

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)

富増 多喜夫^{1,A)}、江田 茂^{A)}、岩崎 能尊^{A)}、安本 正人^{B)}、木塚 俊博^{C)}、山津 善直^{C)}
光武 亨剛^{C)}、落合 裕二^{C)}

A) (財) 佐賀県地域産業支援センター

〒842-0002 鳥栖市鳥栖北部丘陵新都市

B) 産業技術総合研究所 光技術研究部門

〒305-8586 つくば市梅園1-1-1 つくばセンター中央第2

C) 佐賀県経済部産業振興課

〒840-8570 佐賀市城内1-1-59

概要

佐賀県1.4GeVシンクロトロン光源(佐賀LS)の入射器である262MeV電子リニアック用部品の発注現状と平成15年秋から始まる光源の組立・調整の予定について報告する。佐賀LSの場合、予算とスペースの制約があり、262MeVリニアックによる低エネルギー入射蓄積・加速方式を採用する。将来の入射器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 μ m, 8~20 μ m)の赤外自由電子レーザー装置の設置も可能である。

電子リニアックの長さは、電子銃高圧電源を含めて28.5mで、6MeV定在波型入射器、2.92m長の6本の進行波型加速管、スパッタ・イオンポンプ(SIP)や真空ダクト、加速管毎に設置されるビーム位置モニタ、クライストロンパルス電源、導波管、40 \pm 0.1度Cの冷却水装置、冷却水配管、偏向電磁石、4極電磁石、これらの架台及び据付工事等が順次発注される。

電子ビームのエネルギーとマイクロパルス長は、入射時250MeV以上で1 μ sである。毎秒1パルス入射で、1 μ sパルス中のマイクロパルス数は22(22.3125MHz、44.8ns間隔)の多パルス入射である。マイクロパルス当りのクーロン数が約0.6nC場合、毎秒約13nCの電子が加速され、セプトム電磁石を通して入射される。リングの周長は75.6mで、1 μ sパルスは4周分に相当する。入射時以外での電子ビームのエネルギーとマイクロパルス長は40MeVで9 μ sである。10Hz運転が可能で自由電子レーザー等の発生に利用される。

1. はじめに

佐賀LSの建設は部品発注、組立・調整運転方式で行なう方針が認められ、部品仕様の決定では実績があり確実に稼働する最高性能のものが選ばれている。14年11月から部品発注が始まり、15年9月から佐賀LSの組み立てが始まる。

平成11年の基礎設計では、1GeVで周長40m程度の第2世代リングが候補として取り上げられたが、高輝度光リングの有用性と九州地区の大学や産業界

の長期活用に期待して、1.4GeV級リングでは世界最小規模の周長75.6m、ウイグラー等6台の挿入光源を設置できる第3世代高輝度光リングを設計した^[1]。

6台の挿入光源の他に電子入射部の長直線部でレーザーと電子ビームを正面衝突させ、逆コンプトン散乱によって発生する数MeVの準単色 γ 線^[2]を放射線検出器の校正線源として活用する事も可能である。直線部の電子ビーム利用ではないが、偏向電磁石で広角に放射される赤外線を分離して活用する試みは今後増えていくだろう。

リニアックによる1.5GeV以下のリングへの低エネルギー入射の例としては、米国カリフォルニア州CAMDの200MeV入射の1.5GeVリングがあるが^[3]、今年の5月では入射エネルギーが180MeVに低下して蓄積電流は140mA程度に低下していた。ブラジル・カンピーナスの1.4GeVリングは170MeVリニアックによる低エネルギー入射であるが^[4]、500MeVシンクロトロン入射を計画している。国内の低エネルギー入射では電総研(現産総研)でのNIJI-I~IV、TERASへの150~310MeV入射の他に、立命館大、広島大のリングではマイクロトロンによる入射、JNTTのリングでは15MeVリニアックによる入射も試みられた。これらの実績から300mA以上の蓄積電流を得るには250MeV程度の入射エネルギーが必要とされている^[5]。

佐賀LSの場合、予算とスペースの制約から250MeV電子リニアックによる低エネルギー入射蓄積・加速方式^[6]を採用し二色赤外自由電子レーザー装置^[7]の設置も可能だが、将来リニアックをリサ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. 佐賀電子リニアック

電子リニアックの概略構成図を図1に、リニアックビームの主要なパラメータを表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バンチャー^[8]、9 μ s長で出力平坦度0.1%以下の2856MHzパルス

¹ E-mail:tomimasu@saga-ls.jp <http://www.infosaga.or.jp/synchrotron/index.htm>

高周波源^[9]の他に電子入射時には高エネルギー加速が可能なように2 μ s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する。2 μ sパルス高周波源にはクライストロンE3712(2 μ s-88MW, 4 μ s-80MW)を使用する。

リアックの進行波型加速管の長さは2.92mで、filling time は約1 μ sであるから、マイクロパルス長1 μ sの電子ビームを加速するには加速管に2 μ s長の高周波に供給する必要がある、E3712の出力として2 μ s-88MWを選んでいる。毎秒1パルス入射で、1 μ s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。マイクロパルス長を4 μ sから2 μ sにすることで、高周波出力は80MWから88MWに10%増加するので、電子エネルギーは5%増加し262.5MeVとなる。

