

[F16p17]

BEAM INJECTION SYSTEM OF FEL LINAC AT NIHON UNIVERSITY

T.Tanaka, K.Hayakawa, Y.Hayakawa, Y.Matsubara, K.Sato, I.Sato, I.Kawakami,
H.Nakazawa*, K.Yokoyama*, K.Kanno*, T.Sakai*, K.Nakahara**, S.Anami**, S.Fukuda**,
S.Ohsawa** and T.Kamitani**

Atomic Energy Research Institute, Nihon University

7-24-1 Narashinodai, Funabashi, 274-8501 Japan

*College of Science and Technology, Nihon University

7-24-1 Narashinodai, Funabashi, 274-8501 Japan

**High Energy Accelerator Research Organization

1-1 Oho, Tsukuba, 305-0801 Japan

Abstract

Primary design of the injection system of the 125 MeV linac at Nihon University assumed the use of a photo-cathode rf electron gun. However, there still remains further R&D on cathode materials and operation of high power laser. Use of the electron beam for the FEL and other experiments, prior to development of the rf gun system, was started with a conventional DC gun system. The gun and the buncher system were moved from KEK. The gun high voltage station used for the double-sided microtron was tuned up for a high current pulsed operation.

日大 FEL 用リニアックの入射部

1. はじめに

初期の 125MeV リニアックの設計では、FEL 用にエミッタンスの小さな高品質のビームを得ることを目標に、熱陰極 RF 電子銃を、さらにその後熱陰極での問題点を考慮して光陰極 RF 電子銃を採用する予定でいた。シミュレーションを経て α 電磁石系はすでに製作したが、実際に RF 電子銃

を運用する上での問題とその克服にかかる時間を考慮して、当面は従来技術でのビーム利用を優先することにした。

そのため RF 電子銃のビームラインは、近い将来の利用に備えて組み立て試験と RF 電子銃空洞の大電力試験のみを 1997 年春から初夏にかけて行った。その後 KEK のフォトンファクトリーで

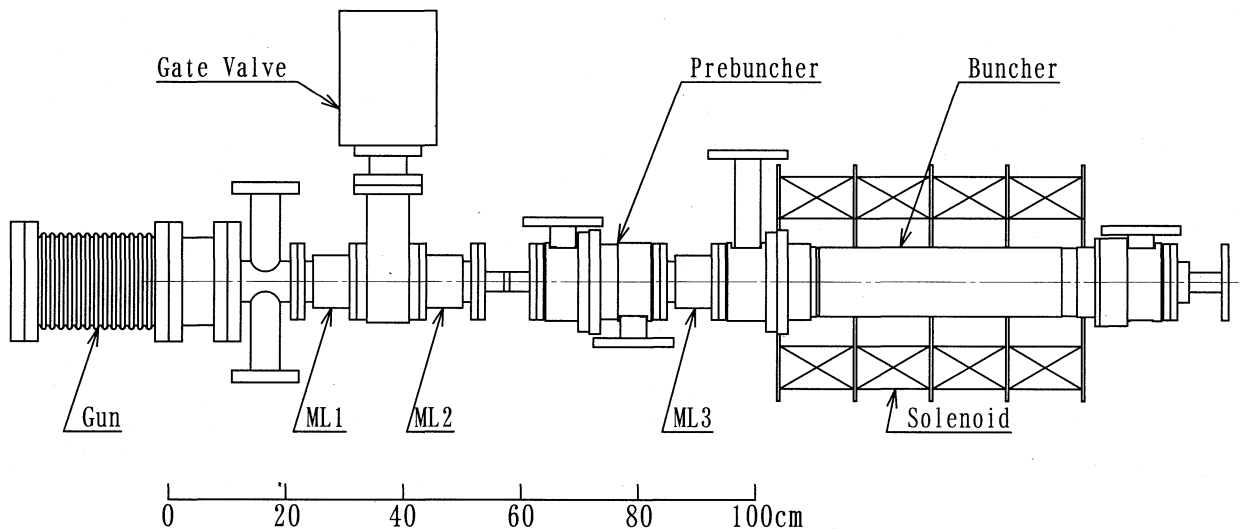


図 1. 電子銃からバンチャー出口までのビームライン構成図。電子銃は 100kV DC。

使用したバンチャー系を移設し、従来型の 100kV DC 電子銃による入射器系を組み上げた。

本報告では、使用を開始した 125MeV リニアックの入射部の構成・制御・運転状況について述べる。

2. 入射部ビームラインの構成

図 1 に電子銃からバンチャー加速管出口に至る入射部ビームラインの平面図を示す。図 1 の右側（下流）には $\pi/2$ モードの 30cm 進行波型加速管がある。バンチされた電子ビームは 4m 加速管に入射する前の短い距離で十分高いエネルギーに到達することができ、4m 加速管内では RF 電場のピーク位相に乗せたまま加速できる。従って機能的には 30cm 加速管までが入射部である。

