

音響光学素子を用いた新型周波数シフターの提案

A new acousto-optic frequency shifter for the sodium wind/temperature lidar measurements

川原琢也⁽¹⁾, 斎藤徳人⁽²⁾, 野澤悟徳⁽³⁾, 和田智之⁽²⁾, 川端哲也⁽³⁾, 津田卓雄⁽³⁾, 藤井良一⁽³⁾

Takuya D. Kawahara⁽¹⁾, Norihito Saito⁽²⁾, Satonori Nozawa⁽³⁾, Satoshi Wada⁽²⁾,

Tetsuya Kawabata⁽³⁾, Takuo Tsuda⁽³⁾, Ryoichi Fujii⁽³⁾

⁽¹⁾信州大学工学部、⁽²⁾理化学研究所、⁽³⁾名古屋大学 STE 研

⁽¹⁾Faculty of Engineering, Shinshu University, ⁽²⁾RIKEN, ⁽³⁾STE lab., Nagoya University

Abstract.

A new Na lidar was deployed in EISCAT radar site (Norway, Tromso) in March 2010, which was developed by Shinshu University, Nagoya University, and RIKEN. The outstanding characteristics of the laser transmitter are high power, lower maintenance, and air-cooling system. Wind and temperature in the mesopause region as well as sodium density profile can be measured by the technique precisely tuned to the three laser frequencies in the Na D₂ line using an acousto-optic (AO) frequency shifter. The old-style AO frequency shifter constructed by Colorado State University group was well-designed but quite sensitive to the alignment of optical components. The proposed new shifter is simpler and much stable in operation. The experimental setup and results are shown in the presentation.

1. 全固体高出力 589nm レーザ： 信州大学、名古屋大学、理化学研究所では、これまで共同で開発してきた新型高出力ナトリウム温度/風ライダーを平成 22 年 3 月にノルウェーの EISCAT レーダサイト（トロムソ、69.6 ° N、19.2 ° E）に設置した。平成 22 年 10 月からの観測を目指し、調整を開始している。送信レーザには、injection seeding 型 Nd:YAG レーザ技術を基盤とし、LBO 結晶により 1064nm と 1319nm レーザパルスの和周波をとることで 589nm レーザを発生する。Nd:YAG 励起光源に 808nm のパルスレーザダイオードを用い、1kHz での高効率レーザ発振により、全固体で完全空冷レーザを実現した。高出力レーザを用いるための高時間高空間分解能に加え、従来にない低メンテ

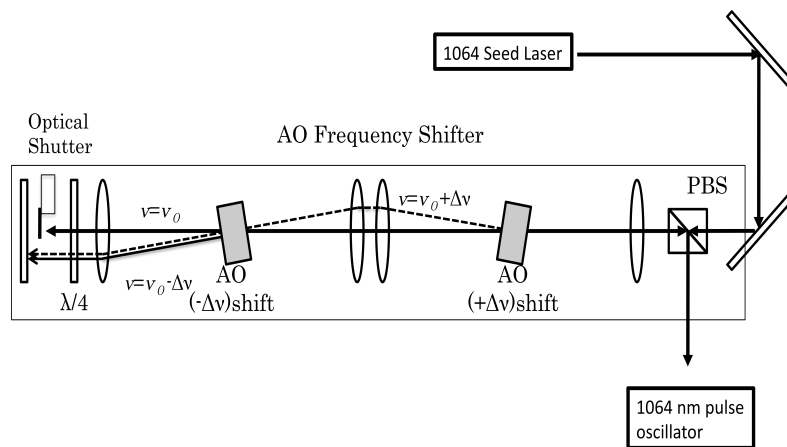


Figure 1. An acousto-optic frequency shifter used by Colorado State University.

ナンス性を利用して、従来困難だった極域のような遠隔地での連続運用を目指す。

2. 波長制御手法： Na ライダーでの温度/風速の同時計測のための手法はコロラド州立大学が確立しており、我々もその技術を踏襲する。レーザ周波数を NaD_2 散乱断面積内で精密に 3 周波数に切り替え、受信光強度から Na 原子のドップラー幅とドップラーシフト量を算出することで温度と視線方向の風を導出する。レーザ周波数帯域の狭帯域化と周波数の制御には、**injection seeding** 技術を用いる。射出レーザの周波数は、589nm において基準の周波数 ν_0 になるよう固定し、 $\nu_0 \pm \Delta \nu$ への切り替えは、1064nm cw 種レーザの光路中に設置した音響光学素子(AO)を用いる。コロラド州立大学で考案した手法 (Figure 1) は、2つの AO 素子 (それぞれ $+\Delta \nu$ と $-\Delta \nu$ のシフト用) とレンズ系を直列に配置し、AO による回折光 (周波数シフト光) の光路補正をレンズで行い、いずれの回折光も同一のリアミラーで垂直反射させることを基本としている。このシフターは、シフターからの出力としては周波数によらず光路が変化せず、オシレータまでの **injection seeding** アライメントに影響を与えない点が特徴である。

3. 新周波数シフター： 上記の周波数シフターの問題点は、光学アライメントが難しく、かつレンズ等のぶれに対し光軸のゆらぎが敏感であることである。基準光に対しては、リアミラーを垂直に設定する。回折光に対してはレーザ光をミラーに垂直入射させるためにレンズの微妙な位置調整が必要になる。どのレーザ光も必ずレンズを通るため、ある回折光のアライメントを整えると、他の回折光に関するアライメントが狂う。これらの根本原因は、1 枚のリアミラーに対して 3 つの光軸を垂直に入射させているというところにある。そこで我々は、Figure 2 に示す様に回折光ごとにビームラインを決め、ミラーを割り当てる手法を提案する。これにより、シフター内にはレンズを 1 枚も用いることなく、回折光ごとの光路の補正はそれぞれのリアミラーで独立に行うことができる。

4. レーザ光のコリメーション： 以上を実現するには、レーザビーム径が AO の有効アパーチャよりも小さいこと、かつレーザ光のコリメーションの精度が高いことが要求される。我々が使用する 1064nm 種レーザは $M^2 < 1.1$ とビーム品質が極めて高く、ビーム径を小さくし、かつ平行光にするのは可能である。

以上に関して実験をした結果をまとめて報告する。

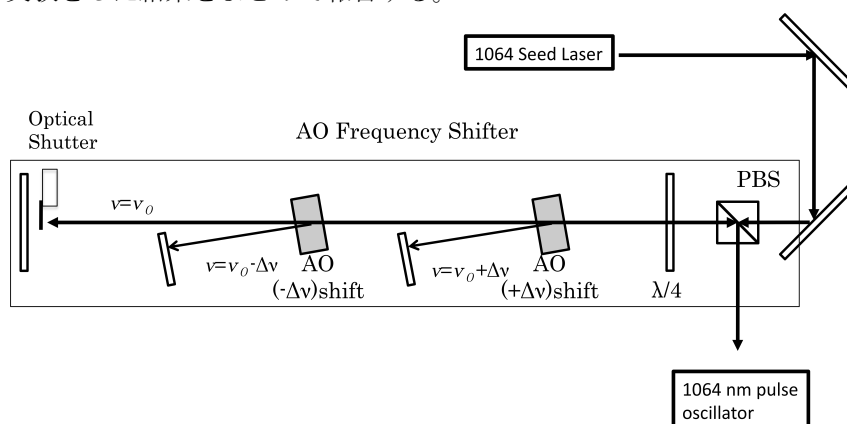


Figure 2. A new design of the simple AO frequency shifter.