

[P8-01]

## TWO-COLOR FEL LASING AT INFRARED RANGE

### AT 24 $\mu$ s PULSE LENGTH STEPWISE KLYSTRON CURRENT EXCITATION

Y. Kanazawa, E. Oshita, A. Zako, A. Nagai, T. Tomimasu

Free Electron Laser Research Institute, Inc. (FELI)

2-9-5, Tsuda-Yamate, Hirakata, Osaka 573-0128, Japan

#### Abstract

Simultaneous two-color lasings with a relative wavelength difference of 2.3 % at infrared-FEL range were observed by using the FEL facility-1 and a 24- $\mu$ s pulse length two-stepwise klystron current, which was obtained by remotely adjusting distributed inductor's inductance of the PFN network. At this time the klystron current of the back half pulse length (12  $\mu$ s) was intentionally increased by 1.1 %, though the flatness of the 24- $\mu$ s pulse length klystron current is usually kept less than 0.067 %. An effect of the 1.1 % increase in the klystron current is evaluated to an RF output, an accelerated beam energy and an FEL wavelength.

### 24 $\mu$ s パルス長 2 段ステップ状クライストロン電流励振時の赤外 FEL 域 2 色発振

#### 1. はじめに

株自由電子レーザー研究所 (FEL 研) では、1994 年 10 月に FEL 装置 1 ( $\lambda_u = 3.4\text{cm}$ , 4.6~20 $\mu\text{m}$ ) で中赤外域 FEL 発振[1]以来、1995 年 2 月には FEL 装置 2 ( $\lambda_u = 3.8\text{cm}$ , 1~6 $\mu\text{m}$ ) による三次高調波発振で可視~近赤外域 FEL[2]発生、同年 12 月には FEL 装置 3 ( $\lambda_u = 4\text{cm}$ , 0.27~1.2 $\mu\text{m}$ ) による紫外域[3]で、1996 年 12 月には FEL 装置 4 ( $\lambda_u = 8\text{cm}$ , 18~40 $\mu\text{m}$ ) による遠赤外域[4]で、それぞれ MW レベルの FEL 出力を得ている。FEL 装置 3 による 278nm の linac-based FEL の世界最短波長記録は 1996 年 6 月以来保持されている[5]。

その後、FEL 研は利用研究施設として THz 領域での半導体デバイスの特性評価やアニーリングによる半導体材料・デバイスの特性向上、コレステロール・エステルの分解、幹細胞への遺伝子導入など、中赤外域 FEL を用いた半導体やバイオ・医療研究が主体となっている。1998 年 4 月には利用研究用のポンプ・プローブ光源として FEL 装置 1 と FEL 装置 4 による中赤外

~遠赤外 2 色発振[6]にも成功している。

FEL 研では、平坦度 0.067 % の 24 $\mu\text{s}$  長パルス電流を 10Hz でクライストロンに印加してマイクロ波励振し[7]、そのマイクロ波を加速管に供給して電子ビームを加速しているが、昨年 15Hz 運転を試みた時、24 $\mu\text{s}$  長パルス電流の平坦度が崩れて前半と後半がステップ状に変化することを見出した[8]。

今回の報告では、意図的に PFN 回路のインダクタンス値を調整して、後半の 12 $\mu\text{s}$  長パルス電流を 1.1 % 大きくしたところ、波長 6.87  $\mu\text{m}$  の他にそれより 2.3 % 長波長の 7.03  $\mu\text{m}$  の 2 色 FEL を観測した。この 2.3 % の相対波長差は通常光共振器のデチューニング操作や電子ビーム不安定さによって見出される 1 % 程度の相対波長差の 2 色 FEL のものよりはるかに大きく[9]、使用したアンジュレータ(N=58)による相対電子エネルギー損失[(1/2N)=0.86 %] よりはるかに大きい。

クライストロンの電流変化がマイクロ波出力、加速電子エネルギー、アンジュレータで発生する FEL 波長にどのように影響していくかを考察する。

## 2. 2段ステップ状クライストロン電流波形

図1と図2は、クライストロンを10Hzで運転している時に意図的に PFN 回路のインダクタンス値を調整して得られた  $24\mu\text{s}$  パルス長 2段ステップ状クライストロン電流波形で、1998年7月と今年2月に測定したものである。いずれも1%以上の段差が生じている。

理論的にはクライストロン電流変動1%によるマイクロ波出力変動は2.5%で、これによる電子ビームエネルギーの変動は1.25%、そしてアンジュレータで発生するFEL波長の変動は2.5%となる。

