

## 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」, テラフォトンクス研究会, 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。