

COMMISSIONING OF 250 MeV LINAC AT SAGA LIGHT SOURCE

Yuichi Takabayashi^{A)}, Takio Tomimasu^{A)}, Katsuhide Yoshida^{A)}, Shigeru Koda^{A)}, Yoshitaka Iwasaki^{A)},
Hideaki Ohgaki^{B)},

^{A)} SAGA Light Source

8-7 Yayoigaoka, Tosu, Saga, 841-0005

^{B)} Institute of Advanced Energy, Kyoto University
Gokanosho, Uji, Kyoto, 611-0011

Abstract

The commissioning of the 250 MeV linac injector at SAGA Light Source began in August, 2004. The linac consists of a 120 kV thermionic gun, a 714 MHz prebuncher, a 2856 MHz standing wave type buncher, and six accelerating tubes (linearly narrowed iris type). The results obtained at the commissioning are discussed.

SAGA Light Source 250 MeV リニアックの立ち上げ

1. はじめに

SAGA Light Source は、1.4 GeV の蓄積リングとその入射器である 250 MeV のリニアックから構成される^[1,2]。リニアックの設置は、2004 年の 6 月から始まった。8 月下旬からは、バンチャー部の調整運転が始まり、9 月には 250 MeV への加速に成功した。そして現在、リングの調整運転が精力的に行われている^[3,4,5,6]。まず、リニアックの概要について述べた後、バンチャー部、加速管部の調整運転の結果について報告する。

2. リニアックの概要

リニアックのパラメーターを表 1 に、全体図を図 1 に示す。リニアックは、旧 FEL 研(現大阪大学自由電子レーザー研究施設)のリニアックをモデルにつくられたものである^[7]。佐賀でも将来 FEL を発生することを前提としている。

表 1: リニアックのパラメーター^[2]。

Gun	thermionic EIMAC Y646B
Gun H.T.	120 kV
Gun grid pulser	140 V-600 ps pulse (22.3125 or 89.25 MHz)
Micropulse charge	1.2 nC
Micropulse separation	44.8 or 11.2 ns
Macropulse duration	1 or 10 μ s
Repetition rate	1 or 10 Hz
Prebuncher	re-entrant type
Frequency	714 MHz
Q-value	$\sim$ 2000
Peak field	80 kV
Buncher	standing wave type
Frequency	2856 MHz
Energy	$\sim$ 5 MeV for 1 MW RF
Energy spread	100 keV (FWHM)
Accelerating tube	traveling wave type
Length $\times$ number	2.9298 m $\times$ 6

2.1 電子銃

電子銃 (DC 120 kV、EIMAC Y646B) のグリッドパルサーには、Kentech 社 High frequency burst grid pulser (J0311272) が使用されており、マイクロパルス幅は 600 ps (FWHM) である^[8]。マイクロパルスの周波数は、22.3125 MHz または 89.25 MHz が選択できるようになっている。尚、マイクロパルスのトリガー信号として、後述するプリバンチャー用の 714 MHz の RF から分周してつくられた 178.5 MHz の RF が使用されている。マクロパルス幅は、1 μ s (蓄積リング入射用) または 10 μ s (FEL 用) が選択できるようになっている。また、リング入射時には繰り返し 1 Hz で、FEL では、10 Hz で使用される。

2.2 バンチャー部

図 2 にバンチャー部の拡大図を示す。プリバンチャーは、714 MHz リエントラント型サブハーモニックバンチャーで、材質は SUS316L である。バンチャーは、無酸素銅製で 2856 MHz の定在波型である。集束コイル (FC1 $\sim$ FC5) による磁場分布は文献 [7] を参照されたい。

2.3 加速管部

リニアックには、長さ約 3 m の 6 本のディスク径連続定勾配型加速管 (第 1 加速管 D3 型、第 2 $\sim$ 第 6 加速管 E3 型) が使用されている。各加速管の間には、ダブレットの 4 極電磁石 (上流側が F、下流側が D)

* E-mail: takabayashi@saga-ls.jp

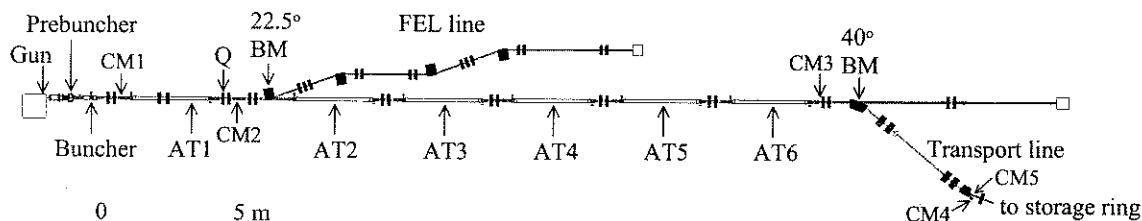


図 1: リニアックの全体図. AT は加速管を示す.

