

Ⅲ 加速器／ビームライン

1 加速器

江田 茂 九州シンクロトロン光研究センター

1. はじめに

2006年2月開所以降、SAGA-LS光源加速器は定常的な運転サイクルに則ってビームラインへ放射光の供給を行いつつ、さらなる光源性能の向上が図られてきた。本報告では2006年度から2007年度までの加速器に関わる進展及び2007年度現在の状況を報告する。

2. 加速器状況

加速器は、入射用電子リニアックと蓄積リングから構成され、放射光ビームラインと同じフロアに設置されている。実験ホールの状況を図1に示す。入射用リニアックはFEL研（現大阪大学自由電子レーザー研究施設）リニアックのデザインをベースとしクライストロンパワー増大、加速管増設により高エネルギー化した構成となっている¹⁾。ビームエネルギー255 MeV、繰り返し1 Hz、マイクロパルス幅200 ns、ビーム電流10 nC/macropulseの条件で、蓄積リングへの入射を行っている。

蓄積リングは周長76.5 m、蓄積エネルギー1.4 GeV、8回対称の磁石配置からなり、基本磁石配列は偏向電

磁石2台、4極電磁石5台から成る²⁾。電子ビームはリニアックから蓄積リングへ入射後、軌道を保持したまま1.4 GeVに加速される。開所時100 mAでユーザー運転をスタートした。より大電流の蓄積を行うために、最大蓄積電流を100 mAから330 mAへ変更申請を行い、2006年8月に認可された。その後、電流増大スタディを進め、2008年1月からユーザー運転の蓄積電流を150 mAに増大させた。ビーム寿命は開所以降順調に増大し、ir積としては1500 mA・hに達している。図2に立ち上げ期から現在までのir積の増大を示す。

開所時、蓄積リング四極電磁石において励磁電流に対するビーム収束力の設計と実際とのずれが大きく、入射の容易な暫定的ラティス条件でユーザー運転をスタートした。その後、ラティス測定を重ね、四極励磁電流の系統的ずれをスタディし補正を求めた。現在デザインラティスを実現している²⁾。2006年10月にデザインラティスへの変更に伴う各ビームラインへの影響を調査し、同年秋のシャットダウン終了後12月からデザインラティスによるユーザー運転に移行した。

蓄積リング既設in vacuumタイプ入射セプトラムに



図1 SAGA-LS実験ホール現状（2007年7月現在）

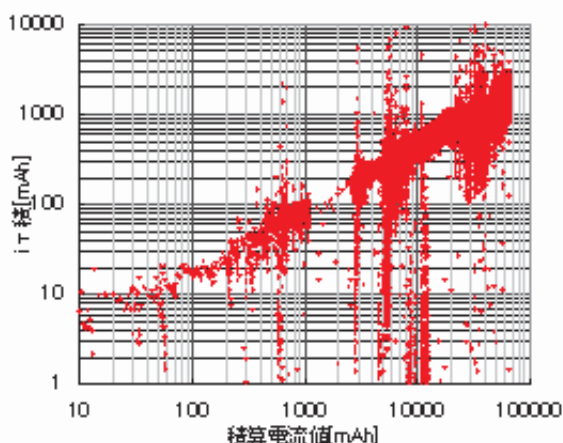


図2 iτ積の増大(2004年-2007年)

ついて入射速度、漏洩磁場、コイル耐久性、放射光除熱等の課題があり2007年末にout of vacuumタイプに更新した³⁾。入射軌道測定を行った結果、ほぼ設計と一致し、入射速度は2倍以上改善した。現在安定に動作している。

光源としては偏向電磁石に加えプラナーアンジュレータ(LS4U佐賀大)が加わった。VUV・SX領域では輝度が偏向電磁石光に比べ1000倍程度向上する。2007年度現在のSAGA・LSの放射光スペクトル計算値を図3に示す。アンジュレータは2007年4月のシャットダウン時にBL13上流長直線部LS4に設置され、5月より運用を開始した。BL13⁴⁾ではアンジュレータ光による光焼出しを進めつつ、実験も開始された。

光源観測ラインについては現在改造、整備を進めている。コミッション初期の低強度放射光観測を主な目的とし暫定的構成であった観測ラインBL20,

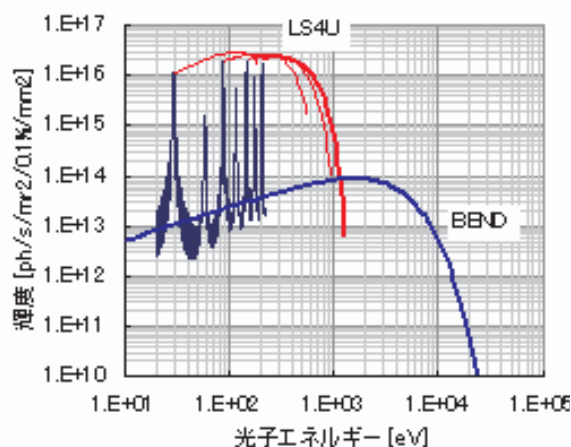


図3 放射光スペクトル

BL21を撤去し、整備中である。BL21は主にユーザー運転の目視観測用とし銅ミラーで反射後CCDカメラが設置されている。BL20はビーム測定を目的としてBeミラーではねた後、蓄積リング遮蔽壁外の簡易暗室に導いている。ビーム観測系としてストリークカメラのインストール及びSR干渉計⁵⁾の開発を進めている。

加速器の制御系については、限られたマンパワーでより迅速かつ再現性の向上した制御を実現するため、加速器全系の総合的な計算制御化を進めている。特にリニアック系では手動操作となっているリニアックの電子銃、位相器、クライストロンモジュレータの計算機制御化を進めており、2008年度には上流制御系⁶⁾にLANを介し接続する予定である。

