

[A18a03]

Remodeling of the ISIR-FEL and Oscillation Experiments

Kondo S, Kato R, Igo T, Okita T, Okuda S, Isoyama G.

Institute of Scientific and Industrial Research, Osaka University

8-1 Mihogaoka, Ibaraki, Osaka 567-0047, Japan

Abstract

The far-infrared FEL based on the L-band linac at ISIR, Osaka University has been remodeled to extend the wavelength region to the longer wavelength side. After the remodeling, we obtained laser oscillation at a wavelength longer than 150 μ m. In this paper, we will report the modification of the FEL and experimental results for extending the wavelength region beyond 150 μ m.

阪大産研 FEL の改造と発振実験

1. はじめに

大阪大学産業科学研究所では、附属放射線実験所のLバンドライナックを用いて、遠赤外領域でのFEL開発研究を行っている。昨年3月から今年の5月にかけて、長波長化を目指してFEL装置の大幅な改造を行った。その結果、波長150 μ m以上の発振に成功した。また、光共振器のロスも改造前に比べて、かなり低減された。ここでは、装置の改善とその解析結果を報告する。

2. 主な改造点

今回の主な改造点は、以下の4点である。第

1に長波長化に伴う光の回折損失を低減させるため、光共振器用ミラーの直径を60mmから80mmへ拡大した。さらに光共振器の真空チャンバーを内径の大きなものに交換した。第2に空気中の水蒸気による光の吸収を防ぐため真空排気をした光輸送路を設置した。第3にFEL光の基本波と3次高調波を共に測定するため、広範囲な波長範囲で高い透過率を持つダイヤモンド窓を真空窓に採用した。第4にミラーステージを5軸遠隔制御できるものに交換し、より簡単にアライメントやFEL発振が可能になるようにした。

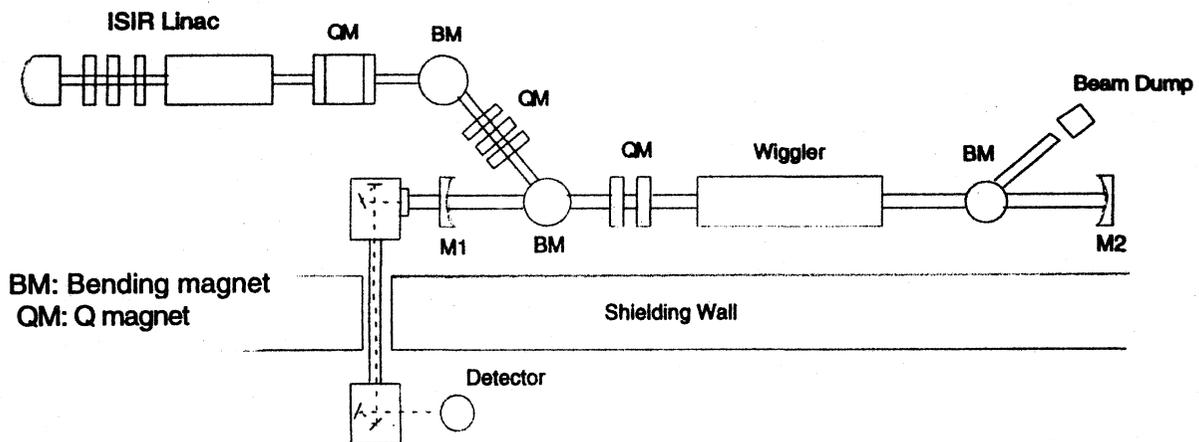


図1 FEL 発振実験の配置図

3. 実験条件

産研FELの主なパラメータと今回の実験で測定した電子ビームのエネルギースペクトルを表1、図2に示す。ピークエネルギーは13.3MeVであり、エネルギースペクトルの半値幅(FWHM)は、4.6%である。今回の実験で使用した電子銃は、FEL発振に適している低エミッタンスの電子銃(Y646-B)ではなく、通常運転時用の電子銃(YU-156)である。また、FEL光の時間スペクトル測定には、波長50~140 μm に検出感度を持つGe:Ga半導体検出器を使用した。

