

[P 30–3]

Challenge at Two-Color FEL Oscillation in Mid-Infrared and Far-Infrared Ranges Using Two Undulators

T. Takii, E. Oshita, S. Okuma, K. Wakita, A. Koga and T. Tomimasu

Free Electron Laser Research Institute, Inc. (FELI)
2-9-5, Tsuda-Yamate, Hirakata, Osaka 573-01, Japan

Abstract

A 2.7-m long hybrid type undulator (Undulator 4) for far-infrared FELs was installed at the beam transport line (BT4) of the downstream of a 2-m long undulator (Undulator 1) in April, 1996. We are challenged at two-color FEL oscillation in mid-infrared range using the undulator 1 ($\lambda_u = 3.4\text{cm}$) and in far-infrared range using the undulator 4 ($\lambda_u = 9\text{cm}$).

2台のアンジュレータを用いた中赤外と遠赤外での2色同時発振に挑戦

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で中赤外域FEL発振以来、1995年2月にはFEL装置2で赤外～可視域FEL発振、同年12月にはFEL装置3で可視～紫外域FEL発振に成功している。

本報告は、稼動中のFEL装置1 (5~22 μm)と1996年4月に設置したFEL装置4 (20~60 μm)を用いて中赤外と遠赤外での2色同時発振のための予備実験に関するもので、図1にFEL研の電子リニアック、ビーム輸送系、FEL装置1~4の配列を示す。

2. 遠赤外用ハイブリッド型アンジュレータの特性

FEL装置4は、2.7-m長ハイブリッド型アンジュレータと6.72-m光共振器から構成され、FEL装置1の下流の33MeVビームラインに設置されている。FEL装置4の自発放出光やFEL光はFEL

L装置2の光伝送系を通してレーザーモニタ室と利用実験室に伝送される。

図2にハイブリッド型アンジュレータ(アンジュレータ4)の構成図を示す。アンジュレータ4は永久磁石と電磁石で構成されていて、電磁石の電流を制御してアンジュレータの磁場強度を変えられるのが特長である。図3は電流による磁場強度のパラメータ $K=93.4B(T)\lambda_u(\text{m})$ の変化を示す。ここで、 $B(T)$ はアンジュレータ磁極間隙のピーク磁場、 $\lambda_u(\text{m})$ はアンジュレータの周期長である。図4は電子ビームのエネルギー、エネルギー幅、エミッタンスをパラメータにしたハイブリッド型アンジュレータの遠赤外域波長での小信号・単パルス利得を示す。利得算出に用いた計算式[1]は、日本ではあまり使われていないが、1988年に完成されていて、電子ビームのパルス長効果、エネルギー幅、エミッタンスによる効果が考慮されている。ただし、共振器内での光ビームと電子ビームのfilling factorに対する考慮はされていない。

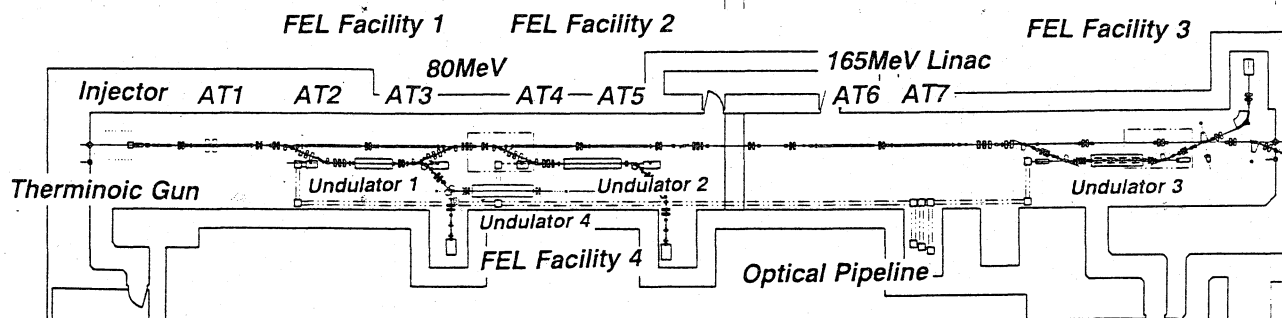


図1 FEL研165MeV電子リニアックとFEL装置1、2、3及び4の配列

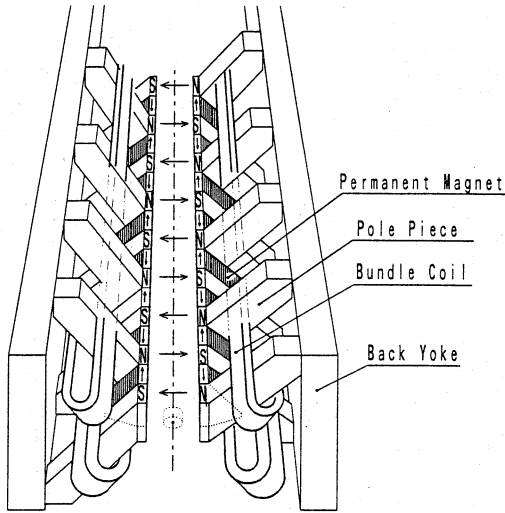


図2 ハイブリッド型アンジュレータ
(アンジュレータ4)