3. 加速器運転

週間の加速器運転サイクルは1週5日(月・金)を単位としてユーザー運転4日(10時間/日)、マシンスタディ1日及び点検日から成る。典型的な運転週の電流蓄積状況を図4に示す。2006年度は点検日を2日/月設けていたが、初期トラブルの減少、スタディによる光源安定性向上により、2007年度は点検日1日をユーザー運転に振り替えた。これによりユーザー利用時間は140時間/月から150時間/月に増加した。

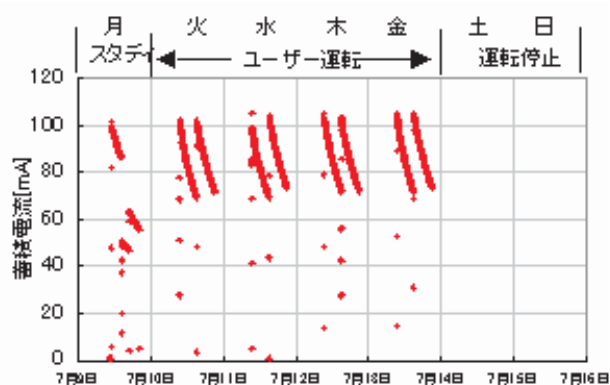


図4 典型的な運転週のビーム蓄積状況

2006・2007年のユーザー運転における月当たりの運転停止率(ユーザータイム中の加速器故障時間/実行ユーザータイム)を図5に示す。この図から加速器故障は主に開所後半年間の停止時間の短い複数のトラブルと2006年9月、2008年3月の大きなトラブルから

成ることがわかる。この二つのトラブルはそれぞれリニアッククライストロンE3712カソードヒーター短絡、蓄積リング偏向電磁石電源IGBT部焼損である。2006年、2007年の総ユーザー運転時間は、それぞれ1739時間、1265時間で、これに対し年間のユーザー運転中の故障率は6～7%であった。この2年間の運転経験では初期の運用トラブルはほぼ解決され、年間平均の運転停止率（＝ユーザー運転中の積算加速器故障時間/積算ユーザー運転時間）は、前述加速器重要機器の単発で1週間程度継続する重故障が決めている。

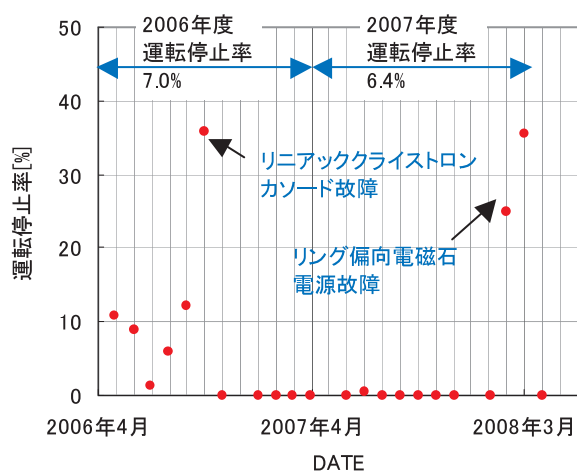


図5 2006-2007年度の月毎の運転停止率

4. 今後の計画

今後、蓄積電流値を引き上げ、放射光フラックスを増大させる計画である。蓄積電流増大による熱負荷、ビーム不安定性等のスタディを進め、段階的に蓄積電流を増大させ最終的に安定な300 mA蓄積を実現することを目標としている。まずは前述のように150 mA運転移行を予定している。また長直線部LS3にVUV-SX領域用の可偏偏光高輝度光源としてAPPLE-2nd型アンジュレータを設置する計画を進めている。加えてより高エネルギーなハードX線（20 keV～50 keV）を目指し4 T級の超伝導ウィグラーの検討を進めている。設置場所はLS2とし、2008年度中に設置を目指している。

5. まとめ

SAGA-LS加速器は2006年開所以来2007年現在ま

で定常的にユーザーへ放射光を供給してきた。またこれと平行しアンジュレータ運用、ビーム電流増強等スタディを進めている。今後も蓄積電流強度の向上を進めつつ、新規アンジュレータ、超伝導ウィグラーの開発を進める。これらにより更なる放射光の高フラックス化、高輝度化及び高エネルギー化を実現する計画である。

参考文献

- (1) T. Tomimasu *et al.*, “The SAGA Synchrotron Light Source in 2003”, Proceedings of the 2003 Particle Accelerator Conference, Portland, USA, 902 (2003).
- (2) Y. Takabayashi *et al.*, “Measurement of Lattice Functions of the SAGA-LS Storage ring”, Proceedings of the 4th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 32nd Linear Accelerator Meeting in Japan, Wako, Japan, 649 (2007).
- (3) Y. Iwasaki *et al.*, “New Septum Magnet at the SAGA Light Source”, Proceedings of the 5th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan and the 33rd Linear Accelerator Meeting in Japan, Higashihiroshima, Japan, 102 (2008).
- (4) K. Takahashi *et al.*, “Beamline for high-resolution angle-resolved photoemission at Saga Light Source”, J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom. **144-145**, 1093 (2005).
- (5) T. Mitsuhashi “Spatial coherency of the Synchrotron Radiation at the Visible light Region and its Application for the Electron Beam Profile Measurement”, Proceedings of the PAC97, 12 (1997).
- (6) H. Ohgaki *et al.*, “Design of Control System for SAGA Synchrotron Light Source”, Proceedings of the PAC03, 2387 (2003).
- (7) S. Sasaki, “Analyses for a planar variably-polarizing undulator”, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A **347**, 83 (1994).