

第24回ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Future Light Sources

理化学研究所 播磨研究所
北村 英男

空間的可干渉性に優れ、高い輝度を持つ放射光を得るように最適化された第3世代放射光源は今や爛熟の時代を迎えようとしており、物質科学、生命科学分野の研究をはじめ、産業応用、医学応用の研究が広範囲に展開されている。しかし、その一方、この第3世代放射光源とは性質が異なる次世代の光源が希求されている。空間的にも時間的にも可干渉性に優れた高い縮重度をもつ光源の開発研究は次代の軟X線、X線領域の光利用科学の方向を左右する最重要課題といえる。この光源を実現するために世界各国において高強度ビーム線型加速器やエネルギー回収型線型加速器による高度に干渉した放射光源（自己増幅型自由電子レーザー、SASE）を含む自由電子レーザー（FEL）の開発が進められている。標記ワークショップ（組織委員長：上坪宏道）は以上の放射光源技術について国際的な情報交換の場として位置付けられており、国内外の研究者同士の交流、研究協力を推進することによって次世代放射光の早期実現を促すことを目的として2002年5月1日から4日まで4日間、兵庫県播磨科学公園都市内のSPring-8において開催された。参加者は計140名（このうち海外から53名）であった。このワークショップは、International Committee for Future Accelerators（ICFA）が行う啓蒙活動シリーズとして位置づけられているものである。ICFAは4つのパネルで構成され、そのひとつがICFA Beam Dynamics Panelであり、これはさらに3つのサブパネルで構成されている。このワークショップはそのひとつであるFuture Light Sources Sub-panel（Chairman: K. -J. Kim）によって企画されるもので原則として3年ごとに開かれる。前回はAPS、前々回はESRFであった。

このワークショップの特色は、加速器、光源、光学系および利用科学に従事する研究者が一堂に会す

ることによって次世代放射光科学を推進する途上の問題点とそれらを克服する展望を共有することにある。したがって、会議進行はシングルセッションを原則とし、特に高度に専門化された内容についてのみ五つの分科会（WG-：利用科学の可能性と光学技術、WG- a：SASE用線型加速器、WG- b：エネルギー回収型ライナック（Energy Recovery Linac, ERL）、WG-：FEL理論、WG-：挿入光源技術とその他の重要技術）で密度の高い議論を行った。プログラムは以下の通りである。

May 1 (Wednesday)

Public Relation Center (Large Meeting Room)

08:00 Continental Breakfast & Registration

Chair Hideo Kitamura (SPring-8/RIKEN)

09:00 Opening Remarks

Hiromichi Kamitsubo (Chair, Organizing Committee)

Akira Kira (Director, JASRI)

Kwang-Je Kim (APS, ANL)

09:30 **Summary Report on the 17th ICFA Advanced Beam Dynamics Workshop on Future Light Sources (plenary talk)**

Kwang-Je Kim (APS, ANL)

10:00 **Multiphoton processes in molecules and clusters induced by intense VUV radiation from a FEL (plenary talk)**

Thomas Moeller (HASYLAB, DESY)

10:30 **Break**

Chair Ilan Ben-Zvi (BNL)

11:00 **Generation of GW radiation pulses from a VUV Free-Electron Laser operating in the femtosecond regime (plenary talk)**

Bart Faatz (DESY)

WORKSHOP AND COMMITTEE REPORT

11:30 **An Overview of Recent High-Gain FEL Experiments (plenary talk)**

Stephen Milton (APS, ANL)

12:00 **An Overview of ERLs and their Technical Issues (plenary talk)**

Charles K. Sinclair (LNS/CHESS, Cornell)

12:30 **Lunch**

Chair Tetsuya Ishikawa (SPring-8/RIKEN)

01:30 **First Experiments Planned for LCLS (plenary talk)**

Jerome Hastings (SLAC)

02:00 The X-ray FEL laboratory at TESLA

Thomas Tschentscher (HASYLAB, DESY)

02:25 The BESSY SASE FEL- an optimized user facility for the VUV to soft X-ray spectral range

Eberhard Jaeschke (BESSY)

02:45 Synchronization issues for XFEL pump-probe experiments

John Arthur (SSRL, SLAC)

03:05 **Group Portrait**

03:15 **Break**

Chair Kwang-Je Kim (APS, ANL)

03:40 **Free-Electron Laser Simulations at Short Wavelengths (plenary talk)**

Sven Reiche (UCLA)

04:10 Recent progress in the High-Gain FEL theory

Zhirong Huang (ANL)

04:30 Theoretical limits of High Gain Harmonic Generation

Evgueni Saldin (DESY)

04:50 Undulator segmentation in SASE: do we really need an accurate alignment between segments?

