

20 a - 5

THE FELI LINAC AND IR-FEL FACILITIES

Tomimasu T., Morii Y., Ohshita E., Abe S., Ohkuma S., Koga A., Miyauchi Y., Zakou A., Nishimura E.,
Saeki K., Yasumoto N.*, Kobayashi A., Sato S., Keishi T., Tongu E. and Nagai A

Free Electron Laser Research Institute, Inc. (FELI)
4547-44, Tsuda, Hirakata, Osaka 573-01, Japan

ABSTRACT

FELI linac and IR-FEL facilities are in the final commissioning stage. The linac is composed of a 5-MeV electron injector and seven ETL type accelerating waveguides with a length of 2.93 m ($2\pi/3$ mode, linearly tapered type). The injector consists of a 150-kV DC thermoionic triode gun operated by a 178.5-MHz and 500-ps pulser, a 714-MHz prebuncher (SHB), and a 2856-MHz standing wave type buncher (SWB). The emission current of the 0.5-ns beam is 2.3A at the anode voltage of 117kV. The buncher and three accelerating waveguides have been commissioned with 20 MW RF pulses of 12.5 μ s duration. The flatness of the RF output from the klystron 3729 is order of 0.1% even at 24 μ s duration.

The linac beam is already accelerated and will be sent to two vertical type undulators using S-type BT systems installed at 30-MeV and 75-MeV sections at a 12.5 μ s pulse beam load in July.

FEL研リニアックと赤外域FEL施設

1. はじめに

FEL研の建物が1993年11月15日に完成し、12月中旬から加速管架台の搬入と据付、ビームモニター等のケーブル布設など電子リニアックの組立が始まった。1月には加速管の搬入・検査、据付とビーム軸アライメントの他クライストロンパルサー、駆動用RF電源、SHBクライストロン電源の搬入と据付があり、性能テストと手直しが3月末までかかった。2月には加速管直線部真空系のリークテスト、直線部とビーム輸送系の電磁石と電源の搬入と据付、3月には電子入射器の据付・調整、電磁石のアライメントとビーム輸送系の真空テスト、導波管や位相器などの立体回路系の組立と真空テスト、導波管内のSF₆ガス圧調整器などは4月中旬となった。4月からは加速管のガス圧と真空の立ち上げ、RFによる加速管の枯し運転を始めるとともにアンジュレータNo. 1とNo. 2の搬入と据付、磁場測定を行った。加速室でのアンジュレータの磁場測定もあるので12.5 μ s長RFによる加速管のエージングは4月下旬から5月中旬まで夜も交代で行った。5月は連休と研究所の開所式があり、納入装置の手直しも多かったので初ビーム加速は5月27日になった。6月は電子入射器の性能テストを中心にビーム

加速を行い、7月には光共振器と光伝送系が据え付けられ、調整と手直しを考えると本格的なFEL実験は7月中旬以後となる。

2. 電子リニアック加速管のガス出し

FEL研では温水制御系の加速管などの負荷の前後に50kW級のラインヒーターを1台ずつ温度制御用に用いているが、2台併せて100kWで加速管を90℃まで上げてガス出しを行った。90℃になるまでの時間は約5時間である。ガス出しは4月15日が約11時間、4月20日～21日には約24時間行った。

図1は4月15日のガス出しのデータである。図中に入射器、加速管によってガス出し程度に差があるのは、ターボポンプの負荷と真空ゲージの位置による。ガス出し後、加速管によっては 1×10^{-6} Pa程度の高真空となっている。

3. 電子入射器と加速管のRFエージング

電子入射器と加速管の真空度が悪いところで、 2×10^{-5} Pa以下となった4月下旬から5月中旬まで夜も交代でこれらのRFエージングを行った。RFにはモード2運転によるクライストロン(東芝E3729)からの12.5 μ s長の2856MHz RFパルスを用いた^{1, 2)}。最初から12.5 μ s長パルスでは、真空悪化が著しいので駆動用RFのパルス幅をトランジスタスイッチ

* Osaka National Research Institute
8-31, Midorigaoka, Ikeda, Osaka 563, Japan

制御³⁾で少しずつ長くしながらエージングを行った。モード2運転のクライストロンからは最大34MWの出力が得られるが、5MeV電子入射器のバンチャーに必要な2MWを供給できるまでエージングを行った。この時のクライストロン出力は20MWで、入射器に2MW、第1加速管に8MW、第2、第3加速管に5MWずつ分配される。34MWまでRFを入れるにはまだエージングが必要で、電子加速を行いながらエージングを行っている。SHBの714MHz RFによるエージングは、RF電界強度がバンチャー部の約1割強なのでエージングに時間はかからなかった。

