

## PRESENT STATUS OF UVSOR-II

M. Katoh<sup>1,A)</sup>, M. Hosaka<sup>A)</sup>, A. Mochihashi<sup>A)</sup>, J. Yamazaki<sup>A)</sup>, K. Hayashi<sup>A)</sup>, Y. Takashima<sup>B)</sup>, T. Murakami<sup>C)</sup>

<sup>A)</sup> Institute for Molecular Science, National Institutes of Natural Sciences, Myodaiji-cho, Okazaki, 444-8585

<sup>B)</sup> Graduate School of Engineering, Nagoya University, Furo-cho, Chigusa-ku, Nagoya, 464-8603

<sup>C)</sup> Mitsubishi Electric System and Service Co. Ltd., Umezono, Tsukuba, 305-0045

### Abstract

A 750MeV synchrotron light source, UVSOR, was successfully converted to a high brilliance light source, UVSOR-II, in 2003. UVSOR-II has a small emittance of 27 nm-rad and totally eight straight sections, six of which are available for insertion devices. The storage ring was reconstructed during the shut-down from April to June, 2003. The commissioning was started early in July and completed until the end of August. The users run started in September. The filling beam current is 350 mA. The ring is operated for 12 hours a day from 9 am to 9 pm. The beam is injected at 9 am and 3 pm. Two new in-vacuum undulators and one variable-polarized undulator are in operation. The former two are fully controlled by users. In machine studies, the design emittance of 27 nm-rad, was achieved without any difficulty. The ring is operated for users with a moderately small emittance of 60 nm-rad which gives a longer Touschek lifetime. After the reinforcement of the RF system in spring, 2005, the ring will be operated with the low emittance for users.

## UVSOR-IIの現状

### 1. はじめに

UVSORは周長53m、電子ビームエネルギー750MeVの、極紫外・軟X線を得意とする比較的小型のシンクロトロン放射光源である。約20本のビームラインを有し、我が国における放射光利用研究の拠点のひとつとして、1983年から約20年間順調に稼働してきた。しかし建設から20年以上が経過しUVSORの放射光源としての基本性能は、1990年台以降世界各地で稼働を始めた第3世代光源に比べると、大きく見劣りするようになっていた。そこで我々は蓄積リングの形状を保ちながら、なるべく少ない改造で効果的に、全国共同利用施設に相応しい高性能光源へ転換する計画を立案した<sup>[1]</sup>。このUVSOR高度化計画は、幸いにして、2002年度に予算化された。

UVSOR高度化計画の中心は、ラティスの改造による光源リングの低エミッタンス化と直線部の増設であった<sup>[2]</sup>。エミッタンスは従来の約1/6の27nm-radまで小さくなり、且つ、直線部数は従来の4本から8本へと倍増される。リングは2003年4月から6月にかけて改造された。同時に、老朽化が進みつつあった加速器各部の更新、新たな需要に応えるための挿入光源及びビームラインの更新を合わせて行った。改造作業は、電磁石系のアライメント、真空系のベキングなども含めて、予定通り3ヶ月で完了した。7月より立ち上げ調整を開始し、放射光照射による真空調整も含めて2ヶ月間で完了した。この間に、蓄積電流値は申請値である500mAに到達し、27nm-radでの低エミッタンス運転にも成功した<sup>[3]</sup>。9月初めからはユーザー運転を再開し、その後大きなトラブル

もなく順調に運転されている。

### 2. UVSOR-II光源リングの現状

高度化後のUVSOR、すなわちUVSOR-IIの機器配置を図1、図2に示す。計8台の偏向電磁石の両側に四極・六極磁場を同時に発生できる複合機能型収束電磁石<sup>[4]</sup>2台づつがコンパクトに配置されている。これらの間に、垂直ステアリング電磁石と真空排気ポートが設置されている。それぞれの排気ポートにはスパッタリングイオンポンプ(SIP)1台とチタンサブリメーションポンプ(TSP)1台が接続されている。排気系としては、各偏向電磁石ダクトにも分布型イオンポンプ(DIP)が、また、一部の偏向電磁石ダクトにはTSPも接続されている<sup>[5]</sup>。電磁石系では上記以外にねじれ四極電磁石4台が配置されている。

