

[F18p09]

# SIMULTANEOUS FEL BEAM SHARING SYSTEM FOR MULTI-BEAM USERS

Masato Yasumoto, Norimasa Umesaki,

Osaka National Research Institute, AIST, 1-8-31 Midorigaoka Ikeda Osaka 563-8577 Japan

\*Takio Tomimasu, \*Yasushi Kanazawa, \*Akira Zako

\*Free Electron Laser Research Institute, 2-9-5 Tsudayamate, Hirakata Osaka 573-0128 Japan

Abstract : The FELI has installed a simultaneous FEL beam sharing system in a monitor room (MR), which has a  $90^\circ$  -opening angle fan-shaped mirror and originally developed to allow for simultaneous experiments at two or more different places. Although a quarter of the FEL is used for monitoring the wavelength, macro-pulse shape and average power, three quarters of the FEL is delivered to the user stations. In this paper we present good points of the system for the simultaneous experiments due to measurements of FEL-modes and FEL-profiles at the MR and Labs 1 ~ 4 on FEL-1 line, which covers in 5 ~ 22 $\mu$ m wavelength. We measured optical-modes of the 7.1 $\mu$ m FEL and the 8.88 $\mu$ m FEL with a space filter (pinhole aperture) in Lab.4 where is 3m apart from the system. In addition we analyzed optical profiles (Gaussian correlation ratio) of the 9.5 $\mu$ m FEL with a 3D-pyroelectric detector at Lab.4~1 where are 3~20m apart from the system.

## FEL光同時分配システム

### 1. はじめに

自由電子レーザー (FEL) は波長可変・高ピークパワー・超短パルス列という特長を持つことから材料改質、材料創製、材料計測などの多分野で利用されつつある。しかし、リニアック型 FEL の施設では、他のリング状放射光施設のように多数のユーザーが同時に放射光を利用する (マルチユーザー対応) という事が構造的に難しいので、今回のようにマルチユーザー対応にする必要がある。そこで、FEL を時間的にまたは空間的に多数の利用者にビームを分配する事によってマルチユーザー対応とする方法を考える必要がある。(1) FEL はマイクロ秒のマクロパルスから構成されているので時間的に分配してマルチユーザー対応とする。(2) 光源点から利用場所まで長距離があるためにビーム径が数十 mm に広がっている事を利用して空間的に分配する事によってマルチユーザー対応とする。以上の2方式が考えられるが、FEL の特長である多波長対応という観点から、自由電子レーザー研究所 (FEL 研) では扇形ミラーによる空間分配方式を開発している[1,2]。今回は、(1) ビームプロファイルや (2) 伝送 FEL 光のモードを測定することによって、このシステムを用いた同時照射実験の可能性について検討した。

### 2. FEL 伝送システム

Fig. 1 は、FEL 研にある FEL 伝送系の鳥瞰

図である。1 階の加速器室にある光共振器 (FEL facility-1 ~ FEL facility-4) で発生させた FEL は、真空排気した FEL 伝送系内の金ミラーで反射させて、3 階にあるビームモニター室を通して各利用実験室 (Lab.1~Lab.4) へ分配されるシステムとなっている[3]。その途中、光共振器を出た FEL は、ビーム広がりによるロスを防ぐために、平行光線化ユニットによって平行光化された後、約 60~80m の距離にある利用実験室に伝送されることになる。

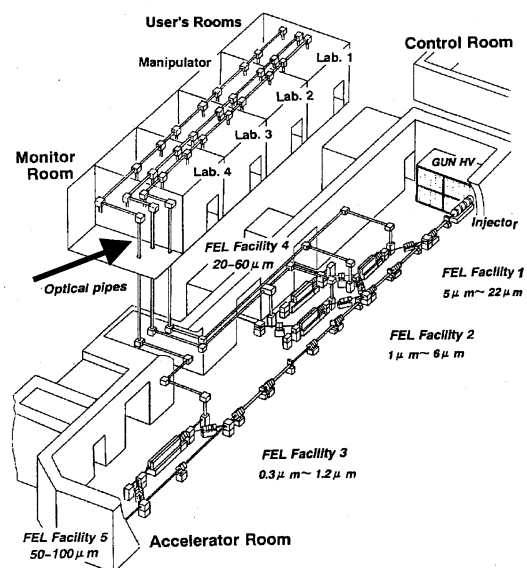


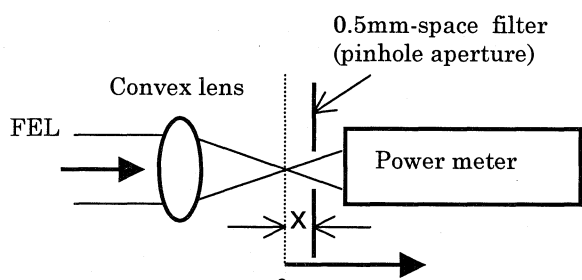
Fig. 1 Layout of the FEL transport system at FELI