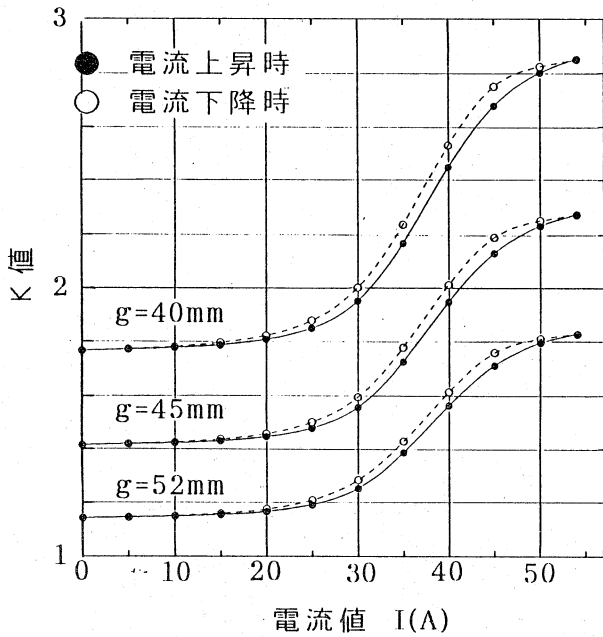


図3 アンジュレータ4の磁場強度の変化

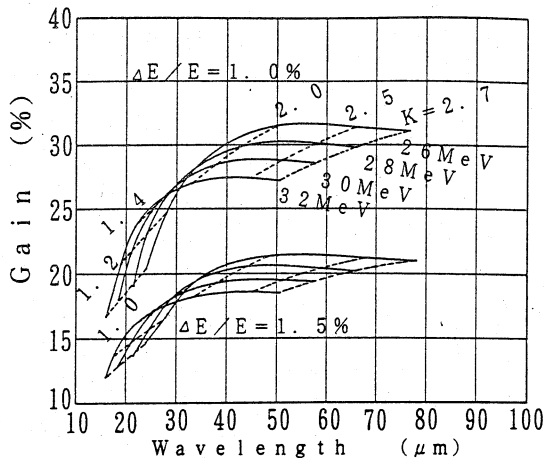


図4 アンジュレータ4の利得

3. 電子ビーム通し

6月中旬からアンジュレータ4の電子ビーム通しを始めた。このとき、アンジュレータ1の電子ビームに対する磁場の影響を少なくするために、ギャップ長を50mmに広げ、アンジュレータ4のギャップ長を120mm、電磁石電流0Aにセットし、電子ビームの調整を行った。

しかし、電子ビームがアンジュレータ内に入った途端、電子ビームは横方向(x軸方向)に広がると同時に右上に偏向し、ダンプまで電子ビームが通過しなかった。これはアンジュレータ4がハイブリッド型であるため電磁石部の残留磁場がビームに影響しているものと考えられる。現在、ステアリングコイルの容量アップ等の改良を加え、アンジュレータ4のギャップ長を80mm、電磁石電流10Aの条件で平均電流 $2.0\mu\text{A}$ (ピーク電流40A)を得ている。

次に、FEL装置1で発振してFELを発生した電子ビームをアンジュレータ4に通してビーム集束を行った。アンジュレータ4にはアンジュレータの入口、中央、出口に電子ビームの位置モニター用にスクリーンモニターが設置されていて、電子ビームの集束の様子を観測できる。写真1は、FEL装置1で発振時の電子ビームをアンジュレータ4の中央部で絞ったときのもので、ビーム径は約 $6\times 4\text{mm}$ となった。図5はMAGICにより電子ビームの集束状態を計算したものである。

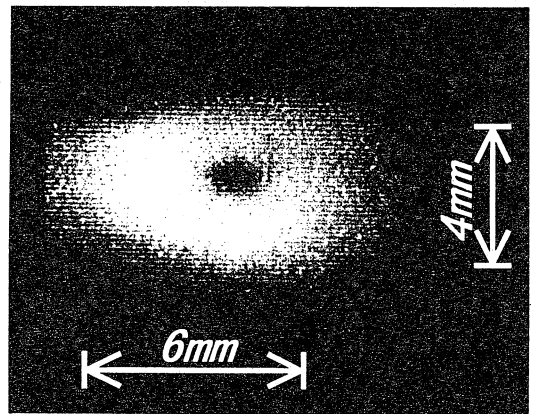


写真1 アンジュレータ4中央部の電子ビーム

今後は、電子ビームの調整を進めると同時に、より容量の大きいステアリングコイルをアンジュレータ4に取り付け、アンジュレータ4のギャップ長を40mmにし、自発光の確認及び発振まで実験を行うつもりである。さらに、アンジュレータ4単独での発振に成功した後は、アンジュレータ2

