

3-9 研究施設

分子制御レーザー開発研究センター

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と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

- Z. LIU, K. SHIMAMURA, T. FUKUDA, T. KOZEKI, Y. SUZUKI and N. SARUKURA**, “High-Energy Pulse Generation from Solid-State Ultraviolet Lasers Using Large Ce:fluoride Crystals,” *Opt. Mater.* **19**, 123–128 (2002).
- K. SHIMAMURA, H. SATO, A. BENSALAH, H. MACHIDA, N. SARUKURA and T. FUKUDA**, “Growth of Ce-Doped Colquiriite- and Scheelite-Single Crystals for UV Laser Applications,” *Opt. Mater.* **19**, 109–116 (2002).
- K. KAWAMURA, N. ITO, N. SARUKURA, M. HIRANO and H. HOSONO**, “New Adjustment Technique for Time Coincidence of Femtosecond Laser Pulses Using Third Harmonic Generation in Air and Its Application to Holograph Encoding System,” *Rev. Sci. Instrum.* **73**, 1711–1714 (2002).
- Y. SUZUKI, T. KOZEKI, S. ONO, H. MURAKAMI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, T. NAKAJYO, F. SAKAI and Y. AOKI**, “Hybrid Time-Resolved Spectroscopic System for Evaluating Laser Material Using a Table-Top-Sized, Low-Jitter, 3-MeV Picosecond Electron-Beam Source with a Photocathode,” *Appl. Phys. Lett.* **80**, 3280–3282 (2002).
- K. YAMAMOTO, K. TOMINAGA, H. SASAKAWA, A. TAMURA, H. MURAKAMI, H. OHTAKE and N. SARUKURA**, “Far-Infrared Absorption Measurements of Polypeptides and Cytochrome c by THz Radiation,” *Bull. Chem. Soc. Jpn.* **75**, 1083–1092 (2002).
- H. OHTAKE, Y. SUZUKI, S. ONO, N. SARUKURA, T. HIROXUMI and T. OKADA**, “Simultaneous Measurement of Thickness and Water Content of Thin Black Ink Films For the Printing Using THz Radiation,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, L475–L477 (2002).
- Y. SUZUKI, S. ONO, H. MURAKAMI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, G. MASADA, H. SHIRAISHI and I. SEKINE**, “0.43 J, 10 Hz Fourth Harmonic Generation of Nd:YAG Laser Using Large $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ Crystals,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, L823–L824 (2002).
- Z. LIU, S. ONO, T. KOZEKI, Y. SUZUKI, N. SARUKURA and H. HOSONO**, “Generation of Intense 25-fs Pulses at 290nm by Use of a Hollow Fiber Filled with High-Pressure Argon Gas,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **41**, L986–L988 (2002).
- S. ONO, Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. MURAKAMI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, H. SATO, S. MACHIDA, K. SHIMAMURA and T. FUKUDA**, “High-Energy, All-Solid-State, Ultraviolet Laser Power-Amplifier Module Design and Its Output-Energy Scaling Principle,” *Appl. Opt.* **41**, 7556–7560 (2002).
- H. MURAKAMI, T. KOZEKI, Y. SUZUKI, S. ONO, H. OHTAKE, N. SARUKURA, E. ISHIKAWA and T. YAMASE**, “Nanocluster Molecular Crystals of Lacunary Polyoxometalates as Structure-Design-Flexible, New Inorganic Nonlinear Materials,” *OSA TOPS Advanced Solid-State Lasers* **68**, 61 (2002).
- Y. SUZUKI, S. ONO, H. MURAKAMI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, G. MASADA, H. SHIRAISHI and I. SEKINE**, “0.43-J, 10-Hz, Fourth Harmonic Generation of Nd:YAG Laser Using Large $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ Crystals,” *OSA TOPS Advanced Solid-State Lasers* **68**, 472 (2002).
- H. MURAKAMI, S. ONO, Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, H. SATO, S. MACHIDA, K. SHIMAMURA and T. FUKUDA**, “Large-Aperture $\text{Ce}^{3+}:\text{LiCaAlF}_6$ Power-Amplifier Module Development for the TW Ultraviolet Femtosecond CPA Laser System,” *OSA TOPS Advanced Solid-State Lasers* **68**, 475 (2002).

Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, T. NAKAJYO, F. SAKAI and Y. AOKI, “Electron-Beam Excited Ce:LiCAF Spectroscopy by a Table-Top-Sized, Low-Jitter, 3-MeV Picosecond Electron-Beam Source with a Photo Cathode,” *OSA TOPS Advanced Solid-State Lasers* **68**, 478 (2002).

S. ONO, T. KOZEKI, Z. LIU, N. SARUKURA, A. BENSALAH and T. FUKUDA, “Crystals for the Ultraviolet Tunable Laser,” *Laser Rev.* **30**, 287 (2002).

H. OHTAKE and N. SARUKURA, “Intense THz Radiation from Se,” *Laser Revi.* **30**, 287 (2002).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

H. MURAKAMI, T. KOZEKI, Y. SUZUKI, S. ONO, H. OHTAKE, N. SARUKURA, E. ISHIKAWA and T. YAMASE, “Nanocluster molecular crystals of lacunary polyoxometalates as structure-design-flexible, new inorganic nonlinear materials,” *Advanced Solid-State Lasers*, Quebec City, paper MB8 (2002).

Y. SUZUKI, S. ONO, H. MURAKAMI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, G. MASADA, H. SHIRAIISHI and I. SEKINE, “0.336-J, 10-Hz, fourth harmonic generation of Nd:YAG laser using large $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ crystals,” *Advanced Solid-State Lasers*, Quebec City, paper WC4 (2002).

H. MURAKAMI, S. ONO, Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, H. SATO, S. MACHIDA, K. SHIMAMURA and T. FUKUDA, “Large-aperture $\text{Ce}^{3+}:\text{LiCaAlF}_6$ power-amplifier module development for the TW ultraviolet femtosecond CPA laser system,” *Advanced Solid-State Lasers*, Quebec City, paper WC5 (2002).

Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, T. NAKAJYO, F. SAKAI and Y. AOKI, “Electron-beam excited Ce:LiCAF spectroscopy by a table-top-sized, low-jitter, 3-MeV picosecond electron-beam source with a photo cathode,” *Advanced Solid-State Lasers*, Quebec City, paper WC6 (2002).

H. OHTAKE, Y. SUZUKI, S. ONO, H. MURAKAMI and N. SARUKURA, “Simultaneous measurement of thickness and water content of thin black films for printing using THz radiation,” *Conference on Lasers and Electro-optics*, Long Beach, paper CMG6 (2002).

S. ONO, Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. MURAKAMI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, H. SATO, S. MACHIDA, K. SHIMAMURA and T. FUKUDA, “Large-aperture $\text{Ce}^{3+}:\text{LiCaAlF}_6$ power-amplifier module for the terawatt-class ultraviolet solid-state laser system,” *Conference on Lasers and Electro-optics*, Long Beach, paper CMS5 (2002).

Y. SUZUKI, S. ONO, H. MURAKAMI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, G. MASADA, H. SHIRAIISHI and I. SEKINE, “Generation of 0.336-J, 10-Hz, 266-nm pulses from Nd:YAG laser using large $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ nonlinear crystals,” *Conference on Lasers and Electro-optics*, Long Beach, paper CFE5 (2002).

Y. SUZUKI, H. OHTAKE, S. ONO, T. KOZEKI, M. SAKAI, H. MURAKAMI and N. SARUKURA, “Anomalous magnetic-field dependence of THz-radiation power from femtosecond-laser irradiated InSb and InP,” *Conference on Lasers and Electro-optics*, Long Beach, paper CF15 (2002).

H. OHTAKE, H. MURAKAMI, T. YANO, Y. SUZUKI, S. ONO and N. SARUKURA, “Anomalous power and spectrum dependence of THz radiation from femtosecond-laser irradiated InAs under high magnetic field of 14T,” *Conference on Lasers and Electro-optics*, Long Beach, paper CPDA2-1 (2002).

