

CONSTRUCTION OF SAGA LIGHT SOURCE

T. Tomimasu^{1,A)}, K. Yoshida^{A)}, S. Koda^{A)}, Y. Iwasaki^{A)}, Y. Takabayashi^{A)}, H. Ohgaki^{B)}, M. Yasumoto^{C)}

^{A)} SAGA Light Source, 8-7 Yaoigaoka, Tosu, Saga 841-0005

^{B)} IAE, Kyoto University, Gokasho, Kyoto 611-0011,

^{C)} PRI, AIST, Tsukuba 305-8568

Abstract

The SAGA third-generation light source is the first source which is constructed and operated by Japanese local government (Saga Prefecture). The SAGA light source (SAGA-LS) consists of a 250-MeV linac injector and an eight-fold symmetry 1.4-GeV storage ring with eight double-bend (DB) cell and eight 2.93-m long straight sections. The DB structure with a distributed dispersion system was chosen to produce a compact design. The circumference is 75.6 m and the emittance is $15\text{-nm} \cdot \text{rad}$ at 1.4 GeV. Six insertion devices including a 7.5-T wiggler can be installed. The critical energies of synchrotron (SR) from the bending magnets and the 7.5-T wiggler are 1.9 keV and 9.8 keV, respectively. The twenty SR beam ports are installed. Total electric power consumption per hour is less than two thousand kW for total system including air-conditioning. The ring magnets, vacuum chambers made of aluminium alloy and temperature controlled cooling systems for the linac accelerator tubes, the ring RF cavity were installed in March 2004. The linac injector, the ring cavity and the control system are installed in July 2004. After RF aging of the linac accelerating tubes and the ring cavity, the commissioning will start in October 2004. We expect that SR light can be seen before the end of 2004 and that the stored beam current and its life time will be 300-mA and 5 hours in 2005.

佐賀県シンクロtron光源(佐賀LS)の建設-低運転コストの高輝度光源を目指して

1. はじめに

佐賀県立九州シンクロtron光研究センターの1.4GeV光源(佐賀LS)は、地方自治体である佐賀県が設計し、運転する最初の光源であり、鳥栖市弥生が丘8丁目7番地に建設されている。光源、3本の県有ビームラインとともに平成16年度の共用開始を目指している。

佐賀LS場合、予算とスペースの制約があり、250MeVリニアックによる低エネルギー入射蓄積・加速方式を採用している。将来の入射器の活用の一つとして低エネルギー部の28~36MeV電子ビームを用いて二色(4~10 μm 、8~20 μm)の赤外自由電子レーザー装置の設置も可能であり、リニアックをリサーキュレータの加速部に利用して500MeV入射器に改造することも可能である。

2. 1.4GeVリングの概要と建設状況

佐賀LSの周長は、既存の1.5GeV級光源の約2/3にした低コスト設計であるが、ビームサイズを小さくして光源輝度を強くするように設計されている。このためリングの長直線部での電子ビームのエネルギー分散を零とせず、0.3~0.62の有限の値にしている。ビームサイズとエミッタンスはあるエネルギー分散値で最小になる。蓄積電子の最高エネルギーを1.5GeVとせず1.4GeVにしたのは、施設の消費電力を夏季でも2000kW以下に抑えこんでリングの運転コストを下げるためである。施設の建設費は、建屋が約11億円、光源装置が19.3億円で

ある[1, 2, 3, 4]。

リングは周長75.6mの8回対称DB型のレイアウトであり、長直線部には6台の挿入光源(2.4m \times 5、1.5m \times 1)が設置可能で、ビームポート数は20である。実験ホールには最長38mのビームラインの設置が可能である。電子ビーム・エミッタンスは挿入光源なしで、25nm \cdot rad(目標値は15nm \cdot rad)、7.5Tウイグラーの挿入時には25nm \cdot radに増加する。

電子ビームのサイズ(σ_x , σ_y)は偏向電磁石4度発光点で水平・垂直それぞれ0.18mm、0.12mm(カップリング10%)、長直線部中央で挿入光源なしで0.58mm、0.13mm、ウイグラー挿入時は0.7mm、0.26mmに増加する。偏向電磁石($\rho=3.2\text{m}$, $B=1.46\text{T}$)と7.5Tウイグラーからの放射光の臨界エネルギーは、それぞれ1.9keVと9.8keVである。