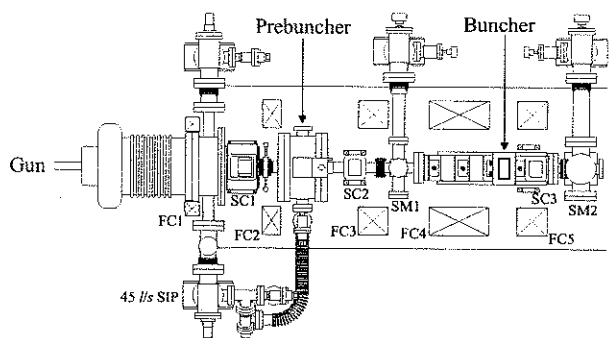


図 2: バンチャー部の拡大図. FC は集束コイル、SC はステアリングコイル、SM はスクリーンモニタを示す.

が 1 組設置されている (第 1 と第 2 加速管の間は 2 組設置)。

プリバンチャー出口、バンチャー出口、各加速管入口と、第 1、第 6 加速管の出口には、中心に直径 2 mm の穴の開いたアルミナ蛍光板 (デマルケスト) を用いたスクリーンモニタを設置した^[9]。穴の位置は、 ± 0.1 mm の精度で加速管の中心にあわせられている。

2.4 FEL ライン

将来計画として、リニアックを FEL や陽電子生成実験に使用することが考えられている。図 1 に示されているように、第 1 加速管で最高 40 MeV まで加速されたビームを FEL ラインに導くための偏向電磁石 (22.5°) が第 1、第 2 加速管の間に設置されている。実験に利用できるラインは 2 本あり、直列につながっているため、2 つの実験を同時に行うことも可能である。

2.5 RF

プリバンチャーの 714 MHz RF とバンチャー、加速管の 2856 MHz RF は、蓄積リング用の 499.8 MHz RF を分周・通倍してつくられている。つまり、リングの RF と同期していることになる。尚、現在は調整運転段階なので、リングの RF は別の信号発生器でつくっており、同期はしていない。

プリバンチャーの 714 MHz RF は、半導体 RF アンプ (最大出力 15 kW、最大繰り返し 10 Hz、パルス幅 25 μ s) から供給されている。

クライストロンは、2 台 (1 号機 東芝 E3729、2 号機 E3712) 使用している。1 号機用 RF ドライバーの

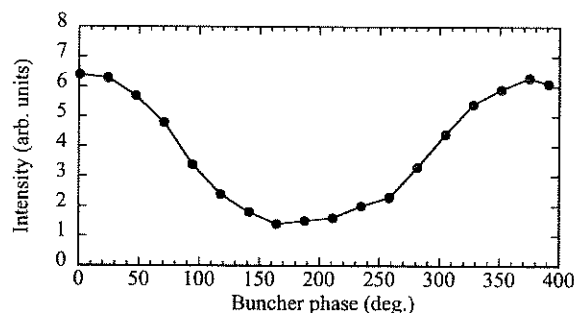


図 3: ビーム強度のバンチャー RF 位相依存性.

最大出力は 900 W、2 号機用は、1200 W である。クライストロンパルス電源の最大充電電圧 (出力電圧) は、1 号機が 47 kV (310 kV)、2 号機が 52 kV (405 kV) である。クライストロンからの RF 出力は、1 号機が 36 MW、2 号機が 88 MW となる。1 号機からの RF は、バンチャーに 4 MW (減衰前)、第 1 加速管に 18 MW、第 2 加速管に 14 MW 供給される。2 号機からの RF は、第 3 から第 6 加速管の 4 本に 22 MW ずつ供給される。

3. バンチャー部の調整

はじめに、バンチャー部出口にファラデーカップを置き、ビーム電流値の RF 位相依存性を測定した。バンチャー出口には、1 mm 厚のステンレス製の窓を取り付け、ファラデーカップは、大気中に設置した。図 3 に、調整の過程で得られたバンチャー RF 位相依存性を示す。0° (180°) 付近でビーム強度が最大 (最小) になるのがみてとれる。

次に、ファラデーカップを取り外して、90° 磁場型スペクトロメーターをバンチャー出口に接続し、電子のエネルギースペクトルを測定した。ビーム強度が大きく、且つエネルギー幅が狭くなるように、RF 位相の調整を行った。

4. 加速管部の調整

まずはじめに、第 1 加速管と第 2 加速管の間に水槽を置き、第 1 加速管の RF 位相を変えながら、ビームが水中を通過するときに発生するチェレンコフ光を観測した。エネルギーが高くなると、水中での電子の飛程が伸びるので、発光の長さ (ビームの進行方向) を観測することにより、簡便に位相調整を行うこ

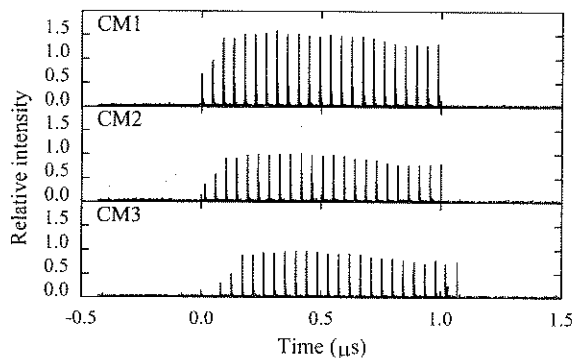


図 4: フェライトコアモニター (CM1~CM3) の出力波形。

とができる。

次に、水槽を第 6 加速管の出口に設置し、同様の方法で、第 2 加速管から順番に RF の位相をあわせていった。第 6 加速管の下流側には、蓄積リングへビームを導くための 40° 偏向電磁石が設置されている。偏向後のラインには、スクリーンモニタが設置されており、スクリーン上でのビームの位置からエネルギーを知ることができる。チェレンコフ光の観測による位相調整の後、スクリーンでのビームの位置をモニターしながら、各加速管の RF 位相の微調整を行った。

