

## 分子制御レーザー開発研究センター

佐藤 信一郎 (助教授)

A-1) 専門領域：レーザー分光学、光化学

A-2) 研究課題：

- a) 巨大超高リユードベリ分子の緩和ダイナミクス
- b) ファンデルワールス錯体カチオン内の分子間相互作用
- c) 位相・波形の制御された極短パルス光源の開発と化学反応制御への応用

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) 気相・分子線中の分子をイオン化ポテンシャルより僅かに低エネルギー側(数 $\text{cm}^{-1}$ )にレーザー光励起すると、主量子数( $n$ )の非常に大きい( $n > 100$ )超高リユードベリ状態を比較的安定に生成することが出来る。この状態にある分子は非常に大きな電子軌道半径(サブ $\mu\text{m}$ )を持ち、巨大超高リユードベリ分子と呼ばれ、理論・実験の両面から研究が進められている。通常、分子は電子の動きにくらべ核の動きが遅い、いわゆるボルンオープンハイマー近似が成り立っているが、巨大超高リユードベリ分子においては、電子の周回運動のほうが核の運動より遅い逆ボルンオープンハイマー近似が成り立つと予想され、通常とは全く異なる振動回転 - 電子相互作用が期待される。これらの相互作用は分子サイズ(回転)や振動回転相互作用の大きさ等により変化すると考えられるが、簡単な2原子分子と多原子分子(ベンゼン等)では、明らかに多原子分子において振動回転 - 電子相互作用によるリユードベリ系列間遷移が顕著に起きることをみいだした。
- b) 分子間力の研究手段として、超音速ジェット中に生成するクラスター分子を研究対象とすることはもはや定番となりつつあるが、我々はZEKE光電子分光法の特長を生かして、中性 - カチオン間の分子間力の変化に着目して研究している。中性芳香族 - 希ガスvdW錯体では主たる分子間力は分散力であり、イオン化すると電荷 - 電荷誘起双極子(CCID)相互作用が新たに加わる。ZEKE光電子分光法によりCCID相互作用のエネルギーや、分子間振動、ジオメトリー変化、立体障害の影響等について新たな知見が得られている。
- c) 光解離や光異性化等の光化学反応において、光励起された波束は、個々の反応座標のポテンシャル局面によって決まる量子準位に即した運動をする。同一波長の極短パルス光による多光子励起では、この波束の運動を反応生成物の基底状態へむけて最適に誘導することは出来ない。最適に誘導するためには、ポテンシャルの非調和性に即した多波長の極短パルス列を、波束の時間発展に合致したタイミングで用意しなければならない。このための位相・波形の制御されたレーザー光源の開発を進めている段階である。即ち、チタンサファイアレーザーの出力をグレーティングペアとコンピューター制御された液晶空間マスクにより波形加工し再生増幅により多光子励起に十分な出力を得た後、OPG・Aにより波長変換するシステムである。

B-1) 学術論文

H. INOUE, S. SATO and K. KIMURA, "Observation of van der Waals Vibrations in Zero Kinetic energy (ZEKE) Photoelectron Spectra of Toluene-Ar van der Waals Complex," *J. Electron Spectrosc.* **88-91**, 125-130 (1998).

**H. SHINOHARA, S. SATO and K. KIMURA**, "Zero Kinetic Energy (ZEKE) Photoelectron Study of the Benzen-N<sub>2</sub> and Fluorobenzene-N<sub>2</sub> van der Waals Complexes," *J. Electron Spectrosc.* **88-91**, 131-136 (1998).

**S. SATO, K. IKEDA and K. KIMURA**, "ZEKE Photoelectron Spectroscopy and Ab Initio Force-Field Calculation of 1,2,4,5-Tetrafluorobenzene," *J. Electron Spectrosc.* **88-91**, 137-142 (1998).

