水衝突噴流冷却を用いた Yb:YAG TRAM レーザーの出力特性

Output characteristics of Yb:YAG TRAM laser using water jet impingement cooling

レーザー総研 [1], 三菱重工業 [2], ○谷口 誠治 [1], ハイク コスロービアン [1], 李 大治 [1], 本越 伸二 [1], 藤田 雅之 [1], 井澤 靖和 [1], 西方 伸吾 [2], 森岡 朋也 [2], 濱本 浩一 [2], 池淵 博 [2], 大谷 雄一 [2], 金子 毅 [2], 醍醐 浩之 [2]

Institute for Laser Technology[1], Mitsubishi Heavy Industries[2], °Seiji Taniguchi[1], Haik Chosrowjan[1], Dazhi Li[1], Shinji Motokoshi[1], Masayuki Fujita[1], Yasukazu Izawa[1], Shingo Nishikata[2], Tomoya Morioka[2], Koichi Hamamoto[2], Hiroshi Ikebuchi[2], Yuichi Ohtani[2], Takeshi Kaneko[2], Hiroyuki Daigo[2]

E-mail: taniguchi@ilt.or.jp

Yb:YAG 固体レーザー材料は、励起量子効率が大きく熱損失が小さい、蛍光寿命が長い等の特性を持つためこれまで多く研究されてきたが、高出力化の際にはレーザー媒質の発熱による出力やビーム品質の低下、媒質の劣化などが懸念される。我々は、常温で駆動する高出力 CW レーザーの開発を目標に、ゼロフォノンライン（ZPL, 969 nm）励起および水衝突噴流冷却法を用いた全反射型アクティブミラー（TRAM）Yb:YAG レーザーの開発を進めてきた。その結果、ZPL 励起では従来の 940 nm 励起に比べ媒質自体の発熱が抑制されること、水衝突噴流冷却では強い強制対流により、特に高流速、低水温条件において高い除熱効果が得られることを明らかにすると共に、これらの効果がレーザー出力特性の向上に寄与することを実験的に示した[1]。本講演では、これらの結果を元に kW 級の出力を得るため行った高励起条件（~2.5 kW）でのレーザー発振実験の結果について報告する。

Fig. 1 に実験配置図を示す。衝突噴流冷却では、TRAM の背後から水を噴出させ底面を直接冷却する。噴流の速度および温度は調整でき、流速 5 m/s 以上の高速運転が可能である。レーザー媒質には Yb 濃度 5 at%−層厚 0.6 mm の TRAM を用い、波長 935 nm の LD（< 2.4 kW）および波長 969 nm の LD（< 200 W）を励起に用いた。媒質の光吸収率を考慮し、励起には多重パス方式を用いた。励起ビーム径はφ6 mm とした。また分光器により媒質の蛍光スペクトルを計測して励起中心部の温度を推定し、光吸収率の温度依存性から吸収パワーを求めた。

Fig. 2 にレーザー出力特性を示す（冷却水温 7 ℃）。吸収パワーが 2 kW 時にほぼ 1 kW の発振出力が得られた。吸収パワーに対するスロープ効率は 0.63 であり、冷却水温が 18 ℃（常温）時に比べ約 5 %増加した。当日は、冷却性能と媒質温度、出力特性の関連について詳細に議論する予定である。

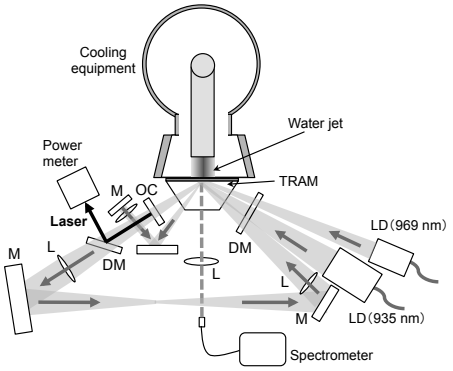

Fig. 1 レーザー発振実験配置（(D)M:（ダイクロイック）ミラー、OC: 結合出力ミラー（反射率 85 %）、L: レンズ）

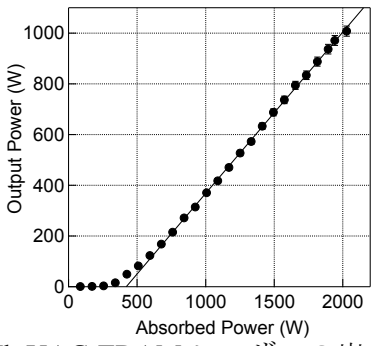

Fig. 2 Yb:YAG TRAM レーザーの出力特性

謝辞: 本研究の一部は、防衛装備庁安全保障技術研究推進制度の支援の下行われた。

[1] 第 79 回応用物理学会秋季学術講演会公演予稿集 19a-431B-1