電磁石系、真空系を効率よく配置したことで、小型のリングでありながら4mのものが4本、1.5mが4本の計8本の直線部を確保できた。そのうち6本には挿入光源が設置可能であり、現在既に3台のアンジュレータが設置されている。2台は真空封止型<sup>[6]</sup>、残り1台は可変偏光型であり、後者は自由電子レーザー研究<sup>[7]</sup>にも利用されている。

高周波加速系は、90MHzの主加速空洞と270MHzの三倍高調波空洞の2つが設置されている。前者は最大出力20kWの高周波増幅器にて励振されており、後者はTouschek効果緩和と縦方向ビーム不安定性抑制のためにpassive modeで使用されている<sup>[8]</sup>。

入射系はセプタム電磁石1台とキッカー電磁石3台からなる。これらは入射点近傍の3本の直線部に配

<sup>1</sup> E-mail: mkatoh@ims.ac.jp

置されている。

ビーム診断系は、ボタン電極型ビーム位置検出器24台、RFKO装置1台、ビームスクレイパ1台などからなる。偏向電磁石のうち2台にビーム診断専用の光取り出しポートが設けられており、ビーム形状モニター、photon counting装置、ストリークカメラなどに光を供給している。また既設ビームラインの1本に放射光位置検出器を設置してある。

表1. UVSOR-IIの主要パラメタ

|                          |                      |
|--------------------------|----------------------|
| Electron Beam Energy     | 750 MeV              |
| Circumference            | 53.2 m               |
| Straight Sections        | 4m x 4, 1.5m x 4     |
| Emittance (non-achromat) | 27 nm-rad            |
| Emittance (achromat)     | 60 nm-rad            |
| Energy Spread            | $4.2 \times 10^{-4}$ |
| Betatron Tunes           | (3.75, 3.20)         |
| Natural Chromaticity     | (-8.1, -7.3)         |
| XY Coupling (presumed)   | 10%                  |
| RF accelerating voltage  | 55 kV                |
| RF Frequency             | 90.1 MHz             |

