定されるべく下流部に設置されている。

電子銃部のベーキング等による真空度の向上と共に加速電圧を上げて行き、現在加速電圧80kV、フィラメント電圧7V、バイアス電圧50V、グリッド電圧120Vにおいてビーム幅1μsで電流値600mAをコアモニタによって確認

している(図2)。また、図3に示すようにNIJI-IVへのシングルバンチ入射に必要となる2nsのショートパルスビームも確認している[2]。

3. エミッタンス測定方法

エミッタンスの測定方法としてはペーパーポット法[3]や、スリットとワイヤーグリッドを用いた方法[4]、スリットとスクリーンを用いた方法、4極電磁石とスクリーン[5]を用いた方法等がある。本測定はバンチャーにより4MeV程度まで加速されたビームについて行う。ペーパーポット法では、加工精度の良いペーパーポットが要求されるが、4MeVの電子ビームを遮断するためには遮断能力のよいタングステンでも2mm以上厚さが必要[6]となり加工精度を得ることが困難となる。スクリーンはビームの位置確認(下流にあるエネルギー分析器入射へのビーム軸調整)としても容易に用いることができるため有用である。そこで、スリットとスクリーンを用いる方法を採用した。

図4にエミッタンス測定に関する概略図を示す。スリットを用いて精度よくエミッタンスを測定する場合、

- ①スリットの幅 $\Delta X \ll$ ビームサイズ
- ②スクリーン上でのビーム拡がりスリットの幅 ΔX と比較して有意に大きいこと
- ③TWISS パラメーター $\alpha = 0$ のポイントがスクリーンとスリットの間でないこと

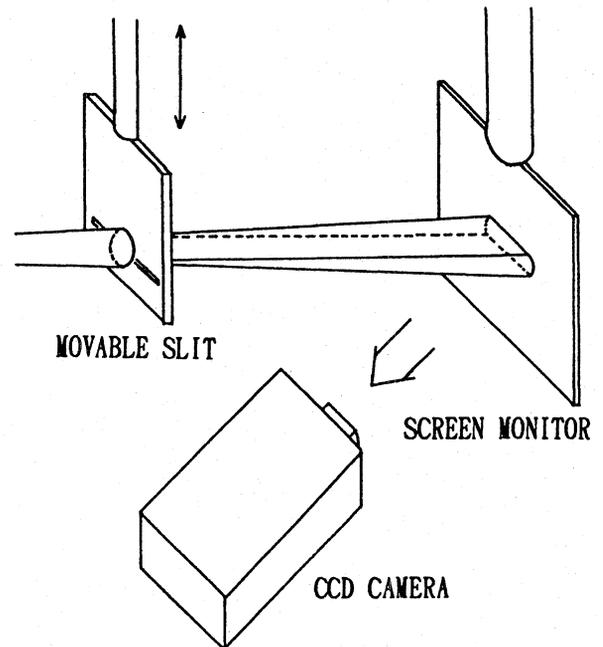


図4 エミッタンス測定の概略図

が要求される。スリットの幅は①及び②を満たし、さらに加工精度が保証されるように $0.1\text{ mm} \pm 0.005\text{ mm}$ とした。(厚さ 2.5 mm のタングステン製)測定されるエミッタンスを $1 \sim 10\pi\text{ mm.mrad}$ 、ビームの大きさをスリット上で半径 $3 \sim 7\text{ mm}$ の円で $\alpha = 0$ であると仮定し、スリットとスクリーンの距離は 18.5 cm とした。その仮定によればスリット通過後のスクリーン上でのビーム拡がりは $0.4 \sim 10.5\text{ mm}$ となり十分測定可能である。

スクリーンはアルミナセラミック (Al_2O_3)を用いる。電子ビームによる蛍光をCCDカメラで撮影し、画像処理することにより解析を行う。CCDカメラに電子銃のトリガーに同期して遅延したトリガーを入力しシャッターを切り、ビームの密度と測定する光の輝度の線形性を向上させる[5]。