**T. VONDRAK, S. SATO and K. KIMURA**, "Cation Vibrational Spectra of Indole and Indole-Argon van der Waals Complex. A Zero Kinetic Energy Photoelectron Study," *J. Phys. Chem. A* **101**, 2384-2389 (1997).

**S. SATO and K. KIMURA**, "One- and Two-Pulsed Field Ionization Spectra of NO. High-Lying Rydberg States near Ionization Threshold," *J. Chem. Phys.* **107**, 3376-3381 (1997).

**H. SHINOHARA, S. SATO and K. KIMURA**, "Zero Kinetic Energy (ZEKE) Photoelectron Study of Fluorobenzene-Argon van der Waals Complexes," *J. Phys. Chem. A* **101**, 6736-6740 (1997).

C) 研究活動の課題と展望

フェムト・ピコ秒レーザーシステムの導入立ち上げにともない、極短パルスの波形制御技術の開発と化学反応制御の研究に研究室の力点を置いていきたい。また巨大超高リユードベリ分子についても、これまでナノ秒レーザーとパルス電場検出の組み合わせで研究してきたが、これからはフェムト・ピコ秒レーザーと光誘起リユードベリイオン化検出の組み合わせで、より早い時間領域でのダイナミクスに迫っていきたい。

## 猿 倉 信 彦 ( 助 教 授 )

### A-1) 専門領域：量子エレクトロニクス、非線形光学

### A-2) 研究課題

- a) 遠赤外超短パルスレーザー
- b) 紫外波長可変固体レーザー
- c) 非線形光学
- d) 青色半導体レーザー
- e) 超高速分光
- f) 新真空紫外域光学窓材

### A-3) 研究活動の概要と主な成果

- a) 遠赤外超短パルスレーザー：今までレーザーが存在していなかった遠赤外領域において、世界で初めて、強磁場を印加した半導体から、平均出力がサブミリワットの遠赤外放射（テラヘルツ放射）を得ることに成功した。このテラヘルツ放射の偏光が、磁場によって大きく変化することも発見した。また、昨年度にテラヘルツ放射の実験に用いた半導体非線形ミラーに磁場を印加することにより、テラヘルツ放射の増強を実現した。この領域は分子物質のフォノンやエキシトンを直接励起できることができるため非常に重要であるだけでなく、工業的応用においてもイメージングやセンシングなどの新たな手法となるため、世界的にも大いに注目されている。
- b) 紫外波長可変固体レーザー：紫外、および深紫外波長領域において、世界で初めて全固体、かつコンパクトな 10 mJ クラスの出力を持つ波長可変紫外超短パルスレーザーを実現した。この紫外、深紫外波長領域は様々な分子物質の分子科学の研究、特にオゾン層問題の研究や青色半導体レーザーの研究において必要不可欠と考えられる波長領域である。
- c) 非線形光学：半導体において、レーザー照射による遠赤外複素屈折率の変化を測定した。
- d) 青色半導体レーザー：青色で発光する窒化ガリウム系の半導体素子において精密な分光を行い、未解明の分野である発光メカニズムについて様々な知見を得た。窒化ガリウム系の半導体素子は、近年、青色半導体レーザー材料として急速に注目されてきている物質である。青色半導体レーザーにおいては、室温連続発振青紫色レーザーダイオードの寿命が 1 万時間を超えて製品化が間近になっているにもかかわらずその発振機構の解明には至っておらず、原点に戻って、InGaN 系発光ダイオードの発光機構について、研究を進める予定である。
- e) 超高速分光：a) で述べたような強力な遠赤外放射光を用いて、様々な分子物質の超高速過渡分光を行う。現在、化合物半導体である InAs において、清浄表面からのテラヘルツ電磁波放射の研究を、総合研究大学院大学光先端学科松本教授と行っており、表面とテラヘルツ電磁波に関連する多くの情報を得ている。また、神戸大学富永助教授、千葉大学西川教授と溶液、及び気体に関する超高速遠赤外分光の実験を行っており、成果をあげている。
- f) 新真空紫外域光学窓材：紫外、および深紫外波長領域におけるレーザー結晶に関するノウハウを用いて、放射光に用いることが可能な新しい真空紫外領域の窓材の研究を課題研究として行っており、いくつかの新結晶の開発に成功している。

## B-1) 学術論文

**Z. LIU, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, "Tunable ultraviolet short-pulse generation from a Ce:LiCAF laser amplifier system and its sum-frequency mixing with an Nd:YAG laser," *Jpn. J. Appl. Phys.* **37**(1A/B), L36-L38 (1998).

