

# 金属蒸気レーザーを用いたポータブル共鳴散乱ライダー A Portable Resonance Scattering Lidar Using An Alkali Metal Vapor Laser

阿保 真, 長澤親生, 柴田泰邦  
Makoto Abo, Chikao Nagasawa, and Yasukuni Shibata

首都大学東京・システムデザイン研究科  
Graduate School of System Design, Tokyo Metropolitan University

## Abstract

Many observations of metal atomic layers such as Na, Fe, K, Li and Ca in the mesopause region have been conducted in many parts of the world. We have observed several mesospheric metallic layers at Tokyo and Indonesia using resonance scattering lidars. Instead of resonance scattering lidars consisting of a dye laser and a Ti:Sapphire laser for observations of metal atomic layers such as Na and K in the mesopause region, we propose the resonance scattering lidar system consisting of the alkali vapor laser. Optically pumped alkali vapor lasers have attracted increasing attention because of their potential of achieve high power in a high quality beam. The alkali vapor laser can easily realize narrow-linewidth and precise tuning. We propose a portable resonance scattering lidar for mesospheric metal layer observations using an alkali metal vapor laser.

## 1. はじめに

高度 90km 付近の中間圏界面付近に成層する 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)、波長可変固体レーザーの 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[1]。

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の共鳴波長に正確に同調する必要があるため、波長同調技術が重要である。レーザーの波長同調には、色素レーザーでは回折格子の精密制御、Ti:Sapphire や Alexandrite レーザではインジェクションシーディング技術が用いられているが、絶対波長制御のために金属蒸気セルや高精度波長計を使う必要があるため、調整技術とコストがかかるのがリモート観測や観測拠点を増やす際のネックとなっていた

金属蒸気レーザーは高効率であるとともに、金属原子の共鳴線をレーザー発振に用いるため、自動的に発振波長が金属原子の共鳴波長となり、波長同調が不要であるという特徴がある。これを共鳴散乱ライダーの光源として利用することが出来れば、高効率で波長同調制御が不要なシンプルでポータブルな共鳴散乱ライダーが実現できることになる。今回は金属蒸気レーザーの基本的な検討を行った。

## 2. 金属蒸気レーザー

近年、軍事用に開発されていた金属蒸気レーザーの技術が民生用にも利用されるようになってきた。金属蒸気レーザーは、高出力が得られる銅蒸気レーザーが有名だが、最近ではアルカリ金属である Cs, Rb でも高出力のレーザーが実現されている。例えば Cs は 95.3% Rb は 98.1%の効率が報告されている [2]。これらは従来の放電励起ではなく半導体レーザー励起を用いており、ビームクオリティーも高くなっている。Table 1 に共鳴散乱ライダー用波長可変レーザーの比較表を示す。金属蒸気レーザーは波長同調・狭帯域化技術が不要であることが大きな特徴である。

Table 1. Comparison of lasers for the resonance scattering lidar

Laser	Tuning and Narrowing Method	Wave-length (nm)	Observable Metallic Species
Dye	Grating	380~900	Fe, Ca, Ca+, Li, Na, K
Ti:Sapphire	Injection Seeding	700~900	Fe, Ca, Ca+, K
Alexandrite	Injection Seeding	720~800	Fe, Ca+, K
Mixing of Nd:YAG	Injection Seeding	590	Na
OPG/OPA	Injection Seeding	400~3000	Fe, Ca, Ca+, Li, Na, K
Alkali vapor	unnecessary	590, 671, 770	Na, Li, K

アルカリ蒸気レーザーは3準位レーザーとして動作する。励起光にD<sub>2</sub>線を用い、発振はD<sub>1</sub>線で起こる。反転分布を作るためにバッファガスにより上準位で高速なクエンチングを起こす必要がある。Table 2に中間圏金属原子のD<sub>1</sub>とD<sub>2</sub>波長を示す[3]。この表よりLi、Na、K蒸気レーザーの実現が原理的に可能である。ZhdanovらはすでにCWレーザー励起のK蒸気レーザーについて報告している[4]。

Table 2 D<sub>1</sub> and D<sub>2</sub> transition wavelengths for mesospheric alkali species

Alkali	D <sub>1</sub> (Laser) wavelength (nm)	D <sub>2</sub> (Pump) wavelength (nm)
Li	670.98	670.96
Na	589.76	589.16
K	770.11	766.70

### 3. カリウム蒸気レーザーの構成

Figure 2にエンドポンプ型のK蒸気レーザーの構成図を示す。励起光源としては外部共振器型半導体レーザー(ECLD)が利用可能である。封じ切りのK蒸気セルにはエタンがバッファガスとして封入され、窓はARコートされている。セルはヒータにより温度コントロールされ暖められている。励起光とレーザー光の偏光を直交させることにより偏光プリズムを使って両者を分離している。

QCWのパルスダイオードレーザーを用いて大出力を得るためには、LD励起YAGレーザーと同様なサイドポンプ型にする必要がある。

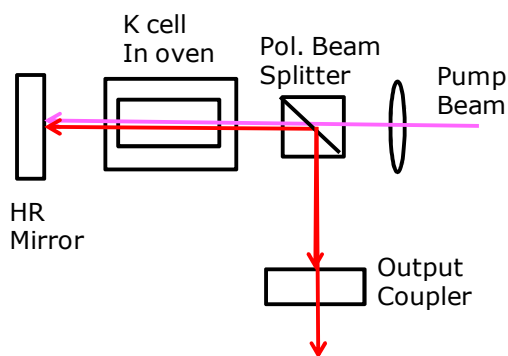


Figure 2 Schematics of the end pumped alkali vapor laser system.

### 4. まとめ

サイドポンプ型の場合、LD励起YAGレーザーと効率を比べる。励起光が効率よく吸収される。レーザー媒質を冷却する必要が無いので、チラー等の冷却装置が不要。チューニング素子が不要なためコンパクトになる。

トになる。

持ち運び可能で調整不要な高出力のレーザーが実現すると、可搬型の共鳴散乱ライダーが開発でき、観測データの少ない緯度・経度での観測、飛行体や船舶への搭載可能なコンパクトな共鳴散乱ライダーが実現できる。現在K蒸気レーザーのプロトタイプの開発を行っている。

### 参考文献

- [1] Y. Shibata et al., Lidar observation of sporadic Fe and Na layers in the mesopause region over equator, J. Meteor. Soc. Jap., 84A, .317-325、2006.
- [2] B. Zhdanov et al., Highly efficient optically pumped cesium vapor laser, Opt. Commun. 260, 696-698, 2006.
- [3] R. J. Beach et al., End-pumped continuous-wave alkali vapor lasers: experiment, model, and power scaling, J. Opt. Soc. Am. B, 21, 2151-2163, 2004.
- [4] B.Zhdanov et al., Optically pumped potassium laser, Opt. Commun, 270, 353-355, 2007.