との2色同時発振を試みる。また、電子ビームの
マクロパルス長 $24\mu\text{s}$ という特徴を生かして、電子
ビームの後半の部分を用いてアンジュレータ1で

のFEL発振を行い、同じ電子ビームの前半の部
分を用いてアンジュレータ4で再びFEL発振を
試みる。(図6)

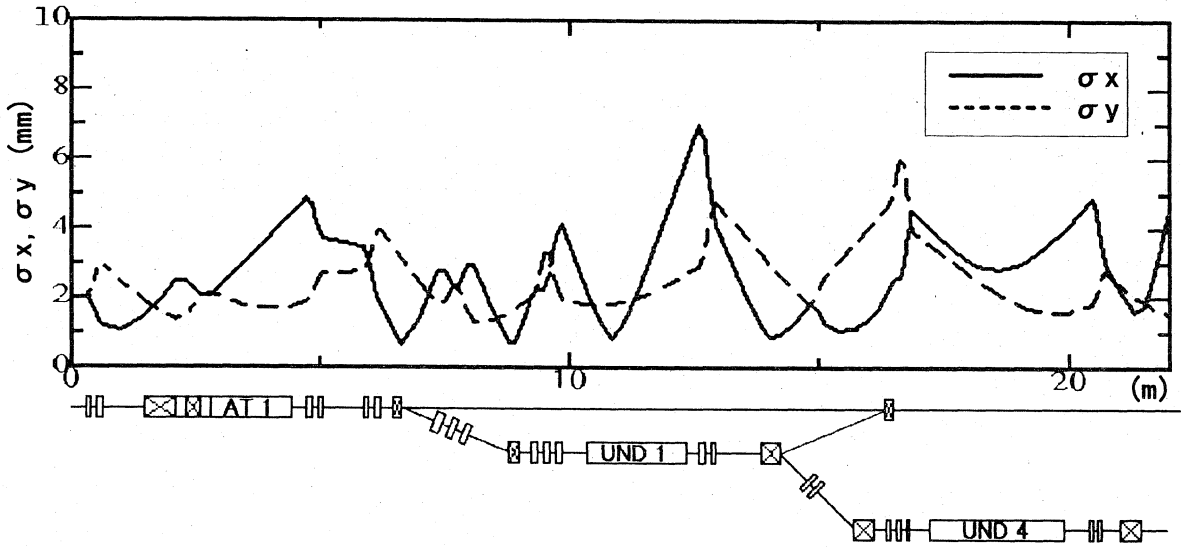


図5 MAGICによる電子ビーム集束状態の計算結果

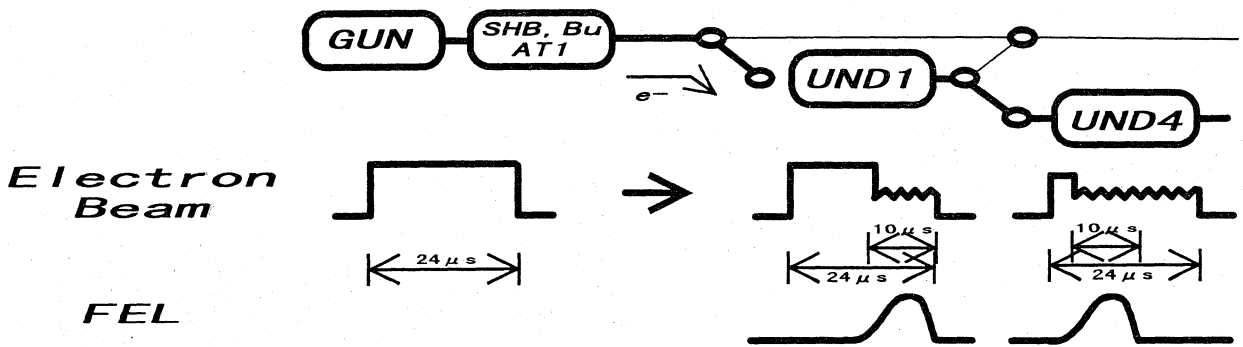


図6 アンジュレータ1と4による2色同時発振の概念図

参考文献

[1] P. W. van der Amersfoort, et al., The FELIX
Project Status Report (FOM, April 1988) p.88