

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

H. OHTAKE, H. MURAKAMI, T. YANO, S. ONO, N. SARUKURA, H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, G. NISHIJIMA and K. WATANABE, “Anomalous Power and Spectrum Dependence of Terahertz Radiation from Femtosecond-Laser-Irradiated Indium Arsenide in High Magnetic Fields up to 14 T,” *Appl. Phys. Lett.* **82**, 1164–1166 (2003).

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, M. SAKAI, S. ONO, N. SARUKURA, T. SUGIURA, T. HIROSUMI and M. YOSHIDA, “Significant Enhancement of Terahertz Radiation from InSb by Use of a Compact Fiber Laser and an External Magnetic Field,” *Appl. Phys. Lett.* **82**, 2005–2007 (2003).

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, A. QUEMA, M. SAKAI, T. YANO, S. ONO, N. SARUKURA, M. HOSOMIZU, T. TSUKAMOTO, G. NISHIJIMA and K. WATANABE, “Magnetic-Field-Induced Enhancement of THz-Radiation Power from Femtosecond-Laser-Irradiated InAs up to 27 T,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, L532–L534 (2003).

H. TAKAHASHI, M. SAKAI, S. ONO, N. SARUKURA, H. SARO and T. FUKUDA, “Optical Property of Ce³⁺-Ion-Doped LiCaAlF₆ Crystal in Vacuum Ultraviolet Region,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, L660–L662 (2003).

H. TAKAHASHI, A. QUEMA, R. YOSHIOKA, S. ONO and N. SARUKURA, “Excitation Fluence Dependence of Terahertz Radiation Mechanism from Femtosecond-Laser-Irradiated InAs under Magnetic Field,” *Appl. Phys. Lett.* **83**, 1068–1070 (2003).

M. TAKESADA, E. VANAGAS, D. TUZHILIN, I. KUDRYASHOV, S. SURUGA, H. MURAKAMI, N. SARUKURA, K. MATSUDA, S. MONONOBE, T. SAIKI, M. YOSHIMOTO and S. KOSHIHARA, “Micro-Character Printing on a Diamond Plate by Femtosecond Infrared Optical Pulses,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, 4613–4616 (2003).

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, S. ONO, H. MURAKAMI, N. SARUKURA and T. NAKAMURA, “Mode-Locking Stability Adjustment of a Kerr-Lens Mode-Locked Ti:sapphire Laser, Analyzed by a Recently Developed Real-Time Spectrum Analyzer,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, 4330–4333 (2003).

A. QUEMA, H. TAKAHASHI, M. SAKAI, M. GOTO, S. ONO, N. SARUKURA, N. YAMADA and R. SHIODA, “Identification of Potential Estrogenic Environmental Pollutants by Terahertz Transmission Spectroscopy,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, L932–L934 (2003).

H. TAKAHASHI, H. MURAKAMI, H. OHTAKE and N. SARUKURA, “Mid-Infrared and THz Coherent Sources Using Semiconductor-Based Materials,” *Top Appl. Phys.* P425–P444 (2003).

H. TAKAHASHI, A. QUEMA, M. GOTO, S. ONO and N. SARUKURA, “Terahertz Radiation Mechanism from Femtosecond-Laser-Irradiated InAs(100) Surface,” *Jpn. J. Appl. Phys.* **42**, L1259–L1261 (2003).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, M. SAKAI, S. ONO, N. SARUKURA, T. SUGIURA, T. HIROSUMI and M. YOSHIDA, “Significant enhancement of THz-radiation from InSb(100) surface by use of a compact fiber laser and an external magnetic field,” the 2003 Ultrafast Electronics and Optoelectronics (UEO2003), January, 2003, Washington DC, U.S.A., 45–47 (2003).

G. MASADA, H. SHIRAISHI, I. SEKINE, Y. SUZUKI, S. ONO and N. SARUKURA, “Thermal-induced two-photon absorption reduction of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ for the high-pulse-energy scaling of the fourth harmonic generation of Nd:YAG laser,” Advanced Solid-State Photonics (ASSP), February, 2003, San Antonio, paper MB9 (2003).

