

UVSOR-II の現状

保坂将人^{A)}、加藤雅博^{A),B)}、持箸晃^{A)}、山崎潤一郎^{A)}、林憲志^{A)}、堀洋一郎^{A),B)}

高島圭史^{C)}、江田茂^{D)}

^{A)} 分子科学研究所極端紫外光実験施設 〒444-8585 愛知県岡崎市明大寺町西郷中 38

^{B)} 高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 〒305-0801 茨城県つくば市大穂 1-1

^{C)} 名古屋大学大学院工学研究科 〒464-8603 愛知県名古屋市千種区不老町

^{D)} 佐賀県シンクロトロン光応用研究施設 〒841-0002 佐賀県鳥栖市北部丘新都市

概要

UVSOR ストレージリングは 8 箇所の直線部を持ちビームエミッタンスが 27 nm-rad の UVSOR-II に改造された。この改造で偏向電磁石を除く全ての電磁石およびビームダクトは撤去され、複合型の 4 重極電磁石とスムーズなビームダクトに置き換えられた。1 台のアンジュレータと超伝導ウィグラーは撤去され、2 台の真空封止アンジュレータが設置された。2003 年 4 月から 7 月の間に全ての改造は行われ、7 月にはコミッションが行われた[1]。ビームパラメータの測定によって 27 nm-rad のエミッタンスが達成されていることが示唆された。9 月からはユーザー共同利用が再開され、現在まで順調に利用されている。

1 序論

1983 年以来、UVSOR は VUV 領域のシンクロトロン放射光光源として約 20 年間稼動してきた[2]。UVSOR は 15MeV のライナック、600MeV のブースターシンクロトロン、および 750 MeV の電子ストレージリングからなる。ストレージリングは周長が 53m で、長さが 3m の 4 つの直線部を持ち、それらには挿入光源として 2 つのアンジュレータと 1 つの超伝導ウィグラーが設置されていた。ストレージリングの性能としては、ビームエミッタンスは 160 nm-rad と、現在の第 3 世代光源に比べて 1 桁大きい値であった。挿入光源を含めた加速器のコンポーネントはすでに老朽化が進み、また製造から 20 年経過しているため、部品の調達に困難であること等でメンテナンスに支障をきたしている状況にあった。

そこで我々は UVSOR ストレージリング (UVSOR-I) を改良することで、ビームエミッタンスをこれまでの 1/6 まで縮小し、かつ挿入光源のための直線部の数を 2 倍にする、高度化計画を提案した[3]。またその計画ではライナックおよび老朽化の進んだ挿入光源、ビームラインの一部も更新されることになる。

この計画は了承され、2000 年から我々は高度化準備を開始した。まず、複合型の 4 重極電磁石のプロトタイプ製作および試験をおこなった。さらに、真空封止アンジュレータの製作を行い、2002 年春にストレージリングに設置し、その性能試験を行った[4]。2002 年度内には全ての加速器のコンポーネント、具体的には、電磁石、ビームダクトおよび排気系、真空封止アンジュレータの製作を完了した。

2003 年 4 月からストレージリングをシャットダウンして、約 3 ヶ月で加速器の改造を行った。7 月には高度化された UVSOR-II のコミッションが行われ、9 月からは放射光の共同利用が再開した。

本稿では UVSOR の高度化とそのための改造、およびコミッションと高度化後の UVSOR-II の現状について報告する。

2 UVSOR-II のラティス

UVSOR の高度化計画の中で最も重要な改造はラティスの更新である。この様子を図 1 に示す。図で示されているように偏向電磁石間の 4 重極電磁石のトリプレットは 2 つの 4 重極電磁石のダブレットに置き換えられ、1.5m の直線部が作られた。さらに直線部のダブレットも置き換え、また 6 重極電磁石は 4 重極電磁石の中に組み込んだことで[5]、アンジュレータに有効な長さをこれまでの 3m から 4m に伸ばした。それらをあわせてリングは 4 つの 4m の長直線部と 4 つの 1.5m の短直線部をもつことになる。

高度化前と後のストレージリングの光学関数を図 2 に示す。新しいラティスでは水平方向のベータatron 関数および分散関数が偏向電磁石のなかで極小値をとらせ、このことで以前に比べビームエミッタンスを 1/6 まで小さくしている。さらに分散関数の分布を変えることで、ベータatron 振動数を変えずに、またベータatron 関数にも大きな変更をせずにビームエミッタンスを最小の 27nm-rad (長直線部分散 0.8m) から 60nm-rad (長直線部分散 0m) まで変えることができる。鉛直方向のベータatron 関数は直線部において極小値を取るようにし、このことでビーム寿命を減らすことなく、ギャップ長の短いアンジュレータを用いることが可能になっている。このラティスでのダイナミックアパーチャーはすでに計算されビーム入射に十分な大きさを持つことは確かめられている[3]。

