

UVSOR 加速器の現状

PRESENT STATUS OF UVSOR ACCELERATORS

林憲志^{A)}, 山崎潤一郎^{A)}, 許斐太郎^{A)}, 加藤政博^{#, A)}

Kenji Hayashi^{A)}, Jun-ichiro Yamazaki^{A)}, Taro Konomi^{A)}, Masahiro Katoh^{#, A)}

^{A)} UVSOR Facility, Institute for Molecular Science

Abstract

UVSOR-III, a 750 MeV synchrotron light source is routinely operated in the top-up injection mode with the beam current of 300 mA. This 50m long storage ring is equipped with 6 undulators. The emittance is about 17 nm-rad. The high beam current, the low emittance and many undulators make this machine one of the brightest synchrotron light source among low energy light sources below 1 GeV. Fifteen beam-lines are operational, which provide synchrotron radiation in broad range from the terahertz wave to the soft X-rays. In spring 2014, one old polarization variable undulator was remodeled to an APPLE-II one which would provide brighter VUV radiation with various polarizations to a photo-electron spectroscopy beam-line, which was also remodeled. New light source technologies such as resonator free electron laser, coherent harmonic generation, coherent synchrotron radiation, laser Compton gamma-rays, are being developed continuously.

1. はじめに

分子科学研究所の小型放射光施設 UVSOR は昨年、1983 年のファーストライトから、30 年目を迎え、12 月には 30 周年記念祝賀行事を開催した^[1]。UVSOR では 2003 年、2012 年頃を中心に加速器の大幅な改造を実施し、これに合わせ加速器の呼称も UVSOR-II、UVSOR-III と改めてきた。現在の加速器、すなわち UVSOR-III は、ビーム電流値 300mA でトップアップ運転され、周長 50m のリングに 6 台のアンジュレータが設置されている。電子ビームエミッタンスは約 17nm-rad で運転されており、電子エネルギー 1GeV 以下のリングでは世界最高水準の高輝度光源である。放射光ビームラインは 15 本が稼働しており、テラヘルツ波から軟 X 線までの低エネルギー放射光が分子科学、物質科学、材料科学をはじめとする幅広い分野で利用されている。

UVSOR の進化の方向性を示す資料として、放射光ビームライン数の変遷を、FIG 1 に示す。第 2 世代光源として誕生し、1980 年代から偏向電磁石を光源とする多数のビームラインが建設され、1990 年代には 20 本近いビームラインが稼働していた。2000 年代に入ると、ビームラインのスクラップアンドビルトが進み、加速器の高輝度化と並行して導入されたアンジュレータを光源とするビームラインの建設が進み、アンジュレータからの高輝度光の利用を中心とする第 3 世代的光源への転換に成功している様子がわかる。

通常放射光による共同利用の展開と並行して、共振器型自由電子レーザーや外部レーザーを利用したコヒーレント放射光発生、レーザーコンプトン散乱ガンマ線発生などの光源開発研究も活発に行われてきた。最近では、アンジュレータによる光渦の発生の研究などにも着手した^[2]。本論文では、2013 年か

ら 2014 年にかけての UVSOR 加速器の状況について報告する。

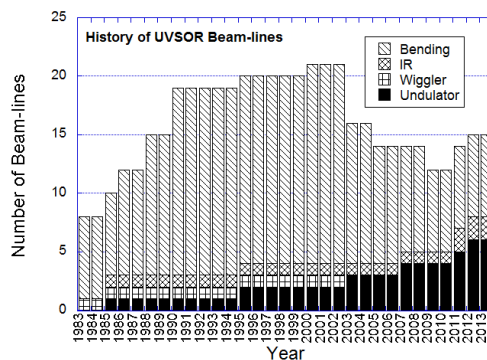


Figure 1: Beam-line history at UVSOR.

Table 1: Main Parameters of UVSOR-III

Electron Energy	750 MeV
Circumference	53.2 m
Beam Current	300 mA (top-up)
Emittance	16.9 nm-rad
Energy Spread	5.3E-4
Betatron Tunes	~(3.7, 3.2)
Number of Straight Sections	4m x 4, 1.4m x 4
Number of Undulators	6
RF Frequency	90.1 MHz

2. 加速器高度化

2012 年から始まった一連の光源加速器高度化の最終段階として 2014 年春には、可変偏光型アンジュレータの改造を行った。このアンジュレータは 1990 年代に建設され、光電子分光ビームラインに偏光可

[#] mkatoh@ims.ac.jp

変 VUV 光を供給するとともに自由電子レーザー開発にも用いられてきた^[3]。しかし、光源開発用として加速器改造により創出された新しい直線部に新規の光クライストロン型アンジュレータが導入されたことから^[4]、このアンジュレータは光電子分光専用に改造されることとなった。駆動系はそのままに、磁石列を交換することで、APPLE-II 型アンジュレータとして再生し、水平垂直の直線偏光、左右の円偏光を発生可能とし、また周期長をそれまでの 110 mm から 60 mm へと短くし、真空紫外領域での輝度の向上を測った。アンジュレータはレール上に設置されており、容易にリングから引き出すことができる。今回の改造では、リングから引き出した状態で、磁石列の交換作業を行い、また、その後の磁場測定も現場で実施した。これと並行して真空チャンバーの交換作業を進めた。作業中の様子を FIG 2 に示す。