電子銃のカソードには EIMAC の 646E を用い、ハウジング等の電子銃本体は新たに製作した。プリバンチャーとバンチャーは共に KEK で設計・製作し使用されていたもので、相対的な配置も変更していない[1]。ただし、KEK では電子銃からプリバンチャーまでの間に壁がありドリフト空間が長かったが、今回はその必要がなく電子銃の下流は真空引き口、マグネティックレンズ、ゲートバルブ、マグネティックレンズ、セラミクスダクトの構成となっている。

KEK ではプリバンチャーに集束コイルを巻いて使っていたが、現時点では集束コイルなしで運転している。まだビーム輸送のシミュレーションを行っていないので、これによる問題点は明らかではないが、いずれ集束コイルを取り付けることを検討している。

入射部のビームモニターは ML2 の下流、バンチャー出口、30cm 加速管出口に CT があり、30cm 加速管出口に蛍光板を用いたビームプロフィールモニターがあるのみである。

3. 入射部 RF 系の構成と制御

入射部に使用する RF は図 2 の回路図に示すように全てクライストロン 1 号機から供給される。図 2 には、ビーム加速時のクライストロン出力を 20MW として、各部に分配される電力も示してある。

プリバンチャーとバンチャーに RF を供給するよう変更した回路系は、将来 RF 電子銃を使う際、プリバンチャー用の分岐電力を使うかどうかの違いだけで、立体回路の変更は最少で済む[2]。この際、RF 電子銃空洞とバンチャーでは位置が異なるために、空洞につながる導波管付近だけは組み替えが必要となる。

パルスモジュレータの出力パルス幅は半値幅 30 μ s に固定してある。クライストロン入力 RF を供給する RF アンプはトリガー駆動のパルスアンプで、ローカルにしかパルス幅を変更できない。そのため、この前段にある高速 Φ/A の減衰器を RF スイッチのように使い、スイッチ ON のパルス幅を変えることで、RF アンプに設定された最大パルス幅以内で任意の幅の RF パルスをクライストロンに供給できるようにしている。

この場合、RF パルスの平坦度の制御は行っていない。また、高速移相器の機能は今のところ使用していない。クライストロン 1 号機と 2 号機の相対的な位相の制御は、2 号機用の高速 Φ/A の直前

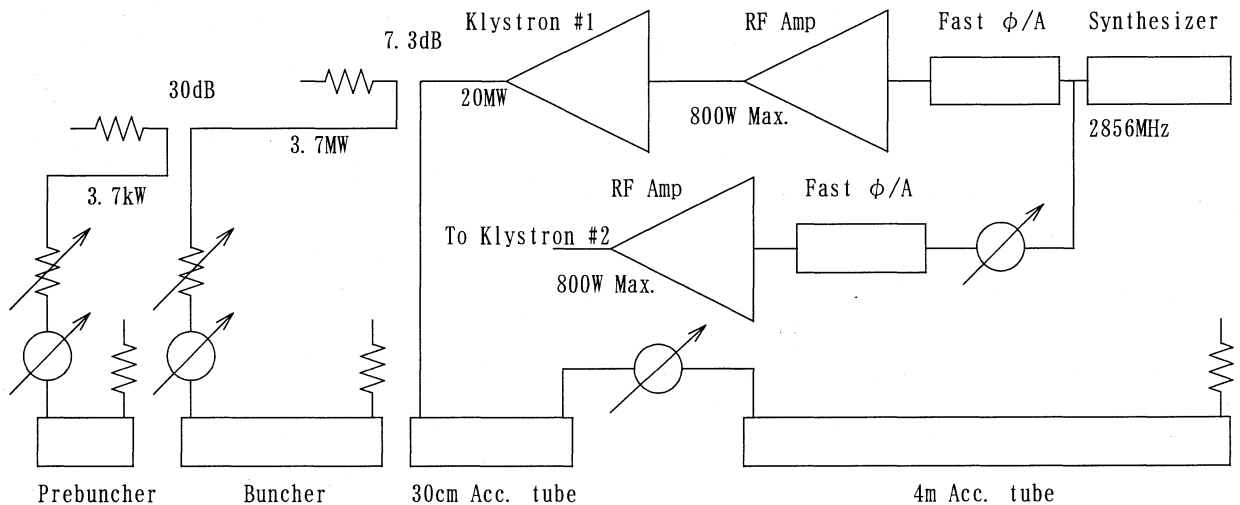


図 2. DC 電子銃を用いたときの、入射部を含むリニアック上流部の RF 系回路の概念図。プリバンチャーへの分岐電力は同軸ケーブルを用いて伝送している。

にあるトロンボーン型の移相器をモーターで駆動して行っている。

高速 Φ/A は、元々パルス内での RF 振幅と位相を安定化するために使う予定で組み込んだので、これを用いたフィードバックシステムを今後製作する予定である。また、クライストロン入力 RF の安定化制御のみならず、将来的にはクライストロン出力をモニターしてパルス内での安定化を計るフィードバックシステムを構築することを目標としている。

