ゼロフォノンライン励起 Yb:YAG TRAM レーザーの発振特性

Oscillation characteristics of zero-phonon-line pumped Yb:YAG TRAM laser

レーザー総研 [1], ○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]

Institute for Laser Technology[1], ○Seiji Taniguchi[1], Haik Chosrowjan[1], Dazhi Li[1], Shinji Motokoshi[1],
Masayuki Fujita[1], Yasukazu Izawa[1]

E-mail: taniguchi@ilt.or.jp

【序】高出力固体レーザー開発における最重要課題の一つは、レーザー媒質の発熱対策である。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長を持つため多く研究されてきたが、高出力化の際には発熱による出力やレーザー品質の低下、媒質の劣化などが懸念される。発熱制御の手法として第一に挙げられるのは媒質の発熱の抑制であり、その一つにゼロフォノンライン（969nm）励起がある。近年の LD 技術の進展により、室温領域においてはバンド幅が狭いゼロフォノンラインの励起も可能となっており、これにより従来の 940nm 励起に比べ発熱を約 32%抑制できる。第二は、冷却法の開発による除熱性能の向上である。これに関し、我々はこれまで液体窒素を冷媒に用いた全反射型アクティブミラー（TRAM）Yb:YAG レーザーの開発を行い、プール冷却の約 10 倍の除熱性能を持つ直接噴流冷却法を用いて kW 級の CW レーザー出力を達成した [1]。TRAM は Thin disk 型のような伝導冷却を必要とせず、より除熱効果の高い直接噴流冷却が可能である。この結果を受けて我々は、ゼロフォノンライン励起と冷媒に水を用いた直接噴流冷却方式を組み合わせた室温動作での高出力 Yb: YAG レーザーの開発を開始した。本報告では、高出力化のスケーリングを行うためプール冷却条件での TRAM レーザーの発振特性と動作温度の効果を検討した結果について述べる。

【実験】Fig.1 に実験配置図を示す。プール冷却では、冷却装置内に蒸留水を満たし、TRAM の裏面を水と接触させて冷却を行う。実験には、Yb:YAG 層の厚さ 0.6mm、Yb ドープ濃度 9.6at% の TRAM を用い、励起には波長約 940nm、500W 出力のレーザーダイオードを使用した。発振したレーザーはパワーメーター、およびフォトダイオードを用いて出力の時間変化を観測した。温度効果の計測では、サーモースタットにより温度調整を行い、23℃から 81℃まで約 20℃ずつ水温を上昇させ、各温度での出力を計測した。

【結果と考察】発振出力は入力の増加に伴い増加するが、いずれも励起開始直後が最も大きく、その後は励起時間とともに TRAM の温度上昇が起こり出力は低下する。この結果から、各温度、各入力での発振出力は開始直後のピーク値

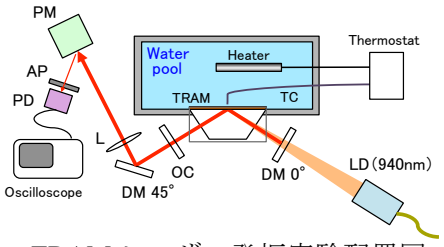

Fig. 1　TRAM レーザー発振実験配置図（DM: ダイクロイックミラー、TC: 熱電対、OC: 結合出力ミラー（R=85%）、L: レンズ、PM: パワーメータ、PD: フォトダイオード）

であるとして出力を算出した。結果を Fig. 2 に示す。動作温度が上昇すると発振閾値は増加するが、スロープ効率は大きくは変化しておらず、出力の吸収パワーに対する依存性は、水温の上昇に伴い高吸収パワー側にシフトするようにみえる。これらについて検証するため、温度依存因子の変化を考慮した出力モデルを作成し、温度のみを変えて比較すると実験値を良く再現することがわかった。これにより、作成したモデルが発振出力の予測に有用であることが示された。発表当日は、969nm 励起時の出力、発熱特性との比較や、高出力化に向けたスケーリングの予測、直接噴流冷却時の特性などについても議論する予定である。

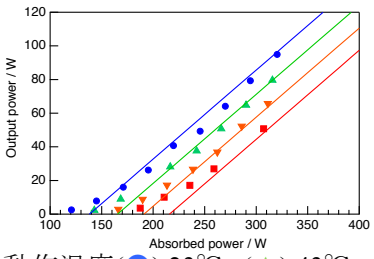

Fig. 2　動作温度(●) 23℃、(▲) 43℃、(▼) 63℃ (■) 81℃における発振出力

【謝辞】本研究は、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) K. Hamamoto, T. Morioka, S. Nishikata, *et al.*, *in "Advanced Solid State Lasers (ASSL '15)" Technical Digest*, paper-ATu2A.41, 2015.