リニアック出口でのビームの大きさは、スクリーンモニタによる観測や塩化ビニルシートに焼き付けるという手法により測定したところ、約 2 mm (全幅) であった。今後、OTR の観測などにより、より正確なビームサイズを測定する予定である。

バンチャー出口、第 1、第 6 加速管出口にはビームの電流値を測定するためのフェライトコアモニター (それぞれ CM1、CM2、CM3 と名づける) が設置されている。コアモニターの出力波形を図 4 に示す。マクロパルス幅 1 μ s の中に、23 個のマイクロパルスがあるのがわかる。第 6 加速管出口での、平均電流値は約 5 nA であった。図 4 から、加速管部でのビームの透過率は約 6 割と見積もられる。リングのセプタム電磁石上流にもコアモニター (CM5) がついているが、ここでの電流値は、CM3 での電流値の約半分であった。これらの透過率を増加させることが今後の課題の 1 つである。

前述した 40° 偏向電磁石をアナライザーとして使い、エネルギースペクトルの測定を行った。ビーム電流値の測定器として、 40° 偏向後約 5 m 下流に設置されているコアモニター (CM4) を使用した。得られたスペクトルを図 5 に示す。ビームのエネルギー幅 (FWHM) は 1.0% 以下であった。第 3 から第 6 加速管用の導波管は真空中に保たれているが、バンチャー、第 1、第 2 加速管用の導波管には、SF6 ガスが封入されている。様々な SF6 の圧力 (0.195 MPa から 0.213 MPa) のもとでスペクトルを測定したところ、エネルギー幅は変わらなかったが、ピークエネルギーは圧力に敏感であることがわかった。

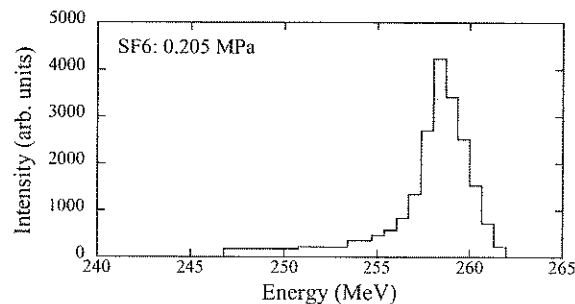


図 5: 電子ビームのエネルギースペクトル。

5. まとめ

SAGA Light Source 250 MeV リニアックは、旧 FEL 研のリニアックをモデルに設計された。2004 年 8 月下旬から、リニアックの調整運転を開始し、9 月には、250 MeV への加速に成功した。リニアック最下流部での平均電流値は約 5 nA、ビームの大きさは約 2 mm (全幅)、エネルギー幅 (FWHM) は 1.0% 以下であった。現在、リングへの入射・蓄積試験を優先させているため、リニアックの調整にはあまり時間をとることができていない。リングの調整がある程度終わった後、リニアックのさらなるマシンスタディを行ってきたい。

参考文献

- [1] T. Tomimasu, et al., "THE 250-MEV LINAC INJECTOR OF SAGA 1.4 GEV LIGHT SOURCE", Proceedings of the 14th Symposium on Accelerator Science and Technology.
- [2] T. Tomimasu, et al., "Construction of SAGA Light Source", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, URL: <http://lam29.lebra.nihon-u.ac.jp>.
- [3] T. Tomimasu, et al., "COMMISSIONING OF SAGA LIGHT SOURCE", Proceedings of the PAC2005.
- [4] S. Koda, et al., "FEASIBILITY STUDY ON INTRODUCING A SUPERCONDUCTING WIGGLER TO SAGA LIGHT SOURCE", Proceedings of the PAC2005.
- [5] Y. Iwasaki, et al., "THE INJECTION SYSTEM OF SAGA LIGHT SOURCE", Proceedings of the PAC2005.
- [6] H. Ohgaki, et al., "PC-LABVIEW BASED CONTROL SYSTEM IN SAGA-LS", Proceedings of the PAC2005.
- [7] T. Tomimasu, et al., Nucl. Instr. and Meth. A 407 (1998) 370.
- [8] K. Hanakawa, et al., "HIGH FREQUENCY BURST ELECTRON GUN SYSTEM FOR SAGA LIGHT SOURCE", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, URL: <http://lam29.lebra.nihon-u.ac.jp>.
- [9] Y. Takabayashi, et al., "Beam position monitors at SAGA Light Source", Proceedings of the 1st Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan, URL: <http://lam29.lebra.nihon-u.ac.jp>.