

# 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、及び期待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

- S. IZUMIDA, S. ONO, Z. LIU, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Spectrum control of THz radiation from InAs in a magnetic field by duration and frequency chirp of the excitation pulses,” *Appl. Phys. Lett.* **75**, 451-453 (1999).
- Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “High-repetition-rate, high-average-power, mode-locked Ti:sapphire laser with an intracavity continuous wave-amplification scheme,” *Appl. Phys. Lett.* **74**, 3622-3623 (1999).
- Z. LIU and N. SARUKURA**, “All-Solid-State subnanosecond tunable ultraviolet laser sources based on Ce<sup>3+</sup>-activated fluoride crystals,” *J. Nonlinear Opt. Phys. Mater.* **8**, 41-54 (1999).
- S. IZUMIDA, S. ONO, Z. LIU, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Intense THz-radiation sources using semiconductors irradiated with femtosecond laser pulses in a magnetic field,” *J. Nonlinear Opt. Phys. Mater.* **8**, 71-87 (1999).
- K. SHIMAMURA, N. MUJILATU, K. NAKANO, S. L. BALDOCHI, Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA and T. FUKUDA**, “Growth and characterization of Ce-doped LiCaAlF<sub>6</sub> single crystals,” *J. Cryst. Growth* **197**, 896-900 (1999).
- T. A. LIU, K. F. HUANG, C. L. PAN, Z. LIU, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “High average power mode locked Ti:sapphire laser with intracavity continuous-wave amplifier and strained saturable Bragg reflector,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, L1109-L1111 (1999).
- H. OHTAKE, S. ONO, Z. LIU, N. SARUKURA, M. OHTA, K. WATANABE and Y. MATSUMOTO**, “Enhanced THz radiation from femtosecond laser pulse irradiated InAs clean surface,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, L1186-L1187 (1999).
- T. A. LIU, K. F. HUANG, C. L. PAN, Z. LIU, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “THz radiation from intracavity saturable Bragg reflector in magnetic field with self-started mode-locking by strained saturable Bragg reflector,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **38**, L1333-L1335 (1999).
- Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Direct generation of 30-mJ, 289-nm pulses from a Ce:LiCAF oscillator using Czochralski-grown large crystal,” *OSA TOPS Vol. 26 Advanced Solid-State Lasers* 115-117 (1999).
- Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “High-average power mode-locked Ti:sapphire laser with newly-invented intra-cavity cw-amplification scheme,” *OSA TOPS Vol. 26 Advanced Solid-State Lasers* 394-395 (1999).
- S. IZUMIDA, Z. LIU, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Spectrum control of coherent, short-pulse, far-infrared radiation from InAs under magnetic field irradiated with stretched femtosecond laser pulses,” *OSA TOPS Vol. 26 Advanced Solid-State Lasers* 402-404 (1999).
- S. ONO, M. SAKAI, Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, T. TSUKAMOTO, S. NISHIZAWA, A. NAKANISHI and M. YOSHIDA**, “Compact THz-radiation Source Consisting of an InAs emitter, a Mode-Locked Fiber laser, and a 2-T Permanent Magnet,” *OSA TOPS Vol. 28 Ultrafast Electronics and Optoelectronics* 83-86 (1999).
- S. ONO, T. TSUKAMOTO, H. OHTAKE, Z. LIU, N. SARUKURA, M. OHTA, K. WATANABE and Y. MATSUMOTO**, “Enhancement of the THz radiation from InAs (100) clean surface at 50K,” *OSA TOPS Vol. 28 Ultrafast Electronics and Optoelectronics* 87-89 (1999).

## B-2) 国際会議のプロシーディングス

- H. OHTAKE, S. ONO, S. IZUMIDA, Z. LIU, K. KURIHARA, N. SARUKURA, K. WATANABE and Y. MATSUMOTO**, “Significant enhancement of the THz radiation from an InAs (100) clean surface at low temperature,” Quantum Electronics and Laser Science Conference, Baltimore, May 23-28, 1999, paper QThG13.

**H. OHTAKE, S. ONO, S. IZUMIDA, Z. LIU, K. KURIHARA, N. SARUKURA, S. NISHIZAWA and A. NAKANISHI,** “A compact THz-radiation source consisting a bulk semiconductor, a mode-locked fiber laser, and a 2-T permanent magnet,” Ultrafast Electronics and Optoelectronics (IEEE), Snowmass, April 14-16, 1999, paper UWA2.

**K. WATANABE, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, S. ONO, Z. LIU, K. KURIHARA, N. SARUKURA and Y. MATSUMOTO,** “Enhancement of the THz radiation from an InAs (100) clean surface at 50K,” Ultrafast Electronics and Optoelectronics (IEEE), Snowmass, April 14-16, 1999, paper UWA3.

**H. OHTAKE, S. ONO, S. IZUMIDA, M. SAKAI, Z. LIU and N. SARUKURA,** “Intense THz radiation from femtosecond laser pulses irradiated InAs in a strong magnetic field,” 1999 International conference on luminescence and optical spectroscopy of condensed matter, Osaka, August 23-27, 1999, paper PB1-41.