H. MURAKAMI, H. OHTAKE, T. YANO, H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, S. ONO, N. SARUKURA, G. NISHIJIMA and K. WATANABE, “Anomalous power and spectrum dependence of THz radiation from femtosecond-laser-irradiated InAs in a high magnetic field,” *The Asian Pacific Laser Symposium*, Osaka, paper ThLD7 (2002).

S. ONO, Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. MURAKAMI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, H. SATO, S. MACHIDA, K. SHIMAMURA and T. FUKUDA, “Ce³⁺:LiCaAlF₆ power-amplifier module development for the terawatt ultraviolet femtosecond CPA laser system,” The Asian Pacific Laser Symposium, Osaka, paper FrSB3 (2002).

H. MURAKAMI, H. OHTAKE, T. YANO, S. ONO, H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, N. SARUKURA, G. NISHIJIMA and K. WATANABE, “Anomalous Power and Spectrum Dependence of THz Radiation from Femtosecond-Laser-Irradiated InAs in a High Magnetic Field of 14 T,” IEEE Lasers & Electro-Optics Society, Scotland, paper ThZ3 (2002).

H. OHTAKE, Y. SUZUKI, S. ONO, H. MURAKAMI, N. SARUKURA, T. HIROSUMI and T. OKADA, “Simultaneous measurement of thickness and water content of thin black ink films for printing using THz-radiation,” IEEE Lasers & Electro-Optics Society, Glasgow, paper ThZ4 (2002).

S. ONO, Y. SUZUKI, H. MURAKAMI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, S. KOSHIHARA and N. SARUKURA, “The control of optical damage threshold by the chirp of ultraviolet femtosecond pulses,” Conference on Ultrafast Phenomena, Vancouver, paper TuE14 (2002).

Z. LIU, M. HIRANO, T. KOZEKI, S. ONO, N. SARUKURA and H. HOSONO, “Generation of intense 25-fs, 290-nm seed pulses for the terawatt-class ultraviolet solid-state laser system,” Conference on Lasers and Electro-optics, Long Beach, paper CMK6 (2002).

B-4) 招待講演

大竹秀幸、猿倉信彦, 「極短量子ビームポンプ&プローブ分析(III)」, 弥生研究会, 2002年3月.

N. SARUKURA, S. ONO, Z. LIU and T. FUKUDA, “Development for the future TW femtosecond Ce:LiCAF laser,” IEEE Lasers & Electro-Optics Society, Glasgow, November 2002.

T. FUKUDA, H. SATO, A. BENSALAH and N. SARUKURA, “Growth of fluoride single crystals for UV and IR laser applications,” The 8th International Conference on Electronic Materials (IUMRS-ICEM 2002), Xi'an (China), June 2002.

H. SATO, T. FUKUDA, H. MACHIDA, N. SARUKURA and M. NIKI, “Growth of Fluoride Single Crystals as Novel Window Materials for Optical Lithography,” The 2nd Conference on Crystal Growth and Crystal Technology, Hanyang University, Seoul (Korea), August 2002.

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).

猿倉信彦, JJAP論文賞(ERATO 河村他)(2001).

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 (1997-2002).

応用物理学会プログラム委員 (1997-2002).
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-).
電気学会アドバンスコヒーレントライトソース調査専門委員会委員長 (2001-).
第28回赤外とミリ波に関する国際会議プログラム委員 (2002-2003).
Conference on Laser and Electro-Optics/ Pacific Rim プログラム委員 (2002-).
Ultrafast Phenomena Conference運営委員 (2002-2004).
THz 2003, program committee (2002-).
Ultrafast Optics, program committee (2002-).
Laser and Nonlinear Optical Materials, program committee (2002-).
学会誌編集委員
レーザー研究, 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年4月-1998年9月.
東京大学物性研究所客員助教授, 2000年4月-2001年3月.
東北大学金属材料研究所客員助教授, 2000年10月-2001年3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-1998年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-.
National Research Council of Canada, 1999年12月.
Wien Technical University, 2000年6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, 強磁場を印加することで, 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。この光源を用いることで, 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うことが可能となり, 様々な興味深い現象を発見してきている。これにより, 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。