

B10

自由電子レーザーによるライダーの可能性の検討

Study of Free Electron Laser(FEL) for Lidar

河合正之、中川茂友、岩田章、長澤親生*

M. Kawai, S. Nakagawa, A. Iwata and C. Nagasawa

川崎重工業（株）関東技術研究所物理応用研究部

*東京都立大学工学部電子情報工学科

Physical Application & Technology Research Department Kanto Technical Institute

Kawasaki Heavy Industries, Ltd.

* Department of Electronics and Information Engineering,

Tokyo Metropolitan University

In laser isotope separation, spectroscopy and lidar, a frequency-tunable laser and a technique to stabilize the frequency at a required value are important. Free electron lasers(FELs) are high power and wavelength tunable devices. The operating wavelength of an FEL may be continuously and rather freely tuned from infrared to ultraviolet by varying the field strength of an undulator magnet and the energy of the electron beam. We discuss outline of the application of the FEL to the lidar.

1. はじめに

自由電子レーザー(FEL)は、連続波長可変、大出力を特徴としており、原理的にはマイクロ波、赤外、可視、紫外を経てX線領域に至る広い波長領域でのレーザー発振が可能である。1977年にスタンフォード大学で3.4 μ mの赤外のFEL発振に世界で初めて成功して以来、各波長域でFELの研究が盛んに行われるようになった。現在ミリ波から紫外までの波長域での発振が国内外の研究機関で実証されてきており、川崎重工においても工業技術院電子技術総合研究所と共同で可視から紫外の領域でFEL発振に成功している。特に赤外において、これまで光の谷間と言われてきた光源の少ない領域(2.5~5及び7~9 μ m)を含む波長域で実用段階に達し、(株)FEL研究所に代表されるような利用を目的としたFEL利用施設も建設が進んでいる。一方特定の利用に目標を絞った小型で扱いやすいFEL装置のニーズも高まりつつある。本報告では、赤外領域のライダー用の光源に的を絞りFELの応用の可能性を探ることを目的とする。

2. 赤外自由電子レーザー

自由電子レーザー装置の概観をFig. 1に示す。電子ビーム源としての電子リニアック、自発光を発生させるアンジュレータ及びレーザー共振器から構成される。自由電子レーザーの自発光の波長 λ は $\lambda \sim \lambda_0 / 2\gamma^2 (1 + K^2/2)$ で表される。ここで λ_0 はアンジュレータの周期、Kは磁場の強さを表す無次元の量、 γ は電子ビームのエネルギーを表すローレンツ因子である。したがって必要な波長を選ぶと電子のエネルギーとアンジュレータの周期が決定される。装置の小型化のためには電子ビームのエネルギーをできるだけ低く設定し、同時にできるだけピッチの小さなアンジュレータを採用することが望ましい。ライダーのためのFEL装置の目標仕様をTable 1.に示す。

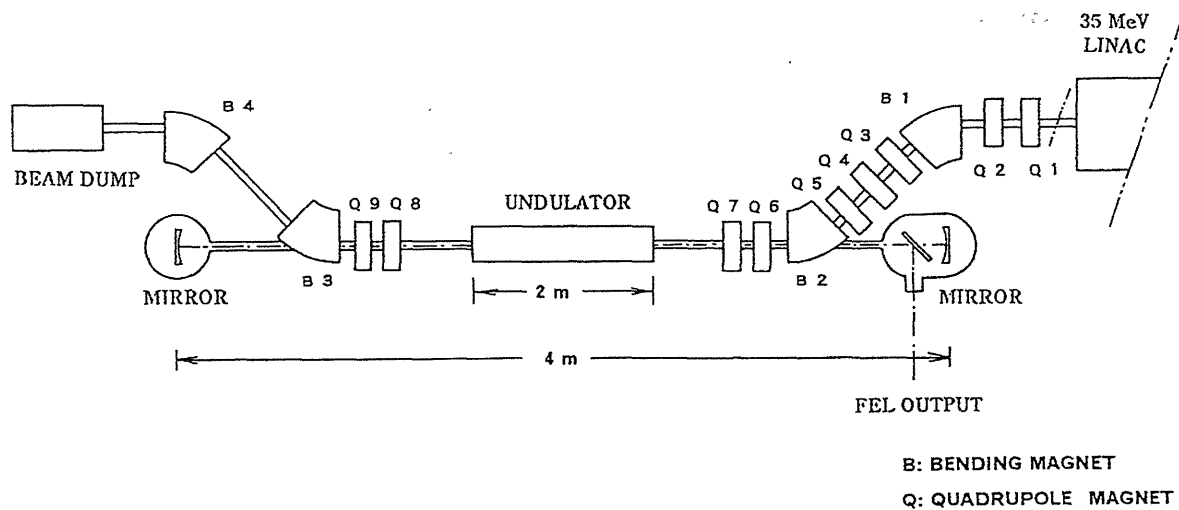


Fig.1 Schematic Diagram of the FEL Oscillator

Table 1. Fundamental Parameters of the FEL

Wavelength	3 ~ 16 μ m
Spectral Width	$10^{-5} \sim 10^{-6}$
Pulse Duration	$\sim 1 \mu$ s
Peak Power	10mJ/pulse
Pulse Repetition Frequency	10pps
Electron Energy	35 MeV
Undulator Period Length	2 cm
K	1

3. ライダーへの応用における課題

赤外波長領域における大出力可変レーザーであるFELは、この波長領域に多くの吸収線をもつ大気微量成分計測用の差分吸収ライダー(DIAL)への応用が考えられる。上記のFEL仕様の中で波長の単色性に関しては、現在 $\Delta\lambda/\lambda = 10^{-4}$ 程度が一般的であるが、フランスでエタロン板を共振器内に挿入することで625nmの波長で $\Delta\lambda/\lambda = 2.7 \times 10^{-6}$ が達成されている。

狭帯域化の方法としてFELレーザー共振器内に干渉計を組み込み干渉フィルタを構成することで単色性を高めるとともに、利得幅が広いFELの特徴を活かして、干渉計のパラメータを制御することで近接した2波長を10Hz程度の繰り返しで交互に発振させることも期待される。DIALに必要な単色性($\Delta\lambda/\lambda = 10^{-6}$)と高出力を同時に満足するためにはFEL特有の課題も多く解決されなければならない。今後は具体的課題を抽出しR&Dを進めて行く予定である。