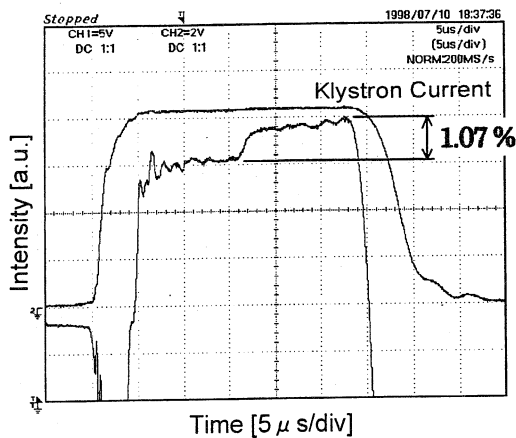


図1. クライストロン電流波形 1

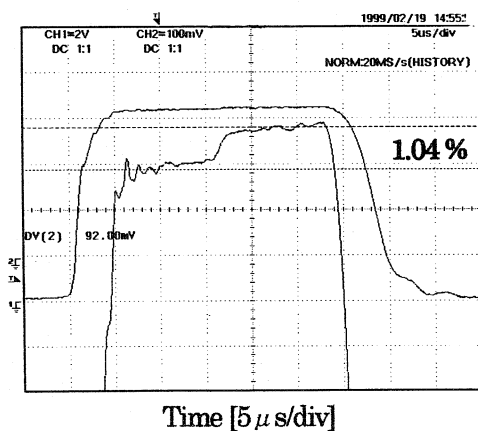


図2. クライストロン電流波形 2

## 3. 中赤外域 FEL2色発振スペクトル

図3と図4は、クライストロン電流波形を意識的に2段ステップ状にして2色発振させたもので、いずれも2.2%以上の相対波長差が認められる。理論的にはクライストロン電流変動1%にたいするFEL波長変動は2.5%であり、ほぼ合っている。

このような2波長同時発振は  $24\mu\text{s}$  の長パルス運転

で可能になったが、クライストロンのRF出力をステップ状に大幅に変えることは電子ビームのエネルギースペクトルを広くすることに外ならず、FEL装置1を通過できる電子ビームとしてはせいぜい2~3%のスペクトル幅で、FELスペクトルでは4~6%のものが可能となる。

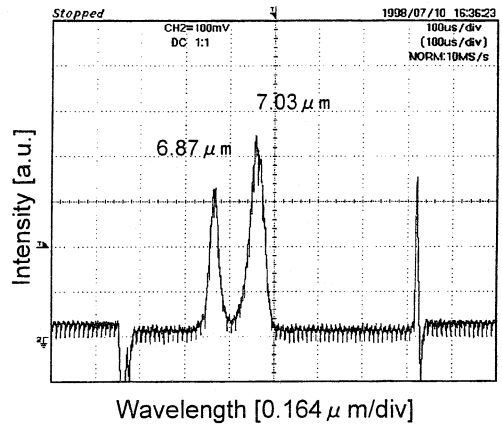


図3. 2色発振スペクトル 1

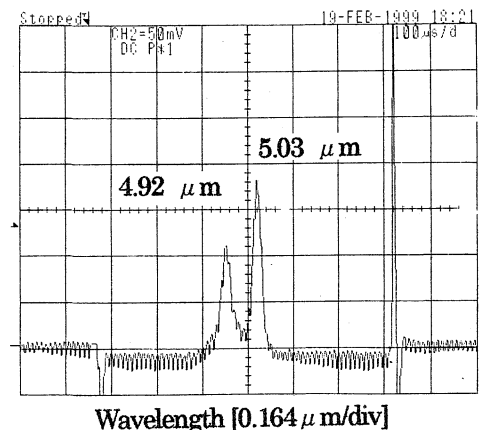


図4. 2色発振スペクトル 2

## 参考文献

- [1] T. Tomimasu et al, Proc.PAC'95 (1995) p.257.
- [2] A. Kobayashi et al, NIMA375, 317 (1996).
- [3] T. Tomimasu et al, NIMA383, 337 (1997).
- [4] T. Takii et al, NIMA407, 21 (1998).
- [5] T. Tomimasu et al, NIMA407, 494 (1998).
- [6] A. Zako et al, Presented at FEL'98 (1998).
- [7] E. Oshita et al, Proc. PAC'95 (1995) p.1608.
- [8] Y. Kanazawa et al, Proc. 23th Linear Accelerator Meeting (ETL, Sept. 1998) p.340.
- [9] M. Yasumoto et al, Presented at Proc. 24th Linear Accelerator Meeting (Hokkaido Univ, July 1999)