H. MURAKAMI, T. KOZEKI, Y. SUZUKI, S. ONO, N. SARUKURA, H. SATO and T. FUKUDA, “Vacuum-ultraviolet, compact video camera system utilizing LiCaAlF_6 crystal optics transparent down to 112-nm,” Advanced Solid-State Photonics (ASSP), February, 2003, San Antonio, paper TuB11 (2003).

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, A. QUEMA, R. YOSHIOKA, S. ONO, N. SARUKURA, M. HOSOMIZU, T. TSUKAMOTO, S. SAITO, K. SAKAI, G. NISHIJIMA and K. WATANABE, “Magnetic field dependence of THz-radiation from femtosecond-laser-irradiated InAs up to 27 T,” the Conference on Laser and Electro-Optics (CLEO2003), June, 2003, Baltimore, U.S.A., paper CMI3w (2003).

M. SAKAI, T. KOZEKI, H. MURAKAMI, M. HOSOMIZU, R. YOSHIOKA, Y. SUZUKI, S. ONO, N. SARUKURA, H. SATO and T. FUKUDA, “Vacuum-ultraviolet, real time imaging system utilizing LiCaAlF_6 optics,” the Conference on Laser and Electro-Optics (CLEO2003), June, 2003, Baltimore, U.S.A., paper CThR6 (2003).

G. MASADA, H. SHIRAISHI, I. SEKINE, Y. SUZUKI, S. ONO and N. SARUKURA, “Thermal-induced two-photon absorption reduction of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ and generation of 0.430-J, 10-Hz, 266-nm pulses from Nd:YAG laser,” the Conference on Laser and Electro-Optics (CLEO2003), June, 2003, Baltimore, U.S.A., paper CTuF3 (2003).

A. QUEMA, H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, S. ONO, N. SARUKURA, M. GOTO, R. SHIODA and N. YAMADA, “Identification of various hydroxynaphthalenes using terahertz spectroscopy,” Ultrafast Optics (UFO), June, 2003, Vienna, Austria, paper Tu3-7 (2003).

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, A. QUEMA, R. YOSHIOKA, S. ONO, N. SARUKURA, M. HOSOMIZU, T. TSUKAMOTO, G. NISHIJIMA and K. WATANABE, “Magnetic-field induced enhancement of THz-radiation from InAs irradiated with 0.8 μm laser up to 27 T and InSb irradiated with 1.56 μm laser up to 5 T,” Ultrafast Optics (UFO), June, 2003, Vienna, Austria, paper Th2-3 (2003).

H. TAKAHASHI, M. SAKAI, S. ONO, N. SARUKURA, T. SUGIURA, T. HIROSUMI and M. YOSHIDA, “Enhancement of THz-radiation from InSb by use of a communication wavelength laser and an external magnetic field,” 11th International Conference on Terahertz Electronics THz 2003, September, 2003, Sendai, Japan, paper H-5 (2003).

H. TAKAHASHI, A. QUEMA, M. GOTO, S. ONO, N. SARUKURA, M. HOSOMIZU, T. TSUKAMOTO, G. NISHIJIMA and K. WATANABE, “THz-radiation from femto-second-laser irradiated InAs under magnetic field up to 27T,” 11th International Conference on Terahertz Electronics THz 2003, September, 2003, Sendai, Japan, paper P1-8 (2003).

H. TAKAHASHI, A. QUEMA, M. GOTO, S. ONO and N. SARUKURA, “Study of THz-radiation mechanism from femtosecond-laser irradiated InAs under magnetic field,” 11th International Conference on Terahertz Electronics THz 2003, September, 2003, Sendai, Japan, paper P2-4 (2003).

