

ライダー用可搬型注入同期チタンサファイアレーザー

古川 裕介¹, 大饗 千彰^{2,3}, 鹿内 翔平¹, 谷 遼¹, 米田 仁紀⁴, 桂川 眞幸^{1,2,3}

¹電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻

²電気通信大学量子科学研究センター

³JST-ERATO 美濃島知的光シンセサイザープロジェクト

⁴電気通信大学レーザー新世代研究センター

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

Injection-Locked Ti:Sapphire Laser System as LIDAR Source

Yusuke FURUKAWA¹, Chiaki OHAE^{2,3}, Shohei Shikanai¹, Ryo Tani¹, Hitoki YONEDA⁴,
and Masayuki KATSURAGAWA^{1,2,3}

¹Department of Engineering Science, Graduate School of Informatics and Engineering, University of the Electro-Communications,

²Institute for Advanced Science, University of the Electro-Communications,

³JST-ERATO Minoshima Intelligent Optical Synthesizer project

⁴Institute for Laser Science, University of the Electro-Communications,

1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

We have developed an injection-locked Ti:Sapphire laser system to perform a resonant scattering LIDAR measurement. The injection-locked Ti:Sapphire laser system consists of a seed laser which is an external cavity laser diode (ECLD) and a power oscillator which is a ring-cavity Ti:Sapphire laser pumped by a Nd:YAG laser. An emission of Ti:Sapphire and its second harmonic generation cover the absorption lines of the target atoms of a resonant scattering LIDAR measurements which are K, Fe, Ca, Ca⁺. The ECLD as a seed laser provides a narrow bandwidth of a few-tenth MHz. Owing to the injection locking, the output of the power oscillator maintains a center wavelength and a narrow bandwidth which is suitable to measure Doppler broadening. Our laser system is a 100-Hz repetition rate to separate each signals from the ionosphere generated by each laser shots.

Key Words: Laser, LIDAR, Ti:Sapphire, injection-seeded, resonance scattering

1. はじめに

高度 100 km 付近の熱圏に存在する Na, K, Fe, Ca を観測対象とした大気温度観測や大気の変動を連続観測する試みが行われている^{1,2}。これらの原子を選別し、大気温度を求めるドップラー広がり測定するためには、原子の吸収線に同調するレーザー波長とドップラー広がりに対して十分狭い周波数帯を備えたレーザー光源が必要である。共鳴散乱ライダーの主な観測対象となる原子のうち、K, Fe, Ca, Ca⁺ の吸収線の中心波長は、それぞれ 769.9 nm, 372.0 nm, 393.5 nm, 422.8 nm である。つまり、744 nm ~ 846 nm の波長範囲で出力が得られるレーザー光源であれば、基本波あるいは非線形結晶での第二高調波(372nm~423nm)を用いることで、これら4種の原子について共鳴散乱ライダー観測が可能である。

これまで共鳴ライダー用の波長可変な紫外レーザーパルスが発生する試みは、色素レーザーと YAG 第二高調波(532 nm)の和周波発生による 393nm 発生³、フラッシュランプ励起アレキサンドライトレーザー⁴ などがある。色素レーザーと

532 nm レーザーパルスの和周波発生では、出力 0.8 W(50 Hz)、パルスエネルギーにして 16 mJ の 393 nm レーザーパルスを得てカルシウム共鳴ライダー観測を報告している³。また、フラッシュランプ励起アレキサンドライトレーザーでは、レーザー繰り返し 25 Hz での基本波波長(770-786 nm)で 4 W(25 Hz)、第二高調波では 2 W、パルス当たりのエネルギーにして 80 mJ が達成されると報告されている⁴。

YAG レーザー光源システムはライダー観測を含む多くの分野において実績がある一方、紫外領域の波長可変レーザーシステムは未だ開発の余地が残されている。本研究では、共鳴散乱ライダーへの利用を想定した外部共振器型半導体レーザーと YAG レーザー励起チタンサファイア共振器を組み合わせたパルスレーザーシステムの開発を行っている。

2. 注入同期チタンサファイアレーザー

注入同期チタンサファイアレーザーは、周波数安定性と高出力を同時に実現するレーザーシス

テムとして開発され、周波数安定なシードレーザーと高出力なパルスレーザーを発生するパワーオシレーターで構成されている^{5,6}。

シードレーザーとして外部共振器型半導体レーザー(ECLD)を用いて、ECLDの狭帯域なスペクトル幅を持つ連続光である出力をシングルモードファイバーによってパワーオシレーターに搬送した。