Takashi Tanaka (SPring-8/RIKEN)

05:10 **Dinner**

06:40 **SPring-8 Tour**

May 2 (Thursday)

Public Relation Center (Large Meeting Room)

08:00 **Continental Breakfast & Registration**

Chair Joerg Rossbach (DESY)

09:00 **LINACs for SASE-FEL (plenary talk)**

Max Cornacchia (SLAC)

09:30 SCSS: SPring-8 Compact SASE Source Project

Tsumoru Shintake (SPring-8/RIKEN)

09:55 Design of Bunch Compressors for the SPring-8 Compact SASE Source

Yujung Kim (SPring-8/RIKEN)

10:10 C-band Linac for SASE

Hiroshi Matsumoto (KEK)

10:30 **Break**

Chair Charles Sinclair (Cornell)

10:50 **Work on Recirculated and Energy Recovered Linacs at Jefferson Lab. (plenary talk)**

Geoffrey A. Krafft (Jefferson Lab.)

11:20 Recent results and future plans of the JAERI Energy-Recovery Linac

Ryoichi Hajima (JAERI)

11:40 The development of Photoinjected ERLs at BNL

James Murphy (NSLS, BNL)

12:00 The 4GLS Proposal for an ERL-Based UK Light Source

Michael Poole (Daresbury Lab.)

12:20 A Dedicated Synchrotron Light Source for Ultrafast X-ray Science

Derun Li (LBNL)

12:40 **Lunch**

Chair Pascal Elleaume (ESRF)

01:40 **Undulator Line for SASE FEL (plenary talk)**

Efim Gluskin (APS, ANL)

02:10 Demagnetization of undulator magnets irradiated by high-energy electrons

Teruhiko Bizen (SPring-8/JASRI)

02:30 Electron beam diagnostics for SASE FELs

Dirk Noelle (DESY)

02:50 Photon Diagnostics for the X-ray FELs at TESLA

Markus Tischer (HASYLAB, DESY)

03:10 **Break**

Chair Tsumoru Shintake (SPring-8/RIKEN)

03:30 **Photoemission Injectors for Low Emittance, High Average Current Electron Beams**

Charles K. Sinclair (LNS/CHESS, Cornell)

04:00 Production of low-emittance electron bunch from a photo injector with a temporally shaped laser pulse

Fumio Sakai (Sumitomo Heavy Industries)

- 04:20 Photo Injectors for TTF-FEL
Frank Stephan (DESY)
- 04:40 Ultra-Short Bunch and High Current Beam
Generation
Luca Serafini (INFN)
- 05:00 Development of the 500kV Electron Gun for the
Free Electron Laser at SPring-8
Kazuaki Togawa (SPring-8/RIKEN)

- 05:20 **Buses to Himeji**
06:50 **Banquet (Koko-en)**
08:50 **Buses to SPring-8**

May 3 (Friday)**Public Relation Center (Large Meeting Room)**

- 08:00 **Continental Breakfast**
-

Chair Tsumoru Shintake (SPring-8/RIKEN)

- 09:00 **Coherent Synchrotron Radiation Effects (plenary talk)**
Torsten Limberg (DESY)
- 09:30 Self-amplification of coherent synchrotron
radiation in bunch compressors
Samuel Krinsky (NSLS, BNL)
- 09:50 Start-to-end simulations of the beam dynamics in
SASE FELs
Michael Borland (APS, ANL)

- 10:10 WG-GL Intros & Remarks
10:15 **Break**
-

- 10:40 **Working Group Meetings**

WG I (Optics & Applications) Public Relation Center (Medium Meeting Room)

Leader : Tetsuya Ishikawa (SPring-8/RIKEN)
Co-leader: Makina Yabashi (SPring-8/JASRI)

WG IIa (LINACs for FELs) Main Building (1F, Auditorium)

