

南極設置多波長共鳴散乱ライダー用 アレキサンドライトレーザの開発

Development of an Alexandrite Laser for the Multi-Wavelength Resonance Scattering Lidar System

¹三浦夏美、¹阿保 真、²中村卓司、²堤 雅基、²江尻 省、²鈴木秀彦、³川原琢也

¹Natsumi Miura, ¹Makoto Abo, ²Takuji Nakamura, ²Masaki Tsutsumi, ²Mitsumu Ejiri,
²Hidehiko Suzuki, ³Takuya D. Kawahara

¹首都大学東京、²国立極地研究所、³信州大学

¹Tokyo Metropolitan Univ., ²NIPR, ³Shinshu Univ.

Abstract

Atmosphere has a characteristics temperature structure, but is still not understood quantitatively due to the lack of observations, especially in Polar Regions. We are developing a new lidar system at Syowa station (69S), Antarctica. The new lidar system is designed and constructing for both nighttime and daytime temperature observations in the wide height range from stratosphere to the lower thermosphere. The lidar has a multi wavelength resonance scattering lidars, observing temperature profiles and variations of minor constituents such as Fe, K, Ca⁺, and aurorally excited N₂⁺. The lidar system requires a high output energy and a structure with easy maintenance for a transmitter, so we use Alexandrite lasers as the transmitter of the lidar. Alexandrite laser has a wavelength tuning range of 720~790nm, which is covering a wavelength used for resonance lidar. In this study, we show the results of optimization of cavity length, reflection ratio of a output coupler.

1. はじめに

南極昭和基地において、極域特有のPSC, PMC等の観測、レイリーライダーによる夏冬昼夜の中間圏・成層圏温度観測、中間圏界面領域の金属原子・イオン密度と温度の観測、オーロラ励起のN₂イオン観測を行い、成層圏から熱圏までの大気結合の解明を目的として、南極設置ライダーの開発を行っている。このうち共鳴散乱ライダーは、中性大気と電離大気間の相互作用、背景温度の計測、熱圏のイオン観測にチャレンジするために多波長切り換え方式とする。このため、光源には独自に開発したアレキサンドライトレーザを用いる。本発表では、共鳴散乱ライダー用にカスタマイズされたアレキサンドライトレーザの開発状況について報告する。

2. 多波長共鳴散乱ライダー

昭和基地では過去にライダーによるNa密度及び温度観測が行われている。今回は特に複数の中性原子、イオン、温度観測を行うことを目標に2つのレーザで多波長観測をめざす。Table 1に主な観測ターゲットと共鳴波長を示す。波長チューニングにはインジェクションシーディング方式を用いるが、インジェクションシーダには高精度波長計と外部共振器型LDを用いることにより、多波長への対応を可能としている。Table 2に多波長共鳴散乱ライダーの送信系の目標仕様を示す。気温の測定はFeとKによる3波長観測を計画している。また、Ca⁺を用いたイオン観測、N₂⁺を用いた熱圏の観測は南極域では世界初の試みとなる。

3. アレキサンドライトレーザ

共鳴散乱ライダーに用いる波長可変レーザとして、フラッシュランプ励起アレキサンドライトレーザを第1候補とした。波長可変のアレキサンドライトレーザは米国のLightAge社のものがライダーとしての実績もあるが、メンテナンスの対応、波長チューニングの自動化等のカスタマイズを考慮し、国産オリジナルレーザの開発を行う。試作中のアレキサンドライトレーザの構成をFig 1に示す。アレキサンドライトロッドは直径6.35mm、長さ110mmであり、共振器ミラーはリア、アウトプットカップラ共にフラットを用いている。励起は2本のフラッシュランプで行い、電源はコンデンサ容量70μF、最大繰り返し周波数20Hz、最大電圧1.5kVのものを用いている。また、レーザヘッド制御温度範囲は30~50±1℃の循環水で制御しているが、ロッド部分の水の流れを遅くすることにより実際のロッドの温度は水温よりも高くなっている。

