

3A04

極紫外自由電子レーザー利用研究の現状

(理化学研究所・XFEL¹, 高輝度光科学研究センター²)

○永園充¹, 登野健介¹, 富樫格^{1,2}, 矢橋牧名¹, 仙波泰徳²,
木村洋昭^{1,2}, 大橋治彦^{1,2}, 石川哲也¹

SPring-8 Compact SASE Source (SCSS)試験加速器は、現在 SPring-8 キャンパス内に建設中の X 線自由電子レーザー (XFEL) の基本となる加速器システムの原理・検証を目的として設計され、2005 年に建設され、2007 年 9 月に所期の目的であるレーザーパワーの飽和を達成した [1]。同年 10 月よりユーザー利用研究が開始され、2008 年 5 月からは課題募集による一般利用研究も開始された。本発表では、SCSS 試験加速器から発振する極紫外自由電子レーザー (EUV-FEL) の利用研究の現状、ビームライン整備状況を報告し、また分子科学分野における EUV-FEL の利用研究の可能性について議論したい。

EUV-FEL の主な光特性を表に示す。波長領域 50~61nm において、レーザーパワーが飽和し、強度変調が rms10%以下の安定した出力を得ている。パルスの繰り返しレートは、現在 20Hz であり、設計値の最大は 60Hz まで可能であり、このための R & D が行われている。EUV-FEL 波長 60nm のスペクトルを図 1 に示す。青線はシングルショット、赤線は 50 ショットの平均スペクトルである。自然放射自己増幅 (SASE) 型 FEL は、発生原理からショット毎に、設定波長を中心に、異なった波長スペクトラムの光を発振する。波長幅の平均は、約 1% (FWHM) である。

ユーザー利用実験は、EUV レーザー実験棟内で行う。SCSS 試験加速器からの EUV-FEL は、輸送系ビームライン (平面ミラー 2 枚) を経て実験棟へ導かれる。実験棟内ビームライン配置の計画図を図 2 に示す。ビームライン上流側には加速器収納部から続くブランチ B、下流側には 4 つのブランチ D,E,F,G を整備する。実験棟内のブランチ B は、施設側の共通基盤機器 (プロファイルモニター、光量調整用アッテネーター、パルス制御シャッター、透過型光強度モニター、透過型光位置モニター、分岐チャンバー) を配置する。下流側のブランチは、ユーザー利用実験を行うため、

表 主な光特性

光波長 (飽和条件、基本波)	50 ~ 61 nm
バンド幅	約 1%
パルス幅	sub ps
光強度 (ブランチ E, 非集光)	>20 μ J/pls
強度変調	<10% (rms)
パルスの繰り返しレート	20Hz (設計最大 60Hz)
高調波成分比 (2 次 / 1 次)	約 0.1%
高調波成分比 (3 次 / 1 次)	約 1%

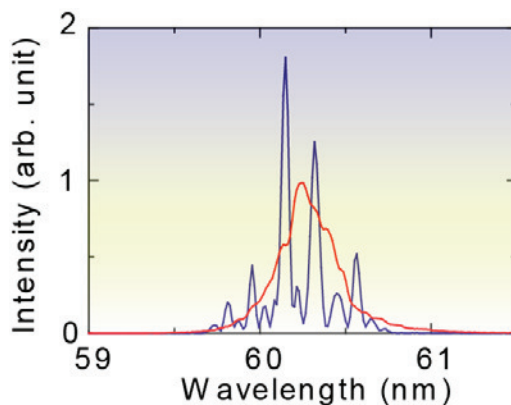


図 1 EUV-FEL 波長スペクトル

ブランチ D は非集光、ブランチ E と F は汎用集光システム（集光径 $\sim 10\mu\text{m}$ ）、ブランチ G は究極集光システム（集光径 $\sim 1\mu\text{m}$ ）を整備予定である。さらに、実験棟内には、FEL と同期した光学レーザーシステムを整備し、またユーザーがレーザーを持ち込めるスペースも設ける。2009年9月現在、ブランチ D と E の整備が完了され、利用可能である。

ブランチ E の汎用集光システムは、楕円鏡と円筒鏡の2枚で集光する。図3に集光点での EUV-FEL のビーム像を示す。実験は、ピンホール（ $\phi 10\mu\text{m}$ ）を用いて、ピンホールを走査しながら、抜けてきた FEL の光量を測定した。集光サイズ(FWHM)は、縦 $25\mu\text{m}$ 、横 $20\mu\text{m}$ 、ピンホール径を考慮すると、縦 $23\mu\text{m}$ 、横 $18\mu\text{m}$ であった。また、集光システムの透過率（ミラー2枚の反射率）は、カロリメータで測定し、70%であった。これらの結果から FEL のビームパワーは、 $35\text{TW}/\text{cm}^2$ （パルス時間幅を 100fs と仮定）と見積もられた。

本年度の課題公募は3期に分けて行われ、A期（4~7月）に13課題、B期（10~12月）に12課題が採択された。C期（1~3月）の公募は、9~10月に行う予定である。ご興味のある方は XFEL 利用グループまで是非ご連絡ください[2]。

集光システムの透過率測定において、(独)産業技術総合研究所・計測標準研究部門・量子放射科・放射線標準研究室（齋藤グループ）のご協力を受けました。ここに感謝いたします。

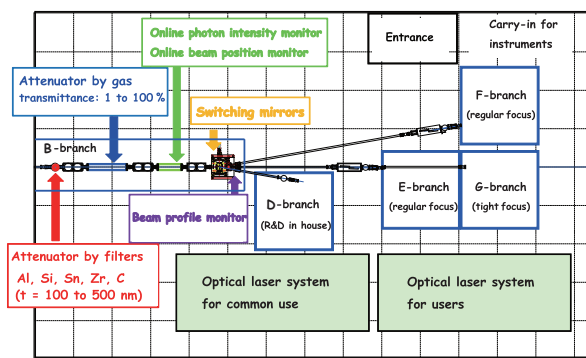


図2 EUVレーザー実験棟のビームライン

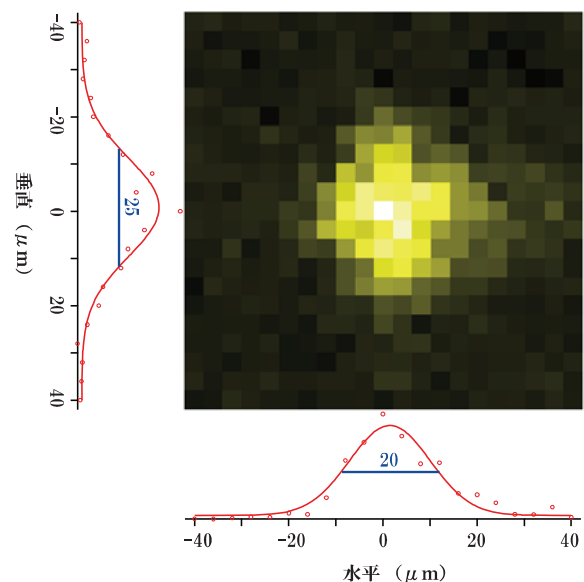


図3 EUV-FEL 集光像

- [1] T. Shintake *et al.*, Nature Photonics **2**, 555(2008).
 [2] 利用グループホームページ <http://xfeluser.riken.jp/>