

# 共鳴散乱ライダー光源としての注入同期チタンサファイアパルスレーザー開発

古川 裕介<sup>1</sup>、大饗 千彰<sup>2</sup>、隈元 清哉<sup>1</sup>、米田 仁紀<sup>3</sup>、桂川 眞幸<sup>1,2</sup>  
江尻 省<sup>4</sup>、西山 尚典<sup>4</sup>、中村 卓司<sup>4</sup>

<sup>1</sup> 電気通信大学大学院情報理工学研究科基盤理工学専攻

<sup>2</sup> 電気通信大学量子科学研究センター

<sup>3</sup> 電気通信大学レーザー新世代研究センター

<sup>4</sup> 国立極地研究所宙空圏研究グループ

## Development of Injection-Locked Ti: Sapphire Pulse Laser as LiDAR Source

Yusuke Furukawa<sup>1</sup>, Chiaki Ohae<sup>2</sup>, Seiya Kumamoto<sup>1</sup>, Hitoki Yoneda<sup>3</sup>, and Masayuki Katsuragawa<sup>2</sup>  
Mitsumu K. Ejiri<sup>4</sup>, Takanori Nishiyama<sup>4</sup>, and Takuji Nakamura<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduate School of Informatics and Engineering, University of Electro-Communications

<sup>2</sup> Institute for Advanced Science, University of Electro-Communications

<sup>3</sup> Institutes for Laser Science, University of Electro-Communications

<sup>4</sup> Space and Upper Atmospheric Science Group, National Institute of Polar Research

We have developed an injection-locked Ti:Sapphire laser system, which is a single-frequency, nanosecond pulse, and a broad frequency tenability, for LiDAR application. The output laser frequency and its second harmonics cover the absorption lines of the atoms and ions, K, Fe, Ca, and Ca<sup>+</sup> that are parts of target elements of upper atmospheric science. The laser system is also suitable to measure a resonant scattering LiDAR with Doppler broadening by an injection-locking. We report the developed laser cavity of an injection-locked Ti:Sapphire laser system.

大気ダイナミクスの観測では、ライダーとともにレーザー光源を用いたライダー計測によって、大気温度や大気の移動の継続観測が行われている<sup>1,2</sup>。高出力のレーザーパルスを出射できる YAG レーザーはレイリー散乱やラマン散乱を利用したライダー計測に活用されているが、出力波長が固定であるため、微少なターゲットを選択的にライダー計測する用途には波長可変なレーザーが求められる。数ワットクラスの出力を持つ共鳴散乱ライダー用の光源として、色素レーザーと YAG レーザー第二高調波との和周波発生<sup>3</sup>や別種のレーザー結晶を用いたアレキサンドライトレーザー<sup>4</sup>などが開発されてきた。共鳴散乱ライダー計測の観測ターゲットには、高層大気に存在する K, Fe, Ca, Ca<sup>+</sup> がある。これらのターゲットの主な吸収線はチタンサファイアレーザーが発振可能な波長範囲とその第二高調波の波長範囲に含まれており、チタンサファイアレーザーは、これら 4 種のターゲット原子の共鳴散乱ライダー光源として利用可能である。

我々が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している注入同期チタンサファイアレーザーは、共鳴散乱ライダー計測のレーザー光源に好適である。ライダー光源として注入同期チタンサファイアレーザーシステムのさらなる高出力を得るため、レーザーパルスの繰り返しを 100 Hz とする改良を行い、パルスエネルギー 14 mJ、レーザー出力 1.4 W を達成し、Ca<sup>+</sup>イオンの共鳴波長 393.5 nm は BBO 結晶の第二高調波発生によって 6 mJ の出力が得られ、国立極地研究所（立川）にて Ca<sup>+</sup> 共鳴散乱ライダー試験を実施した。原子吸収線のドップラー広がりによる大気温度計測や対気速度など大気ダイナミクスの観測のためには、ターゲットの共鳴散乱信号の検出頻度のさらなる向上が必要である。これまでのレーザー共振器の構造では、共振器のミラー損傷が起こるために励起出力の限界に達しており、レーザーのパルスエネルギーの高出力化にはそこで、注入同期レーザーの周波数安定性や単一横モードの特徴を維持しつつ、レーザー出力を向上させるために、新たに設計を行った注入同期のチタンサファイアレーザー共振器の開発を進めている。シンポジウムでは、このレーザーの開発状況について報告する。

### Acknowledgment

This study was supported by National Institute of Polar Research (NIPR) through General Collaboration Project no.28-7.

## References

- 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).
- 7) M. Katsuragawa *et al.*, : Development of advanced laser technology for space and upper atmospheric sciences, the Seventh Symposium on Polar Science (2016).