

ドップラーライダーに向けたDFB-LDの検討

島田 翔平¹, 椎名 達雄¹

¹千葉大学大学院融合科学研究科 (〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33)

Installation of DFB-LD into Doppler Lidar

Shohei Shimada¹ and Tatsuo Shiina¹

¹Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan

Abstract:

We have focused on bulk DFB-LD which is high power of >1W and narrow spectrum width of <10pm to install it into Doppler lidar. We measured characteristics of output power and coherence length by using optical interferometer. As a result, on the LD drive condition of temperature 35°C and drive current 2A, the bulk device of DFB-LD could be derived at output power of 1.75W and coherence length of 0.8m. It is possible to install it into the Doppler lidar. Then we carried out Doppler measurement with this bulk DFB-LD by using a moving target. In this experiment, we introduced a rotating device to move a retroreflector in constant speed, which was changed from 0.5m/s to 10.3m/s. Doppler shift frequency due to the moving retroreflector was changed linearly due to the target speed. The calculated speeds from Doppler shift measurement showed a good agreement with actual target speeds.

Key Words: DFB, laser diode, Doppler, Lidar, Wind

1. はじめに

ドップラーライダーは気象・航空の分野で広く普及しており、ライダー実応用の代名詞となっている。[1] [2] すでに多数の国内外メーカーが製品を開発している小型のドップラーライダーは、そのいずれもが計測距離と S/N 比の観点から、ライダーの出力光にはレーザダイオード(LD)とファイバアンプを組み合わせた構成をとっている。その結果として、装置は高価に、仕様は画一的なものになる傾向がある。

風の場の計測需要は、現行のドップラーライダーではその全てをカバー出来ていない。例えばビル風のような局所的で急峻な風の場や、近距離での室内外の風の場の変化といった計測が環境保全や保安の観点から需要が高い。現行のドップラーライダーでは至近距離の計測や高分解能(<m), 高速計測(0.1s)といった計測需要には追従し得ない状況にある。

本研究ではこれらの背景を元に、装置の設計自由度が高く、汎用性のある小型ドップラーライダーの開発を始めた。特に、その光源には、DFB-LD のバルク素子を使用することを検討している。これは、従来のファイバ型の DFB-LD とは出力が大きく異なる。1W 以上の出力を有するため、ファイバアンプを利用せずとも十分な計測範囲を確保できる。また、素子が小型なため、光学系の設計にも自由度がある。一方で、高出力ゆえにスペクトル幅が広く、可干渉距離が短いことが挙げられる。

本報告では、上記バルク DFB-LD がドップラーライダーの光源として十分な性能を有するか、出力やコヒーレンス長等のレーザ基礎特性を計測し、実際にドップラー信号の検出を行った状況を報告する。

2. DFB-LD バルク素子

今回ドップラーライダーの光源としての性能を評価するのは、浜松ホトニクスで開発された、DFB-LD でバルク素子である。仕様を Table.1 にまとめる。ペルチェ素子を含んだ LD ホルダに組み込んだ素子の写真を Fig.1(a)に示す。高出力 DFB のため、線幅は最大値で 10pm ほどである。もっともこの値は、出力光強度と素子温度とで変わる。本研究ではその特性を、ドップラーライダーの観点で計測した。具体的には、出力光強度は 1W 以上、コヒーレンス長は 1m ほどを確保できることを条件に評価を行った。

コヒーレンス長計測では、マイケルソン干渉計を用いて計測を行った。干渉縞を CCD カメラで観測した。参照光路長と計測光路長が一致した点から、参照光路長を大きくしてゆき、干渉縞が消失するときの光路差の 2 倍の値をコヒーレンス長とした。

測定の結果をまとめて、Fig.1(b)に入力電流に対する光出力の変化を、Fig.2 にコヒーレンス長の測定結果を示す。

Fig.1(a)の結果から、入力電流に対する光出力は、従来のファイバ型 DFB-LD と同様に線形性を得られた。LD にはペルチェ素子による温度制御をかけており、充分安定した出力と再現性を確認している。

Table.1 Specification of the DFB-LD bulk device.

Manufacturer	Hamamatsu Photonics
Model number	976nm DFB-LD
Center wavelength	974nm
Output power	2.7W [CW:max]@3A
Spectrum width	~ 10pm

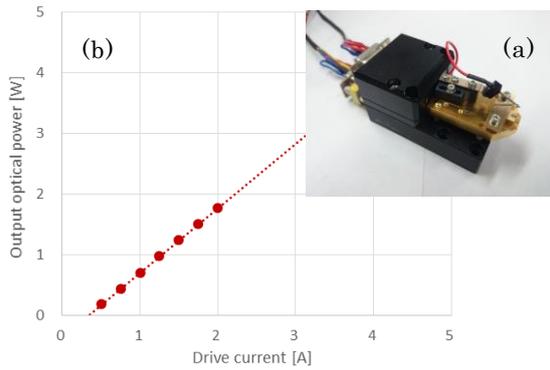


Fig.1 (a) DFB-LD bulk device (b) Output optical power change against the LD drive current.