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, Z. LIU, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "THz-radiation generation from an intracavity saturable Bragg reflector in a magnetic field," *Jpn. J. Appl. Phys.* **37**(2A), L125-L126 (1998).

**Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV and S. L. KORABLEVA**, "All-solid-state tunable ultraviolet picosecond Ce<sup>3+</sup>:LiLuF<sub>4</sub> laser with direct pumping by the fifth harmonic of a Nd:YAG laser," *OSA TOPS Advanced Solid-State Lasers* **19**, 13-15 (1998).

**Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, S. ONO and N. SARUKURA**, "Sub-mW, short-pulse THz-radiation from femtosecond-laser irradiated InAs and its polarization and spatial properties," *OSA TOPS Advanced Solid-State Lasers* **19**, 370-373 (1998).

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, N. SARUKURA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "All-solid-state, THz-radiation source using a femtosecond mode-locked laser with a saturable Bragg reflector in a magnetic field," *OSA TOPS Advanced Solid-State Lasers* **19**, 367-369 (1998).

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA and Z. LIU**, "High average-power THz-radiation from femtosecond laser-irradiated InAs in a magnetic field and its elliptical polarization characteristics," *J. Appl. Phys.* **84**, 654-656 (1998).

**N. SARUKURA, Z. LIU, S. IZUMIDA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV and S. L. KORABLEVA**, "All-solid-state tunable ultraviolet sub-nanosecond laser with direct pumping by the fifth harmonic of an Nd:YAG laser," *Appl. Opt.* **37**, 6446-6448 (1998).

**Z. LIU, S. IZUMIDA, H. OHTAKE, N. SARUKURA, K. SHIMAMURA, N. MUJILATU, S. L. BALDOCHI and T. FUKUDA**, "High-pulse-energy, all-solid-state, ultraviolet laser oscillator using large Czochralski-grown Ce:LiCAF crystal," *Jpn. J. Appl. Phys.* **37**, (1998).

**T. DEGUCHI, T. AZUHATA, T. SOTA, S. CHICHIBU, N. SARUKURA, H. OHTAKE, T. YAMANAKA and S. NAKAMURA**, "Nanosecond pump-and-probe study of wurtzite GaN," *Material Science and Engineering B* **50**, 180-182 (1997).

和泉田真司、小野晋吾、大竹秀幸、劉 振林、猿倉信彦、「短パルステラヘルツ電磁波集光特性の測定」、*レーザー研究* **26**, 551-553 (1998).

## B-2) 国際会議のプロシーディングス

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU, S. ONO and T. YAMANAKA**, "Sub-mW, short-pulse THz-radiation from femtosecond-laser irradiated InAs and its polarization and spatial properties," ASSL '98, paper AMB11.

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, T. YAMANAKA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "All-solid-state, THz-radiation source using a femtosecond mode-locked laser with a saturable Bragg reflector in a magnetic field," ASSL '98, paper AWB6.

**N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV and S. L. KORABLEVA**, "All-solid-state tunable ultraviolet picosecond Ce<sup>3+</sup>:LiLuF<sub>4</sub> laser with direct pumping by the fifth harmonic of a Nd:YAG laser," ASSL '98, paper PD12.

**H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU, S. ONO and N. SARUKURA**, "Intense THz radiation from femtosecond laser irradiated InAs under a high magnetic field and its polarization and spatial properties," Radiative Processes and Dephasing in Semiconductors '98, paper RTuD7.

