

中間圏金属原子層観測のための多波長全固体ライダー

長澤 親生 [1]; 柴田 泰邦 [1]; 阿保 真 [1]
[1] 首都大・システムデザイン

All solid resonance scattering lidar for simultaneous observations of mesospheric metal layers

Chikao Nagasawa[1]; Yasukuni Shibata[1]; Makoto Abo[1]
[1] System Design, Tokyo Metropolitan Univ.

In stead of resonance scattering lidars consisting of a dye laser and a Ti:Sapphire laser for observations of metal atomic layers such as Fe, K, Ca and Ca ion in the mesopause region, we propose the resonance scattering lidar system consisting of the second harmonics and the third harmonics of a frequency-locked injection-seeded, pulsed optical parametric generator (OPG) pumped by a high repetition Nd:YAG laser. The maintenance of the dye laser is not easy for long observation time. As the output power of the Ti:Sapphire laser has a low damage threshold of a crystal, it is difficult to increase the output average power. On the other hand, the OPG system with the periodically poled lithium niobate quasi-phase-matched crystal can address the above-mentioned shortcomings of previous dye or Ti:Sapphire laser systems.

高度 90km 付近の中間圏界面付近に成層する Ca イオンや Na、K、Fe、Ca 等の中性金属原子の観測が共鳴散乱ライダーにより世界各地で行われ、この領域の気体・イオン化学反応過程や力学的構造に関する貴重な情報が得られている。我々は、色素レーザーを光源とする Na 共鳴散乱ライダー (589nm)、可変波長の Ti:Sapphire レーザを光源とする K (770nm)、Fe (372nm)、Ca イオン (393nm) の観測を、東京とインドネシアで行ってきた。特に、Na 層の観測から、厚さ 2~3km で突発的に発生するピーク密度の高いスプラディック Na 層の生成・変動は、赤道領域と中緯度では大きく異なることが分かってきた [1]。しかし、金属原子層は中間圏界面近傍の温度構造、風速場、大気波動、イオン・電子密度分布などに密接に関係するため、特にスプラディック金属原子層の発生機構は、まだ未解明な部分が多い。

共鳴散乱ライダーでは金属原子・イオンの共鳴波長に正確に同調する必要があるため、用いるレーザーが重要になる。現有の Ti:Sapphire レーザは結晶のダメージ閾値が低く、高出力化、高繰り返し化が難しいため、特に紫外光を使う観測において質のよいデータを得ることが難しい。そこで、我々が開発した CO₂DIAL 用の波長 1.57mm OPG(Optical Parametric Generator) レーザの第 2 高調波、第 4 高調波をこれら金属原子・イオン層観測の光源としての活用可能性について検討した。

光パラメトリック発振は、非線形結晶の非線形効果を利用し、入力レーザー周波数 P から 2 周波数 S , I ($S+I=P$) の光を発生させる波長変換法である。最近是非線形結晶に周期分極反転素子を用いることにより、高効率・高出力の波長変換が可能になっている。現在繰り返し周波数 500Hz の LD 励起 Nd:YAG レーザ励起で、1572nm で 20mJ/pulse、すなわち 10W の出力が得られている。発振波長は OPG 結晶の分極周期並びに温度を制御することにより 1540~1600nm の波長変換が可能である。第 2 高調波の変換効率を 50% とすると、K の 770nm で 5W、第 4 高調波の変換効率を 10% とすると Ca イオンの 393nm で 1W の出力が可能である。また、パルス幅は 20ns、線幅は 110MHz で、共鳴線幅と比べて十分狭いスペクトルであり、インジェクションシーディングによる波長制御が可能あり、気温観測への応用も可能である。

共鳴散乱ライダーの光源として利用している Ti:Sapphire レーザに替わり、1.5 μ m 帯 OPG レーザの利用可能性について検討した。現有の Ti:Sapphire レーザより数倍出力を向上させることが可能であることが分かった。OPG レーザに AMP 段を追加して高出力化することにより、Ti:Sapphire レーザに替わる共鳴散乱ライダー用光源としての新たな利用価値が生じるものと期待される。

参考文献

[1]Y. Shibata et al., J. Meteor. Soc. Japan, Vol.84A, pp.317-325, 2006.