4. 電子銃高圧ステーションの制御

DC 電子銃の使用は、ダブルサイデッドマイクロトロンで経験があり、DC100kV 10mA の電源と、電子銃制御用電源が納められた高圧ステーション、さらにリモート制御回路があるので、必要な改造を行うことで再利用することにした。

図3に高圧電源、高圧電源ローカル制御回路、高圧ステーション内の電子銃制御回路と制御室に置かれたリモート制御回路との接続のブロックダイアグラムを示す。

制御室とローカル制御回路の間は4芯光ケーブルを用いて信号を送っている。電子銃制御回路は高圧ステーション内にあるため光ケーブルを用いるのは当然であるが、高圧電源の制御を光ケーブルで行うのは高圧の放電時に生ずる大きなノイズがワイヤを伝わって制御室内の機器が破損または誤動作するのを防ぐためである。

ビームインターロック信号は DC、グリッドパルスのトリガーは $10\mu\text{s}$ のパルス、制御およびモニター信号の送受信は RS-232C に等価な回路を製作し 9600bps で行っている。

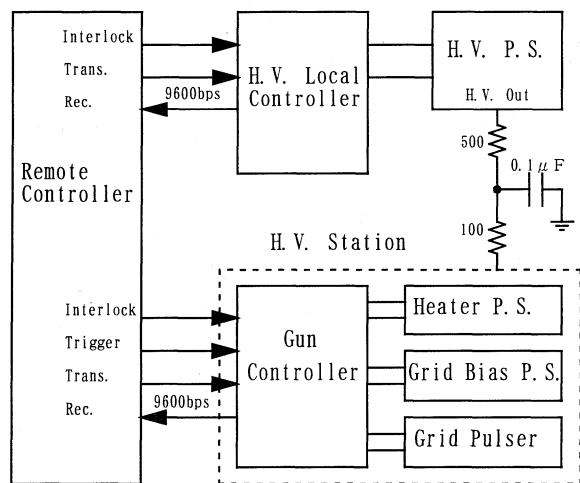


図3. 電子銃および高圧電源リモート制御回路接続のブロックダイアグラム。矢印部分は光ケーブルを使用。

制御室から制御できるのは、高圧の ON/OFF と電圧昇降、電子銃ヒーター電圧昇降、グリッドパルス出力 ON/OFF と電圧昇降で、スイッチ操作で行う。グリッドバイアス電圧とグリッドパルサーの出力パルス幅はローカルにしか変更できない。

制御室では高圧電源の出力電圧、電子銃ヒーター電圧、ヒーター電流、グリッドバイアス電圧、グリッドパルス電圧がデジタルでリモート制御回路の前面パネルに表示される。

高圧電源の電流容量が 10mA しかなく、パルス内での電圧降下を 0.1%程度に抑制するため、図3のように高圧出力と高圧ステーションの間にリップル除去用の $0.1\mu\text{F}$ のオイルコンデンサと 500Ω の抵抗が接続してある。

初期の運転で高圧ステーションが放電したときに高圧電源と内部回路の一部などが故障した。そこで、高圧ステーションの放電時にコンデンサの蓄積エネルギーが短時間で解放され大きなサージによって内部回路や高圧電源等が破損するのを避けるためにコンデンサと高圧ステーションの間に 100Ω の抵抗を入れた。放電が起きると制御室にいても大音響が聞こえるが、その後はトラブルは起きていない。

5. ビーム取り出し

グリッドパルサーはモノステーブルマルチバイブレータとトランジスタで構成されており、高圧ステーション筐体の外側から可変抵抗を調整して数 μs から $20\mu\text{s}$ までのパルスが得られる。使用中に観測されているビームパルスの立ち上がり時間は $2\sim 3\mu\text{s}$ である。この立ち上がり時間はグリッドパルサーの出力トランジスタの周波数特性で制限されている。

電子銃カソードは、本来数 A の電流を取り出すことができる。しかし、ヒーター電源トランスの容量不足で活性化が不十分なせいなのか、原因は明らかでないが現段階ではピーク電流約 400mA が最大である。取り出し電流はグリッドパルス電圧を高くしても大きく変化せず、ヒーター電圧で出力が制限されているように見える。

電子銃制御回路はまだ暫定的なもので、今後さらに改良する予定である。

参考文献

- [1]A.Asami et al., Proc. of 5th Linear Accelerator Meeting in Japan, (1980) 71.
- [2]T.Tanaka et.al., Proc. of 22nd Linear Accelerator Meeting in Japan, (1997) .