3 UVSOR 高度化の改造とコミッション

2003 年の 3 月の最後に、我々は UVSOR-I の運転を終了し高度化の改造を始めた。まず、ストレージリングの偏向電磁石、RF キャビティ、円偏光アンジュレータ、2002 年に設置した真空封止アンジュレータ以外の全てのリングのコンポーネント (電磁石、ビームダクト、排気系等) の撤去が行われた。撤去しない全てのコンポーネントは再アラ

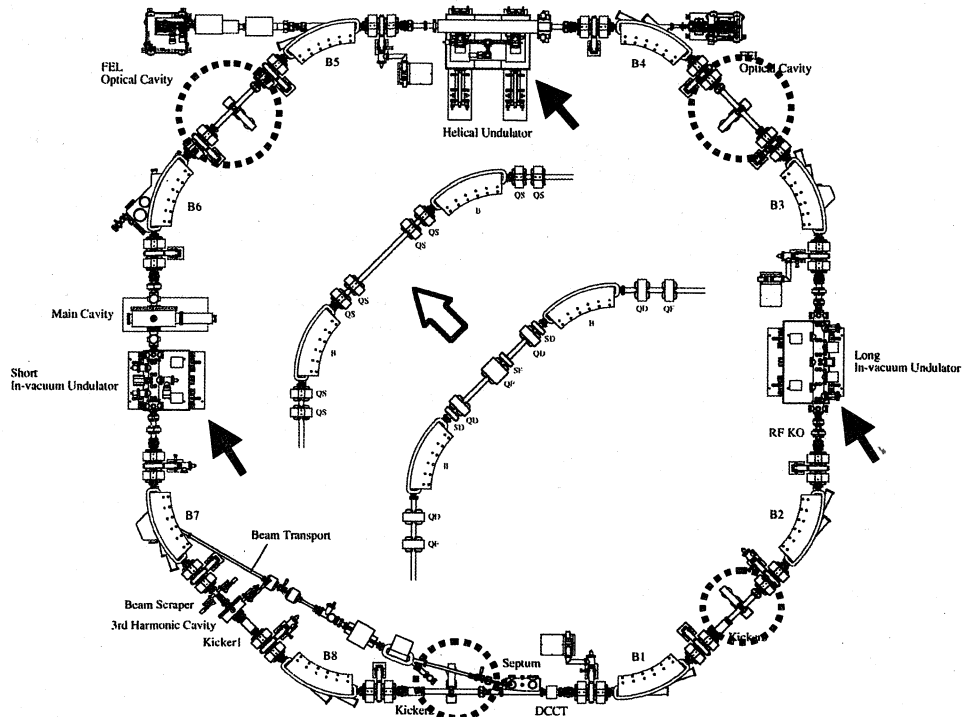


図1: UVSOR-II ストレージリング。白い矢印でラティスの改造を示してある。黒の矢印は新たに設置したアンジュレータを示し、サークルで囲った箇所は新しいアンジュレータ用の直線部である。

表1 UVSOR-I と-II の主要なパラメータ

	UVSOR-I	UVSOR-II
Circumference	53.2 m	
Lattice Type	DBA	extended DB(A)
Number of Cells	4	4
Straight Sections	3m x 4	4m x 4, 1.5m x 4
Beam Energy	750 MeV	
Emittance	165 nm-rad	27.4 nm-rad
Energy Spread	4.2×10^{-4}	
Betatron Tunes	(3.16, 1.44)	(3.75, 3.20)
Nat. Chromaticity	(-3.4, -2.5)	(-8.1, -7.3)
XY Coupling	~10%	
Mom. Comp. Factor	0.026	0.028
RF Frequency	90.115 MHz	
Harmonic Number	16	

イメントが行われた。4重極電磁石と6重極電磁石は6極磁場を持つ多極型の4重極電磁石に置き換えられた。

偏向電磁石を含む全ての電磁石電源およびその制御システムも更新された。新しいビームダクトは全てステンレスで作られておりイオンポンプとチタンゲッターポンプで排気する。偏向電磁石のビームダクトのうちの2台は更新され、新しいダクトにはDIPポンプのほかにチタンゲッターポンプも用いて排気を行う[6],[7]。ビーム位置検出器は、これまで偏向電磁石のビームダクトの上下流に設置されていたところを、新たに長直線部の上下流に設置し、全部で8箇所増やした。挿入光源としてはいままでの直線偏光アンジュレータを撤去した長直線部に新たに周期長38mmの真空封止アンジュレータを設置した。これらの作業は6月の最後までに完了し、7月の最初の週、約1週間の間、ストレージリングおよび真空封止アンジュレータのベー