4. 実験結果と解析

図3に波長164 μm で発振したときの基本波と波長55 μm の3次高調波の時間スペクトルを示す。波長は、電子エネルギーとウイグラのK値により求めた。これらの光は、それぞれ100 μm 以上を透過するフィルターと75 μm 以下を透過するフィルターを使用して測定した。昨年8月の実験で、分光器を用いて測定した波長を用いて電子エネルギーの値を補正した。この発振波長は、RFライナックを用いたFELとしては、世界最長である。

図4と5にはFELの時間スペクトルから求めた、ゲインとロスと波長の関数として示す。この時、検出器の出力波形の飽和を避けるため、テフロンシート(10~20mm)を光路上に挿入して測定した。ゲインについては、改造前の実験に比べ10%程度低い。理論計算によると波長が長くなるとゲインが高くなるが実験値は波長によらず、ほぼ一定である。ロスに関しては、改造前が10~35%だったのに比べ、改造後は4~17%となった。ミラーの径の拡大と真空チェンバーの径の拡大の効果がはっきりとわかる。また、波長が長くなるにつれてロスが大きくなることが確認できた。

表1 FELの主要パラメータ

電子ビーム	
エネルギー	12~19 MeV
最大電流	50A
規格化エミッタンス	200 $\pi\text{mm} \cdot \text{mrad}$
エネルギー幅	4.6 ~ 5.5%
ビームサイズ	2.4mm
ウイグラ	
全長	1920mm
周期長	60mm
周期数	32
ギャップ間隔	30~120mm
K値	0.013 ~ 1.472
光共振器	
ウエストサイズ	5.4 mm(at $\lambda = 100 \mu\text{m}$)
共振器長	5532mm