**M. SAKAI, Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, Y. MIYAZAWA, K. SHIMAMURA, S. L. BALDOCHI, K. NAKANO, N. MUJILATU and T. FUKUDA,** “LiCAF crystal as a new vacuum ultraviolet optical material with transmission down to 112 nm,” 1999 International conference on luminescence and optical spectroscopy of condensed matter, Osaka, August 23-27, 1999, paper PB3-49.

**H. OHTAKE, S. ONO, S. IZUMIDA, Z. LIU, K. KURIHARA, N. SARUKURA, K. WATANABE and Y. MATSUMOTO,** “Significant Enhancement of the THz Radiation from InAs(100) Clean Surface at Low-Temperature,” The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper FD4.

**H. OHTAKE, S. ONO, M. SAKAI, Z. LIU and N. SARUKURA,** “Intense THz radiation from InAs irradiated with femtosecond laser pulses in a strong magnetic field,” 1999 IEEE seventh international conference on terahertz electronics, Nara, November 25-26, 1999, paper Th-C4.

**S. ONO, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YANO, M. SAKAI, Z. LIU, Y. NAKAYAMA, T. TSUKAMOTO and N. SARUKURA,** “Demonstration of newly invented Negative-mask scanning imaging scheme using THz-radiation sources,” Conference on Lasers and Electro-Optics, Baltimore, May 23-28, 1999, paper CTuK14.

**S. ONO, T. TSUKAMOTO, M. SAKAI, S. IZUMIDA, Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, S. NISHIZAWA, A. NAKANISHI and M. YOSHIDA,** “Compact THz-radiation source consist of bulk semiconductor, a mode-locked fiber laser, and a 2T permanent magnet,” 1999 International Workshop on Femtosecond Technology, Chiba, July 13-15, 1999, paper WB-15.

**S. ONO, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YANO, M. SAKAI, Z. LIU, Y. NAKAYAMA, T. TSUKAMOTO and N. SARUKURA,** “Demonstration of newly invented Negative-mask scanning imaging scheme using THz-radiation sources,” 1999 International Workshop on Femtosecond Technology, Chiba, July 13-15, 1999, paper TC-29.

**S. ONO, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YANO, M. SAKAI, Z. LIU, Y. NAKAYAMA, T. TSUKAMOTO and N. SARUKURA,** “Demonstration of newly invented Negative-mask scanning imaging scheme using THz-radiation sources,” The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper P1.61.

**S. ONO, T. TSUKAMOTO, M. SAKAI, S. IZUMIDA, Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, S. NISHIZAWA, A. NAKANISHI and M. YOSHIDA,** “Compact THz-radiation source consisting of a bulk semiconductor, a mode-locked fiber laser, and a 2T permanent magnet,” The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper P1.62.

**S. ONO, T. TSUKAMOTO, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU and N. SARUKURA,** “Saturation of the THz radiation

from femtosecond pulse irradiated InAs at high magnetic field,” OSA annual meeting, Santa Clara, September 26-30, 1999, paper ThN3.

**S. ONO, T. TSUKAMOTO, M. SAKAI, S. IZUMIDA, Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, S. NISHIZAWA, A. NAKANISHI and M. YOSHIDA**, “Compact THz-radiation source consisting of a bulk semiconductor, a mode-locked fiber laser, and a 2T permanent magnet,” IEEE International Conference on Terahertz Electronics, Nara, November 25-26, 1999, paper P5.

**Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “High-repetition-rate, high-average-power mode-locked Ti:sapphire laser with newly invented intracavity cw-amplification scheme,” 1999 International Workshop on Femtosecond Technology, Chiba, July 13-15, 1999, paper WA-6.

**Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Spectral control of coherent, short-pulse, far-infrared radiation from InAs under magnetic field irradiated with stretched femtosecond laser pulses,” Advanced Solid-State lasers, Boston, February 1-3, 1999, paper ME13.

**Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Direct generation of 30-mJ, 289-nm pulses from a Ce:LiCAF oscillator using Czochralski-grown large crystal,” Advanced Solid-State lasers, Boston, February 1-3, 1999, paper TuB14.

**Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “High-average power mode-locked Ti:sapphire laser with newly-invented intra-cavity cw-amplification scheme,” Advanced Solid-State lasers, Boston, February 1-3, 1999, paper PD16.

**Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “High-Average Power Mode-Locked Ti:Sapphire Laser with Newly-Invented Intra-Cavity CW-Amplifier,” The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper P1.44.

**Z. LIU, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Characteristics of Gain Spectra in Highly Pumped Yb:Glass for High Power Lasers,” The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper P1.77.

**Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA and N. SARUKURA**, “All-Solid-State UV Tunable Picosecond Ce<sup>3+</sup>:LiLuF<sub>4</sub> Laser Pumped by the Fifth Harmonic of Nd:YAG Laser,” The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper P1.78.