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, N. SARUKURA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "Intense THz-radiation generation from an intracavity saturable Bragg reflector in a magnetic field," Conference on Lasers and Electro-Optics '98, (Optical Society of America, Washington, D.C.,1998), paper CWF49.

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU, S. ONO and T. YAMANAKA**, "Sub-mW, short-pulse THz-radiation from femtosecond-laser irradiated InAs in a magnetic field," Conference on Lasers and Electro-Optics '98, (Optical Society of America, Washington, D.C.,1998), paper CTuB5.

**Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV and S. L. KORABLEVA**, "All-solid-state UV tunable picosecond Ce<sup>3+</sup>:LiLuF<sub>4</sub> laser pumped at 213 nm," Conference on Lasers and Electro-Optics '98, (Optical Society of America, Washington, D.C.,1998), paper CWF40.

**Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV and S. L. KORABLEVA**, "All-solid-state tunable ultraviolet Ce activated fluoride laser systems directly pumped by the fourth and fifth harmonic of Nd:YAG lasers," Nonlinear Optics (IEEE/LEOS), Hawaii, August 10-14, 1998, paper ThC7.

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO and N. SARUKURA**, "Spectrum control of intense THz radiation from InAs under magnetic field irradiated with stretched femtosecond laser pulses," Nonlinear Optics (IEEE/LEOS), Hawaii, August 10-14, 1998, paper WD4.

**Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE, N. SARUKURA, K. SHIMAMURA, N. MUJILATU, S. L. BALDOCHI and T. FUKUDA**, "30-mJ pulse from ultraviolet laser oscillator using large Czochralski-grown Ce:LiCAF crystal," OSA Annual Meeting 1998, paper PD11.

**S. IZUMIDA, S. ONO, Z. LIU, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, "Spectrum control of THz-radiation from InAs under magnetic field irradiated with chirped pulses," OSA Annual Meeting 1998, paper PD19.

**Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII and R. Y. ABDULSABIROV**, "All-solid-state tunable ultraviolet picosecond Ce:LuLiF<sub>4</sub> laser," fifth International Workshop on Femtosecond Technology, 1998, p.92.

**Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII and R. Y. ABDULSABIROV**, "Tunable Ultraviolet Short-Pulse Generation from a Ce:LiCAF master oscillator and power amplifier system," fifth International Workshop on Femtosecond Technology, 1998, p.93.

**T. ITATANI, T. IMAOKA, T. NAKAGAWA, K. MATSUMOTO, M. WAKAKI, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, "Photoconductive Switches with Antenna Structures Fabricated by Using an Atomic Force Microscope," fifth International Workshop on Femtosecond Technology, 1998, p.135.

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA and N. SARUKURA**, "High average power THz-radiation from femtosecond laser irradiated InAs under the magnetic field," fifth International Workshop on Femtosecond Technology, 1998, p.136.

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA and N. SARUKURA**, "Intense THz-radiation generation from an intracavity saturable Bragg reflector in a magnetic field," fifth International Workshop on Femtosecond Technology, 1998, p.137.

**Z. LIU, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, "All-solid-state tunable ultraviolet Ce activated fluoride laser systems directly pumped by the fourth and fifth harmonic of Nd:YAG laser," 1998 International Photonics Conference, paper F-PO29.

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO and N. SARUKURA**, "THz radiation from InAs under magnetic field and its spectrum control," IEEE International conference on terahertz electronics, 1998, pp. 201-203.

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO and N. SARUKURA**, "THz radiation from InAs under magnetic field and its spectrum control," The 194 th meeting of the electrochemical society, 1998, p. 999.

#### B-3) 総説、著書

猿倉信彦, 講演会報告「THz 電磁波の発生とその応用」, *応用物理* **67**, 728 (1998).