Leader : Joerg Rossbach (DESY)
Co-leader: Tsumoru Shintake (SPring-8/RIKEN),

**WG IIb (ERLs) 10:40~15:00 Main Building (1F, Auditorium)
15:30~19:00 Main Building (1F, Special Meeting Room)**

Leader : Ilan Ben-Zvi (BNL)
Co-leader: Ryoichi Hajima (JAERI)

WG III (FELs) Houkoukan (Meeting Room)

Leader : Kwang-Je Kim (APS, ANL)
Co-leader: Takeshi Nakamura (SPring-8/JASRI)

WG IV (IDs & Others) Structural Biology Facility (1F, Room 109)

Leader : Pascal Elleaume (ESRF)
Co-leader: Toru Hara (SPring-8/RIKEN),

- 12:30 **Lunch**
-

- 01:30 **Working Group Meetings (continued)**

- 03:00 **Break**
-

- 03:30 **Working Group Meetings (continued)**

- 05:00 **Break**
-

- 05:30 **Working Group Meetings (continued)**

- 07:00 **Dinner**

- 07:30 **Cafeteria closed (available until 8:00)**

May 4 (Saturday)**Public Relation Center (Large Meeting Room)**

- 08:00 **Continental Breakfast**
-

Chair Arbin F. Wrulich (PSI)

- 09:00 **High Brightness X-ray Lasers with Short-Pulse Laser Pumping (plenary talk)**

Yoshiaki Kato (JAERI)

- 09:30 **Ultimate Prospects of Storage Ring-based Light Sources (plenary talk)**

Annick Ropert (ESRF)

- 10:00 **An Overview on Storage Ring FEL Sources (plenary talk)**

Marie-Emmanuelle Couprie (CEA)

- 10:30 **Break**
-

Working Group Reports

Chair Kwang-Je Kim (APS, ANL)

- 10:45 WG I (Optics & Applications)

Tetsuya Ishikawa (SPring-8/RIKEN)

- 11:10 WG IIa (LINACs for FELs)

Joerg Rossbach (DESY)

- 11:30 WG IIb (ERLs)
Ilan Ben-Zvi (BNL)
- 11:50 WG III (FELs)
Kwang-Je. Kim (APS ANL)
- 12:15 WG IV (IDs and Others)
Pascal Elleaume (ESRF)
- 12:40 Closing Remarks
Kwang-Je Kim (APS, ANL)
Hideo Kitamura (SPring-8/RIKEN)
- 13:00 Lunch
- 14:00 Buses to Himeji City (Castle)

以上の講演のうちいくつかについて簡単に紹介する。T. Moeller (DESY) が、真空紫外域SASEを使った最初の利用科学の成果について講演した。原子あたり40以上の光子が関与する分子およびクラスター中の多光子過程を実証したもので、この種の光源の将来性を十分示唆するものであった。B. FaatzはTTF (TESLA Test Facility at DESY)におけるSASE開発の現状と軟X線域SASEを目指す次期計画TTF-、S. Milton (ANL)はAPSにおけるLEUTL-SASEの現状、そしてC. Sinclair (Cornell)が、もうひとつの次世代放射光源として脚光を浴びているERL (Energy Recovery Linac) 開発の概要について講演を行った。

SASEの利用計画については、J. Hastings (SLAC/SSRL) がX線域SASEを目指すSLACの将来計画LCLS (Linac Coherent Light Source at SLAC) の利用実験計画 (Femto-chemistry, Nanoscale Dynamics in Condensed Matter, Atomic Physics, Plasma & Warm Dense Matter, Structural Studies in Single Particles and Biomolecules等)についてプレナリー講演を行った。一方、DESYのT. Tschentscherは真空紫外/軟X線用としてTTF-、X線用として20 GeV Linacを基本とするXFEL施設計画の概要について、BESSYのE. Jaeschkelは2.25 GeV Linacに基づく軟X線SASE計画 (DESY計画と相補的) について報告した。

FEL理論ではS. Reiche (LCLA) が短波長域のFELシミュレーションについてプレナリー講演を行い、VISA (BNLのFEL研究) LEUTLおよびTTFの実験結果を参照しつつシミュレーションの勘所を明らかにした。Z. Huang (ANL) は高利得SASE理論の最近の進展について講演し、飽和出力前後におけるSASEの性質について言及した。E. Saldinは

