

波長可変共鳴散乱ライダーシステムによる国内試験観測: Fe 原子層

Test observations of a frequency-tuneable resonance scattering lidar system: Fe atom layer

津田卓雄,¹ 江尻省,¹ 西山尚典,¹ 阿保真,² 川原琢也,³ 中村卓司¹

T. T. Tsuda,¹ M. K. Ejiri,¹ T. Nishiyama,¹ M. Abo,² T. D. Kawahara,³ and T. Nakamura¹

¹ 国立極地研究所, ² 首都大学東京 システムデザイン学部, ³ 信州大学 工学部

¹National Institute of Polar Research,

²Faculty of System Design, Tokyo Metropolitan Univ.,

³Faculty of Engineering, Shinshu Univ.

Abstract

We are developing a new resonance scattering lidar system to be installed at Syowa Station (69S, 39E) in Antarctica. For the new lidar system, we have employed a tunable alexandrite laser covering the resonance scattering lines of two neutral species, which are atomic potassium (K, 770 nm) and atomic iron (Fe, 386 nm), and two ion species, which are calcium ion (Ca^+ , 393 nm) and aurorally excited nitrogen ion (N_2^+ , 390 nm, 391 nm). In this presentation, we will report current status on test observations of iron atom layer at National Institute of Polar Research at Tachikawa, Japan (36N, 139E). In order to obtain the iron resonance line at 386 nm, we operate the fundamental laser (i.e. the tuneable alexandrite laser) at 772 nm, which is shifted by 2 nm from the potassium resonance line at 770 nm, and then obtain the pulsed 386 nm laser using nonlinear crystal based on the second harmonic generation (SHG) technique. Currently a pulse energy of 48 mJ at 25 Hz (i.e. 1.2 W) at 386 nm is generated from the fundamental laser output of 160 mJ at 25 Hz (i.e. 4 W). According to previous observations, the pulse energy of 48 mJ is usually enough for detection of resonance scattering signals from iron layers. Thus, in addition to further improvement in the SHG unit, we are starting test observations of iron layer at Tachikawa.

1. はじめに

国立極地研究所の南極地域重点研究観測 (2010–2015 年の 6 ヶ年計画) のサブプロジェクト「南極域中層・超高層大気を通して探る地球環境変動」の一貫として、レイリー/ラマンライダーを南極昭和基地 (69S, 39E) に設置し、2011 年 2 月より対流圏上部、成層圏、中間圏の大気観測を実施している。更に、研究対象を超高層領域に拡張することを目指して、昭和基地のレイリー/ラマンライダーに共鳴散乱ライダー機能を追加し、その他の観測装置 (PANSY レーダー、ミリ波分光計など) と連携した地上総合観測によって下層大気から超高層大気までの大気上下結合過程や中性-電離大気結合過程の研究を大きく前進させることを目指している [中村他 (2013), 本シンポジウム]。

2. 波長可変共鳴散乱ライダーシステム

共鳴散乱観測システム用の新レーザーとして、高高度の大気温度と各種組成を計測するために波長可変アレキサンドライトレーザーを採用した。アレキサンドライトレーザーの基本波と第 2 高調波を利用して 2 種の中性粒子 (K 原子 770nm と Fe 原子 386nm) と 2 種のイオン (Ca^+ イオン 393nm とオーロラ降下粒子が励起する N_2^+ イオン 390nm, 391nm) の共鳴散乱波長をカバーする。Table 1 にアレキサンドライトレーザーの目標仕様と観測対象の共鳴散乱波長をまとめる。複数波長の制御には、高精度波長計と外部共振器型 LD で構成したインジェクションシーディングシステムを用いている。

Table1 The Alexandrite-laser system parameters and resonance scattering lines of target species.

