

X線結像光学ニュースレター

No.21 2005年2月発行

SPRING-8 地区におけるX線自由電子レーザー計画

SPRING-8/理化学研究所 北村 英男、新竹 積、石川 哲也

SPRING-8/理化学研究所は、SPRING-8 の敷地内（1km ビームラインに隣接するスペース）において、次世代放射光源として期待されている波長0.1nmのX線自由電子レーザー（XFEL）を実用化しようというSCSS（SPRING-8 Compact SASE Source）計画を推進している。その動機は、①コヒーレントX線の含有量が多いあるいは全てがそれであるようなX線は世界最強といわれるSPRING-8でも供給不可能で、誘導放出をその放射原理とするXFELだけが供給可能であること、②XFELの利用は、物質と光の相互作用を用いた研究の未開領域を埋めることはもちろん、一分子構造解析、分子レベルX線顕微鏡、サブピコ秒に達する高速時分割計測などの可能性が議論されており、今後のナノテクノロジー、生物学、医科学、情報科学、材料科学の進展にとって基盤的かつ不可欠なものであるが、新しい光の利用にはこれまで様々な場面で経験してきたように、思いもかけない新展開が待っている可能性が高いことである。

先行するThe European X-Ray Laser Project XFEL（ドイツ、E=20GeV、2012年完成？）やLCLS（米国、E=14.5GeV、2009年完成？）は、そのエネルギー設定から明らかであるように大型施設のカテゴリーに属する。大国を除けば各国独自で建設できる規模ではないことは明らかである。しかしながら、第3世代放射光源の世界において大型施設から中型施設へという潮流に傾斜しつつある現状をみれば、遠くない将来、XFELの世界でも同様の潮流があり得るであろう。本計画はこの潮流のトップを切るよう策定されたものである。そのコンセプトとは、先行する大型施設に匹敵する性能を低コスト・中規模サイズで実現するため、①真空封止アンジュレータを採用することによってビームエネルギー

を下げること、②加速勾配の高いCバンド線型加速器を採用することによって施設全体をコンパクト化することで、SCSSという呼称はこのコンセプトを反映したものである。

サイトとしてSPRING-8地区を選んだ理由は、①第3世代放射光源としての蓄積リング施設と光源性能において相補的であること、②蓄積リングの放射光とXFELの同時使用が可能になること、③ナノメートルレベルの光源安定性が確保できる強固な地盤であることである。スケジュールは、①2005年秋までに試作型（250MeV）を完成、最短波長60nmの自由電子レーザー光を発生（認可済）、②2006年から2009年にかけて6~8GeVの施設を建設、2010年には0.1nm域のXFELを供給（要求予定）。

本計画は、学術審議会の委員会「国として戦略的に推進すべき基幹技術に関する委員会」の答申に十分応えるものである。同委員会が策定した「第3期科学技術基本計画」において、2010年までに整備されるべき重要基盤技術のひとつとして、「電子顕微鏡等の従来の計測技術では到達し得ない、サブナノメートルレベルの3次元観察・制御・加工」を可能とするX線自由電子レーザー等の次世代放射光源を挙げている。本計画を推進するために、理研・播磨研究所は2004年秋、線型放射光研究開発グループ（グループ長：石川哲也主任研究員）を5チーム体制：電子入射・加速器研究開発（新竹 積主任研究員）、アンジュレーター開発（北村英男主任研究員）、利用技術開発（石川哲也主任研究員）、物質科学利用研究開発（石川哲也主任研究員）、生命科学系利用研究開発（城 宜嗣主任研究員）で結成した。イメージング分野において画期的なツールとして期待されているXFELを世界に先駆けて実現するため、皆様のご支援・ご協力をお願いする。