SLED(SLAC Energy Doubler)とリサキュレータの得失は昨年報告したが、SLEDで高周波の合成出力を0.2%程度に揃えるとなると毎秒2パルス入射にせざるを得ない。22パルス入射を2パルス入射にするのなら、リサキュレータにより電子ビームをAT2~AT6の5本の加速管部(全長で約20m、加速管の長さは14.6m)で2度加速し、5本の加速エネルギーが210MeVであれば全加速エネルギーが470MeVになる方法も検討に値する。

スペクトル幅の狭い電子ビームを加速するには、電子ビームを各加速管の中心を通し、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。加速管の中心にビームを通すため佐賀リアックの場合、蛍光板を用いたビーム位置モニタが各加速管の入口に設置される。蛍光板には ϕ 2mm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)が用意され、ビーム位置モニタを見ながら電子ビームは加速管の中心を通るように調整できる。

3. 部品発注

14年11月~15年1月

蓄積リング電磁石及び架台の製造と据付
蓄積リング用アルミニウム合金製真空槽の製造
温度制御冷却水装置の製造及び据付

15年7月以降

リアック加速管等の製造と据付、リアック6MeV入射器の製造と据付、シンクロtron高周波系の製造と据付、電磁石電源の製造、SIP・TGP・超高真空排気部品製造と据付、電子入射系と長直線部真空槽部品の製造、高周波部品の製造と導波管フランジ接続
電子リアック用クライストロン電源の製造と据付
電子リアック用クライストロンの製造と据付
遅延パルス発生器等の製造、ホルメタルバルブの製造、セパタム及びキッカー用電磁石及び電源の製造と据付
電子リアック用電磁石及び架台の製造
ビームモニタ及び電磁石制御装置の製造及び据付
冷却水配管部品の製造及び据付、グリッドパルスの製造

4. 組立・調整

15年8月~11月

リング電磁石・架台据付、基準点設置、温度制御冷却水装置据付

15年10月~16年3月

アルミニウム合金製真空槽据付、真空の立上げ、冷却水配管据付、電磁石電源据付、電磁石と電磁石電源の配線、ビームモニタ位置合せ電磁石制御系調整、

16年4月~5月

リング真空槽の枯し運転、リング電磁石運転、入射系及び長直線部真空槽据付と立上げ、リアック用電磁石据付と電磁石電源との配線、

16年6月~8月

6MeV入射器、リアック加速管、架台等の据付、基準点設置、ビームモニタ位置合せ、真空立上げ、電子リアック用クライストロン電源据付、電子リアック用クライストロン据付、シンクロtron高周波系部品の据付と真空立上げ、

16年9月~10月

入射器加速テスト、リアックとリング加速空洞の高周波枯し運転、各種制御系の整備、インターロック系の完備

16年11月~17年3月

リアック・ビーム加速テスト、リングへ入射・ビーム蓄積

参考文献

- [1] T.Tomimasu, et al., "THE SAGA SYNCHROTRON LIGHT SOURCE IN 2003", IEEE Proc. of PAC'03, Portland, May 12~16, 2003.
- [2] H.Ohgaki, et al., "Linearly polarized photons from Compton backscattering of laser light for nuclear resonance fluorescence experiments", Nucl. Instr. Meth. A353 (1994) 384-388.
- [3] R.Lstockbauer, et al., "A NEW SYNCHROTRON LIGHT SOURCE AT LOUISIANA STATE UNIVERSITY'S CENTER FOR ADVANCED MICROSTRUCTURES AND DEVICES", Nucl. Instr. Meth. A291(1990)505-510.
- [4] R.II.A.Farias, et al., "MAGNETIC DESIGN OF THE LNL'S TRANSPORT LINE", IEEE Proc. of PAC'95, Dallas, May 1~5, 1995, pp.1361-1363.
- [5] H.Saisho and H.Takada, "KANSAI MEDIUM-SCALE SYNCHROTRON", Proc. of the Int. Symp. on Medium-Scale Synchrotron Radiation Facilities in Asia", Hiroshima, July 5(1990)168-177.
- [6] H.Takada, et al., "Effects of Increasing Injection Repetition Rate of Low Energy Injection into a Compact Storage Ring", Jpn. J. Appl. Phys. 28, L1304.
- [7] M.Yasumoto, et al., "Two-color IR-FEL facility for semiconductor and bio-medical application" Jpn. J. Appl. Phys. 41 (2002) Suppl.41-1, pp.44-48.
- [8] T. Tomimasu, et al., "Strong focusing system of FELI 6-MeV injector used for ultraviolet range FEL Oscillation", Nucl. Instr. Meth. A407(1998)pp.370-73.
- [9] E. Oshita, et al., "24-MW, 24 μ s PULSE POWER SUPPLY FOR LINAC-BASED FELs", IEEE Proc. of PAC'95, Dallas, May 1-5, 1995, pp.1608-1610.