この改造作業と並行して、試験運転中の入射用パルス六極磁石の移設を行った。

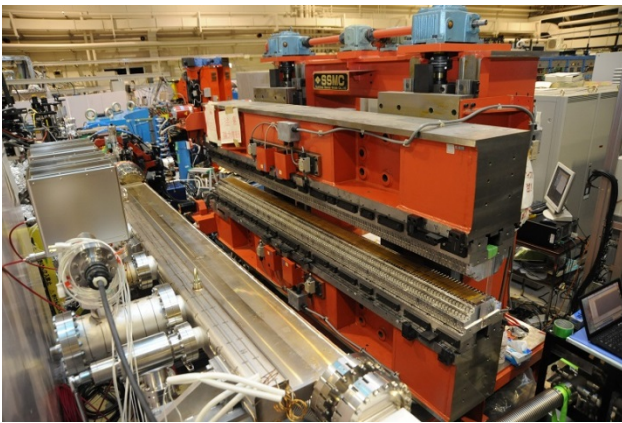


Figure 2: Undulator (U5) under remodeling.

3 運転の状況

UVSOR-III は全国共同利用の放射光施設の光源加速器として年間約 40 週運転されている。そのうち共同利用は例年約 36 週であり、その他は加速器の立ち上げ調整やマシンスタディに充てられている。1 週間のうち、月曜日はマシンスタディ、火曜日から金曜日までは共同利用、週末は運転を停止するが、必要に応じてマシンスタディ等を実施する。共同利用運転は 9 時から 21 時までの 12 時間で夜間は停止するが、木曜日から金曜日にかけての夜間は終夜運転を行う。1 週間当たりの共同利用運転は 60 時間となる。年間 36 週運転することで例年およそ 2000 時間の共同利用運転を実施している。

朝の立上調整は約 30 分で終了し、その後は、トップアップ運転に入る。ビーム電流値はマルチバンチモードで 300mA、シングルバンチモードで 50mA である。トップアップ運転は 2010 年頃より定常的に運転に導入され^[5]、比較的安定に運用されてきたが、2012 年の加速器改造以降、ビーム入射の不安定や蓄積ビームの突如の損失が多発するようになり、原因の究明を続けている。これまでに、各種運転パラメタの調整を行い、ビーム入射に関しては概

ね安定性を回復することができた。しかし、ビームサイズ増大を伴う突発的なビーム損失は完全にはなくなっておらず、原因の究明を継続している。

2014 年春の改造後の立ち上げ調整中に、三倍高調波空洞付近で真空の急激な悪化が観測され、調整運転を中断した。この空洞は約 20 年ほど使用されてきたものであり、縦方向ビーム不安定性の抑制やビーム伸長による Touschek 寿命の改善に有効であり^[6]、今や運転に不可欠なものとなっている。調査の結果、冷却水流路から超高真空系へのリークが見つかった。シール材による応急処置を試みた結果、運転可能な程度にリークが止まったことから、真空調整運転の後、ユーザー運転を開始した。これまでのところリークの再発は無いが、リークした電極部の製作を進め、時期を見て交換する予定である。

4 まとめ

UVSOR 施設の光源加速器は 2012 年を中心とする 2 回目の大幅な改造により UVSOR-III へと生まれ変わった。改造直後、特にトップアップ入射に関してやや安定性に欠ける運転状態が続いたが、様々な調整の結果、概ね依然と同程度の水準で運転できるようになった。今後さらに改良を継続し、電子ビームの高輝度特性を 100%活かせる安定な運転状態を実現することを目指している。

本稿では触れないが、UVSOR-III を用いた様々な加速器技術・光源技術開発も進めている。2012 年頃からの加速器改造によるビームタイムやマンパワーの欠如で研究の進捗はややペースダウンしたが、幸い UVSOR-III の運転も落ち着きを取り戻してきたので、名古屋大学、広島大学、京都大学などと協力し、様々な研究を再開しているところである。パルス六極磁石を用いた入射にはすでに成功しているが^[7]、より高い入射効率の実現を目指して研究を継続している。外部レーザーを用いたコヒーレント放射光発生については実用化を意識して実験ステーションの整備を進めている。また、前述の通り光渦に関する基礎研究にも着手した^[2]。共振器型自由電子レーザーは、実験ステーションの移設によりいったん解体されているが、本年度中の再構築に向けて準備を進めている。また、ビーム不安定性に関する研究をフランス・ドイツのグループと共同で進めている^[8]。

参考文献

- [1] 加藤政博、放射光 Vol.27, No.3 (2014), 172-178
- [2] S. Sasaki et al., in these proceedings
- [3] S. Kimura et al., J. Electron Spectr. Rel. Phenom. 80 (1996) 437-440
- [4] M. Adachi, H. Zen, T. Konomi, J. Yamazaki, K. Hayashi, M. Katoh, J. Physics: Conf. Ser. 425 (2013) 042013
- [5] M. Katoh, M. Adachi, H. Zen, J. Yamazaki, K. Hayashi, A. Mochihashi, M. Shimada, M. Hosaka, AIP Conf. Proc. 1234, 531 (2010)
- [6] K. Tamura et al., Jpn. J. Appl. Phys. Vol.33 (1994)L59-L62
- [7] N. Yamamoto et al., Nucl. Instr. Meth. (accepted)
- [8] E Roussel et al., New J. Phys. 16 063027 (2014)