広帯域高解像度 X 線検出器の開発

大阪大学大学院理学研究科 宮田恵美

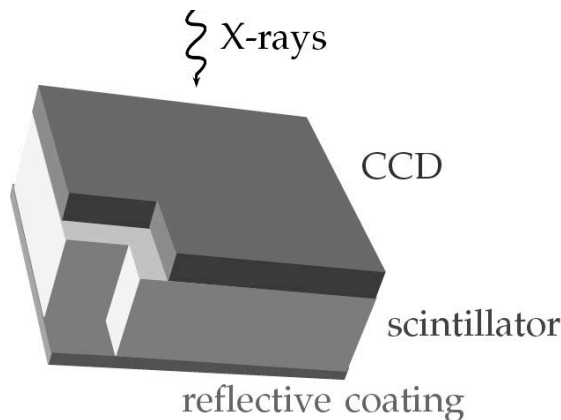
X線天文学では、X線CCDが標準的な検出器として使われている(詳細は本ニュースレターNo.11を参照)。CCDは10keV以下の軟X線に関しては優れた検出器だが、珪素を用いて製造されているために硬X線に対する感度が低い。近年、名古屋大学を中心に開発されているスーパーミラーは、全反射とブラッグ反射をうまく使い分けることで0.1keVから80keVまでのX線を集光することができる。こうなると、CCDだけでは役不足だが、軟X線に関してはCCDは依然優れた検出器であり、CCDと他の硬X線検出器を用いたハイブリッド型の焦点面検出器の開発が進められている。しかし、このような独立した検出器を並べて使うことは機械的にも熱的にも成立性が難しく、また焦点深度を考慮すると極めて近い距離に配置する必要があり現実的ではない。

そこで我々は、CCDの良さを活かしてその帯域を10keVから100keVまで拡張できる新しい検出器の開発を進めている。CCDの裏面にシンチレータを直接接着、もしくは蒸着した検出器(SD-CCDと呼ぶ)である。概念図を下に示す。X線入射方向にCCDを配置しており、軟X線を直接CCDで検

出することができる。10keV以上の硬X線はCCDを透過するが、直下にあるシンチレータで吸収することが出来る。シンチレータはX線を吸収すると、そのエネルギーに比例した数の可視光を放出する。CCDは可視光に対しても優れたイメージャであり、シンチレータの放出光を効率良く検出することができる。

我々は様々なシンチレータとCCDを用いてSD-CCDを開発した。その結果、シンチレータに関しては、通常の単結晶を使うと放出光の拡がりが大きくなりすぎて、CCDで光子計数できないことが判った。そこで着目したのが、浜松ホトニクス社の有するCsI(Tl)をマイクロオーダーの柱状に成長させる技術である。我々は、浜松ホトニクス社と共同でCCDに柱状CsI(Tl)を直接蒸着する技術を確認し、CCD、特に裏面照射型CCDにCsI(Tl)を成長させることに成功した。これにより、放出光の拡がりを大きく抑えることが出来、硬X線の光子計数することに成功した。

現在のところ、位置分解能はCCDの画素サイズではなく、柱状CsI(Tl)の直径で制限されており10 μ mを達成している。硬X線領域で10 μ mの分解能で光子計数可能な検出器は他に類を見ない。分光性能は60keVで25%と、通常の単結晶Cs(Tl)を使った検出器と同程度である。検出効率80keVで40%とスーパーミラーの焦点面検出器として必要十分な性能を持つ。今後の応用実験として、2005年11月に日本とブラジルの国際共同研究による気球実験(NUSMIT)において、スーパーミラーの焦点面検出器として使われることが決定している。さらに我々は天体応用だけでなく、硬X線領域における優れた位置分解能を活かして、医療や生体診断、非破壊検査や放射光施設での実験など応用分野を積極的に開拓したいと考えている。





各種報告

【2005年 春季応用物理学関係連合講演会】

X線結像光学研究会企画シンポジウム「X線結像光学の新展開」

シンポジウム企画世話人 筑波大学 青木貞雄

X線結像光学研究会活動の一環として、2005年春季応用物理学学会講演会（平成17年3月29日～4月1日、埼玉大学）の機会を利用し、シンポジウム「X線結像光学の新展開」を企画致しました。