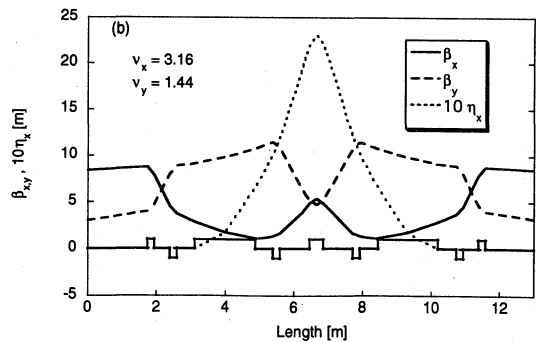
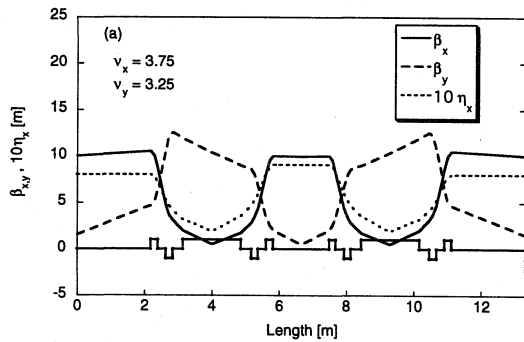


図2 UVSOR-I (下図) と UVSOR-II (上図) の光学関数

キングを行った。ベーキング後リングの真空は順調に立ち上がった。

今回の高度化において我々は入射器であるライナック

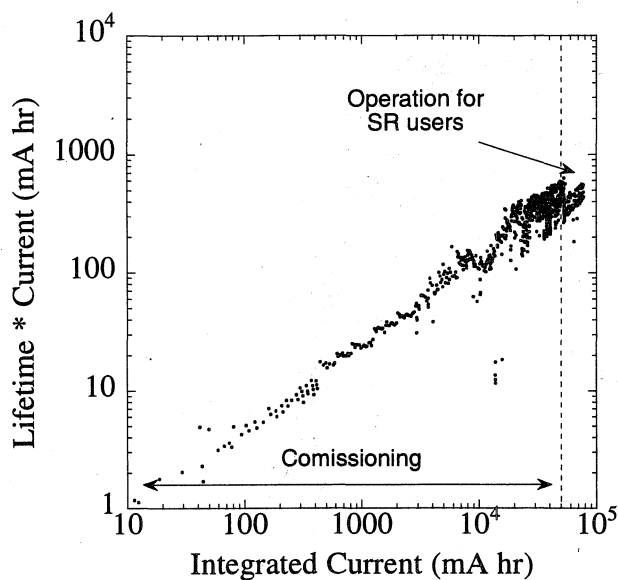


図3 ビーム寿命の改善の様子

の改造もおこなった。老朽化の進んだ電子銃システムを更新し、クライストロンのモジュレータも更新した。これらの更新後のライナックからシンクロトロンへの入射効率はこれまでの2倍以上改善された。

リングの真空立ち上げの終わった7月の第2週から、我々はシンクロトロンからストレージリングへのビーム入射を開始した。最初のビーム入射はリングの光学関数はこれまでとかなり近い値で試み、7月14日に入射に成功した。その1週間後500 mAまでビームを蓄積することに成功した。さらに7月30日にはビームをエミッタンス27 nm-radの低エミッタンスラティスで蓄積することに成功した。いまのところのベータトロン振動数の測定およびCCDカメラによるビーム測定で明らかにビームサイズが小さくなったことから、エミッタンスがゴールである27 nm-radに達していると考えている。今後に詳細な測定をおこなう予定である。

4 UVSOR-IIの共同利用運転の現状

8月にはリングの放射光による焼きだしをビームラインの焼きだしと同時に進めた。ほぼ全てのビームダクトが新品であるために、ビーム入射再開直後は放射光による真空度悪化のためにビーム寿命は非常に短かった。図3に示されるようにビーム寿命(図ではと電流値との積であらわしてある)はじょじょに回復した。しかしながら共同利用として使うには、いまだに寿命が不十分なので、ビームのエミッタンスを最小の27nm-radから60nm-radまで増大させて運転することにした。

9月には放射光の共同利用を再開し、いまのところ順調にマシントイムを消化している。図3でもわかるように共同利用再開後も少しずつビーム寿命は伸びている。今後真空の影響による寿命が十分に長くなり、また現状の問題であるRFキャビティの増強後にゴールである27 nm-radでの運転を行う予定である。

参考文献

- [1] M. Katoh et al., Proc. 8th International Conference on Synchrotron radiation instrumentation, San Francisco (2003)
- [2] S. Kamada et al., J. Synchrotron Rad. 5 (1998) 1166-1169.
- [3] M. Katoh et al., Nucl. Inst. Meth. A467-468 (2001) 68-71.
- [4] A. Mochihashi et al., Proc. 8th International Conference on Synchrotron radiation instrumentation, San Francisco (2003).
- [5] J. Yamazaki et. Al., UVSOR-29,"UVSOR Activity Report" (2002) 39-40.
- [6] J. Yamazaki et. Al., UVSOR-29,"UVSOR Activity Report" (2002) 48-49.
- [7] Y. Hori et. Al., UVSOR-29,"UVSOR Activity Report" (2002) 46-47.