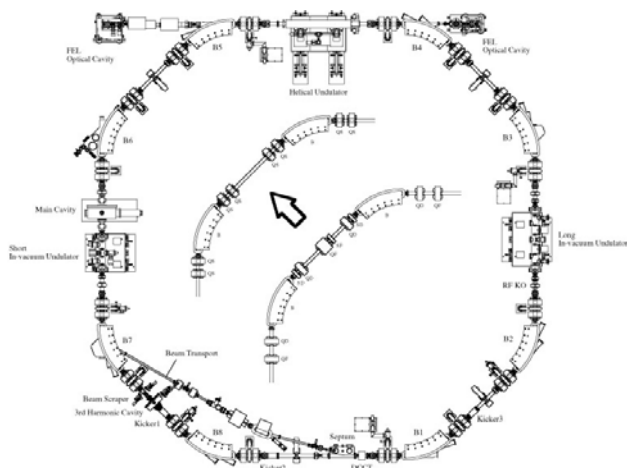


図1. UVSOR-II電子蓄積リングの機器配置  
中央には改造前のラティスとの違いを示してある。



図2. UVSOR-IIと放射光ビームライン

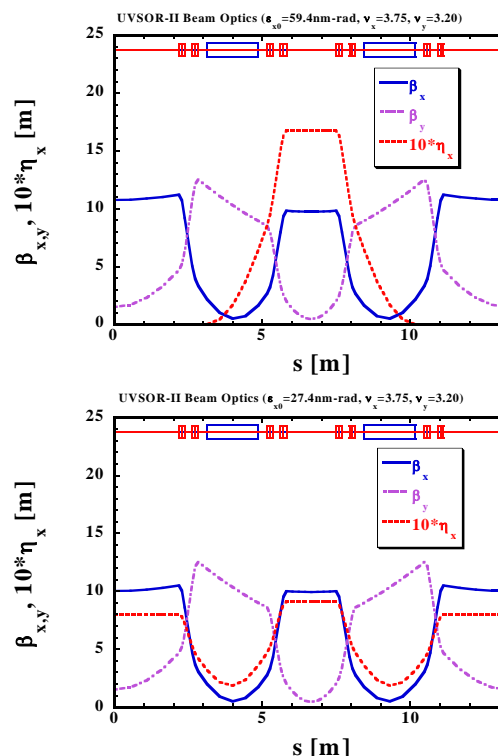


図3. UVSOR-IIのビームオプティクス  
Achromat (上)とnon-achromat (下)。

### 3. UVSOR-II入射器の現状

UVSOR-IIの入射器は、15MeVの線形加速器と600MeVのブースターシンクロトロンからなる。建設後20年以上が経過し老朽化が進んでいたが、UVSOR高度化計画の一部として、電子銃、クライストロンパルス変調器、冷却装置などを更新することができた。それらの設計性能は従来と同等であったが、2003年7月高度化直後の立ち上げ調整の段階で、シンクロトロン終端でのビーム強度は従来の2~3倍と大幅に向上していることが確認できた。これは主に線形加速器からシンクロトロンへの入射効率が大幅に改善されたためであり、その理由としては線形加速器のビームの品質の改善が考えられる。この入射器の性能向上は、UVSOR-IIのコミッションが短期間で完了した大きな要因となった。

### 4. UVSOR-IIの運転状況

UVSOR-IIは従来と同様、年間40週以上運転されている。運転停止は春に1~2ヶ月、秋に1週間、年末年始に2週間というのが典型的である。毎週月曜日は加速器・光源開発研究のためのマシンスタディに、火曜日から金曜日まではユーザー利用に割り当てられている。運転は朝9時から夜9時までであり、夜間は停止される。ビーム入射は朝9時、午後3時の2回行われ、1回当たり15分程度で完了する。典型的な一日のビーム電流値の変化を図4に示す。

現在ユーザー運転はエミッタンスが60nm-radと適

度に小さいオプティクス（図3に示す achromat なオプティクス）で運転している。その理由については次節で述べる。

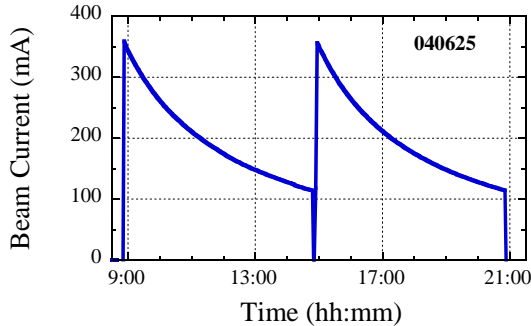


図4 UVSOR-IIのビーム電流値  
(マルチバンチモードでのユーザー運転中)

## 5. 今後の課題

UVSOR-IIは極めて順調に立ち上がったが、課題もいくつか残されている。その最も重要なものは、低エミッタンスモード（27nm-rad）のユーザー利用への早期の導入である。UVSOR-IIの建設後のビーム寿命の改善を図6に示してある。放射光照射により真空ダクトがcausing、ビーム寿命の改善が進んできたが、改善が頭打ちになる傾向が見え始めている。これは寿命が真空ではなくTouschek効果で制限され始めていることを示している。Touschek効果に対抗して十分な寿命を確保するためには高周波加速系の増強が不可欠である。現在2005年春の更新を目指して主RF空胴の製作を進めている。加速電圧は現在の約50kVから150kV以上と大幅に増強される予定であり、低エミッタンスモードでも十分な寿命が確保できるようになるものと期待している（図7参照）。