**Z. LIU, S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE, S. IZUMIDA and N. SARUKURA**, “Czochralski-Grown Large Ce:LiCAF Crystal for Efficient UV Laser with Output up to 60-mJ,” The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper ThJ6.

**Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV and S. L. KORABLEVA**, “ALL-SOLID-STATE ULTRAVIOLET PULSE GENERATION FROM VARIOUS CERIUM:FLUORIDE LASERS,” Proceedings of the International Conference on LASERS '98, 422, (1999)

**S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE, Z. LIU and N. SARUKURA**, “Spectral control of THz-radiation from InAs in magnetic field by the excitation pulse duration and chirp,” 1999 International Workshop on Femtosecond Technology, Chiba, July 13-15, 1999, paper TC-21.

**S. IZUMIDA, H. OHTAKE, S. ONO, M. SAKAI, Z. LIU and N. SARUKURA**, “Saturation of Intense THz radiation from femtosecond-laser-pulse irradiated InAs in a strong magnetic field,” 1999 International Workshop on Femtosecond Technology,

Chiba, July 13-15, 1999, paper TC-22.

S. IZUMIDA, S. ONO, H. OHTAKE, Z. LIU, and N. SARUKURA, "Spectral control of THz-radiation from InAs under magnetic field by the excitation pulse duration and chirp," Conference on Lasers and Electro-Optics, Baltimore, May 23-28, 1999, paper JThA4.

**S. IZUMIDA, S. ONO, Z. LIU, K. Kurihara, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, "Visualization of the Beam Propagation and Focusability of Short-Pulse THz Radiation," The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper P1.63.

**M. SAKAI, Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, Y. SEGAWA, T. OBA, K. SHIMAMURA, S. L. BALDOCHI, K. NAKANO, N. MUJILATU and T. FUKUDA**, "LiCAF crystal as a new vacuum ultraviolet optical material with transmission down to 112 nm," Conference on Lasers and Electro-Optics, Baltimore, May 23-28, 1999, paper CThW3.

**M. SAKAI, Z. LIU, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, "LiCAF Crystal as a New Vacuum Ultraviolet Optical Material with Transmission down to 112 nm," The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 30-September 3, 1999, paper WL4.

#### B-3) 総説、著書

島村清史、S. L. BALDOCHI、Z. LIU、猿倉信彦、福田承生、「紫外固体レーザー用フッ化物単結晶」, *レーザー研究* **27**, 547-552 (1999).

大竹秀幸、猿倉信彦、「高強度テラヘルツ電磁波の発生法」, *応用物理* **68**, 1394-1395 (1999).

#### B-4) 招待講演

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA and S. ONO**, "Highly Efficient Generation of THz Radiation in Semiconductors under Magnetic Field," The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 1999.

**K. SHIMAMURA, S. L. BALDOCHI, T. FUKUDA, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, "Growth of New Fluoride Single Crystals for the Superior UV and IR Lasers," The Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Seoul, August 1999.

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. ONO, M. SAKAI and Z. LIU**, "Saturation of THz-radiation from femtosecond-laser irradiated InAs in a high magnetic field," UPS, October 1999.

**N. SARUKURA, Z. LIU, K. SHIMAMURA and T. FUKUDA**, "High Pulse Energy from Ce:LiCAF Laser as Potential Terawatt UV Ultrashort Pulse Laser System," Xiangshan Science Conference '99, November 1999.

**N. SARUKURA**, "Enhanced THz-Radiation from InAs in a Magnetic Field and Its Spectrum Control," Lasers '99, December 1999.

猿倉信彦、「強磁場下での超短パルスレーザー励起半導体からの THz 電磁波の飽和現象」, テラフォトニクス研究会, 1999 年 9 月.

猿倉信彦、「新紫外波長可変固体レーザーの開発」, 応用物理学会春季シンポジウム, 1999 年 3 月.

猿倉信彦、「新紫外波長可変固体レーザーの開発」, 照明学会シンポジウム, 1999 年 10 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(1998-1999).  
Ultrafast Phenomena プログラム委員(1997-).  
GORDON CONFERENCE '99 INTERNATIONAL COMMITTEE (1998-1999).  
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-).  
Advanced Solid State Lasers プログラム委員(1999-).

##### 学術雑誌編集委員

「レーザー研究」編集委員(1997-).  
「応用物理」編集委員(1999-).  
「J J A P」編集委員(1999-).

#### 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年4月 - 9月.  
宮崎大学工学部非常勤講師, 1998年10月 - 1999年3月.  
理化学研究所非常勤フロンティア研究員, 1996年4月 - .  
工業技術院電子技術総合研究所非常勤研究員, 1994年4月 - 1995年3月, 1998年7月 - 9月.  
財団法人神奈川科学技術アカデミー非常勤研究員, 1998年5月 - .

#### 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レー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 $\mu\text{m}$ 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、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: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LiNbO<sub>3</sub>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

**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:YVO<sub>4</sub> 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 TEM<sub>00</sub> 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 Nd<sup>3+</sup>-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**, “Yb<sup>3+</sup>-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」，學術振興会第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。