### 3. FEL プロファイル

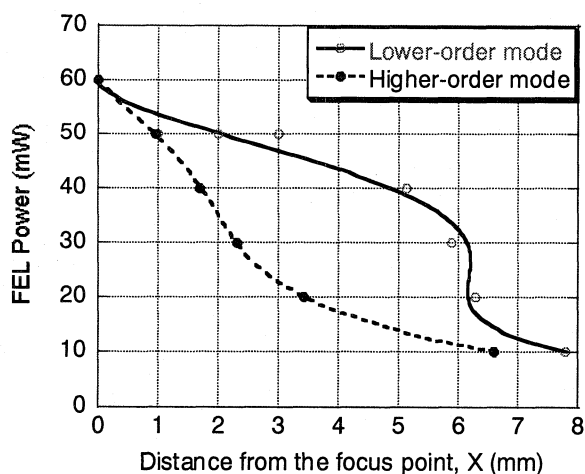
赤外域 FEL 装置 (FEL-1, FEL-2, FEL-4) は、それぞれの光共振器の上流側ミラー中央に開けた 1.5mm 直径のピンホールから FEL を取り出す構造となっている。そのため、取り出された FEL のビームモード (横モード) は、光共振器内のビームモードよりも複雑な構造になっている。Table1 に FEL-1, FEL-2, FEL-4 光共振器のパラメータを示す[3]。

Table 1 Infrared FEL optical cavity parameters

	FEL-1	FEL-2	FEL-4
Wavelength ( $\mu\text{m}$ )	5~22	1~6	20~60
Length (m)	6.718	6.718	6.718
Hole diameter (mm)	1.5	0.5	2.5
Upstream mirror curvature (m)	3.490	3.267	3.735
Downstream mirror curvature (m)	3.827	3.902	3.061
Mirror diameter (mm)	60	60	60



(a) Schematic of the space-filtered measurement

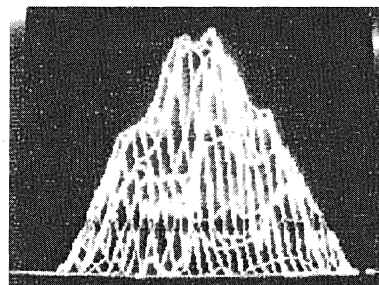


(b) Results

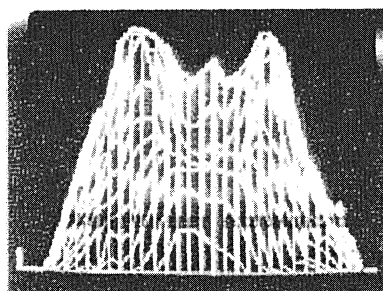
Fig.2 Mode measurement of the FEL with the space filter.

Fig.2 は、FEL を ZnSe 凸レンズ ( $f=253\text{mm}$ ) を用いて集光し、その集光点近くで  $500\mu\text{m}$  直径の

空間フィルター (ピンホール) を用いてビームモードの測定を行った結果である。測定場所は、Lab.4 上流側取り出し窓で光共振器から 53m の地点である。この図から、FEL の運転状況によって、基本モード (Lower-order mode,  $\lambda=8.88\mu\text{m}$ ) と高調波重畳モード (Higher-order mode,  $\lambda=7.1\mu\text{m}$ ) が観測された。Fig.3 はこの時のビームプロファイルの横断面像である。



(a) Lower-order mode



(b) Higher-order mode

Fig.3 Side views of beam-profile at the Lab.4 (a) Lower-order mode (b) Higher-order mode.

### 4. FEL 分配システム

#### 4.1 扇型ミラー

Fig.4 は、本システムに用いた直径 100mm、開き角  $90^\circ$  の扇型ミラーの写真である。このミラーは Cu の基板の上に金をコートしたミラーである。

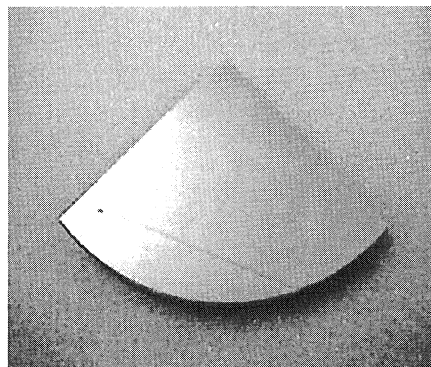


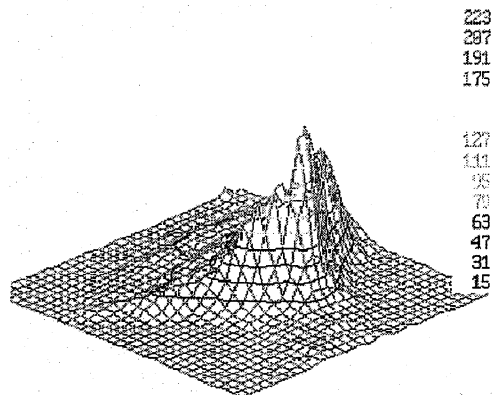
Fig.4  $90^\circ$  Fan-shaped mirror (Diameter: 100mm)