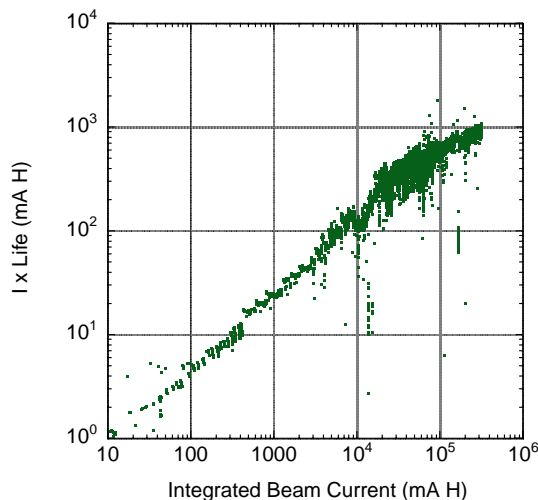


図6 UVSOR-IIのビーム寿命の改善  
2003年7月から2004年3月まで。

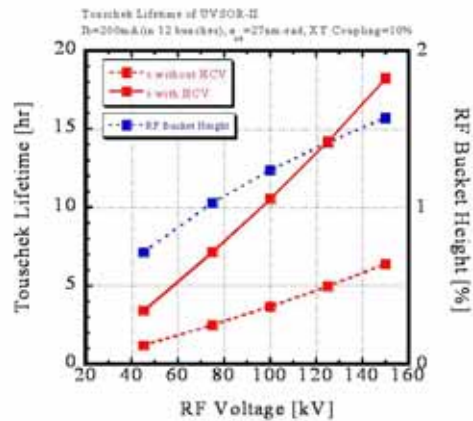


図7 UVSOR-IIのTouschek寿命のRF電圧依存性  
(赤実線：高調波空胴を最適化した場合、赤点線：高調波空胴無し、青点線：RFバケットハイト)

UVSOR高度化という大きなプロジェクトが一段落し、光源開発、ビーム物理などに関する研究活動も再開している。軌道変動の抑制、空いている直線部へ導入する挿入光源の開発など、UVSOR-IIの光源性能向上に直接結びつく様々な開発研究に加えて、自由電子レーザー<sup>[9]</sup>、コヒーレント遠赤外放射光<sup>[10]</sup>、イオン捕獲<sup>[11]</sup>、などの研究にも精力的に取り組んでいる。

## 参考文献

- [1] 加藤政博、放射光, Vol.14, No.3, 27-33 (2001)
- [2] M. Katoh, K. Hayashi, T. Honda, Y. Hori, M. Hosaka, T. Kinoshita, S. Kouda, Y. Takashima, and J. Yamazaki, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 467-468 (2001), 68-71
- [3] 加藤政博、放射光, Vol.17, No.1 (2004), 10-16
- [4] M. Katoh, Proceedings of the 25th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop (Shanghai, 2001), 150-154
- [5] J. Yamazaki, K. Haga, Y. Hori, M. Katoh, K. Hayashi, M. Hosaka, A. Mochihashi, UVSOR-30, UVSOR Activity Report 2002 (2003), 48-49
- [6] A. Mochihashi, M. Katoh, M. Hosaka, K. Hayashi, J. Yamazaki, Y. Takashima, Y. Hori, H. Kitamura, T. Hara, T. Tanaka, AIP Conference Proceedings 705(2003), 259-262
- [7] M. Hosaka, S. Koda, M. Katoh, J. Yamazaki, K. Hayashi, Y. Takashima, T. Gejo, H. Hama, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A, 483 (2002), 146-151
- [8] M. Hosaka, M. Katoh, A. Mochihashi, J. Yamazaki, K. Hayashi, T. Kinoshita, Proceedings of the 25th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop: (Shanghai, 2001), 171-173
- [9] M. Hosaka, M. Katoh, A. Mochihashi, J. Yamazaki, K. Hayashi, Y. Takashima, H. Hama, UVSOR-30, UVSOR Activity Report 2002 (2003), 54-55
- [10] Y. Takashima, M. Katoh, M. Hosaka, A. Mochihashi, UVSOR-30, UVSOR Activity Report 2002 (2003), 56-57
- [11] A. Mochihashi, K. Hayashi, M. Hosaka, M. Katoh, J. Yamazaki, Y. Takashima, UVSOR-30, UVSOR Activity Report 2002 (2003), 58-61