波長域は共鳴散乱ライダーに必要な770~787nmをカバーする必要があり、波長チューニングには、波長切り替えが容易な複屈折フィルタを用いた。アレキサンドライトレーザは熱レンズ効果が顕著

であり、レーザの不安定要素の1つとなりうるため、安定な出力が得られる共振器長を実験により求めた。また、特に共鳴散乱ライダーに用いる770~787nmの出力を最大とするため、アウトプットカップラの反射率を80%、85%、90%と変え、波長出力特性を測定した。この結果をFig 2に示す。反射率が高いほどゲインの低い長波長側での出力が大きくなる性質があり、90%のとき、770nmで6.6W、785nmで4Wの出力が得られた。

4. おわりに

本研究ではアレキサンドライトレーザの波長出力特性を測定し、目標仕様に近づけるため、共振器長やアウトプットカップラの最適設計を行った。今後はQスイッチの最適化、SHGの最適化、励起効率向上のためフラッシュランプ波形を矩形波に近づける電源のMultiple mesh networks化、インジェクションシーディングによる波長制御等を行っていく。

Table 1. Resonance wavelength

Species	Wavelength
Fe	385.99nm
N ₂ ⁺	390.30nm
N ₂ ⁺	391.08nm
Ca ⁺	393.36nm
K	769.90nm

Table 2. Specifications of the transmitter for multi-wavelength resonance scattering lidar system

Laser	Flash lamp pumped Alexandrite
Wavelength	770-787nm, 386-393nm(SHG)
Pulse width	~200ns
Pulse energy	100mJ (UV), 400mJ (NIR)
Repetition rate	20Hz
Linewidth	<15MHz
Wavelength accuracy	±10MHz

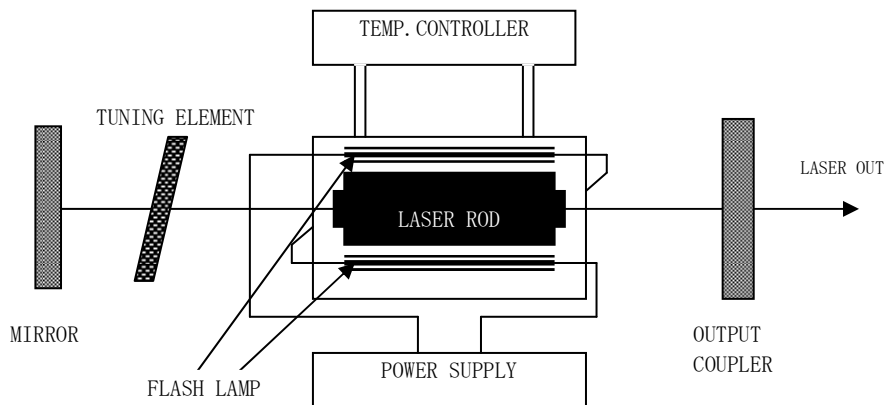


Fig 1. Structure of the Alexandrite laser

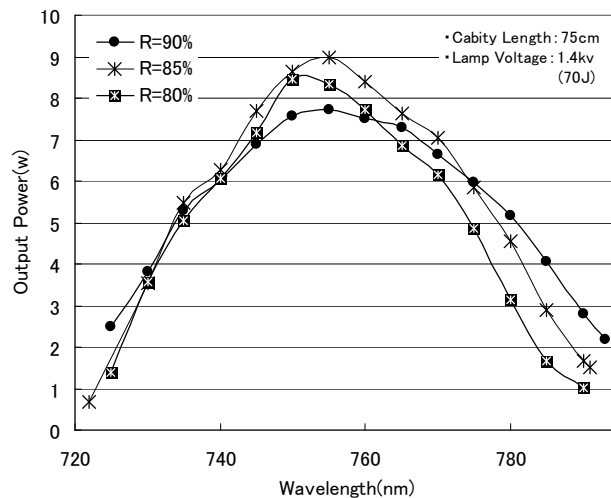


Fig 2. Alexandrite output power vs wavelength