緑川克美、中田芳樹、藤田雅之、伊沢孝男、斉藤徳人、小山二三夫、吉村政志、森 勇介、山川考一、猿倉信彦、  
玉木祐介、迫田和彰, 「CLEO/IQEC'98 報告」, *レーザー研究* **26**, 631-651 (1998).

猿倉信彦, 「Ultrafast Phenomina'98 報告」, *レーザー研究* **26**, 759-761 (1998).

大竹秀幸、猿倉信彦, 「磁場による半導体からのテラヘルツ電磁波放射の増強」, *レーザー研究* **26**, 527-530 (1998).

#### B-4) 招待講演

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA and S. ONO**, "Spectrum control of intense THz-radiation from InAs under magnetic field irradiated with stretched femto-second laser pulses," 1998 International Photonics Conference, December 1998.

**H. OHTAKE**, "Spectrum control of intense THz-radiation from InAs under magnetic field irradiated with stretched femtosecond laser pulses," International Workshop on Current Topics of Laser Technology, March 1998.

**N. SARUKURA and Z. LIU**, "Ultraviolet short pulse generation from an all-solid-state Ce activated laser system," fifth International Workshop on Femtosecond Technology, February 1998.

**N. SARUKURA, Z. L. LIU and H. OHTAKE**, "Tunable Ultraviolet Sub-Nanosecond Pulses from All-Solid-State Laser Systems Based on Ce-Activated Fluorides," International Conference on Lasers '98, December 1998.

猿倉信彦, 「磁場による半導体からのテラヘルツ電磁波放射の増強」, FEL 研究会, 関西学院大学, 1998 年 1 月.

猿倉信彦, 「Advanced Solid State Laser'98 国際学会報告」, 第 4 回光学材料・デバイス研究会, 1998 年 3 月.

猿倉信彦, 「磁場を用いた THz 電磁波の増強」, テラヘルツ電磁波放射に関する研究会, 大阪大学, 1998 年 3 月.

猿倉信彦, 「磁場を用いた THz 電磁波の増強」, 応用物理学学会 THz 電磁波の発生とその応用」シンポジウム, 1998 年 3 月.

猿倉信彦, 「新波長領域での極短パルスレーザーの可能性」, 平成 10 年度 KAST 研究報告会, 1998 年 6 月.

猿倉信彦, 「CLEO/IQEC'98 会議報告」, 光エレクトロニクス第 130 委員会, 1998 年 6 月.

猿倉信彦, 「新波長領域での極短パルスレーザーの可能性」, 第 2 回光量子源専門部会, 1998 年 7 月.

猿倉信彦, 「磁場による THz 電磁波の高出力化」, 第 1 回テラフォトニクス研究会, 1998 年 8 月.

猿倉信彦, 「新波長領域での極短パルスレーザーの可能性」, 理研フォーラム, 1998 年 8 月.

猿倉信彦, 「テラヘルツ電磁波の発生と医学応用」, レーザー医学会, 1998 年 9 月.

猿倉信彦, 「高出力遠赤外光発生装置」, 新技術フェア, 1998 年 10 月.

猿倉信彦, 「磁場による半導体からのテラヘルツ電磁波放射の増強」, レーザ・量子エレクトロニクス研究会 (電子情報通信学会), 1998年10月.

猿倉信彦, 「新紫外波長可変固体レーザー」, 第2回テラフォトニクス研究会, 1998年11月.

#### B-5) 受賞、表彰

猿倉信彦, 電気学会論文発表賞(1994).

猿倉信彦, レーザー研究論文賞(1998).

和泉田真司, 大幸財団学芸奨励生(1998).

劉 振林, レーザー学会優秀論文発表賞(1998).

#### B-6) 学会および社会的活動

##### 学会の組織委員

FST'99 実行委員会(1998-).

Ultrafast Phenomena プログラム委員(1997-).

GORDON CONFERENCE '99 INTERNATIONAL COMMITTEE(1998-).

応用物理学会プログラム委員(1997-).

電気学会光量子デバイス技術委員(1998-).

レーザー学会年次大会実行委員(1998-).

