

## 小型インコヒーレントドップラーライダーの実用化 2

## Development of compact incoherent Doppler lidar 2

○柴田泰邦<sup>1</sup>、長澤親生<sup>1</sup>、阿保 真<sup>1</sup>、塚本 誠<sup>2</sup>、誉田高行<sup>2</sup>Yasukuni Shibata<sup>1</sup>, Chikao Nagasawa<sup>1</sup>, Makoto Abo<sup>1</sup>Makoto Tsukamoto<sup>2</sup> and Takayuki Honda<sup>2</sup>

1 首都大学東京 システムデザイン研究科、2 英弘精機

1 Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University, 2 EKO Instruments

**Abstract:** The realization of the compact incoherent Doppler lidar using a FBG filter has been performed. The key device is the light source which has high power, high repetition, small size, light weight and narrow spectrum. The light source which pulses the output of DFB-LD by an AOM, and amplifies it by an EDFA is developed for the compact incoherent Doppler lidar. The output power of the AOM is amplified 500 times by the EDFA and the final output obtained 16.0dBm (40 mW) at 20kHz.

1. はじめに

天気予報や気候モデルにおいて、気温・気圧・風速の3次元分布データを用いた解析が行われている。風を遠隔計測する装置としてレーダーやライダーがある。日本各地でウィンドプロファイラーが運用されているが、アンテナを設置するスペースが必要であること、測定範囲が地表付近から高度数 km 程度で、散乱体の少ない晴天時は測定範囲が狭くなるなどの問題がある。また、空港に気象用ドップラーレーダーが設置されているが、雲粒や雨滴からのドップラーシフトを含む散乱波から風を計測するため、晴天時は使えない。風向風速測定するドップラーライダーには、コヒーレント方式とインコヒーレント方式がある。コヒーレント方式はエアロゾルを散乱体とするミー散乱を利用するため、主に対流圏下部において性能を発揮する。インコヒーレント方式は、地上からエアロゾルのない成層圏にわたる広範囲での風観測が可能であるが、主にハイパワーレーザーのNd:YAGレーザーの基本波1064nm、第2高調波(532nm)、第3高調波(355nm)のいずれかを用いるため、アイセーフの観点から3次元観測に不向きである。

我々は、インコヒーレント方式のドップラーシフト成分検出用フィルターに、アイセーフ波長1.5 $\mu$ m帯のファイバー・ブラッグ・グレーティング(FBG: Fiber Bragg Grating)を用いる方法により、エアロゾルの希薄な条件でも風観測が可能な3次元風観測方式を検討している。光源には小型・軽量化が可能な、光通信用DFB-LDを光アンプによって増幅する方式を採用した。本講演では、開発した光源の特性について報告する。

2. 小型1.5 $\mu$ mパルスレーザー

我々は、ヒートアイランド等の都市気象の解明、天気予報精度の向上、風力発電機の発電効率評価等、様々な環境関連事項に貢献することを目的とする、距離1~2km内の3次元風分布測定が可能な可搬型インコヒーレントドップラーライダーの実用化を目指している。光源の条件として、高出力、高繰り返し、小型・軽量の3点が挙げられる。Table1に1.5 $\mu$ m帯で発振可能なレーザーについて、その特徴を比較した。OPO, Cr:YAG, Fiber laser, OPGは平均出力が大きく、高繰り返しでスキュア観測に有利であるが、レーザー装置が大型であるため可搬性に乏しい。パルスLDは小型・軽量であるが、パルスエネルギーが低い。エルビウム添加光ファイバー増幅器(EDFA)によりパルス光源を増幅する方法は、可搬型、高出力光源として現段階では最も実用的である。

さらに、風速測定感度を得るためにはレーザースペクトル幅は狭い必要がある。大型固体レーザーはインジェクションシーティングによる狭帯域化が必要となる。パルスLDはスペクトル幅が数十nmと広い。線幅10MHz前後のDFB-LDのcw光をAOM(Acousto-Optic Modulator)によってパルス状に切り出してEDFAで増幅することにより、狭いスペクトルを維持することができる。よって、光源にはDFB-LDをEDFA増幅する方式を採用する。

Fig.1に開発したEDFA増幅1.5 $\mu$ mパルスレーザーのブロック図と装置全体の写真を示す。DFB-LD(20mW)をAOM(Acousto-Optic Modulator)により20kHz、パルス幅200ns(距離分解能30m相当)にパルス化し、EDFAを用いて高出力化した。Fig.2にAOM変調信号(Signal)、AOM光出力(AOM Output)、EDFA光出力(EDFA Output)の各波形を示す。CWのDFB-LD光出力は、AOMにてパ

