

高安定コヒーレントドップラーライダー用 2.0 μ m レーザシステムの開発

Development of 2.0 μ m laser system for a stable coherent Doppler lidar

境澤 大亮* 長澤 親生* 柴田 泰邦* 水谷 耕平**

D.Skaiazawa* C.Nagasawa* Y.Shibata* K.Mizutani**

*東京都立大学大学院工学研究科 **通信総合研究所

*Graduate school of Tokyo Metropolitan Univ. **Communication Research Laboratory

Abstract: We have developed 2.0 μ m coherent Doppler lidar system with a microchip laser, and improved technique of injection seeding in order to perform the stable operation of the lidar. To achieve more stable injection seeding, it is required to increase the net power of seed laser injected to the slave cavity. We present an injection method that a seed laser is injected to the slave cavity through output-coupler. As a result of the experiment, we could achieve more stable injection seeding than previous way injected through a rear mirror.

1. はじめに

コヒーレントドップラーライダーの送信レーザには、高出力で狭帯域のスペクトルをもつレーザが用いられる。波長の安定なマイクロチップレーザをシード光として、従来我々は後部鏡からシード光を注入する方法でフラッシュランプ励起パルスレーザの波長を制御していた。しかし、後部鏡の高い反射率によりシード光の注入効率が低下し安定な波長同期を得ることが難しかった。そこで、シード光をスレーブレーザ共振器の出力鏡から注入する方法へ変更し、従来よりも効率的な波長同期が得られたので報告する。

2. 共振器構成

波長同期の方法を Fig.1 に示す。高安定な単一モード光源としてマイクロチップレーザ（発振波長 2.122 μ m、安定度 2kHz）を用いている。(A)はこれまで用いてきた方法であり、90%の反射率をもつ後部鏡から共振器内にシードレーザを注入し、スレーブレーザの発振波長を同期させている。スレーブレーザ共振器内では発振波長をシード光の発振波長に近づけるため、複屈折フィルタとエタロンを挿入し、リアミラーはPZT素子を一体化させて波長の微調整を行う。共振器内に注入される注入電力の値は 0.3mW で偏光面はパルスレーザの偏光面と一致している。この時、インジェクションシーディングによる波長同期は 10~15%程度であり、シード光とヘテロダイン検波し時間平均を取っても高いSNが得られなかった。

今回、共振器内に注入されるシード光の電力を高くし波長同期を効率よく起こすため、(B)のように出力鏡からシード光を注入する方法に変更した。後部鏡は高反射率のミラーとし、出力鏡の反射率を共振器の内側で 70%、シード光が入射する面には無反射コーティングを施してある。出力鏡手前の光学系はシード光とパルス光の偏光面を直交させ、パルスの戻り光によるシードレーザの破壊とモードの乱れを防いでいる。この方式に変更してスレーブレーザ共振器中に注入されるシード光の電力値は 0.9mW に上昇した。

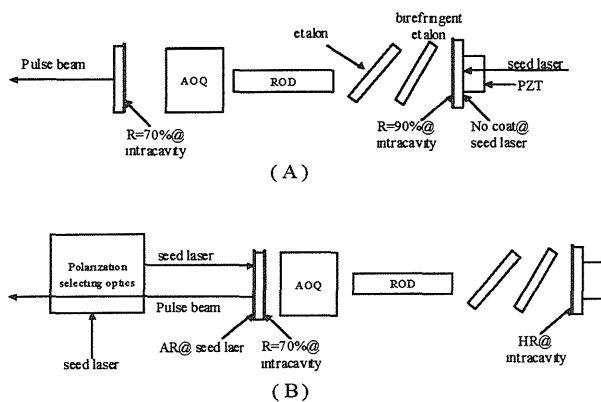


Fig.1. Schematic diagram of injection seeding (A) is the previous way that a seed laser is injected through a rear mirror. (B) is the current way that a seed laser is injected through an output-coupler. The reflectivity of the surfacel in the intracavity have 70%, on the other hand, the reflectivity of the surface2 have anti-reflection coating for the seed laser. Both (A) and (B), the polarization of the seed laser is correspond to that of the slave laser.

