

## LD 励起 Nd:YAG 和周波型 589nm レーザのための周波数制御実験

## Seed Laser Frequency Control Experiments of

## 589 nm Diode Pumped Nd:YAG Laser

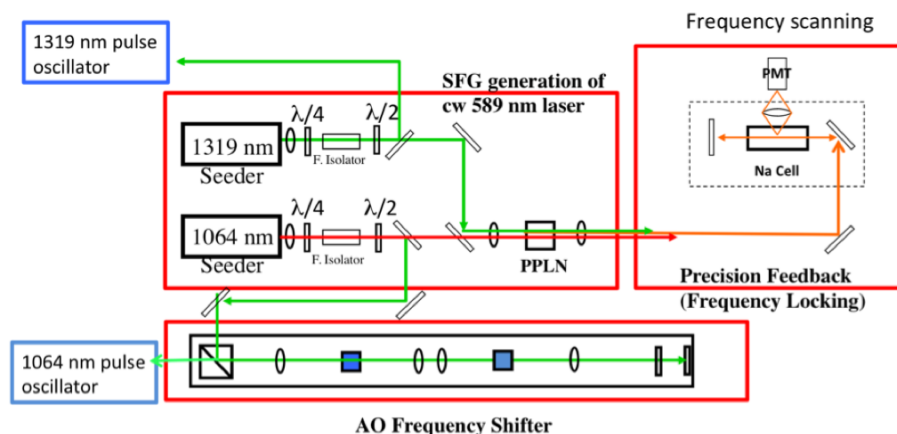
○川原琢也<sup>1</sup>、野澤悟徳<sup>2</sup>、齋藤徳人<sup>3</sup>、和田智之<sup>3</sup>、川端哲也<sup>2</sup>、津田卓雄<sup>2</sup>、藤井良一<sup>2</sup>○ Takuya D. Kawahara<sup>1</sup>, Satonori Nozawa<sup>2</sup>, Norihito Saito<sup>3</sup>,  
Satoshi Wada<sup>3</sup>, Testuya Kawabata<sup>2</sup>, Takuo Tsuda<sup>2</sup>, Ryoichi Fujii<sup>2</sup><sup>1</sup>信州大学工学部、<sup>2</sup>名大 STE 研、<sup>3</sup>理研Shinshu University<sup>1</sup>, STE Lab., Nagoya University<sup>2</sup>, RIKEN<sup>3</sup>

ABSTRACT: A new all solid-state sodium lidar transmitter is under construction on collectively with Shinshu University, Nagoya University, and RIKEN. The transmitter consists of pulse laser (slave laser) and host laser (seed laser) parts. The seed laser unit is essential for a pulse laser frequency control precisely. For that purpose, we are doing the following experiments; (1) laser frequency locking experiment using a Na cell and 589 nm continuous wave laser generated from 1064/1319 seeders, (2) fast frequency shift experiments using acousto-optic (AO) frequency shifter using two AO crystals. The frequency shifts from the locked frequency to plus/minus  $\sim 200$  MHz. In this presentation, we show some experimental results about frequency locking experiments and AO frequency shifters.

## 1. はじめに

信州大学、名古屋大学、理化学研究所では、全固体高出力ナトリウムライダー送信系を共同開発している。送信系は、レーザダイオードを励起光源に用いた高効率 Nd:YAG パルスレーザ発振部分と、ライダー観測技術では重要な連続光種レーザの周波数制御部分とで構成される。絶対周波数の指標となるナトリウムセルからの共鳴散乱光を得るために、1064/1319nm の種レーザで和周波をとり、連続光 589nm を生成するという新たなテクニックを用いている。この共鳴散乱光モニターにより、589nm の絶対レーザ周波数を特定周波数にロックする。一方、1064nm のレーザラインでは、パルスレーザに入射する前に、2つの音響光学素子を用いて周波数シフトを行う装置 (AO 周波数シフター) を経由する。これにより、589nm でのレーザ周波数は、基準の周波数を中心に  $\pm$  約 200MHz で高速 (10  $\mu$  秒以下) な周波数シフトが可能となる。

本発表では、これらの装置概要、実験の結果を示す。



**Figure 1.** Optical layout of Seeder Unit. It consists of cw 589nm laser generation part from 1319/1064 seed lasers, frequency diagnosis part with a Na cell, and acousto-optic frequency shifter.