ルス幅 200ns で切り出され、EDFA で増幅された後でも 200ns のパルス幅を保っていることが分かる。Fig.3 に EDFA 入力電流に対する EDFA 光出力特性を示す。EDFA 入力光の平均エネルギーは-11.0dBm (80μW、ピークエネルギー20mW) で EDFA の最大平均出力は 16.0dBm (40mW、ピーク出力 10W) と、500 倍の増幅を得た。

### 3.まとめ

1.5μmFBG フィルターを利用した小型インコヒーレントドップラーライダーの光源について検討し、高出力、高繰り返し、小型・軽量、狭帯域スペクトルを兼ね備えたものとして、DFB-LD を AOM でパルス化し、EDFA で増幅する方式を採用した。AOM から出力される繰り返し 20kHz, パルス幅 200ns のパルス光は EDFA によって 500 倍増幅され、16.0dBm (40mW) を得た。今後、この光源を用いてライダーによる風速測定を行う。

本研究は、財団法人東京都中小企業振興公社 社会的課題解決型研究開発助成事業費によって行われる。

Table 1 Characteristics of 1.5μm pulsed laser

	λ [nm]	Pulse energy	Average Power	PRF	Pulse Length	Portability
OPO (TMU)	1570~1580	10mJ	4.0W	200Hz	20ns	×
Fiber laser	1550	数十μJ	数W	数十kHz	<10ns	×
Cr:YAG	1350~1600	数十μJ	数mW	数十kHz	<10ns	×
OPG	1350~2000	数百μJ	数W	~20kHz	<10ns	×
Pulsed LD	1550	~1μJ	数mW	数千Hz	<10ns	◎
EDFA	1550	数μJ	~100mW	数十kHz	数十ns~	○

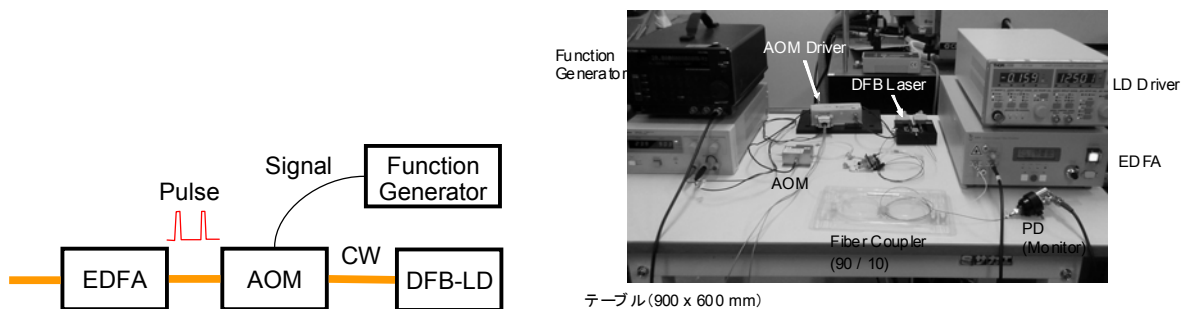


Fig.1 Block diagram of 1.5μm pulsed laser using the EDFA.

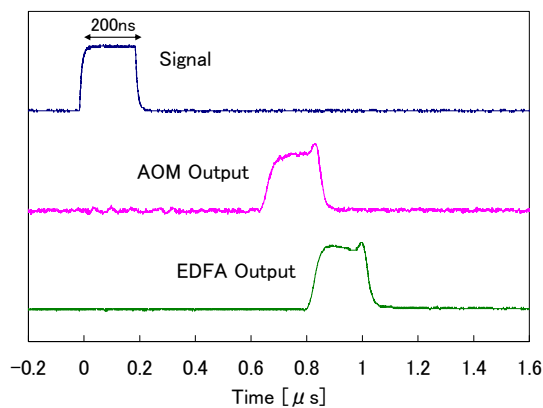


Fig.2 Pulse shapes of the AOM output and the EDFA output. (20kHz, 200ns)

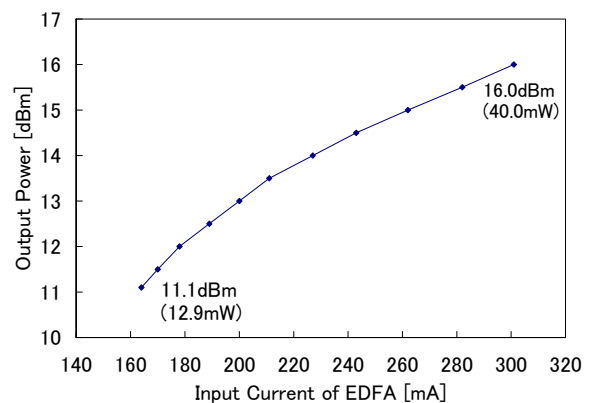


Fig.3 Average power of the EDFA operation at 20kHz.