

STATUS AND FUTURE PLAN OF HSRC

Atsushi Miyamoto^{1,A)}, Yudai Kakiyama^{B)}, Kohei Kanaoka^{B)}, Kiminori Goto^{A)}, Hiroshi Tsutsui^{A),C)},
Fumiya Nishi^{B)}, Yushi Hayashi^{B)}, Yuki Morimoto^{B)}, Toshitada Hori^{A)}

^{A)} Hiroshima Synchrotron Radiation Center, Hiroshima University

2-313 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-0046

^{B)} Hiroshima University Graduate School of Science

1-3-1 Kagamiyama, Higashi-Hiroshima, 739-8526

^{C)} Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

1-1, Yato-cho 2-chome, Tanashi, Tokyo 188-8585

Abstract

HSRC is synchrotron radiation institution of Hiroshima University established in 1996. We report operation status of the last year and will describe a future plan of HSRC. The emittance of HiSOR is not small because it is based on an industrial SR source, and it has only two straight sections for insertion devices. Therefore we are planning the compact low emittance SR source 'HiSOR-II'. We referred to MAX-III and were able to make the lattice which satisfied demand specifications. A design of the bending magnet, the conversion from an industrial SR ring, the design of the booster ring is pushed forward successively.

広島大学放射光センターの現状と将来計画

1. はじめに

広島大学放射光科学研究センター(Hiroshima Synchrotron Radiation Center)は、固体物理学をはじめとする物質科学研究を推進するために、小型放射光源を有するセンターとして1996年に設立され、昨年10周年を迎えた。

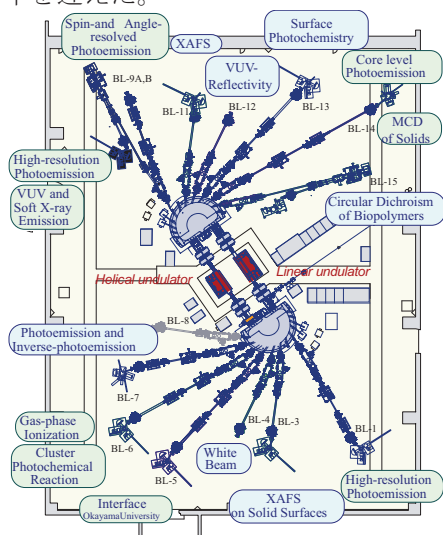


図1 光源リングとビームラインの概要

放射光源リングHiSOR^[1]は、産業用リングをベースとしているために、小型であるが故にエミッタンスは $0.4\pi\text{mmrad}$ と決して小さくはない。しかし、光源に適合したビームラインを設置した結果、光子エ

ネルギー数eV～数百eVのVUV～軟X線領域において、数meVの分解能を可能にする世界水準の光電子分光ビームラインを有している。リングとビームラインの概要を図1に、HiSORの主な仕様を表1に示す。

表1 HiSORの主なパラメータ

Circumference	21.95 m
Type	Racetrack
Bending radius	0.87 m
Beam energy at Injection	150 MeV
at Storage	700 MeV
Magnetic field at Injection	0.6 T
at Storage	2.7 T
Injector	Racetrack Microtron
Betatron tune (ν_x, ν_y)	(1.72, 1.84)
RF frequency	191.244 MHz
Harmonic number	14
RF voltage	200 kV
Stored current (nominal)	350 mA
Natural emittance	$\sim 400 \pi \text{ nmrad}$
Beam life time	$\sim 10 \text{ hours}@200 \text{ mA}$
Critical wavelength	1.42 nm
Photon intensity (5 keV)	$1.2 \times 10^{11} / \text{sec}/\text{mr}^2/0.1\% \text{b.w.}/300 \text{ mA}$

2. 放射光センターの現状報告

2.1 昨年度の運転状況

HiSOR蓄積リングへの入射器150MeVマイクロト

¹ E-mail: a-miyamoto@hiroshima-u.ac.jp

ロンは、同室に設置されているベンチャービジネスラボラトリー (VBL) 所有の超高速電子周回装置 (REFER) への入射器を兼ねている。マイクロトロンは主にこの周回装置と HiSOR への入射となる。HiSOR のビーム蓄積時間を含めた当センター加速器の運転時間の推移を図2に示す。2004年10月からユーザー利用時間を延長して20:00までの運転を開始したために蓄積時間が長くなり、2005年度以降は1800時間を超えるまでになっている。

