

常温接合を用いた Yb:YAG 複合構造マイクロチップ MOPA の開発

Development of Yb:YAG composite microchip MOPA using room-temperature bonding

中央大理工 ○(M1)石塚 貞史, (B)山田 智哉, 庄司 一郎

Chuo Univ. Sadafumi Ishizuka, Tomoya Yamada, Ichiro Shoji

E-mail: a20.p76d@g.chuo-u.ac.jp

固体レーザーでは励起時の発熱が、熱レンズ効果や熱屈折効果を引き起こし、ビーム品質や出力を低下させる。また、最終的には熱歪みにより結晶破壊に至るため、出力が制限される。したがって、固体レーザーの高効率・高出力・高ビーム品質化を図るためには、レーザー媒質の排熱が重要であり、レーザー活性イオン添加材料と無添加材料を一体化した複合構造レーザーは有効な手段の一つとなっている[1]。

複合構造の作製手法は主に拡散接合が用いられているが、高温プロセスのため、熱膨張係数が異なる異種材料の接合が困難である。我々は常温接合法[2]を用い、レーザー媒質と排熱効果の高い無添加材料を一体化した複合構造レーザーの開発に取り組んできた[3]。そして、最近では Yb:YAG マイクロチップの両端を無添加 YAG でエンドキャップした複合構造マイクロチップレーザーを作製し、単一縦モードで 500 mW の出力を実現した[4]。本研究ではさらなる出力向上を目指し、無添加 YAG, Yb:YAG マイクロチップ, Yb:YAG 増幅器を一体化させた複合構造マイクロチップ MOPA (Master oscillator power amplifier) 構造を、常温接合を用いて初めて作製するとともに、そのレーザー発振に成功したので報告する。

直径 5 mm、厚さ 0.1 mm のディスク型の 20 at. %Yb:YAG 結晶の入射端側に、直径 5 mm、厚さ 5 mm の円柱型の無添加 YAG 結晶を、出力端側に直径 5 mm、厚さ 3 mm の円柱型の 7 at. %Yb:YAG 結晶を接合した。無添加 YAG の接合面には、発振波長 1033 nm で高反射、励起光波長 940 nm で高透過、Yb:YAG 増幅器の接合面出射側には 1033 nm で反射率 95%、940 nm で高透過のコーティングを施し、マイクロチップレーザー共振器を構成した。

まず、クリーンブース内で接合面を入念にクリーニングし、常温接合機内にセットする。次に、無添加 YAG の接合面と Yb:YAG マイクロチップ表面に、常温真空中でアルゴン原子ビームを照射して活性化した後、両者を接触、加圧して接合した。引き続き、出射端側の Yb:YAG マイクロチップ表面と、Yb:YAG 増幅器の接合面にアルゴン原子ビームを照射し接合、一体化した。作製した複合構造マイクロチップ MOPA 構造の写真を図 1 に示す。

波長 940 nm のファイバ結合半導体レーザーからの出射光をコリメートした後、複合構造の Yb:YAG マイクロチップ部分に集光したところ、レーザー発振に成功した。Fig. 2 にレーザー出力の励起光吸収パワー依存性を示す。励起光吸収パワー 9.42 W で、最大出力 476 mW が得られた。

現状では励起光とレーザー光とのモードマッチング効率が小さいため、Yb:YAG 増幅器部分で効果的な増幅ができていないと考えられる。今後は、マイクロチップ部分での励起光集光径を大きくし、広がり角を小さくすることで、Yb:YAG 増幅器でのモードマッチング効率を改善し、高出力化を目指す。

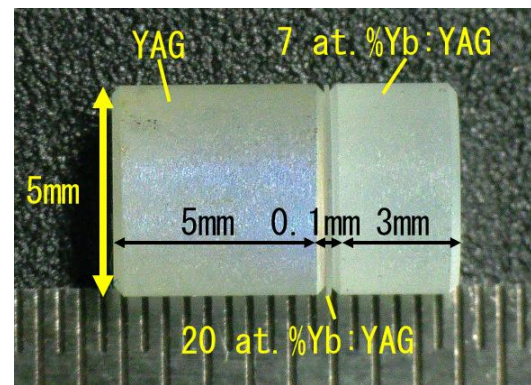


Fig. 1 YAG/Yb:YAG/Yb:YAG composite microchip MOPA structure

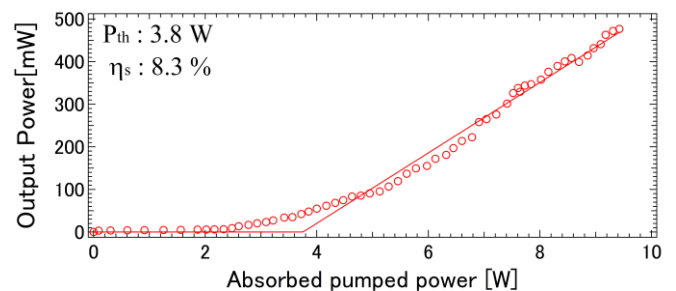


Fig. 2 Laser characteristic of composite microchip MOPA

- [1] F. Hanson, Appl. Phys. Lett. **66**, 3549 (1995).
- [2] T. Suga *et al.*, Acta Metall. Master. **40**, S133₃ (1992).
- [3] H. Ichikawa *et al.*, Opt. Express **25**, 22797 (2017).
- [4] Y. Uematsu *et al.*, APLS 2023, ATu1-04.