SASEにおける高調波発生の限界を示し、ノイズによる出力低下が周波数逡倍数の自乗に比例することを明らかにした。T. Tanaka (SPring-8/RIKEN) はSASE用長尺アンジュレータの分割化において留意すべき設置誤差について講演し、ユニットアンジュレータの長さがゲイン長の2倍以上ならばユニット間相互の設置エラーはさほど重要ではないことを明らかにした。

次世代光源の加速器技術では (前半: SASE用Linac、後半: ERL) M. Cornacchia (SLAC) がLCLSを参照しつつSASE用Linacの技術全般についてプレナリー講演を行った。続いてT. Shintake (SPring-8/RIKEN) がSCSS (SPring-8 Compact SASE Source)の現状、Y. Kim (SPring-8/RIKEN) がSCSS用パンチコンプレッサーの設計、H. Matsumoto (KEK) がSCSS用Cバンドライナックの開発現状について報告した。G. Krafft (Jefferson Lab.)はJefferson Lab.におけるERLの開発現状についてプレナリー講演を行い、他の加速器 (蓄積リング) に基づく光源性能と比較しつつERLの優位性を強調し、Cornell大学と共同で提案しているX線域のERL計画の概要を紹介した。R. Hajima (JAERI) は原研にて稼働中の15MeV超伝導LinacのERL化、J. Murphy (BNL) 、D. Li (LBNL) 、M. Poole (Daresbury Lab.) はそれぞれ講演者が所属する施設が提案するERL計画について発表した。このようにERL施設の提案が急速に増えてきた理由は、高輝度放射光を得るためのコストパフォーマンスが第3世代コンセプトのそれと比較して格段に高いからである。

挿入光源とビーム診断技術においては、E. Gluskin (ANL) がSASE用アンジュレータについてプレナリー講演を行った。3つのSASEプロジェクト (TESLA, LEUTL, LCLS) のアンジュレータを概観しつつ磁場精度や機械精度を実効的なSASE飽和出力長と関連づけた。T. Bizen (SPring-8/JASRI) は挿入光源用永久磁石の電子ビームによる減磁について発表し、サマリウムコバルト磁石 ($\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$) がこの特性に関してNdFeB磁石より優れてはいるが、その減磁は無視できる量ではないことを明らかにした。D. NoelleはSASEにおける電子ビーム診断について発表し、パンチ内微細構造が観測可能なシングルショット診断システムの重要性を強調した。

主加速器の入射系技術 (特に電子銃技術) では、

C. Sinclair (Cornell) が光電型電子銃技術 (特に ERL用) についてプレナリー講演を行い、高性能 ERLを実現するには、電子銃の加速構造、カソード材料技術、これに最適化されたレーザーシステムの開発に対し精力的な取り組みが必要であることを強調した。一方、K. Togawa (SPring-8/RIKEN) は以上の光電型とは全く異なるアプローチ、伝統的な熱電子銃 (ただしカソード電圧500kV) を用いる方法を発表した。

Linac以外の原理に基づく光源についてもその最前線が紹介され、Y. Kato (JAERI) は100 TW (20 fs) の高出力短パルスレーザーでポンプされたX線域レーザーの開発現状について、A. Ropert (ESRF) は第3世代放射光源の延長と考えられる究極の蓄積リング放射光源について、M.E. Couprie (CEA) は蓄積リング型FELの開発現状についてプレナリー講演を行った。後半は各Working Groupのまとめが報告された。このワークショップのProceedings (CD-ROM) は8月に配布される予定である。

終わりにこのワークショップを開催した責任者のひとり (実行委員長) としての感想を簡単に述べたい。50人以上の海外参加者が出席する国際ワークショップはSPring-8サイトとしては最初のものである。もちろん、本格的な国際会議に付随するサテライトは経験していたであろうが、運営全体と会議遂行に必要な全ての事務処理を行ったのは今回が最初であるといえよう。宿泊、トランスポート、食事、会場設営等においていくつかの問題点があったが事務局と実行委員会の献身的な努力によってこれらは克服され会議は成功裏に終わった。改めて関係各位の方々にお礼を申し上げる次第である。

北村 英男 KITAMURA Hideo

理化学研究所 播磨研究所

〒679-5148 兵庫県佐用郡三日月町光都1-1-1

TEL : 0791-58-2809 FAX : 0791-58-2810

e-mail : kitamura@spring8.or.jp