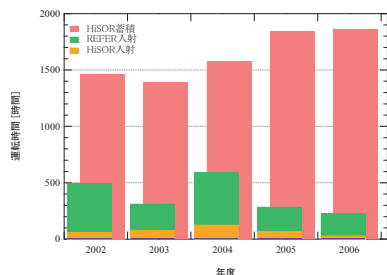


図2 マイクロトロンおよび蓄積リングの運転時間

昨年度は7月にサーキュレータにトラブルが発生し、復旧に時間を要することが判明したため、その後を夏期停止期間とした。そのため、図3に示す2006年度のHiSOR運転時間の内訳にもあるように、7月は予定されていたスケジュールを消化することができなかった。そこで、後期のユーザー利用開始を早め、また週末のみではあるがビーム利用時間の20:00以降への延長を行い対応した。しかし、2005年度のユーザー利用時間1560時間から、昨年度の1410時間へと減少した。

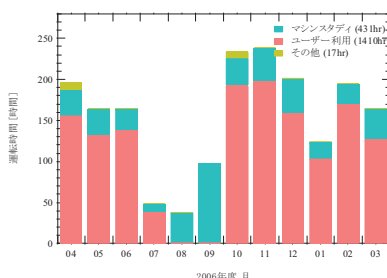


図3 2006年度のHiSOR運転時間の内訳

2.2 ユーザー登録状況

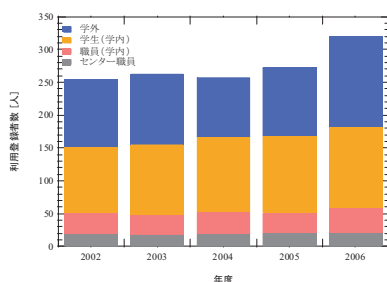


図4 年度ごとの登録ユーザーの推移

当センターは大学に設置されていることが大きな特徴である。図4は利用登録ユーザーの推移であるが、大学内の学生利用者数が学外ユーザー (学生含む) に次いで多く、最先端の研究を取り入れた教育が行われていることがわかる。

3. 将来計画

3.1 HiSOR-IIの概要

HiSORは1996年の設立から10周年を迎え、HiSORのビームラインもほぼ埋まり、利用成果も数多く出るようになってきた。それに伴い、ユーザーからビームラインの増強、特にアンジュレータビームラインを望む声も少なくない。しかし、HiSORには直線部は2本しかなく、現在のエミッタンスは放射光源としては決して小さくない為に、より高輝度を望む要求に対しては厳しいと言わざるを得ない。

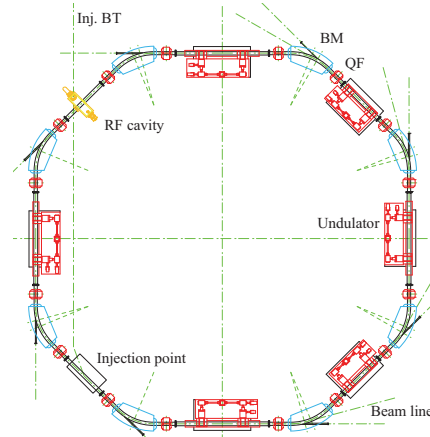


図5 HiSOR-IIの概略

そこで将来計画として、現在のHiSORより低エミッタンス化を果たして輝度を1桁以上向上させる、挿入光源を主な光源とする小型リングHiSOR-II^[2]を計画中である。センター敷地内に建設を予定していることから、同規模の光源リングであるMAX-labのMAX-III^[3]を参考にして、設計を進めている。図5はHiSOR-II蓄積リングの概要である。図6に光学関数、表2には主なパラメータを示す。

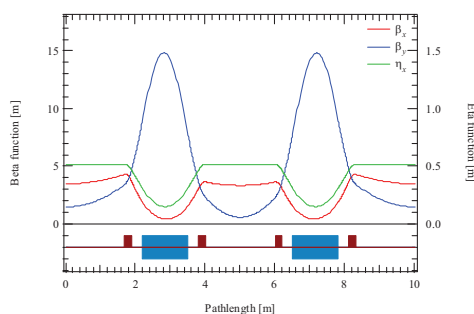


図6 HiSOR-IIの単位セルあたりの光学関数

表2 HiSOR-II蓄積リングの主要なパラメータ

Beam energy [MeV]	700
Circumference [m]	40.079
Betatron tune	3.761, 2.846
Natural emittance [nmrad]	13.57
Momentum spread	5.79e-04
Momentum compaction factor	0.0319
Bunch length [mm]	37.0
Harmonic number	7
RF Frequency [MHz]	52.4
Touschek lifetime [hour]	2.7
Straight sections	3.4 m × 4 2.0 m × 4