パワーオシレーターは3枚のミラーから構成されるリング共振器にチタンサファイア結晶を配置し、パルス繰り返し100 HzのNd:YAGレーザーの第二高調波(532 nm)でチタンサファイア結晶を光励起する(Fig. 1)。共振器を構成するミラーのうちの1枚に取り付けたピエゾ素子を通して共振器長さに周波数変調を与えて負帰還制御を行い、シードレーザーとパワーオシレーター共振器の縦モード整合を制御した。

パワーオシレーターに関連するオプティクスは、横90cm縦60cmのブレッドボード上に配置して、チタンサファイア結晶の励起レーザーパルスは外部から入射するシステムとして開発している。

励起レーザーパルスはNd:YAGレーザーの第二高調波(532 nm)を用い、励起レーザーのビーム径がチタンサファイア結晶上でシードレーザーのビーム径に一致するように集光条件を選んでチタンサファイア結晶を光励起する。パワーオシレーターからの出力パルスは、理想的な条件下で励起レーザーのパルスエネルギーの3割程度となるため、パルスエネルギー50 mJで励起した場合は、シードレーザーの波長持つレーザーパルスがパルスエネルギー15 mJで出力される。励起レーザーの繰り返しは100 Hzであるから、平均出力1.5 Wを達成することを目指している。

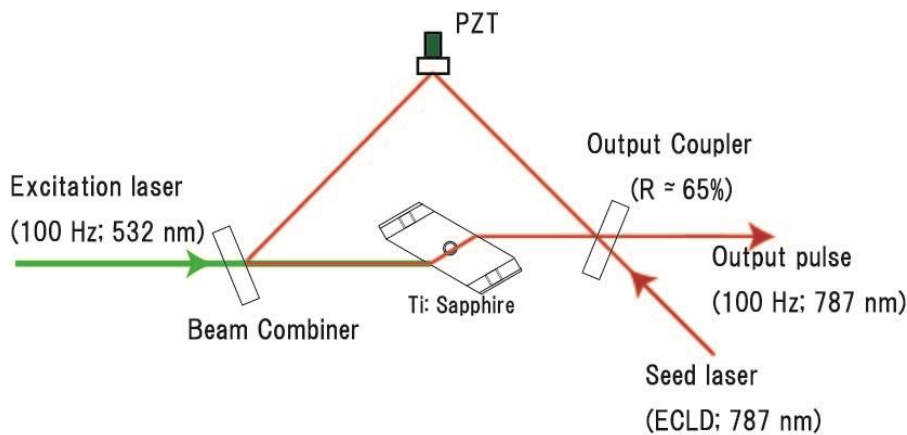


Fig.1: Layout of power oscillator for the injection-locked Ti:Sapphire laser system.

3. 今後の展望

注入同期チタンサファイアレーザーの出力波長の選択は、外部共振器型半導体レーザーの出力波長を変えて行う。チタンサファイアレーザーの出力をBBO結晶に入射して第二高調波発生を行い、Caの吸収波長またはCa⁺の吸収波長のレーザーパルスを出し、Ca⁺とCaの共鳴散乱ライダー観測を行うことを計画している。本レーザーシステムでのライダー観測に成功した場合には、国立極地研究所のアレキサンドライトレーザーの共鳴散乱ライダーの観測データとの比較によって、ライダー観測に対する本レーザーシステムの評価を行う予定である。

謝辞

国立極地研究所一般共同研究「新しいレーザー技術の南極観測への応用」に採択されています。

参考文献

- 1) C. Gardner *et al.*: J. Geophys. Res. **98** (1993) D9, 16865, doi:10.1029/93JD01477.
- 2) M. Gerding *et al.*: *Annales Geophysicae*, **19** (2001) 47.
- 3) S. Raizada: J. Geophys. Res. **17**, (2012) A02303, doi:10.1029/2011JA016953.
- 4) 津田 卓雄, 江尻 省, 西山 尚典, 阿保 真, 川原 琢也, 中村 卓司: 第33回レーザーセンシングシンポジウム P-21 (2015).
- 5) M. Katsuragawa and T. Onose: *Optics Letters*, **30** (2005) 2421.
- 6) 小野瀬貴士: ラマン過程の断熱励起による超短パルス光の発生, 博士論文 (2007).