平成15年9月から12月にはリング室、リニアック室、実験ホールの基準点設置、光源装置の温度制御冷却水装置、1.4GeVリングの電磁石と架台の据付・調整を行った。電磁石の磁場データをもとに軌道安定性も検討されている[5]。16年1月から3月にはリング用アルミ合金製真空槽をフリンク後には電磁石に挿入し6月に 10^{-10} Torr台の真空度を得ている。リング加速空洞(499.8MHz)と高周波源[6]は6月に設置された。

図1にDCCTを設置した長直線部近くのリング電磁石の配列を示す。リングの電磁石、蓄積ビーム等の主なパラメータは参考文献[1]を参照されたい。

¹ E-mail: tomimasu@saga-ls.jp

3. 250MeVリニアックの概要と建設状況

図2に6MeV入射器側から眺めた250MeV リニアックとエネキ-分析用BT系を示す。

電子リニアックの概略構成図を図3に、リニアックビームの主要パラメータを表1と表2に示す。電子リニアックの主要部の構成はFEL研(大阪大学大学院に移管)とほぼ同じである。長寿命(千時間以上)の熱陰極電子銃からの600psパルス長で1.2nC以上の電子パルスを適切な集束レンズ系により低エミッタンスを保ちながら約10psパルスで0.6nCパルスに短パルス化できる6MeVパルサー[7]、9μs長で出力平坦度0.1%以下の2856MHzパルス高周波源[8]の他にリング入射時には高エネキ-加速が可能なように2μsパルス長で、出力平坦度0.2%以下の2856MHzパルス高周波源を設置している。2μsパルス高周波源にはクワイストロンE3712(2μs-88MW)を使用する。使用する進行波型加速管の長さは2.92mで、filling timeは約1μsであるからマイクロパルス長1μsの電子ビームを加速するには加速管に2μs長の高周波を供給する必要がある。毎秒1パルス入射で、1μsパルス中のマイクロパルス数は22(44.8ns間隔)の多パルス入射である。

リサーキュレータとしての活用については[4]を参照されたい。スペクトル幅の狭い電子ビームを加速するには、電子ビームが加速管の中心を通るように、各加速管に供給する高周波の位相を選択する必要がある。加速管の中心を通すために蛍光板を用いたビーム位置モニタを各加速管の入口に設置している[9]。蛍光板にはφ2mmの孔が開けられていて、加速管中心に合わせて設置される。各加速管の間には4極電磁石(ダブレット)と舵取りコイル(X-Y)設置してビーム位置モニタを見ながら電子ビームが加速管の中心を通るように調整する。

4月から5月には電子入射器からリングまでの電子入射系の各種電磁石と真空計の他にリング長直線部の真空系も立上げた。電子入射器(2856MHz)の250MeVリニアックとリングの加速空洞(499.8MHz)、それぞれの高周波源(E3729, E3712とE3774)は6月末に設置された[6]。7月-9月は電子入射器とリング加速空洞のRFエージング、リニアックと入射系のビーム位置モニタと制御系の調整、各種インテロクの整備を行う。9月中旬にはリングへのビーム入射・蓄積を行う。当初の目標は蓄積電流100mAで1/e寿命1時間、最終目標は300mAで1/e寿命5時間である。