3.2 放射光のスペクトル

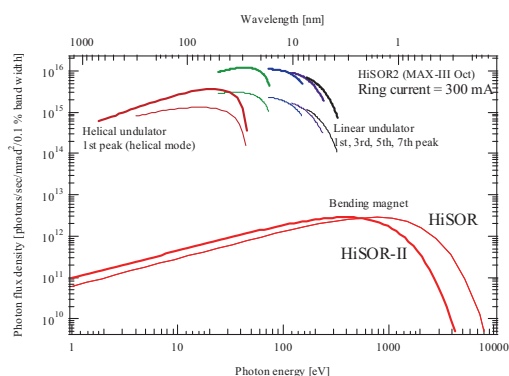


図7 放射光のスペクトル比較

HiSOR-IIの偏向磁場は1.4Tとしているため、2.7Tの磁場を発生するHiSORと比較して、偏向部からの放射光のエネルギーが低くなる。一方、HiSORと同仕様のアンジュレータを用いたと仮定した場合でも、アンジュレータからの光の強度は1桁程度向上することが計算によって確かめられた。真空封止型などの強力なアンジュレータが導入可能ならば、より輝度の向上が期待される。HiSORとHiSOR-IIの放射光のスペクトルを比較したものを図7に示す。

3.3 最適なエネルギーの選択

現段階ではTouschek寿命が非常に短く、建設当初からではないにしてもブースターリングを用いたTop-up運転への移行が強く望まれる。その場合には、ビームエネルギーを下げてもエミッタンスをより小さくし、同時にアンジュレータの周期数を増やすことで輝度が向上する可能性がある。

そこで、アンジュレータの最大磁場強度をHiSORのものと同じと仮定して、ビームエネルギーが変わった場合の周期数の増減および、intra-beam scatteringによるエミッタンスの増大を考慮した輝度の変化を算出したものが図8である。400~700MeV程度までは輝度はほぼ変わらないことがわかり、ビー

ム不安定性の観点から、700MeVの蓄積エネルギーは妥当であることがわかった。

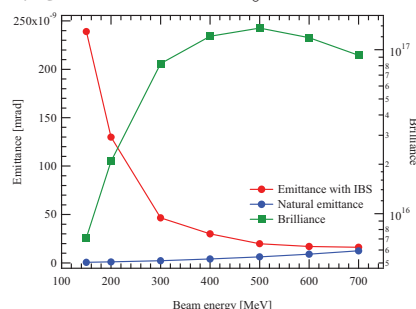


図8 ビームエネルギーとエミッタンスおよび輝度

3.4 偏向電磁石の設計

HiSOR-IIの偏向電磁石は偏向磁場だけでなく、収束磁場も発生し、さらに磁極端部を円弧にすることで6極成分も発生する。このような電磁石の設計においては、計算コードを用いた設計が重要となってくる。現在、3次元磁場計算コードRadiaを用いた設計^[4]が進められている段階である。

3.5 その他

3.2にもあるように、HiSOR-IIでは偏向部からの光のエネルギーが低くなっている。そこで、よりエネルギーの選択幅を広げるためにも、一部の偏向電磁石に超伝導電磁石を採用することを検討中である。しかし、これによりリング規模の拡大は避けられないので、慎重に検討する必要がある。

さらに、蓄積リング、ブースターリング、リングを格納する建屋、さらにビーム輸送経路の配置についても慎重に検討が進められている。

3.6 第2世代産業用光源リングからの転用

これまでは、新規に建設することを前提として設計を進めてきたが、DBAラティスを持つ産業用第2世代放射光リングを転用する計画が浮上してきた。このリングの蓄積リングおよびブースターリングへの転用^[5]の可能性について、検討中の段階である。

参考文献

- [1] K. Yoshida, et al., "Commissioning of a Compact Synchrotron Radiation Source at Hiroshima University", APAC'98, KEK (1998) pp.653-657.
- [2] A. Miyamoto, et al., "Design of future plan of compact SR ring 'HiSOR-II', Proceedings of the 11th Hiroshima International Symposium on Synchrotron Radiation (2007) pp.223-225.
- [3] G. LeBlanc et al., "MAX-III, a 700 MeV Storage Ring for Synchrotron Radiation", EPAC2000, Vienna (2000).
- [4] Y. Morimoto, et al., "Design of bending magnet for HiSOR-II", in this proceedings.
- [5] K. Kanaoka, et al., "Conversion of industrial synchrotron into HiSOR-II system", in this proceedings.