

平等拓範(助教授)

A-1) 専門領域：量子エレクトロニクス、光エレクトロニクス、レーザー物理、非線形光学

A-2) 研究課題：

- a) 半導体レーザー励起マイクロチップ固体レーザーの開発研究
- b) 新型固体レーザー材料の開発研究
- c) 新しい非線形光学波長変換素子と応用の開発研究

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 90年代に入り、Yb:YAGは、レーザー励起により高性能なレーザーとなり得ることが発見された。以来、我々は先導的な研究を行ってきた。Yb:YAGは高出力、高効率発振が可能と言われながらも準四準位レーザーであるため、励起状態に敏感であり、高密度励起が実現されない場合は、発振効率が大きく損なわれる欠点を有する。全固体レーザーの励起光源として注目される半導体レーザーは、ビーム品質が劣悪であるため、その高密度励起光学系の設計が困難であったが、モード品質を示す量として導入されつつある M^2 因子を利用することにより半導体レーザー励起固体レーザーの最適化に成功した。現在、長さ400 μm のYb:YAGマイクロチップ結晶から、常温で、スロープ効率60%、CWで3Wの出力を確認している。また、最近、アップコンバージョン損失が無いことを利用し上記構成で85nmと蛍光幅の9倍にも及ぶ広帯域波長可変動作を実現した。このことは、高平均出力の超短パルスレーザーとしての可能性を示唆するものと考えている。
- b) 日本に伝統的なセラミックスの持つフレキシブルな材料設計の可能性を利用した新型固体レーザー材料について開発研究を行っている。YAG単結晶では不可能であった、4at.%以上のNd高濃度添加YAGセラミックスを開発した。さらにマイクロチップレーザーに適用し、従来のNd:YAG単結晶の4倍の出力を得ることに成功した。一方、固体レーザーの励起に伴う発熱は、材料の機械的な歪みを引き起こし、破壊に至るばかりでなく、それ以前に熱複屈効果や熱レンズ効果によるビーム品質の劣化や出力低下が生ずるためレーザー出力を制限してきた。最近、熱効果を緩和できる複合材料によるレーザーの高性能化をYb:YAGやEr:ガラスレーザーにおいて実証してきたが、光学接着剤を用いていたため制約があった。今回は、セラミックスのフレキシブルな特性を用いることにより原子レベルでの材料の複合化に成功した。今後、この新材料の特性を詳細に調べレーザー共振器に適用する予定である。
- c) 現在、開発した共振器内部SHG型Yb:YAGマイクロチップレーザーにおいて、500mW級の単一周波数青緑色光を得ている。さらに、同調素子を挿入することで、515.25~537.65nmと22.4nm(24.4THz)にわたる広帯域の波長可変特性も確認した。この応用として、Fe:LiNbO₃結晶のフォトリフレクティブ効果を用いた全固体型光メモリ方式を検討し、波長多重記録に始めて成功した。同一空間への多重記録が可能な波長多重型ホログラフィック体積メモリは、次世代の超高密度光メモリとして、注目されている。また、上記手法では、結晶の複屈折位相整合(BPM)法による非線形波長変換を試みたが、これには幾つかの致命的な制限がある。近年開発された擬似位相整合(QPM)法では、位相整合条件を光リソグラフィによるデジタルパターンで設計できるため高機能、多機能な非線形波長変換が可能となる。しかしながら、従来のLiNbO₃におけるプロセスでは分極を反転させるための印加高電界を深さ方向に制御することが不可能であった。現在、均一高電界を実現するための雰囲気制御と、光伝導効果を用いた新しい制御方式を検討しており、これにより実用的な赤外域のQPMチップ作成を目指す。一方、

紫外域においては，天然に豊富に存在し，堅牢で200nm以下の短波長領域までの透過特性を有する水晶を用いることを検討している。しかし，水晶ではBPMによる位相整合が不可能であるだけでなく，自発分極を持たないため電界ポーリングも不可能である。そこで，応力による擬位相整合法を検討し，その可能性を見出した。今後も，従来は発生が不可能または困難とされてきた紫外域や中・遠赤外域光の高効率発生やCW発生法を目指した新しい非線形波長変換方式を検討する予定である。

B-1) 学術論文

N. PAVEL and T. TAIRA, “Pump-beam M^2 factor approximation for design of diode fiber-coupled end-pumped lasers,” *Opt. Eng.* **38**, 11 (1999).

N. PAVEL, S. KURIMURA and T. TAIRA, “Design criteria for optimization of fiber-coupled diode longitudinally-pumped lasers using pump-beam M^2 factor,” *OSA TOPS on Advanced Solid-State Lasers* **26**, 253 (1999).

T. TAIRA, S. KURIMURA, J. SAIKAWA, A. IKESUE and K. YOSHIDA, “Highly trivalent neodymium ion doped YAG ceramic for microchip lasers,” *OSA TOPS on Advanced Solid-State Lasers* **26**, 212 (1999).