## 2. Seeder Unit

新型の送信レーザは、LD 励起 Nd:YAG パルスレーザで構成され、1064nm と 1319nm レーザの和周波によりナトリウム共鳴線の 589nm レーザを生成する。この部分を Pulse Laser Unit と呼び、

理化学研究所と（株）メガオプトで開発中である（本シンポジウム講演番号 E-1）。レーザは完全固体/空冷かつ高出力/高安定で、ライダー用レーザ光源としては現在計画している極地観測のみならず、人工衛星搭載型としてもひな形となる。

一方、温度ライダーとして重要な部分がインジェクションシーディング部分で、パルスレーザを狭帯域化、単一縦モード化し、レーザ周波数制御を行う。このライダーでは、このレーザ周波数制御部分を **Seeder Unit** と呼び（図 1）次の 3 つの部分から構成される。

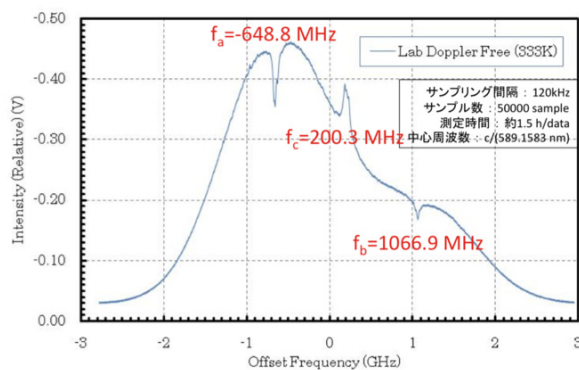
(1) 1064/1319nm の cw 種レーザ(Innolight Mephisto)を周期反転分極型結晶(PPLN)に入射させ、cw 589nm を発生させる。これにより、出力が極めて安定な狭帯域 589 nm 光源となる。

(2) cw 589nm 光源を加熱したナトリウムセルに入射し、共鳴散乱光を用いて周波数校正を行う（ドップラーフリー法；図 2）。この  $D_{2a}$  ピークの位置にあるディップの位置にレーザ周波数をロックすることで、パルスレーザの和周波で生成する 589nm の中心周波数もここにロックされる。

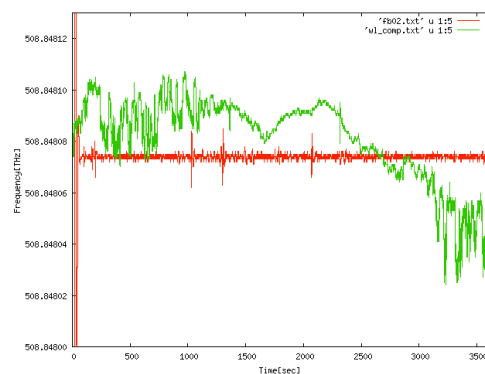
(3) 種レーザ 1064nm の光路には音響光学素子(AO)を用いた周波数シフターを用いる。シフターに用いる 2 つの AO 素子はそれぞれ約 200MHz の周波数設定で、on/off により入射レーザ周波数±200MHz の切替により、計 3 周波数を切り替えながらレーザ射出する。

### 3. 実験

**Seeder Unit** における実験は、**Pulse Laser Unit** の開発と平行して進められている。589nm レーザロックキングに関しては、ナトリウムセルを用いて数 MHz の範囲内で絶対周波数にロックするが、元々のレーザ周波数を安定制御させることが最も重要である。図 3 は波長計の読み取り値で種レーザにフィードバック制御をかけた前後のデータで、10MHz 以内の安定性まで追い込んでいる。ここからドップラーフリー法で絶対周波数に数 MHz の精度でロックキングをかける。



**Figure 2.** Doppler free spectrum using SFG cw 589 nm laser and heated Na cell.



**Figure 3.** Laser frequency of 589 nm before/after it is stabilized.

### 3. まとめ

パルスレーザの開発と平行して **Seeder Unit** の実験を進めている。本講演では **Seeder Unit** に関する各種の実験結果を示す。

Reference: Yue J., C.-Y. She, B. Williams, J. Vance, P. Acott and T. D. Kawahara (2009), Continuous-wave sodium D2 resonance radiation generated in single-pass sum-frequency generation with Periodically Poled Lithium Niobate, Optics Letters, 34, 1093-1095.