4. 電子ビーム加速

5MeV電子入射器の電子銃は熱陰極型(Y646B)で、グリッドパルサーはKENTECH INSTRUMENTS社の500psパルサーである⁴⁾。パルサーとして178.5MHzパルサーと22.3125MHzパルサーの2台用意している。

写真1は、178.5MHzトリガー時の電子銃直後のパルス電子製コアモニター出力を示す。アノード電圧117kVで150V-500psグリッドパルサーによる電子銃のエミッション電流は2.3Aである。

電子銃加速にはDC150kV電源が使用できるが、高圧エージングが十分でないため75kVで入射テストを始めた。電子加速はこれまでのエージングと比べて簡単で、5月27日には電子入射器を第1加速管まで通し、5月30日は今年目標である第3加速管まで通した。加速には電子入射器出口、各加速管の入口と出口に用意したデマルケスト板を用いたビーム位置モニタを利用し、3mmφ程度に絞りながらビームを軸中心に沿って通した。

ビーム加速に費やした時間の多くは、ビーム位置観測用カメラの位置や絞りの調整、四極電磁石やステアリングコイルの計算機制御である。制御個数が100~200程度の場合では従来のボタン制御・数値表示方式の方がはるかに能率がよい。

写真2は第3加速管出口におかれた水槽に入射された約60MeV電子ビームによるチェレンコフ光である。写真3は第3加速管出口のステンレス窓で塩化ビニールシートに焼き付けたビームスポットである。電流は1.5μAで照射時間は20秒である。

図2はRF系と4台のアンジュレータ配置も含めたFEL研電子リニアックの構成概略図である。チェレンコフ光を撮影した水槽は第3加速管AT3の下流Ebの位置におかれている。

5. アンジュレータ

2m長のアンジュレータ(No.1)と3m長のアンジュ

レータ(No.2)の据付と磁場測定、磁場の再調整は4月から5月にかけて行われた。表1にそれらの特性を示す。磁場ピーク値の位置変動はK=1の前後で0.2%に調整されている。

表1 アンジュレータの特性

	No.1	No.2
タイプ	Nd-Fe-B	Nd-Fe-B
周期長 λ_w (cm)	3.4	3.8
周期数N	58	78
長さ L_w (m)	2	3
ギャップ(mm)	20	20
最大磁場強度 B_0 (T)	0.32	0.40
Kパラメータ K_{max}	1.0	1.4
発振波長(μm)	22-5	6-1
FEL平均出力(W)	3	8
光学共振器長(m)	6.718	8.398

6. 光共振器と光伝送系

光共振器はできるだけコンパクトになるように光共振器長とアンジュレータ長の比は3前後に設計されている。FELIXのようにミラー駆動機構を高真空槽内にセットするため駆動機構に制約があり、ミラー位置制御の再現性確認等に手間取っている。LINAC-FELは、RING-FELと違って光共振器近くの放射線量が多いため、光共振器の近くに人がおれず、光伝送系で自発放出光を観測しながらの調整となるので、光伝送系を初めから設置する必要がある。FEL研の場合、利用実験室までの最長光伝送路は80mになる。

7. 謝辞

三菱電機(株)の鈴木敏允氏、西原進氏、花川和之氏、東芝の米澤宏氏、日新電機(株)の宮井裕三氏、伊藤勲氏、(株)ダイヘンの三宅修治氏、日本高周波(株)の松本博文氏、パルス電子(株)の油浦守正氏、三菱重工業(株)の大久保光一氏、福島安雄氏、石川島播磨重工業(株)の萬代新一氏、高橋光幸氏、(株)神戸製鋼所の和佐泰宏氏、住友電気工業(株)の岡崎徹氏、飯田博志氏、松下電器産業(株)の牧野正志氏、長野寛氏の協力を得ました。ここに感謝の意を表します。

8. 参考文献

- 1) Y. Morii, et al., in this proceedings
- 2) E. Ohshita, et al., in this proceedings
- 3) S. Abe, et al., in this proceedings
- 4) T. Tomimasu, et al., "FELI ELECTRON LINAC AND IR~UV-FEL FACILITIES" 18th Meeting on Linac in Japan (1993)21.