本シンポジウムでは、X線結像光学の基盤技術と最先端の計測技術を紹介し、研究最前線への展開を探ります。学会の一般講演「中分科会 7.1；X線技術」の日程とは重ならないようお願いしてありますので、関連分野の方々をお誘いの上、是非、ご参加ください。

日時：平成17年3月29日（火）学会初日、13時～16時50分

場所：埼玉大学（埼玉県さいたま市桜区下大久保255）

講演会場（未定）等の詳細は、応用物理学学会HP「<http://www.jsap.or.jp>」をご覧ください。

「シンポジウムプログラム」

講演題目	所属	講演者
ソフトX線：X線結像光学系の新しい展開（20分）	筑波大院数理	青木貞雄
軟X線結像用の精密多層膜鏡の開発（30分）	東北大多元研	羽多野忠
高性能のX線撮像装置の開発（30分）	阪大院理	常深 博
核融合レーザープラズマのマイクロビームX線画像診断法の開発（30分）	阪大レーザー研	疇地 宏
休憩 14:50～15:05（15分）		
大型ヘリカル装置（LHD）におけるX線計測（25分）	核融合研	森田 繁
硬X線反射望遠鏡による天体観測（25分）	宇宙研	國枝秀世
EUVL技術の現状と今後の課題（25分）	兵庫県立大高度産業研	木下博雄
SPring-8におけるX線顕微鏡の開発（30分）	高輝度光科学研究セ	鈴木芳生

【第8回X線顕微鏡国際会議（XRM2005）準備状況報告—その2】

国際会議世話人代表 筑波大学 青木貞雄

2005年7月、姫路市（イーグレ姫路）で開催予定の「第8回X線顕微鏡国際会議（XRM2005）」準備状況をお知らせします。

第2回目の組織委員会は現地実行委員を含むかたちで、2004年11月25日（木）に会議場予定の「イーグレ姫路」で開催されました。この会議で招待講演者（依頼）や登録料等、予算の大枠が決まりました。ホームページ「<http://xrm2005.spring8.or.jp/>」は2004年10月初めに開設しましたが、登録手続きやアブストラクト投稿要領など、本会議重要事項の掲載は12月初めに行いました。

準備状況の報告および広報活動を兼ねて2005年1月8日（土）の放射光年会（佐賀県鳥栖市）で拡大実行委員会を開催致しました。当日は委員の関心も極めて高く、24名の方々が出席して下さいました。委員会では、招待講演者の受諾状況や予算、ポスター、企業展示、サテライトミーティング（予定）などの紹介がありました。

以下に現時点でほぼ確定している事項および今後の活動予定について報告致します。

1. 会議開催日程、開催場所
2005年7月26日（火）～30日（土）、イーグレ姫路（姫路市）
2. 主催：SPring-8、共催：姫路市、兵庫県立大学
後援：日本放射光学会、応用物理学学会、レーザー学会、日本精密工学会、日本分析化学会、日本生物物理学会、放射光医学研究会、X線結像光学研究会
3. 今後の予定
平成17年3月29日（火）応用物理学学会シンポジウムにて広報
平成17年3月31日（木）アブストラクト締め切り
平成17年4月：オーラルの選定開始
平成17年5月：プログラムの概要案提出