3. 実験結果

装置構成を変更して音響光学変調器により 40MHz の周波数シフトをかけたシード光とパルス光とのヘテロダイン検波を行った。スレーブレーザの結晶は循環冷却水（設定温度 18℃）で冷却されている。パルスの繰り返し周波数は 5Hz、Qswitch 出力 12mJ である。積算時間 5 秒で得られたパルス光とシード光のヘテロダイン信号の波形を Fig.2 に示す。

(A)では AOM による 40MHz の周波数シフトが得られていないのに対して、(B)の波形では 40MHz の周波数シフトが得られていて、高い S N が 65%~70%の頻度で得られた。

波長同期が成立している際のパルス光の時間波形を Fig.3 に示す。(a)はシード光を遮断している時のパルスで、(b)はシード光を注入し波長同期が成立している時のパルス波形である。(b)の立ち上がり時間は(a)に比べて 0.2 μs 程早く、(b)の出力は(a)の 78%程度に小さくなっているのが分かる。前者は波長同期が成立している時、シード光が種となり、その周波数近傍の光パルスが成長し、通常の Qswitch 発振よりもパルスが早く立ち上がることで、後者は複数の波長で発振する出力よりも単一波長で発振する出力の方が小さくなることが考えられる。

4. まとめ

効率の良い波長同期を行うために後部鏡注入方式から出力鏡注入方式に変更し波長同期の動作実験を行った。スレーブレーザ共振器内に注入されるシード光の電力が上昇した結果、後部鏡注入方式の波長同期確率が 10~15%から、出力鏡注入方式へ変更することにより波長同期確率が 65~70%と 5 倍近く改善した。今後、シード光として用いるマイクロチップレーザの改良と波長同期が得られやすいとされるリングレーザでのシステム構築を進める。

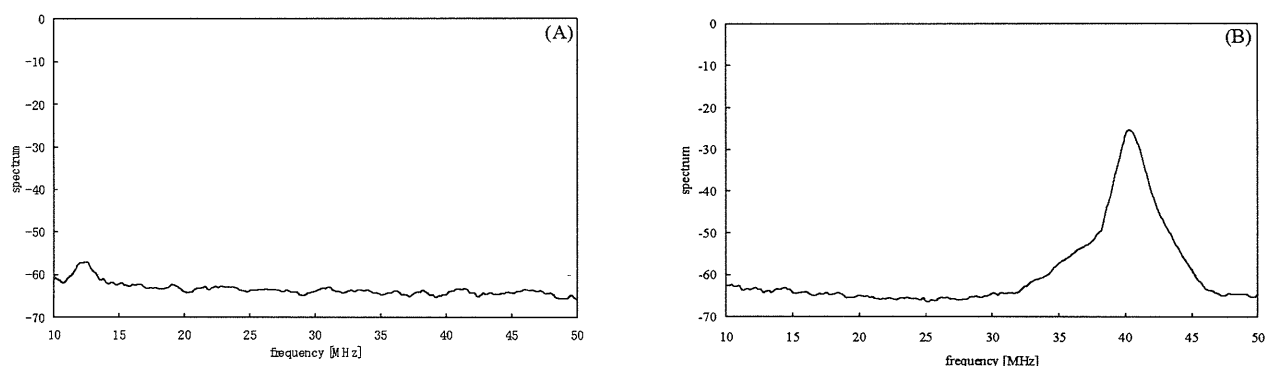


Fig.2 Waveforms of heterodyne detection:

At (A), injection seeding is not achieved, the frequency shift of 40MHz by AOM can not be observed. At (B), injection seeding is achieved, the frequency shift of 40MHz by AOM can be observed.

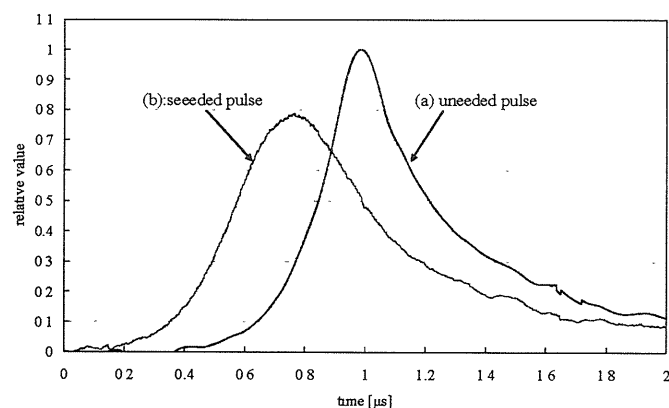


Fig.3 Pulse waveforms of the slave laser:

(a) is a waveform, which is not achieved injection seeding. (b) is a waveform, which is achieved injection seeding. The rise time of (b) is earlier than that of (a), and the peak power of (b) is smaller than that of (a).