レーザー学会中部支部組織委員(1998-).

##### 学術雑誌編集委員

レーザー学会編集委員(1997-).

#### B-7) 他大学での講義、客員

東京大学物性研究所客員助教授(1998.4-1998.9).

宮崎大学工学部非常勤講師(1998.10-1999.3).

理化学研究所非常勤フロンティア研究員(1996.4-).

工業技術院電子技術総合研究所非常勤研究員(1994.4-1995.3, 1998.7-1998.9).

財団法人神奈川科学技術アカデミー非常勤研究員(1998.5-).

#### C) 研究活動の課題と展望

遠赤外超短パルスレーザーにおいては, その実用という点において, ミリワット級のアベリッジパワーを持つテラヘルツ放射光源の開発が課題となる。現在, 我々のグループでは, 強磁場印加すのもとで, 平均出力でサブミリワット級のテラヘルツ電磁波光源の開発に成功している。この光源を用いて, 今まで非常に難しいとされていたテラヘルツ領域の時間分解分光も容易に行っており, 様々な興味深い現象を発見してきているため, 光による物性制御などの実現が現実味を帯びてきている。また, 新たなテラヘルツ光源として, 有機物結晶や磁性半導体にも探索の範囲を広げる方針である。

深紫外波長可変全固体レーザーにおいては大出力化と短波長化が当面の課題である。大出力化は励起配置や増幅光学系に特殊構造をもたせることによって大きな進歩が見込まれ、短波長化は新たなレーザー結晶を用いることにより具現化できる。現在、ロシア、東北大学との共同研究による Ce:LiCAF 結晶を用いて、大出力紫外レーザーの開発を行っている。この共同研究により、200 nm より短波長での大出力深紫外波長可変全固体レーザーの実用化は、比較的早期に達成し得ると考えられている。



## 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方式と応用の開発研究

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見出された。以来、当研究室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有用な半導体レーザーは、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を困難にしていた。そこでモード品質を示す量として導入されつつある $M^2$ 因子を半導体レーザー励起固体レーザーの設計に利用し最適化を図った。現在、長さ400 $\mu\text{m}$ 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、蛍光幅が、10nmと従来のNd:YAGに比べ10倍以上広いばかりでなく、アップコンバージョン損失が無いため上記構成で30nmに及ぶ広帯域波長可変動作を確認した。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、4 at.%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、それ以前に熱複屈折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) 今回開発した共振器内部SHG型Yb:YAGマイクロチップレーザーでは、数100mW級の単一周波数青緑色発生が得られる。また、514.8～525.7nmと10.9nm(12.4THz)にわたる波長可変特性も確認した。この応用として、Fe:LiNbO<sub>3</sub>結晶のフォトリフラ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、その研究、開発が精力的に進められている。また、上記手法では、バルク光学結晶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法では、位相整合が不可能とされていた材料においても非線形波長変換を可能にする。例えば天然に豊富に存在する水晶は、安定で堅牢であるだけでなく200nm以下の短波長領域までの透過特性を有する。しかし、位相整合が不可能であっただけでなく、自発分極を持たないため擬似位相整合LiNbO<sub>3</sub>などで行われてきた電界ポーリングも不可能である。これに対し、応力に

よる擬似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

**T. TAIRA, J. SAIKAWA, T. KOBAYASHI and R. L. BYER,** "Modeling of end-pumped quasi-three-level lasers by using a  $M^2$  factor and cw operation of tunable Yb:YAG miniature lasers," *OSA TOPS on Advanced Solid-State Lasers* **10**, 189-191 (1997).

**T. TAIRA, W. M. TULLOCH and R. L. BYER,** "Modeling of quasi-three-level lasers and operation of CW Yb:YAG lasers," *Appl. Opt.* **36**, 1867-1874 (1997).

**T. TAIRA, J. SAIKAWA, T. KOBAYASHI and R. L. BYER,** "Diode-pumped tunable Yb:YAG laser at room temperature: Modeling and experiment," *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics* **3**, 100-104 (1997).