4. 招待講演者（受諾）および講演タイトル(1 月末)：若干の変更の可能性あり

講演者	所属	講演タイトル
Weilun Chao	Center for X-ray Optics, LBNL, USA	Zone Plate Microscopy to 13 nm Spatial Resolution with XM-1 at the ALS
Tolek Tyliczszak	Lawrence Berkeley National Laboratory, USA	A High Spatial Resolution Scanning Transmission X-ray Microscope at the ALS
Hwa Shik Youn	Pohang Accelerator Laboratory, Korea	Phase Contrast Hard X-ray Microscopy with the Spatial Resolution better than 100 nm
Burkhard Kaulich	Elettra-Sincrotrone Trieste, Italy	TwinMic - A European Twin X-ray Spectromicroscopy Station
Jean Susini	European Synchrotron Radiation Facility, France	X-ray Microscopy Activities at the ESRF
Peiping Zhu	Beijing Synchrotron Radiation Facility, China	Recent Developments on the X-ray Phase Contrast Imaging and CT in BSRF
Mau-tsu Tang	National Synchrotron Radiation Research Center, Taiwan	Hard X-ray Microscopy with Sub-30nm Spatial Resolution in Taiwan
Stefan Rehbein	BESSY, Germany	Volume Zone Plate Development at BESSY
Slawka J. Pfauntsch	King's College London, UK	Laser Generated Plasma Source for Scanning X-ray Microscopy
Hiroaki Nishimura	Osaka University, Japan	Development of High-average Power Extreme Ultra-violet Source by Laser Produced Plasmas
Kuniko Takemoto	Kansai Medical University, Japan	MicroXAFS of Ascidian
Carolyn A. Larabell	University of California, USA	Biological Nano-tomography (Tentative)
Rainer H. Fink	University of Erlangen, Germany	Optimizing Organic Thin Films from Microspectroscopic Analysis
Adam P. Hitchcock	University McMaster, Canada	In situ STXM: Studies of Wet Electrochemical Systems under Potential Control
Peter. Fischer	Center for X-ray Optics, LBNL, USA	Recent Achievements with Full-field Soft X-ray Microscopy to Study Magnetic Nanostructures
Jay A. Brandes	University of Texas, USA	How Organics are Processed in the Ocean Environment (Tentative)
Wenbing Yun	Xradia, USA	Sub-10 nm X-ray Microscopy: Status and Pathways
Luca. Gregoratti	Elettra-Sincrotrone Trieste, Italy	The Scanning Photoemission Microscope at Elettra: recent results and developments
Gerd. Schneider	BESSY, Germany	Novel X-ray Microscopes for 3-D and Fs-imaging at BESSY
Eva P. Lopez	European Synchrotron Radiation Facility, France	High Resolution Time Resolved Phase Contrast Imaging to Investigate Liquid Ga Penetration in Al Bicrystals
Benjamin Hornberger	Stony Brook University, USA	Combined Differential Phase Contrast Imaging and Fluorescence Trace Element Mapping at the Advanced Photon Source
Stefano Marchesini	Lawrence Livermore National Lab, USA	Coherent Imaging: Materials Science (Tentative)
Enju Lima	Stony Brook University, USA	Coherent Imaging: Yeast Cell (Tentative)
Keith Nugent	University of Melbourne, Australia	X-ray Image Reconstruction Using the Transport of Intensity



X-RAY
IMAGING OPTICS



編集部より

本年もよろしくお願ひ申し上げます。

引き続き電子メールでの配信希望を募っております。容量は 1MB 程度、印刷版同時郵送ですが、不要の場合その旨ご連絡下さい。レターについてのご意見・ご要望とともに、ご所属(機関名、企業名等)、氏名、配信先電子メールアドレスを明記の上、メールにて編集部 田原(tawara@u.phys.nagoya-u.ac.jp) まで御連絡下さい。次号より、電子版を配信させていただきます。

X線結像光学ニューズレター
No.21 (2005年2月)

発行 X線結像光学研究会
(代表 筑波大学物理工学系 青木貞雄)
編集部 名古屋大学エコトピア科学研究機構 田原 謙
(協力研究室：大学院理学研究科物理学教室U研)
〒464-8602 名古屋市千種区不老町
TEL: 052-789-2917, FAX: 052-789-2919
E-mail: tawara@u.phys.nagoya-u.ac.jp