

伝導冷却型レーザーの研究開発

Developments of Conductive-cooled Lasers

水谷耕平, 石井昌憲, 板部敏和, 浅井和弘*, 佐藤篤*

杉本伸夫**, 福岡大岳***, 石川隆祥****, 加瀬貞二*****

K.Mizutani, S. Ishii, T. Itabe, K. Asai*, A Sato*
N.Sugimoto**, H. Fukuoka***, T.Ishikawa****, T.Kase*****

情報通信研究機構, *東北工業大学, **国立環境研究所,

浜松ホトニクス(株), *(株)日本アレフ, *****日本電気(株)

NICT, * Tohoku Institute of Tech., ** NIES,
*** Hamamatsu Photonics K.K., ****Nippon Aleph Co., *****NEC Corp.

Abstract

Conductive-cooled lasers are needed for space applications. We have developed LD pumped and conductive-cooled 2micron Tm,Ho:YLF lasers. A ground-based CO₂ DIAL/Wind Doppler lidar system (Co2DiaWiL) with a Tm,Ho:YLF laser of 50-80mJ output at 30Hz have been constructed for observations of LOS wind and CO₂ concentrations. A compact mobile CO₂ DIAL/Wind Doppler lidar system will be developed using a similar Tm,Ho:YLF laser. A Ho:YLF laser pumped by Tm fiber laser will be developed and operated in room temperature and in high repetition rate of about 300Hz. A vegetation lidar project (i-LOVE) is studied as an ISS-JEM borne experiment. A conductive-cooled LD pumped Nd:YAG laser is expected to be operated in ISS-JEM. These lasers are conductive-cooled laser.

1. はじめに

宇宙機搭載用ライダーで使われるレーザーはそのメンテナンス性や振動に対する強さなどを考慮すると伝導冷却型にすることが必要である。情報通信研究機構(NICT)では二酸化炭素観測と風分布観測のためのライダー技術の研究開発を行い、その中では将来の宇宙機搭載を考えてLD励起の2 μ m伝導冷却型Tm,Ho:YLF固体レーザーを開発してきた。2 μ mレーザーでは100mJ(20Hz)で発振するLD励起の伝導冷却型レーザーや、460mJ出力(10Hz)のンプを開発した。30Hzで動作する中出力のレーザーを使いCO₂や風を計測する2 μ m差分吸収・風ライダーを開発し、地上観測に使ってきた。同様なレーザーを使い、可搬型のライダーを開発中である。また、より効率的な観測を目指して、300Hz程度の繰り返しで室温において動作するTmファイバーレーザー励起の伝導冷却型Ho:YLFレーザーも開発している。さらに、宇宙ステーション暴露部に設置して実験を行う植生ライダー用に2波長で発振するLD励起伝導冷却型Nd:YAGレーザーが必要になってきた。ここでは、NICTで行ってきた2 μ m伝導冷却型レーザー開発と、植生ライダー用のNd:YAGレーザーについて記述する。

2. LD励起Tm,Ho:YLFレーザー

2 μ mで発振するTm,Ho:YLFレーザーは低温に冷却したほうが発振効率がよくなるため、ロッドを真空中で-80°C程度に冷やし、一方で励起用LDは常温で使うレーザーヘッドを開発した。最初に開発したのは、



Fig.1 Laser head pumped from seven directions

7 方向から励起する 500mJ 出力クラスの増幅器ヘッド (Fig.1) で、60mJ 入力に対し 460mJ の出力が得られた。また、このヘッドにより 100mJ の Q スイッチ発振器を構成した。さらに、より小型で小回りの利くレーザを開発するため、50-80mJ 出力で繰返し 20-40Hz で動作する LD 励起の $2\mu\text{m}$ 伝導冷却型レーザ用の 3 方向励起レーザヘッド (Fig.2) を開発した。このタイプのヘッドを使い長さ 3.86m の片方向発振リング共振器を組み上げ Q スイッチ発振を行い、シングルモードで 20-30Hz の繰返しで 100mJ 程度までの出力が得られた。レーザは CO₂ 差分吸収/風観測コヒーレントライダー装置(Co2DiaWiL) に組み込まれ 30Hz の繰返しで 50-80mJ の出力で運用している。さらに真空層をより小さくし共振器も小さく引き回せるようにした同様なレーザを使い、可搬型のライダー装置を開発中である。