**T. ITO, T. TAIRA and T. KOBAYASHI,** "Q-switching and mode selection of coupled-cavity Er,Yb:glass lasers," *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, L206-L208 (1997).

**Y. YAMAMOTO, T. Ashida, S. KURIMURA and Y. UESU,** "Two-dimensional observation of the Maker fringe and its application to the poling state evaluation of ferroelectric domains," *Appl. Opt.* **36**, 602-605 (1997).

**S. KURIMURA and Y. UESU,** "Application of the second harmonic generation microscope to nondestructive observation of periodically-poled ferroelectric domains in quasi-phase-matched wavelength converters," *J. Appl. Phys.* **81**, 369-375 (1997).

**Y. UESU, S. KURIMURA and Y. YAMAMOTO,** "Non destructive observations of the 180° ferroelectric domain using the nonlinear optical microscope," *Ferroelectrics* **191**, 135-140 (1997).

栗村、上江洲,「分極反転光素子の光第二高調波による非破壊観察」, *光学* **26**, 437-443 (1997).

**T. ITO, T. TAIRA and T. KOBAYASHI,** "Output characteristics of coupled-cavity Q-switched Er,Yb:Glass lasers," *The Review of Laser Engineering* **26**, 272-276 (1998).

**T. TAIRA, J. SAIKAWA, E. YAMAGUCHI, T. KOBAYASHI and R. L. BYER,** "Intracavity frequency doubled Yb:YAG miniature laser," *OSA TOPS on Advanced Solid-State Lasers* **19**, 119-121 (1998).

**T. TAIRA, N. PAVEL, M. FURUHATA, M. OHTAKA, T. KOBAYASHI and H. ITO,** "Design of longitudinally-pumped solid-state lasers by using  $M^2$  pump-beam factor," *OSA TOPS on Advanced Solid-State Lasers* **19**, 411-414 (1998).

**T. TAIRA, A. IKESUE and K. YOSHIDA,** "Diode-pumped Nd:YAG ceramic lasers," *OSA TOPS on Advanced Solid-State Lasers* **19**, 430-432 (1998).

**N. PAVEL M. FURUHATA and T. TAIRA,** "High-efficiency longitudinally-pumped miniature Nd:YVO<sub>4</sub> laser," *Optics & Laser Tech.* **30**, 275-280 (1998).

**S. KURIMURA, R. BATCHKO, J. MANSELL, R. ROUTE, M. FEJER and R. BYER,** "Twinned quartz for quasi-phaseshifted ultraviolet generation," *CNOM Annual Report A4* (1998).

#### B-2) 国際会議のプロシーディングス

**T. TAIRA, J. SAIKAWA, T. KOBAYASHI and R. L. BYER,** "Diode-pumped tunable Yb:YAG miniature lasers at room temperature," *OSA Topical meeting on Advanced Solid-State Lasers '97 TuC3*, 174-176 (1997).

**T. ITOH, T. TAIRA and T. KOBAYASHI,** "Diode-pumped coupled-cavity Q-switched Er,Yb:glass microchip lasers,"

*Conference on Lasers and Electro-Optics CLEO '97 CThL24*, 371 (1997).

**T. TAIRA, N. PAVEL, M. FURUHATA, M. OHTAKA, T. KOBAYASHI and H. ITO**, "M<sup>2</sup> factor method for design of longitudinally pumped solid-state lasers," *OSA Topical meeting on Advanced Solid-State Lasers '98, Coeur d'Alene, Idaho, USA, 2-4 February 1998 AMB13*, 62-64 (1998).

**T. TAIRA, J. SAIKAWA, E. YAMAGUCHI, T. KOBAYASHI and R. L. BYER**, "Single longitudinal mode oscillation in the frequency doubled Yb:YAG miniature laser," *OSA Topical meeting on Advanced Solid-State Lasers '98, Coeur d'Alene, Idaho, USA, 2-4 February 1998 AME14*, 151-153 (1998).

