

A 1

LD 励起固体レーザー

Laser Diode Pumped Solid State Laser

佐々木孝友、内藤健太*

Takatomo Sasaki and Kenta Naito*

大阪大学工学部電気工学科

Department of Electrical Engineering, Osaka University

* 大阪大学レーザー核融合研究センター

* Institute of Laser Engineering, Osaka University

Abstract

Compactness of a laser diode (LD) pumped solid state lasers is very advantageous for many fields of applications. We talk about a LD pumped Nd:YVO₄ microchip laser and a LD pumped Nd:CNNGG disordered-crystalline laser which have very attractive characteristics for sensing applications.

1. まえがき

半導体レーザー (LD) 励起固体レーザーの特徴はLDを除く他の固体レーザーに比して小型、長寿命であり、また、LDに比べて周波数安定度、コヒーレンス度が高いところにある。これらの特徴は計測応用に非常に有利である。本講演では、LD励起固体レーザーの中でも特に計測応用として興味深いレーザー特性をもつ、LD励起Nd:YVO₄マイクロチップレーザーとLD励起Nd:CNNGGディスオーダード結晶レーザーについて述べる。

2. LD励起Nd:YVO₄マイクロチップレーザー

LD励起マイクロチップ固体レーザーは1)超小型、2)横、縦両モードとも単一発振が容易、3)長寿命、4)低費用、と計測応用に適した特徴をもつ。中でも、LD励起Nd:YVO₄マイクロチップレーザーは励起光吸収係数が非常に高く、極めて短い媒質長(1mm以下)でも励起光を十分に吸収でき、高効率発振が可能である。また、Nd:YVO₄では非常に大きな励起光吸収係数を利用することにより、共振器長を大きくとったままで容易に単一縦モードを得ることができる。このため、共振器内に非線形光学結晶を挿入することができ、超小型のグリーン・ブルー光発生装置をつくることができる。また、これらは超小型故に大量生産により低価格が実現できる。ここでは、特に計測用として重要な単一モード発振を中心に今までに得られたNd:YVO₄マイクロチップレーザーの1.06μm発振とその2倍高調波発生について報告する。

3. LD励起Nd:CNNGGディスオーダード結晶レーザー

高出力LDアレイの開発に伴い、LD励起固体レーザーの高出力化が盛んに研究されるようになってきた。しかし、現状では高出力LDアレイの発振波長幅は3nm以上と広く、従来から高効率固体レーザー材料として知られているNd:YAG(励起光吸収波長幅1.9nm)では高密度励起を達成することが難しい。一方レーザーガラスは広い励起光吸収波長幅(~10nm)を有するが、熱伝導率が低く高繰り返し動作が望めない。このような問題点を解決するひとつの有効な方法として、著者らはディスオーダード結晶カルシウム-ニオブ-ガリウム-ガーネット(Ca₃(NbGa)_{2-x}Ga₃O₁₂:CNNGG)レーザーの研究を行っている。例えばNd:CNNGG結晶はつぎのような特徴を有する。1)Nd:CNNGGはCNNGG結晶のディスオーダード構造により励起光

吸収波長幅が広い(8.6nm). 2) レーザーガラスに比べて熱伝導率が高い(約3倍). このため多数個のLDもしくはLDアレイで励起に有利であり, 高平均出力動作が可能であると考えられる. また, 蛍光寿命もNd:YAGと同程度であり, Qスイッチ等による高ピークパワー化も可能であり, ライダー応用として興味深い. さらに, CNGG結晶は低融点であり, またNdやTmなどの希土類不純物の偏析係数がほぼ1であるため, YAGなどの他のレーザー用ガーネット系結晶に比べて製造コストを大幅に低減できる可能性もある. ここでは今までに得られたLD励起Nd:CNGGレーザーのレーザー特性について報告する.

Fig. 1は1次元LDアレイで横励起を行った場合のNd:CNGGレーザー, Nd:YAGレーザー, Nd:ガラスレーザーの発振特性である. 固体レーザー材料はいずれも断面4mm×4mm, 長さ10mmであり, 一方の端面は波長1μmに対してHRコート, 他方の端面は波長1μmに対してARコートが施されている. 励起用1次元LDアレイ(SDL3230T)の使用条件はピークパワー60W, パルス幅500μs, 繰り返し20Hzである. また, 各固体レーザー材料において得られる出力が最大となるように1次元LDアレイを温度制御した. なお, 励起は1次元LDアレイを側面に近接させて行い, 励起光用光学系は使用しておらず, また, 励起光入射面は無コートである. 共振器長は27mmであり, 出力ミラーは透過率5%, 曲率1mのものを用いた. 共振器のモード径は約500μmであり, 高次モードによる発振を抑制するため, 共振器内には直径1mmのアパーチャーを挿入した. Fig. 1からわかるようにNd:CNGGレーザーの最大出力はNd:YAGレーザー及びNd:ガラスレーザーの最大出力の約2倍にも達している. この結果は 1) Nd:CNGGの励起光吸収幅がNd:YAGに比べて非常に広いため, LDアレイのように励起光波長幅が広くても実効的吸収係数が高く, 高密度励起が可能であることと, 2) Nd:CNGGの誘導放出断面積がNd:ガラスに比べて高いことに起因するものと考えられる.

以上のようにCNGG結晶はLDアレイ励起用として有利な特質をもつ固体レーザー材料であることを示した. 現在, 著者らは波長2μm帯ライダーとして興味深いLD励起Tm, Ho:CNGGレーザーの検討も行っている.

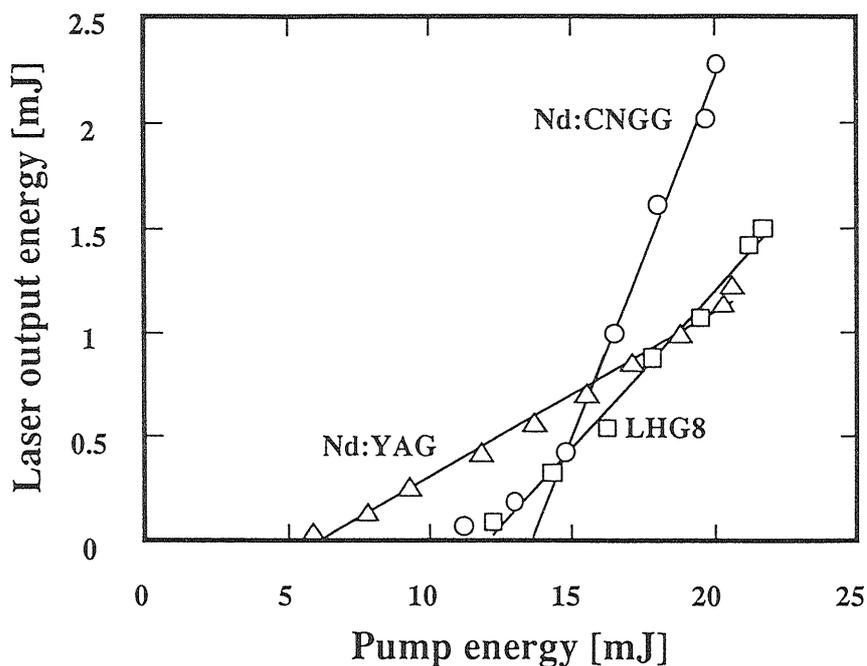


Fig.1 Laser output characteristics of Nd:CNGG, Nd:YAG and Nd:glass using side-pumping with a 1-dimensional laser diode array.