Alexandrite-laser system parameters		Resonance scattering lines	
Light source	Flash lamp pumped Alexandrite	Species	Wavelength
Wavelength	768–788nm, 384–394nm (SHG)	K	770.11nm
Power	4W, 2W (SHG)	Fe	386.10nm
Pulse energy	200mJ, 100mJ (SHG)	Ca ⁺	393.48nm
Repetition rate	25Hz	N ₂ ⁺	390.30nm, 391.08nm
Pulse width	50–200ns		
Line width	<100MHz		
Wavelength accuracy	<10MHz		

3. Fe 原子層の国内試験観測

本ライダーシステムは、昭和基地での設置・観測開始を目指して、現在は東京都立川市（36N, 139E）の国立極地研究所内でシステム全体の最適化調整を行いながら試験観測を進めている。試験観測では、第1に、アレキサンドライトレーザーの基本波を用いた K 原子層観測を実施しており、2013年1月28日には K 原子層からの共鳴散乱光の初計測に成功している [江尻他 (2013), 本シンポジウム]。第2に、第2高調波を用いた Fe 原子層観測を進めようとしている。K 原子と Fe 原子の観測切替を簡便化するため、基本波と第2高調波の切替はミラー1枚の着脱のみで行えるようにレーザー送信光学系を構成している。レーザー送信光学系の概略を Figure 1 に示す。

本ライダーシステムが対象とする Fe 原子共鳴線は 386nm であり、基本波 772nm (K 原子 770nm から 2nm シフト) の第2高調波に相当する。Fe 原子共鳴散乱ライダーでは 2 系統の (広帯域) レーザーによる 2 波長計測 (374nm, 372nm) からボルツマン温度を求める手法があるが、本ライダーシステムでは、Fe 原子密度の計測に加えて、1 系統の狭帯域レーザーによるドップラー温度の計測に挑戦する。1 系統レーザーでの運用は、省スペース化、省エネルギー化の観点において、昭和基地など運用条件の厳しい遠隔地観測を実施する上で極めて重要な要素になっている。

第2高調波発生 (SHG) ユニットで得られている現段階のレーザーパワーは、基本波 4W (160mJ@25Hz) の入力に対して、第2高調波 1.2W (48mJ@25Hz) である。フル出力 2W を達成するために SHG ユニットの更なる調整を予定しているが、既に過去の観測例と比較して十分な出力が得られており、Fe 原子層の試験観測を開始した。本発表では、Fe 原子層の国内試験観測の現況について報告する。

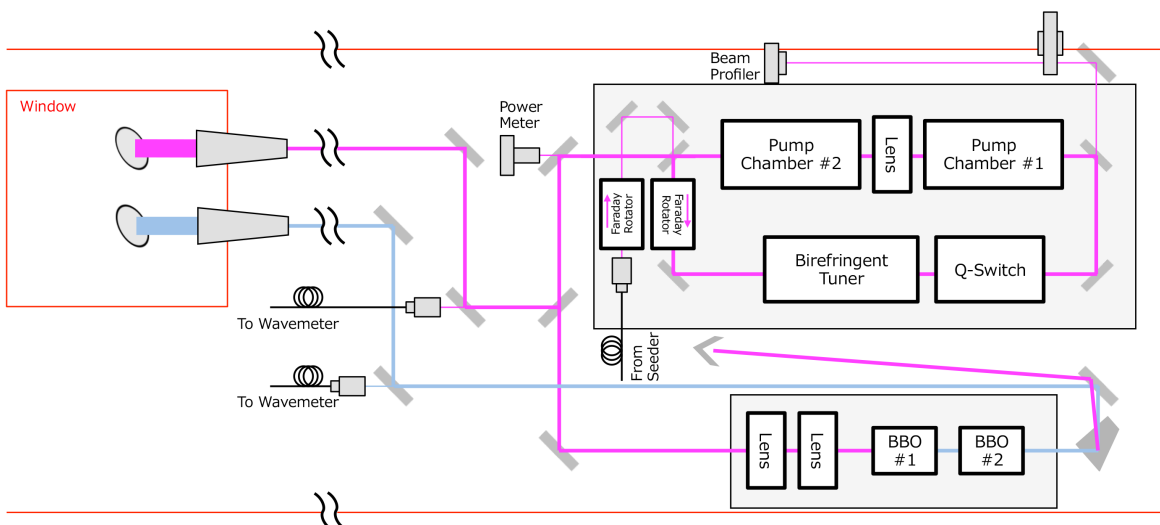


Figure1 Overview of the lidar system.