A. QUEMA, H. TAKAHASHI, M. GOTO, S. ONO and N. SARUKURA, “Terahertz spectroscopy of various naphthols,” 11th International Conference on Terahertz Electronics THz 2003, September, 2003, Sendai, Japan, paper P2-31 (2003).

- H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, A. QUEMA, R. YOSHIOKA, S. ONO, N. SARUKURA, M. HOSOMIZU, T. TSUKAMOTO, G. NISHIJIMA and K. WATANABE**, “THz-radiation From Femto-Second-Laser Irradiated InAs In Magnetic Fields Up To 27 T,” The 28th International Conference on Infrared and Millimeter Waves(IRMMW), September, 2003, Otsu, Japan, paper Th4-2 (2003).
- A. QUEMA, H. TAKAHASHI, M. SAKAI, M. GOTO, S. ONO, N. SARUKURA, R. SHIODA and N. YAMADA**, “Determination Of Mono- And Di- Substituted Naphthalene via Terahertz Spectroscopy,” The 28th International Conference on Infrared and Millimeter Waves(IRMMW), September, 2003, Otsu, Japan, paper WP-12 (2003).
- H. TAKAHASHI, A. QUEMA, R. YOSHIOKA, S. ONO and N. SARUKURA**, “Excitation Fluence Dependence Of THz –radiation From Femtosecond-Laser Irradiated InAs Under Magnetic Field,” The 28th International Conference on Infrared and Millimeter Waves(IRMMW), September, 2003, Otsu, Japan, paper WP-27 (2003).
- A. QUEMA, H. TAKAHASHI, M. SAKAI, M. GOTO, S. ONO, N. SARUKURA, R. SHIODA and N. YAMADA**, “Spectroscopic Studies Using Magnetically-Enhanced Terahertz Radiation from InAs of Various Hydroxynaphthalenes,” The 21st Samahang Pisika ng Pilipinas (SPP) Congress, October, 2003, Cebu, Philippines, paper 03-009 (2003).
- H. TAKAHASHI, A. QUEMA, S. ONO and N. SARUKURA**, “Excitation Fluence Dependence of Terahertz Radiation Mechanism from Femto-Second-Laser-Irradiated InAs Under Magnetic Field,” The 21st Samahang Pisika ng Pilipinas (SPP) Congress, October, 2003, Cebu, Philippines, paper 03-010 (2003).
- S. ONO and N. SARUKURA**, “All-solid-state Ultraviolet Femtosecond Laser system Using New Laser Medium,” JAPAN-TAIWAN Joint Seminar Toward Formation of New Network Between Physics and Chemistry On the Frontiers of Material Science, December, 2003, Taipei, Taiwan, paper P-4 (2003).
- G. MASADA, H. SHIRAISHI, I. SEKINE, Y. SUZUKI, S. ONO and N. SARUKURA**, “Thermal-induced two-photo absorption reduction of $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ for the high-pulse-energy scaling of the fourth harmonic generation of Nd:YAG laser,” CLEO / Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, December, 2003, Taipei, Taiwan, W2F-(5)-2 (2003).
- Y. SUZUKI, T. KOZEKI, H. OHTAKE, N. SARUKURA, T. NAKAJYO, F. SAKAI and Y. AOKI**, “Development of future all- solid- state ultraviolet, terawatt laser system using Ce:LiCaF as a gain medium,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Taipei, December, 2003, paper W4D-(3)-3 (2003).
- 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,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Taipei, December, 2003, paper W4G-(6)-2 (2003).
- H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, A. QUEMA, R. YOSHIOKA, S. ONO, N. SARUKURA, M. HOSOMIZU, T. TSUKAMOTO, G. NISHIJIMA and K. WATANABE**, “Magnetic field dependence of THz-radiation from femtosecond-laser-irradiated InAs up to 27 T,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, December, 2003, Taipei, Taiwan, W4G-(6)-4 (2003).
- H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, S. ONO, N. SARUKURA and T. NAKAMURA**, “Mode-locking stability observation of a Kerr-lens mode-locked Ti:sapphire laser analyzed by a recently developed real-time spectrum analyzer,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, December, December, 2003, Taipei, Taiwan, WP-(6)-2 (2003).