**T. TAIRA, A. IKESUE and K. YOSHIDA**, "Diode-pumped tunable Yb:YAG miniature lasers at room temperature," *OSA Topical meeting on Advanced Solid-State Lasers '98, Coeur d'Alene, Idaho, USA, 2-4 February 1998 AWB7*, 290-292 (1998).

**K. YOSHIDA, T. TAIRA and A. IKESUE**, "Continuous-wave diode-pumped Nd<sup>3+</sup>:YAG ceramics laser" *CLEO/EUROPE-EQEC'98, Glasgow, Scotland, UK, 14-18 September 1998 CWF17*, 167 (1998).

**T. TAIRA, M. FURUHATA, T. KOBAYASHI, A. YOKOO and T. KOMATSU**, "Miniature parametric oscillators for Q-switched microchip lasers," *4th International Conference on Organic Nonlinear Optics, Chitose, Japan, 12-15 October 1998 P-109*, 292-295 (1998).

#### B-3) 総説、著書

平等拓範他, 「固体レーザー」, 小林喬郎編, 学会出版センター社, pp. 11-52 (1997).

栗村 直他, 「光デバイス精密加工ハンドブック」, 板生清 他 編, オプトロニクス社, pp. 490-496 (1998).

栗村 直他, 「光サイエンス辞典」, オプトロニクス社, pp. 18-19, 66, 74, 81-82, 105, 175-176, 217, 233-234, 337 (1998).

和田智之、増田 久、平等拓範, 「第 12 回 Advanced Solid State Lasers トピカルミーティング報告」, *レーザー研究* 25, 247-253 (1997).

浅井和弘、平等拓範, 「Advanced Solid-State Lasers Twelfth Topical Meeting」, *オプトニュース* 2, 25-26 (1997).

平等拓範, 「半導体レーザー励起 Yb:YAG レーザ」, *光技術コンタクト* 35, 682-690 (1997).

平等拓範、小林喬郎, 「マイクロチップレーザー」, *オプトロニクス* 193, 63-70 (1998).

平等拓範, 「レーザービーム品質測定的基础」, *レーザー研究* 26, 723-729 (1998).

平等拓範, 「マイクロチップ固体レーザー」, *レーザー研究* 26, 847-854 (1998).

#### B-4) 招待講演

**S. KURIMURA**, "QPM visible light generation," CNOM meeting, Stanford (USA), September 1997.

平等拓範, 「LD 励起ミニチュア Yb:YAG レーザの高機能化」, レーザー学会研究会, 東京, 1997 年 12 月 .

平等拓範, 「Advanced Solid-State Laser Conference 会議報告」, レーザー学会研究会, 大阪, 1998 年 3 月 .

平等拓範, 「環境計測ライダーのための固体レーザー」, 微小光学研究会, 東京, 1998 年 7 月 .

平等拓範, 「小型高輝度固体レーザー」, 理研フォトダイナミクス公開フォーラム, 仙台, 1998 年 8 月 .

平等拓範, 「セラミック Nd:YAG レーザー」, テラフォトニクス研究会, 仙台, 1998 年 10 月 .

#### B-5) 受賞、表彰

栗村 直, レーザー顕微鏡研究会優秀賞(1996).  
斎川次郎他, 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, 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-)

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-).

#### 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とを目指している。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, さらに短パルス化についても検討したい。このようなレーザーは多様な非線形波長変換を可能にする。今後, 従来のバルク結晶を用いた波長変換の限界を検討するとともに, 複屈折性を用いた位相整合法では不可能であった材料に非線形位相整合を発現できる擬似位相整合法による非線形波長変換の研究開発を進めたい。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方式の開発により, 中・遠赤外域や紫外域光の高効率発生や CW 発生などが実現されるものと期待される。

\*)1998 年 2 月 16 日着任