

[08-A05]

Oscillation Experiments of the Infrared Free Electron Laser at ISIR, Osaka University

Ryukou KATO, Satoshi KONDO, Tetsuya IGO, Taishi OKITA, Toshifumi KONISHI, Shuichi OKUDA, Shoji SUEMINE, and Goro ISOYAMA

Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University
8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan

Abstract

After completing the major modifications of the FEL system to extend the wavelength region, we have been conducting FEL oscillation experiments in the long wavelength region. We have obtained lasing at 150 μm wavelength. The gain of the FEL and the loss of light in the optical resonator were derived as a function of wavelength by measuring temporal profiles of laser light using a fast detector. It was confirmed that the loss was considerably reduced owing to the modifications.

阪大産研赤外 FEL のサブミリ波領域での発振実験

1. はじめに

我々は阪大産研附属放射線実験所の L バンド電子ライナックを用いて遠赤外領域での自由電子レーザー (FEL) の開発研究を行っている。1994 年に波長 40 μm で最初のレーザー発振に成功して以来¹⁾、強い光源のない 50 μm より長い波長領域での FEL 開発を目標にして、FEL 装置の改造と波長領域拡大するための発振実験を順次行っている^{2, 3)}。

昨年のライナック研究会では予備的な実験結果を報告した。そこではレーザー波長は電子ビームのエネルギーとウイグラーの K 値から計算で求めた値を使用した。電子エネルギーは運動量分析磁石の磁場をホール素子で測定して求めていたが、ホール素子の放射線損傷のために、測定値が正しくないことがその後判明した。結果として、レーザー波長を過大評価していることが分かった。この点を修正し、さらに波長領域を拡大する実験を行ったのでその結果を報告する。

2. FEL 改造の概要

発振波長を長くするため、最初にウイグラーを磁極ギャップ固定型から可変型に改造して、最大磁場強度を大きくした。

長波長領域で問題になるのが光共振器内での回折損失である。共振器内の光ビームサイズは波長の平方根に比例して大きくなる。回折損失を低減するために光共振器内のビームダクトを内径の大きなものに順次交換した。さらに光共振器用反射鏡のステージやホルダーを交換して反射鏡の直径を 60 mm から 80 mm に拡大した。

空気中を赤外光が通過する時、波長 100 μm 付近をピークにして主に水蒸気による吸収が大きい。これを避けるために真空排気可能な光輸送路を FEL 装置から測定室まで設置した。この輸送路に直結して同じく真空排気可能な分光器を新たに設置した。

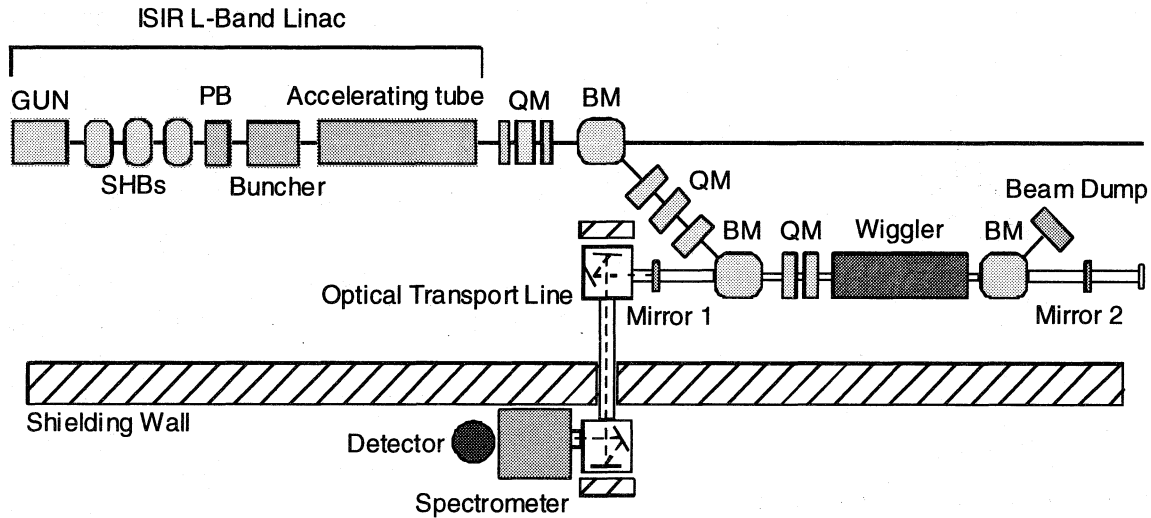


Fig. 1. Schematic diagram of the linac and the FEL system.

