

Ca 原子・イオンの同時観測を目的としたライダーシステムの開発

三好咲也子,¹ 小林蒼汰,² 橋本彩香,² 音瀬めぐみ,² 大饗千彰,^{2,3} 桂川眞幸,^{2,3,4}

江尻省,^{4,5} 西山尚典,^{4,5} 中村卓司^{4,5}

¹電通大・情報理工 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

²電通大・基盤理工 (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

³電通大・量子センター (〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1)

⁴極地研 (〒190-8518 東京都立川市緑町 10-3)

⁵総研大 (〒240-0193 神奈川県三浦郡葉山町湘南国際村)

Development of a lidar system for simultaneously observing neutral calcium and ion

Sayako MIYOSHI,¹ Sota KOBAYASHI,² Ayaka HASHIMOTO,² Megumi OTOSE,² Chiaki OHAE,^{2,3}
Masayuki KATSURAGAWA,^{2,3,4} Mitsumu K. EJIRI,^{4,5} Takanori NISHIYAMA,^{4,5} and Takuji NAKAMURA^{4,5}

¹Univ. of Electro-Comms. School of Info. & Eng., 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

²Univ. of Electro-Comms. Dep. of Eng. Sci., 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

³Univ. of Electro-Comms. IAS., 1-5-1 Chofugaoka, Chofu, Tokyo 182-8585

⁴National Institute of Polar Research, 10-3 Midoricho Tachikawa Tokyo 190-8518

⁵The Graduate University for Advanced Studies, 10-3 Midoricho Tachikawa Tokyo 190-8518

Abstract: The boundary region between the mesosphere and the lower thermosphere (MLT region) is a transition region from the neutral atmosphere to the ionosphere, and is of importance for entirely understanding the behavior of Earth's atmosphere. We aim to observe the behavior of atmosphere in the MLT region with high accuracy using a resonant scattering lidar that targets neutral Ca atom and ion as tracers. In the poster presentation, we will report on details of a dual-wavelength injection-locked nanosecond pulsed Ti:sapphire laser, developed as a light source for the lidar system, which can simultaneously observe both of neutral Ca atoms and ions distributed in the MLT.

Key Words: Laser, Lidar

1. はじめに

中性大気と電離大気をつなぐ全地球大気として捉えることの重要性が認識されつつある。中間圏と下部熱圏の境界領域 (MLT 領域) はこの中性大気から電離大気に遷移する領域に当たり、この領域の観測は特に重要な意味を持つ。しかしながら、中性大気と電離大気では主要な観測手段が大きく異なり (前者は光学観測、後者は電波観測を主としている)、それが双方の領域の繋がりを観測的に捉えることの障壁となっていた。MLT 領域に分布する金属原子・イオンをトレーサーとする共鳴散乱ライダー計測は、この問題を克服する有用な観測手法の一つと期待される。この発表では、共鳴散乱波長が中性原子とイオン (1 価) で比較的近い波長域に存在するカルシウム (Ca: 422.7918 nm, Ca⁺: 393.4770 nm) をターゲットとする共鳴散乱ライダーシステムについて報告する。開発した二波長発振・カルシウム共鳴散乱ライダーシステムは、MLT 領域の Ca 原子とイオンの密度鉛直分布を同時に捉えることができる。長期間に渡る観測を実施することができれば、MLT 領域で生じる化学変化や物質輸送を含む大気現象の理解に重要な知見を与えることができるだろう。

2. 注入同期ナノ秒チタンサファイアレーザーシステム

開発している共鳴散乱ライダーシステムの光源には高い出力 (> 0.1 W)、周波数純度 (< 100 MHz) のほかに、可搬性や安定性なども求められる。先行研究における Ca 原子とイオンのライダー観測で主に使用されてきた色素レーザーでは色素の毒性による取り扱いの難しさやレーザー発振中の劣化による波長や出力の不安定性が問題であった。これらの問題を解決する光源として我々が開発しているのが、安定性が高い固体レーザーである注入同期ナノ秒チタンサファイアレーザーである (Fig. 1)。このレーザーシステムは注入同期法を用いて、高出力と周波数純度を実現し発生した光を Lithium Triborate (LBO)・β barium borate (BBO) 結晶で二倍波に波長変換することで観測を可能にしている。これまでにレーザーパルスの繰り返し周波数 100 Hz での発振実験で、393 nm では 0.29 W、423 nm では 0.54 W の出力を達成している。

このレーザーシステム最大の特徴としてはチタンサファイア結晶のゲイン中心付近である 786.9540 nm と 50 nm ほど外れた波長域である 845.5836 nm を同時に発振することが可能であるという点である。詳しい原理についてはポスターで発表を行うが、このレーザーシステムによって Ca 原子と 1 価の Ca⁺イオンの共鳴波長を 1 つの共振器から発生させることで完全に同一時刻、同一空間での観測が原理的に可能である。

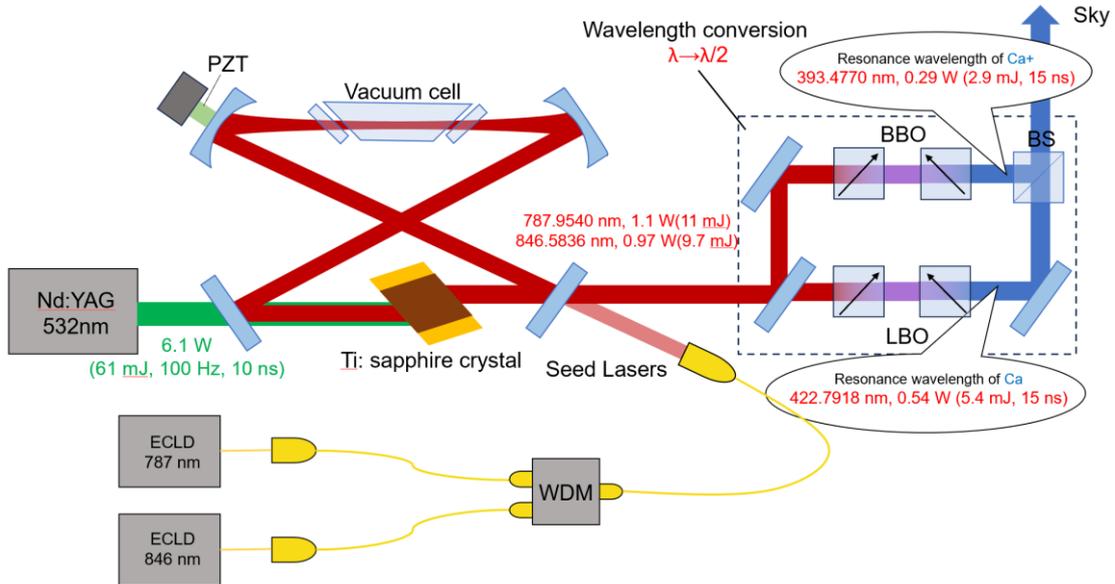


Fig.1. Dual-wavelength, Injection-locked, nanosecond pulsed Ti:Sapphire laser system for a resonance scattering Lidar.