N. PAVEL, M. FURUHATA and T. TAIRA, “High-efficiency longitudinally-pumped miniature Nd:YVO₄ laser,” *Opt. Laser Tech.* **30**, 275 (1998).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

T. TAIRA, J. SAIKAWA, A. IKESUE and K. YOSHIDA, “Highly Nd doped YAG ceramic microchip laser,” OSA Topical meeting on Advanced Solid-State Lasers '99, Boston, Massachusetts (U. S. A.), 1-3 February 1999, TuB3, 220-222 (1999).

N. PAVEL and T. TAIRA, “A high-efficiency TEM₀₀ miniature Nd:YAG laser designed by pump-beam M^2 factor method,” OSA Topical meeting on Advanced Solid-State Lasers '99, Boston, Massachusetts (U. S. A.), 1-3 February 1999, MB13, 54-56 (1999).

T. TAIRA, A. IKESUE and K. YOSHIDA, “Performance of highly Nd³⁺-doped YAG ceramic microchip laser,” Conference on Lasers and Electro-Optics CLEO '99, CTuK39, 136-137 (1999).

J. SAIKAWA and T. TAIRA, “Frequency-doubled tunable Yb:YAG microchip laser for holographic volume memories,” Conference on Lasers and Electro-Optics CLEO '99, CWO5, 333-334 (1999).

J. SAIKAWA, S. KURIMURA, I. SHOJI and T. TAIRA, “Volume holographic memories by using tunable frequency-doubled Yb:YAG microchip laser,” CLEO/Pacific Rim '99, FK4, 1179-1180 (1999).

B-3) 総説、著書

T. TAIRA, “Yb³⁺-doped solid-state lasers,” *Kougaku* **28**, 435 (1999).

池末明生、平等拓範、吉田國雄，「セラミックスレーザー素子の開発と発展性」，*レーザー研究* **27**, 593 (1999).

池末明生、平等拓範、吉田國雄，「高性能多結晶 YAG レーザー媒質の開発」，*Materia Japan* **38**, 784 (1999).

B-4) 招待講演

平等拓範，「最近の固体レーザー研究動向」，レーザー学会研究会，大阪，1999年3月。

平等拓範，「Advanced Solid-State Laser Conference 会議報告」，学術振興会第130委員会，東京，1999年3月。

平等拓範，「マイクロチップ固体レーザーとその応用」，無機材質研究所，東京，1999年4月。

平等拓範,「多機能計測応用を目指した小型固体レーザーの開発」,宮崎大学,宮崎,1999年7月.

平等拓範,「マイクロチップレーザー」,理化学研究所,仙台,1999年9月.

平等拓範,「広帯域波長可変クロマチップレーザーの展望」,福井大学,福井,1999年11月.

B-5) 受賞、表彰

平等拓範,第23回(社)レーザー学会業績賞(論文賞)(1999).

平等拓範,第1回(財)みやぎ科学技術振興基金研究奨励賞(1999).

栗村 直,レーザー顕微鏡研究会優秀賞(1996).

齋川次郎,応用物理学会北陸支部発表奨励賞(1998).

B-6) 学会および社会的活動

学協会役員、委員

平等拓範,レーザー学会 レーザー素子機能性向上に関する専門委員会幹事(1997-).

平等拓範,レーザー学会 研究会委員(1999-).

平等拓範,電気学会 高機能全固体レーザーと産業応用調査専門委員会幹事(1998-).

平等拓範,福井大学非常勤講師(1999-).

平等拓範,宮崎大学非常勤講師(1999-).

平等拓範,理化学研究所非常勤研究員(1999-).

平等拓範,米国スタンフォード大学客員研究員(1999-).

栗村 直,日本光学会論文抄録委員会委員(1997-1998).

栗村 直,応用科学会常任評議委員(1997-).

栗村 直,科学技術庁振興調整費自己組織化作業分科会委員(1997-).

科学研究費の研究代表者、班長等

平等拓範,基盤 B(2)展開研究 (No. 10555016) 研究代表者(1998-).

平等拓範,基盤 B(2)一般研究 (No. 11694186) 研究代表者(1999-).

C) 研究活動の課題と展望

結晶長が1 mm以下のマイクロチップ固体レーザーの高出力化,高輝度化,多機能化と高性能な非線形波長変換方式の開発により従来のレーザーでは困難であった,いわゆる特殊な波長領域を開拓する。このため新レーザー材料の開発,新レーザー共振器の開発を行う。さらに,マイクロチップ構造に適した発振周波数の単一化,波長可変性,短パルス化についても検討したい。このような高輝度レーザーは多様な非線形波長変換を可能にする。そこで,従来の波長変換法の限界を検討するとともに,これまでの複屈折性を用いた位相整合法では不可能であった高機能な非線形波長変換を可能とする新技術である擬似位相整合法のためのプロセス及び設計法の研究開発を行う。

近い将来,高性能の新型マイクロチップ固体レーザーや新しい非線形波長変換チップの研究開発により,中赤外域から紫外域にわたる多機能な応用光計測を可能とする高機能・広帯域波長可変クロマチップレーザー(Chromatic Microchip Laser System; Chroma-Chip Laser)が実現できると信じている。