長波長化を目指したこれら FEL 装置の主な改良は昨年春に完了した。図 1 にライナック FEL 置の最新の配置図を示す。

3. 発振実験

FEL の長波長化は電子ビームのエネルギーを下げて順次行う。図 2 に典型的な電子ビームのエネルギースペクトルを示す。図中にそれぞれのスペクトルのピークエネルギーとスペクトル幅を示す。これらの発振実験で使用した電子銃は通常運転で使用している電子銃 (YU-156) である。FEL 光は上流側の反射鏡にあけた直径 3

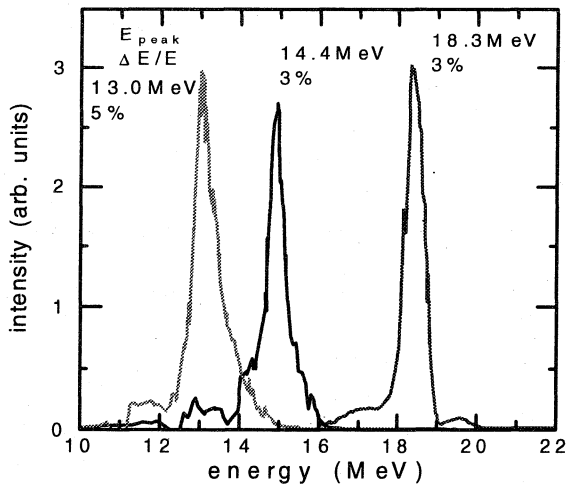


Fig. 2. Energy spectra of the electron beam.

mm の穴から取り出し、図 1 に示すように真空排気した光輸送路を通して測定室に置いた分光器に導く。分光した光は高速型の Ge:Ga 半導体検出器で時間スペクトルを測定する。

4. 実験結果

図 3 に電子ビームと FEL 光の時間プロファイルを示す。電子ビームマクロパルスの終端部付近で FEL 光の強度が増大する。ビームが通過した後は、共振器損失により光用度が減衰し

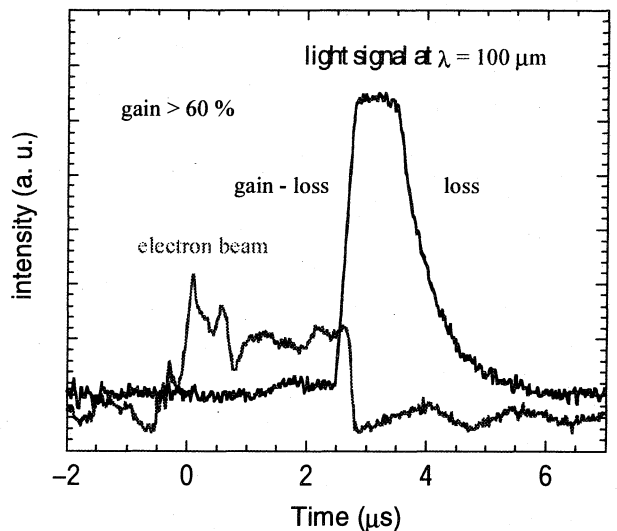


Fig. 3. Temporal profiles of the macropulse of the electron beam and FEL light at 100 μm measured with the fast Ge:Ga detector.

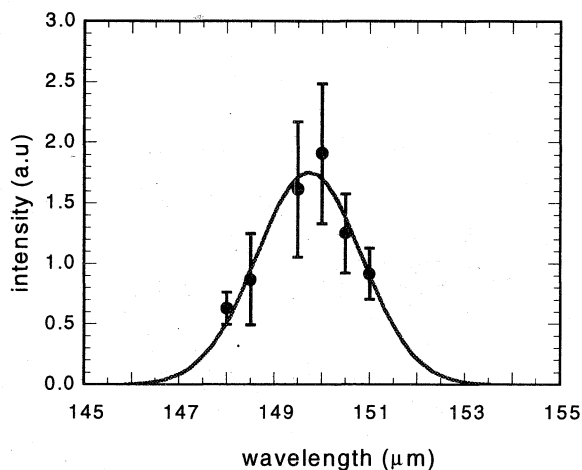


Fig. 4. Wavelength spectrum measured around 150 μm .