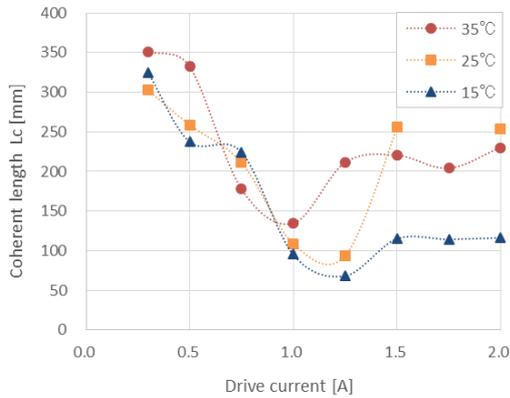


Fig.2 Coherence length depending on temperature and drive current.

コヒーレンス長の測定結果では、入力電流と素子温度に応じたコヒーレンス長の変化が示されている。入力電流 1 A のときコヒーレンス長が最も小さくなり、その前後の入力電流ではコヒーレンス長が大きくなる傾向、また温度が高い程コヒーレンス長が大きくなる傾向が得られた。したがって、出力の大きさも考慮して、素子温度 35°C、駆動電流 2 A を、この DFB-LD をドップラーライダーの光源として用いる際の駆動条件とした。後に LD 出力光のコリメートを厳密に行い、コヒーレンス長を再計測したところ、CCD カメラによる観測では最大 0.7m、PD による干渉波形の観測では最大 0.8m となることを確認した。1 m には及ばなかったものの、ドップラーライダー用光源として使用できると判断し、動体によるドップラー検出の実験へと進めた。

3. 動体によるドップラー検出実験

動体によるドップラーシフトの発生として、リトロリフレクターを組み込んだ回転機構を用いた。実験光学系を Fig.3 に示す。光学系は先のコヒーレンス長計測におけるマイケルソン干渉計の参照光路ミラーをリトロリフレクターに置き換えたものである。受光器には PD を用いた。リフレクターの回転を 62rpm~1244rpm にすることで、風速 0.5m/s~

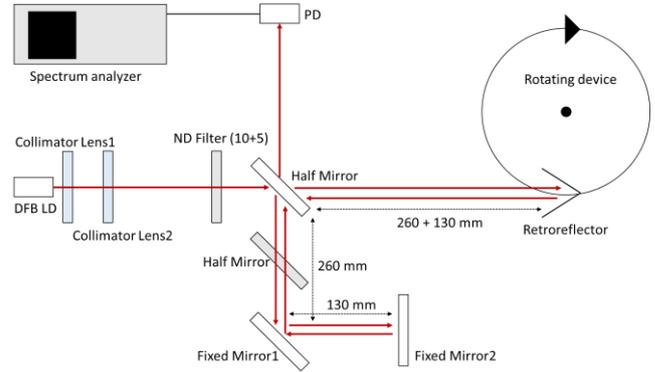


Fig.3 Doppler measurement using moving target.

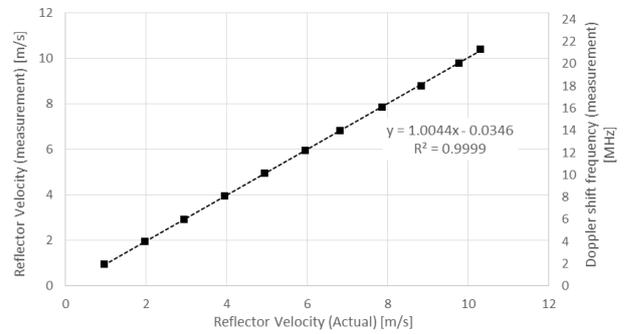


Fig.4 Comparison between actual target velocity and calculated velocity from Doppler shift measurement.

10.3m/s を想定した移動速度になる。

実験の結果、各速度で 35dBm 以上の十分な感度でドップラーシフトを計測できた。計測結果から得たドップラーシフト周波数 Δf を(1)式に当てはめることで、ターゲットの移動速度 V を求めた。[3]

$$V = \frac{1}{2} \Delta f \lambda \quad (1)$$

ここで λ は光源波長である。実際のターゲット速度とドップラーシフト周波数計測から求めた速度を比較したものが Fig.4 であり、線形的な変化を得ることができた。

実験ではリトロリフレクターの他、自転車用安全反射板や白紙といったターゲットでも計測を行い、Fig.4 と同様の結果を確認している。現在、実際の風を計測すべく、光源のモジュール化と受光光学系の製作を進めている。

参考文献

- [1]Claus Weitkamp, *Lidar*, Springer 2005.
- [2]Liu Jiqiao, Zhu Xiaopeng, Zhou Jun et al., *Development of a coherent Doppler lidar to measure atmosphere windshear*, Quantum Electronics Conference & Lasers and Electro-Optics, 2011
- [3] Zhi-feng Shu, Xian-kang Dou, Hai yun Xia et al., *Low Stratospheric Wind Measurement Using Mobile Rayleigh Doppler Wind LIDAR*, Journal of the Optical Society of Korea Vol. 16, No. 2 2012