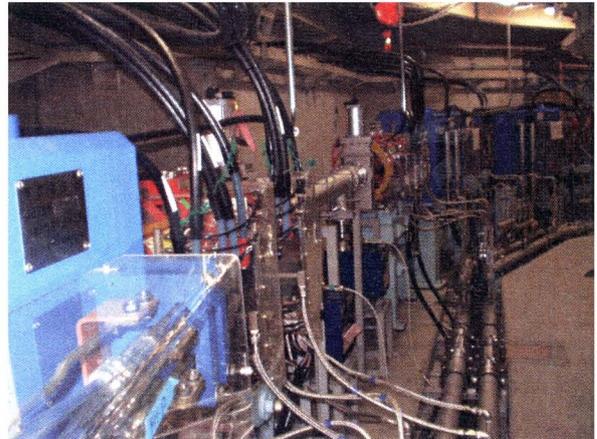


図1. DCCTを設置した長直線部近くのリング電磁石
左手前から偏向電磁石、奥の方向に4極電磁石
(QF1、QD1)6極電磁石、長直線部が並ぶ



図2. 6MeV入射器側から眺めた250MeV リニアックとエネキ-分析用BT系
手前から第1加速管と4極電磁石、6本の加速管が並ぶ

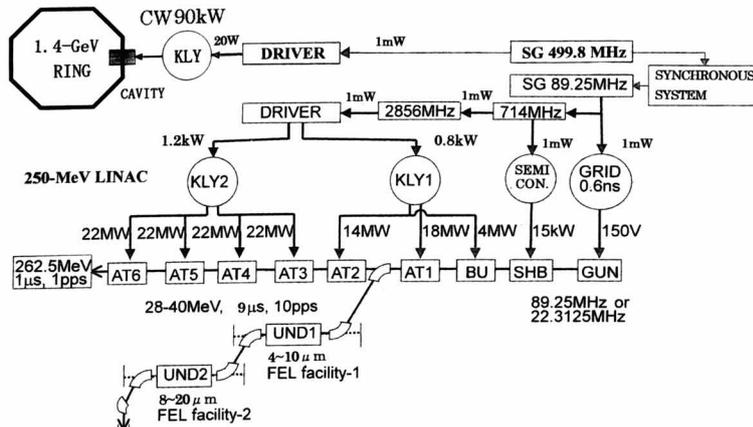


図3. 佐賀電子リニアックと蓄積リングの高周波系

表1 Main Parameters of the SAGA linac

Gun	Thernionic	(EIMAC646B)
Injection energy		120 keV
Trigger pulse		150V-0.6ns pulse
		(22.3125MHz or 89.25MHz)
Micropulse charge		1.2 nC
Micropulse separation		44.8ns Or 11.2ns
Macropulse duration		9 μ s
Repetition rate		10Hz
Prebuncher		Re-entrant type
Frequency		714MHz
Q-value		-2000
Peak field		80kV
Buncher		Standing wave type
Frequency		2856MHz
Energy		-5MeV for 1MW rf
Energy spread		100keV (FWHM)
Accelerating waveguide		traveling wave type
Length & number		2.9298m x 6
RF power at injection		36MW+88MW
at application		36MW

表2 Beam parameters of the SAGA linac

Electron energy at injection	262.5MeV
Energy spread(FWHM)	0.5%
Peak current	130A
Beam radius	0.5mm
Normalized emittance	$25 \times \pi \times 10^{-6}$ mrad
Micropulse charge	0.6nC
Micropulse duration	4ps

Micropulse separation	44.8ns
Macropulse duration	1 μ s
Macropulse repetition rate	1Hz
Electron energy at FEL application	-40MeV
Energy spread(FWHM)	-1%
Peak current	60A
Beam radius	0.5mm
Normalized emittance	$25 \times \pi \times 10^{-6}$ mrad
Micropulse charge	0.6nC
Micropulse duration	6ps
Micropulsr separation	11.2ns
Macropulse duration	9 μ s
Macropulse repetition rate	10

謝辞

最後に、光源装置の設計、部品発注の段階から組立て調整に至るまで、限られた予算におさめるため御協力頂いた佐賀県庁はじめ参十数社の関係企業の皆様に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] T.Tomimasu, et al., "The SAGA SYNCHROTRON LIGHT SOURCE IN 2003" Proc.PAC'03 p.902.
- [2] Y.Iwasaki, et al., "LATTICE DESIGN OF SAGA SYNCHROTRON LIGHT SOURCE" Proc.PAC'03 p.3270.
- [3] H.Ohgaki, et al., "DESIGN CONTROL SYSTEM FOR SAGA SYNCHROTRON LIGHT SOURCE" Proc.PAC'03 p.2387.
- [4] 富増多喜夫、江田茂、岩崎能尊、安本正人、木塚俊博、山津善直、光武亨剛、落合裕二. "佐賀県シンクロトロン光応用研究施設電子リニアック2003年(部品発注現状)", Proceedings of the 28th Linear Accelerator Meeting in Japan, URL: <http://lam28.tokai.jaeri.go.jp>.
- [5] Y. Iwasaki, et al., "Beam-dynamics study based on measured magnets data of SAGA Light Source", Proceedings of the 1th Particle Accelerator Society of Japan Meeting, Funabashi, Aug. 4-6, 2004.
- [6] S. Koda, et al., "Construction of RF cavity system for storage ring at SAGA-LS", Proceedings of the 1th Particle Accelerator Society of Japan Meeting, Funabashi, Aug. 4-6, 2004.
- [7] T. Tomimasu, et al., "Strong focusing system of FELI 6-MeV injector used for ultraviolet range FEL oscillation" Nucl. Instr. Meth. A407(1998), p. 370.
- [8] E. Oshita et al., "24-MW, 24- μ s PULSE POWER SUPPLYFOR LINAC-BASED FELs" Proc.PAC'95, p. 1608.
- [9] Y. Takabayashi, et al., "Beam profile monitors at SAGA Light Source", Proceedings of the 1th Particle Accelerator Society of Japan Meeting, Funabashi, Aug. 4-6, 2004.