4. エネルギー分散測定方法

図5にエネルギー分散測定装置の概要を示す。本測定のような2極電磁石を用いてエネルギー分散を測定する場合、その系のエネルギー測定精度 $\Delta E/E$ は、入射スリット部でのビームの拡がり 3° 以内において近似式が成り立つ。

$$\Delta E/E \sim (1 + 1/\gamma_0) \Delta S_0 / 2R_0 \quad (1)$$

$$\Delta S_0 = S_1 + S_2$$

ここで、 S_1 は分析用2極電磁石の入り口スリットの幅、 S_2 は出口スリットの幅、 R_0 はラーマ半径、そして γ_0 はローレンツファクターである[7]。本装置では、入射器で生成された電子ビームのエネルギー及び分散がそれぞれ 4 MeV そして $\pm 5\%$ 以上であると仮定し、10ポイント以上の測定点を得られるように $\Delta E/E \leq 1\%$ として設計した。決定した寸法値は、 $R_0 = 10\text{ cm}$ 、 $S_1 = 1.9\text{ mm}$ 、 $S_2 = 0.1\text{ mm}$ である。両スリットは、 4 MeV の電子ビームがスリットのホール外を通過しないように厚さ 2 mm のタングステンにより製作されている。また、磁石のヒステリシスによる測定精度の劣化をなくすために分析電磁石にはホール素子が常設されている。

5. まとめ及び今後の予定

電総研リニアックTELLの新しい入射器の電子銃の立ち上げを行いビーム幅 $1\mu\text{ s}$ で電流値 600 mA のビームを引き出すに至っている。また、その入射器により生成されたビームの性能を評価するためのエミッタンス及びエネルギー分散測定器を設計した。今後、それらの測定の終了後、今年中に新しい入射器によるTELLの運転を行う予定である。

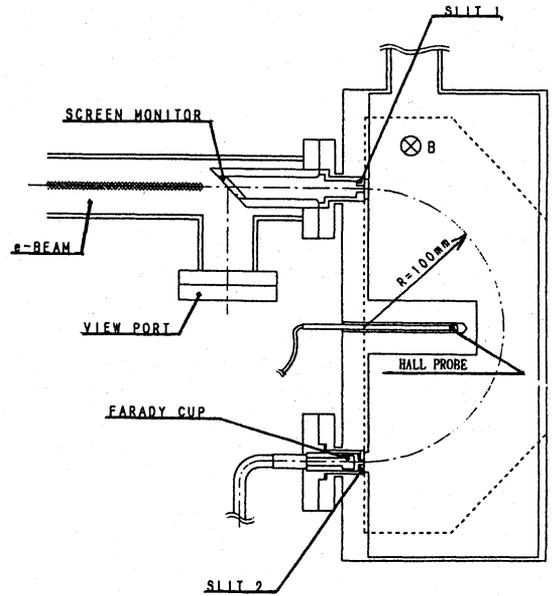


図5 エネルギー分散測定装置の概略図

参考文献

- [1]R. Suzuki, T. Mikado, H. Ohgaki, M. Chiwaki, K. Yamada, N. Sei, S. Sugiyama, T. Noguchi, T. Yamazaki and S. Okabe, Proc. 18th linear accelerator meeting in Japan, 1993 p.426.
- [2]M. Yokoyama, M. Kawai, S. Hamada, K. Owaki, T. Yamazaki, T. Mikado, K. Yamada, N. Sei, S. Sugiyama, H. Ohgaki, T. Noguchi, R. Suzuki, M. Chiwaki, T. Tomimasu, Nucl. Instr. and Meth. A341(1994)367.
- [3]Y. Yamazaki, T. Kurihara, H. Kobayashi and A. Asami, Proc. 16th linear accelerator meeting in Japan, 1991 p.278.
- [4]H. Tanaka and T. Nakanishi, Proc. 16th linear accelerator meeting in Japan, 1991 p.284.
- [5]Y. Hashimoto, M. Muto, K. Norimura and K. Watanabe, Proc. 8th Symp. on Accelerator Science and Technology, RIKEN November 1991, P314.
- [6]放射線基礎定数表 I (電子技術総合研究所調査報告 第170号 1970) .
- [7]M. Kawai, Y. Kawamura and K. Toyoda, J. Appl. Phys. 66, 2789(1989).