扇型ミラーは、Fig.1 中に矢印で示したモニター室内に設置し、FEL 光の一部を切り出して、

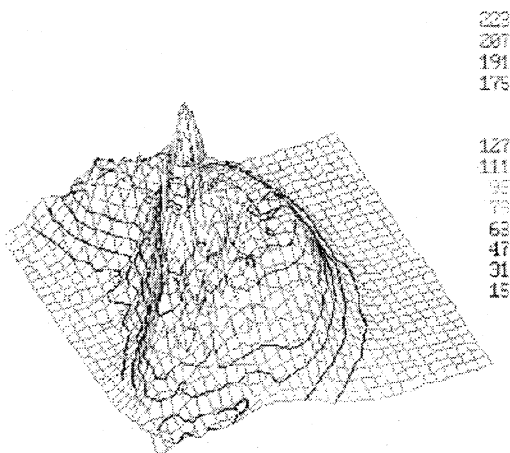
波長やマクロパルス形状などをモニターしている[4,5]。このミラーは伝送光軸上から外し、すべてのFEL光を利用実験室で使用することも可能な構造になっている。

#### 4.2 扇型ミラーによるFELプロファイル

ビームプロファイルは、検出面積が2 inch × 2 inch (51.2cm × 51.2cm) である3次元レーザービーム測定器 (Pyrocam II) を用いて行った。Fig.5 (a) は、モニター室で測定したFEL ( $\lambda=9.2\mu\text{m}$ ,  $P=50\text{mW}$ ) の3次元プロファイルである。この時、FELのプロファイルはGaussian形(基本モード)であり、確かに4分の1が扇型ミラーで切り出されている事がわかる。また、(b) は、その時にLab.4において測定した結果である。



(a) At the monitor room



(b) At the Lab.4

Fig.5 3D-FEL beam profiles which are shared with  $90^\circ$  opening-angle fan-shaped mirror.

#### 4.3 扇形ミラーによって分割されたFELの伝送距離依存性

FELが扇形ミラー挿入位置において、基本モードの時、扇形ミラーを挿入することによる影

響をその後のビームプロファイルについて測定を行うことによって評価した。Fig.6においては、FELの波長が $9.5\mu\text{m}$ でLab.4(54m), Lab.3(61m), Lab.2(69m), Lab.1(82m)において測定したGaussian correlation ratioを示す。

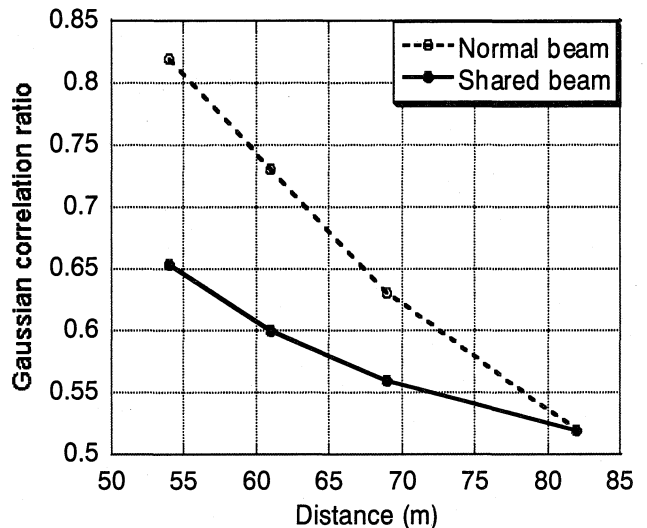


Fig.4 Gaussian correlation ratio of the FEL beams as a function of the transported distance from the upper stream mirror. The distance is from the upper mirror of the optical cavity. The shared beam and the normal beam are plotted in solid line and broken line.

#### 5. おわりに

扇形ミラーによるFEL光同時分配システムについて、数カ所でビームプロファイルを測定することによって、その特長を評価した。(1)扇形ミラーへ伝送された時のFELのプロファイルが同心円状の基本モードであり、FELとミラーの中心軸が一致すれば、等分にFEL光を分割することが可能。(2)分割されたFELも長距離伝送することによって、ビーム形状が復元する。今後はさらに、ビームプロファイルと電子ビーム軌道との相関を調べる予定である。

#### (参考文献)

- [1] T.Tomimasu et al., Nucl. Instr. and Meth. A375 (1996) 626.
- [2] S.Okuma et al., Nucl. Instr. and Meth. A375 (1995) 654.
- [3] K.Saeki et al., Nucl. Instr. and Meth. A358 (1995) ABS56-ABS58.
- [4] A.Kobayashi et al., Nucl. Instr. and Meth. A375 (1996) 317.
- [5] T.Tomimasu et al., to be published in Nucl. Instr. and Meth. B.