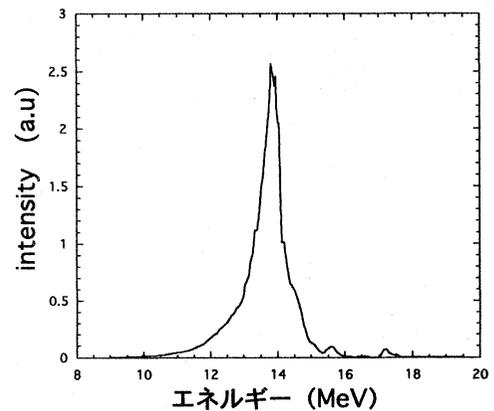


図2 電子ビームのエネルギースペクトル

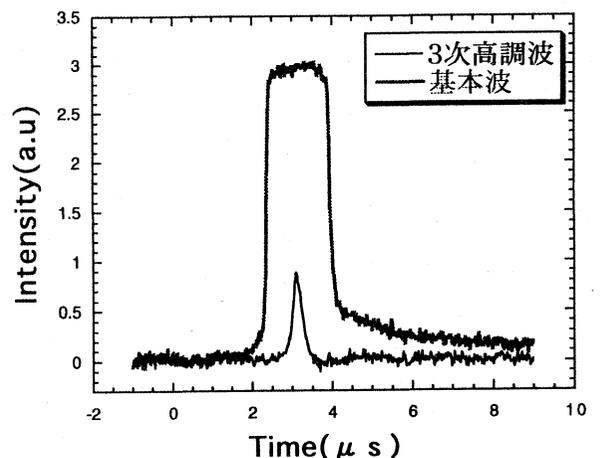


図3 基本波と3次高調波

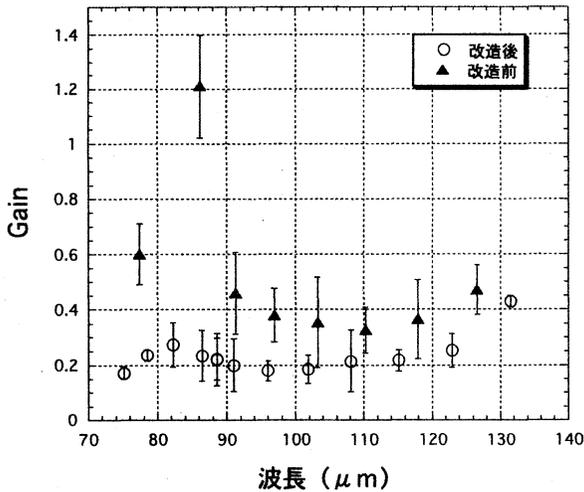


図4 FEL ゲイン

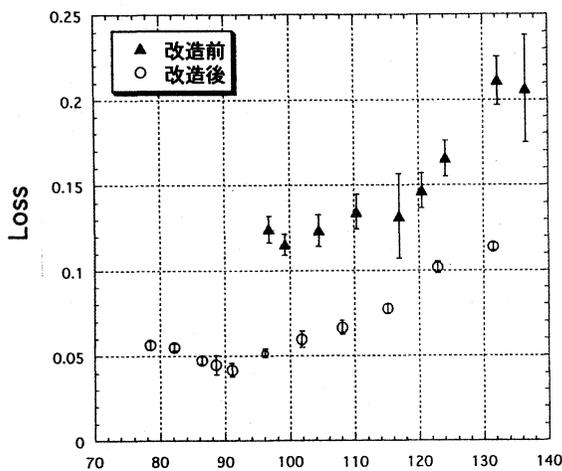


図5 FELロス

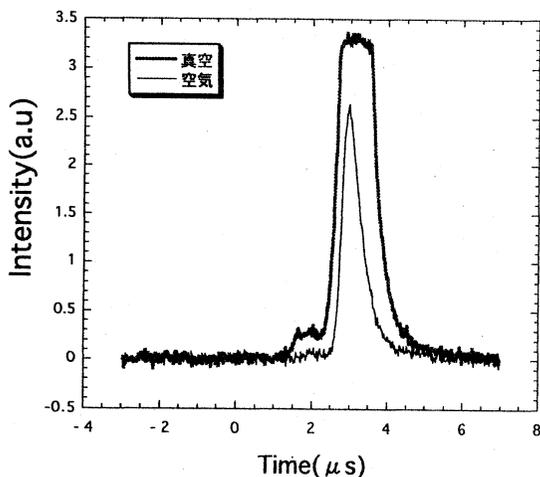


図6 光輸送路を真空にしたときと
空気を挿入したときのFEL光の波形

図6に、水蒸気による光の吸収が大きい121.7 μm にFELの波長をあわせて、光輸送路を真空にしたときと空気をいれて測定したときのFEL光の時間スペクトルを示している。また、6月に行われた同様の実験では、空気を入れるとFEL光が水蒸気に吸収され検出器出力が消失した。真空排気した光輸送路の導入により、水蒸気の吸収に影響されずに広い波長範囲で測定可能になった。

5.まとめ

光共振器のミラーと真空チェンバーの径を拡大することで回折損失を減らすことができた。また、基本波と3次高調波を区別して測定した。輸送路を真空にすることで、測定波長領域が拡大した。

今後の予定は、FEL光を分光し、150 μm 以上の発振を再度確認する。また、現在のGe:Ga半導体で検出器は、測定限界波長に近づいているのでSiポロメータ検出器での測定を行う。また、エネルギー幅を考慮したゲインの理論計算との比較をする予定である。

6.参考文献

- [1] G.Kondo, et al, Proc.22th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, 1997, p.67
- [2] R.Kato, et al, Proc 34th the Institute of Scientific and Industrial Research, 1997, p1
- [3] S.Okuda, et al, Proc of the Eighteenth International Free Electron Laser Conference, 1996, p28