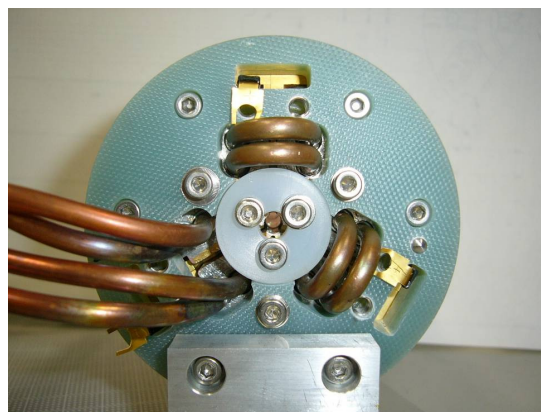


Fig.2 Laser head pumped from three directions

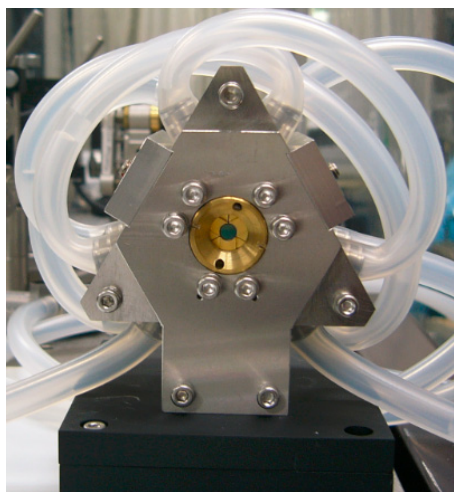


Fig.3 Ho:YLF laser head

3. Tmファイバーレーザ励起 Ho : YLF レーザ

現在観測に使っている Tm,Ho:YLF レーザより発振の繰返しを早くし、観測を効率的に行うため $1.94\mu\text{m}$ で連続発振する Tm ファイバーレーザで励起する Ho:YLF レーザの開発を始めた。励起波長と発振波長 ($2.05\mu\text{m}$) が近いので、熱的な負荷も比較的小さい。Q スイッチ発振の繰返しを 300Hz でパルスエネルギーは室温動作で 20-50mJ を目指している。それでも、数十 W の励起エネルギーをロッドに入れるため、ロッドにはかなりの熱的な負荷はかかる。ロッド冷却はやはり伝導冷却で行い、室温における伝導冷却技術が必要となる。Fig.3 はその励起ヘッドである。ファイバーレーザからの励起光は端面から導入するためロッド周りのヒートシンク構造は簡単になる。ヒートシンクの冷却は室温の水の循環で行う。宇宙機に搭載する場合にはヒートパイプやフロリナート等を使うことが考えられる。

4. 植生ライダー用 Nd:YAG レーザ

現在 ISS-JEM 暴露部用の植生ライダーの検討が始まり、植生ライダー用の Nd:YAG レーザの検討も東北工大、環境研と NICT で進みつつある。このレーザでは $1.32\mu\text{m}$ と $1.06\mu\text{m}$ の 2 波長での同時発振を行い、 $1.32\mu\text{m}$ の 2 倍波である $0.66\mu\text{m}$ と $1.06\mu\text{m}$ 、さらに可能であればその 2 倍波である $0.53\mu\text{m}$ の 2 波長あるいは 3 波長を使う。出力は ~10W 程度を目指しており、宇宙用のレーザとしてはかなり出力の大きなものである。Nd:YAG レーザは温度依存性が小さいとはいえ、その冷却が大きな問題となる。JEM 暴露部における冷却には室温程度のフロリナートが使えるため、室温のロッドと LD による側面励起ヘッドを使う可能性が高く、上記 2 と 3 で述べたレーザヘッドの冷却技術の組合せで実現できそうである。NICT では航空機に搭載できる植生ライダー用レーザの開発を今年度から始める計画である。

5. 終わりに

NICT で開発を進めている伝導冷却型レーザは将来の衛星搭載コヒーレントドップラーライダーや CO₂ 差分吸収ライダー、さらには植生ライダー装置用レーザのためのプロトタイプともなるものである。 $2\mu\text{m}$ ライダーでは風、CO₂、H₂O、エアロゾル等、 $0.5-1\mu\text{m}$ ライダーでは植生、エアロゾル、雲、雪氷、海面等の気象予測や気候変動、炭素循環の研究に不可欠で重要な計測が可能である。レーザ技術開発においては常に衛星搭載を考えた伝導冷却型レーザの開発を行ってきており、衛星搭載装置開発の基盤技術となることを目指している。