ていることが分かる。これらの FEL 光の立上がり
りと立下りより増幅率と損失を求めた。図 4 に
150 μm 付近で測定した波長スペクトルを示す。
ピーク波長は 149.8 μm であり、半値幅は 2.2 %
である。これは、現在までに我々の装置で得ら
れた FEL 光の波長としては最長である。また、
Ge:Ga 半導体検出器の検出限界でもあると考え
られる。

図 5 に波長の関数として測定した増幅率を示
す。増幅率はライナックや FEL ビームラインの
調整により大きく変化するが、この値は最近の
典型的な値である。増幅率は約 50 %程度で、波
長によらずほぼ一定であるが、長波長側で若干

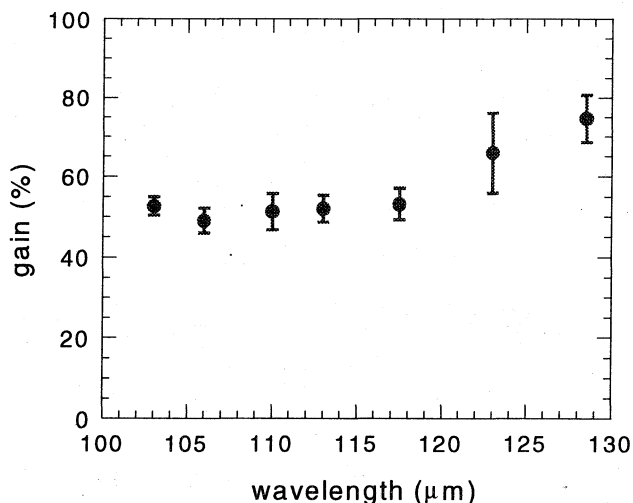


Fig. 5. Gain as a function of the wavelength.

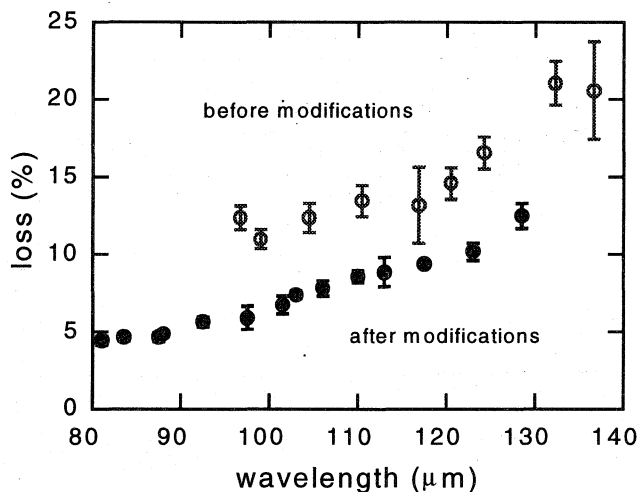


Fig. 6. Loss as a function of the wavelength
measured before and after the modifications.

増加する傾向が見られる。図 6 に FEL 装置の最
最近行った改造前後に測定した損失を示す。この
改造では、光共振器の反射鏡を直径 80 mm に
拡大すると共にこの付近の真空チャンバーを交
換して内径を 100 mm にした。改造により損失
が大きく減少していることが分かる。

5. まとめ

阪大産研の FEL 装置の改造後、波長領域を長
波長側へ拡大する実験を行っている。現在、150
 μm での発振を得ている。この値は、Ge:Ga 検
出器の長波長側の感度限界により決まっている。
今後、圧縮型 Ge:Ga 検出器を用いることにより
150 μm をこえる波長領域での発振実験を行う
予定である。

参考文献

- 1) S. Okuda et. al., Nucl. Instr. & Meth. **A358**
(1995) 244.
- 2) R. Kato et. al., Nucl. Instr. & Meth. **A407**
(1998) 157.
- 3) S. Kondo et. al., Proc. 23rd Linear Accelerator
Meeting in Japan (September 16-18, 1998,
Tsukuba, Japan) p. 87.