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, M. SAKAI, S. ONO, N. SARUKURA, T. SUGIURA, T. HIROSUMI and M. YOSHIDA, “THz-radiation from InSb(100) surface by use of a communication wavelength laser and an external magnetic field,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, December, 2003, Taipei, Taiwan, TH1D-(6)-3 (2003).

H. TAKAHASHI, Y. SUZUKI, M. SAKAI, S. ONO, N. SARUKURA, T. SUGIURA, T. HIROSUMI and M. YOSHIDA, “Excitation fluence dependence of terahertz radiation mechanism from femtosecond-laser-irradiated InAs under magnetic field,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, December, 2003, Taipei, Taiwan, TH1D-(6)-4 (2003).

M. SAKAI, T. KOZEKI, M. HOSOMIZU, Y. SUZUKI, S. ONO, N. SARUKURA, H. SATO and T. FUKUDA, “Vacuum-ultraviolet, real time imaging utilizing LiCaAlF₆ optics,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, December, 2003, Taipei, Taiwan, TH2H-(7)-4 (2003).

A. QUEMA, H. TAKAHASHI, R. YOSHIOKA, Y. SUZUKI, S. ONO and N. SARUKURA, “Terahertz spectroscopic studies of mono- and di- substituted hydroxynaphthalenes,” CLEO/Pacific Rim the 5th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics, Taipei, December, 2003, paper F1G-(4)-1 (2003).

B-4) 招待講演

小野晋吾, 猿倉信彦, 「真空紫外光学材料としてのLiCAFと、レーザー材料としてのCe:LiCAF」, UVSOR ワークショップ ビームライン高度化(第三回), IMS, 2003年3月.

N. SARUKURA, “Development of Future All-Solid-State, Ultraviolet, Terawatt Laser System Using Ce:LiCAF as a Gain Medium,” ACCGE-15, Keystone, July 2003.

猿倉信彦, 「強磁場下のInAsからのテラヘルツ電磁波放射」, 応用物理学会 関西支部セミナー「テラヘルツ・フォトリクス」 第3回目, 大阪大学, 2003年8月.

小野晋吾, 佐藤浩樹, 猿倉信彦, 福田承生, 「紫外領域における高出力全固体超短パルスレーザー開発」, 電気学会電子・情報・システム部門大会, 秋田大学, 2003年8月.

N. SARUKURA, “Application and generation of various ultrashort optical pulses ranging from soft x-ray to far-infrared,” The 21st Samahang Pisika ng Pilipinas (SPP) Congress, Cebu (Philippines), October 2003.

猿倉信彦, 「強磁場中での半導体からのテラヘルツ電磁波放射」, 物性研短期研究会「短波長光などのコヒーレンスの生成・消滅に関する新しい知見と構想」, 東京大学物性研究所, 2003年11月.

N. SARUKURA, “Magnetic Field Enhanced THz-radiation Emitted Irradiated with Femtosecond Optical Pulses,” JAPAN-TAIWAN Joint Seminar Toward Formation of New Network Between Physics and Chemistry On the Frontiers of Material Science, Taipei (Taiwan), December 2003.

小野晋吾, 猿倉信彦, 「紫外光学材料としてのLiCaAlF₆結晶の特性とその応用」, UVSOR20周年記念利用者研究報告会, IMS, 2003年12月.

B-6) 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-7) 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-).

Advanced Solid- State lasers, program committee (2000-2002).

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 (2001-2003).

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 (2002-2003).

Ultrafast Optics, program committee (2002-).

Laser and Nonlinear Optical Materials, program committee (2002-2003).

学会誌編集委員

レーザー研究, 編集委員 (1997-).

B-8) 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-2003年3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高出力化と短波長化が当面の課題である。高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、高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より短波長での高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。