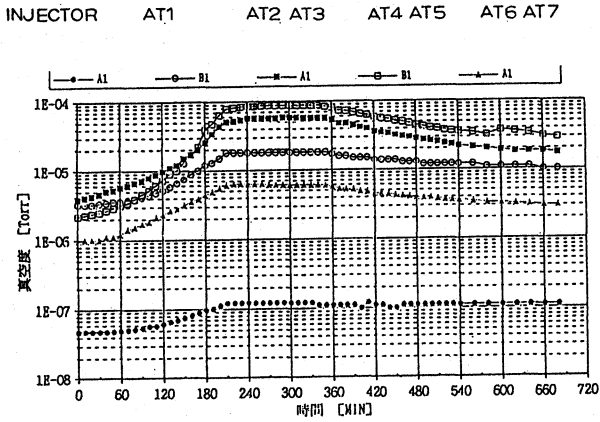


図1 ガス出し時の真空圧の変化

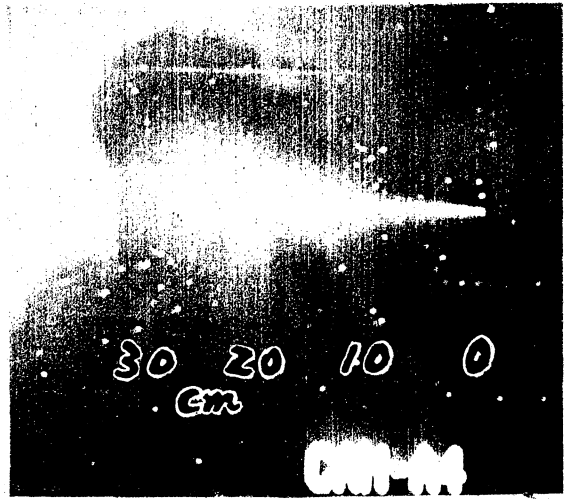


写真2 電子ビームによるチェレンコフ光

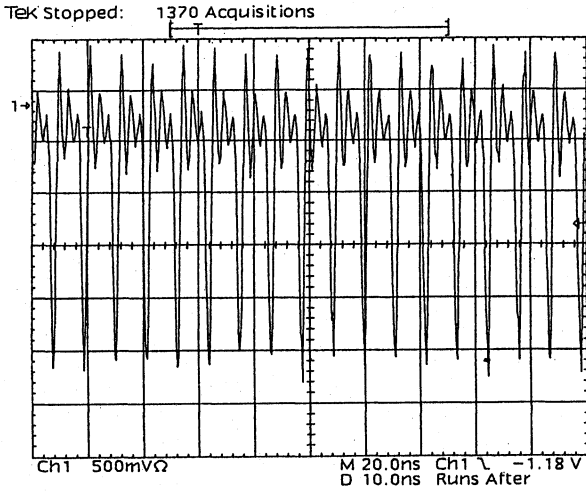


写真1 電子銃出力パルス



写真3 電子ビームスポット(1.6 μ A 20秒照射)

KLYSTRON POWER pulse length	KLY1, KLY2	P1	P2	Ea	Eb	Ec	Ed
24.0 μ s	24MW	12.0MW	6.0 MW	30MeV	75MeV	120MeV	165MeV
12.5 μ s	34MW	17.0MW	8.5 MW	39MeV	90MeV	142MeV	195MeV
0.5 μ s	70MW	35.0MW	17.5 MW	55MeV	132MeV	208MeV	288MeV

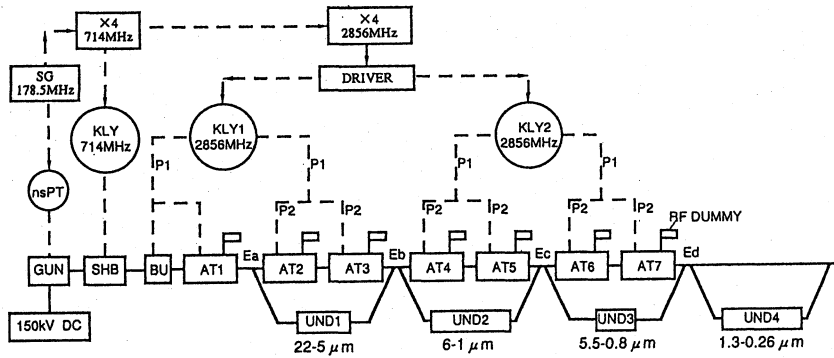


図2 RF系と4台のアンジュレータを含めた電子リニアックの構成図