

## 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

A-3) 研究活動の概要と主な成果

- a) 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、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10mJ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) 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) 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、半導体において、エキシトンの準位に共鳴するテラヘルツ放射により、強制的にエキシトンを解離させる実験を準備中である。

B-1) 学術論文

N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, Y. SEGAWA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO, "Ultraviolet Short Pulses from an All-Solid-State Ce:LiCAF Master Oscillator and Power Amplifier System," *Opt. Lett.* **22**, 994-996 (1997).

R. KOMATSU, T. SUGAWARA, K. SASSA, N. SARUKURA, Z. LIU, S. IZUMIDA, Y. SEGAWA, S. UDA, T. FUKUDA

**and K. YAMANOUCI**, "Growth and Ultraviolet Application of  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  Crystals: Generation of the Fourth Harmonic and Fifth Harmonics of  $\text{Nd}:\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$  Lasers," *Appl. Phys. Lett.* **70**, 3492-3494 (1997).

**N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "All-Solid-State, THz Radiation Source Using a Saturable Bragg Reflector in a Femtosecond Mode-Locked Laser," *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, 560-562 (1997).

**Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, "Subnanosecond Tunable Ultraviolet Pulse Generation from a Low-Q, Short-Cavity  $\text{Ce}:\text{LiCAF}$  Laser," *Jpn. J. Appl. Phys.* **36**, L1384-L1386 (1997).

**S. CHICHIBU, T. AZUHATA, T. SOTA and S. NAKAMURA**, "Luminescences from Localized States in  $\text{InGaN}$  Epilayers," *Appl. Phys. Lett.* **70**, 2822 (1997).

**S. CHICHIBU, T. MIZUTANI, T. SHIODA, H. NAKANISHI, T. DEGUCHI, T. AZUHATA, T. SOTA and S. NAKAMURA**, "Urbach-Martienssen Tails in a Wurtzite  $\text{GaN}$  Epilayer," *Appl. Phys. Lett.* **70**, 3440(1997).

**N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "All-Solid-State, THz Radiation Source Using a Saturable Bragg Reflector in a Mode-Locked Laser," *OSA TOPS Vol. 13 Ultrafast Electronics and Optoelectronics* 241-243 (1997).

**N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "All-Solid-State, Short Pulse, Far-Infrared Source Using a Saturable Bragg Reflector in a Femtosecond Mode-Locked Laser," *OSA TOPS Vol. 10 Advanced Solid-State Lasers* 347-349 (1997).

**Z. LIU, N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Y. SEGAWA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, "14-mJ, 1-nsec, 289-nm Pulses From an All-Solid-State  $\text{Ce}:\text{LiCAF}$  Master Oscillator and Power Amplifier System," *OSA TOPS Vol. 10 Advanced Solid-State Lasers* 24-26 (1997).

**T. HIKITA, N. SARUKURA, Z. LIU, Y. JANG, M. URANO and K. ITO**, "Femtosecond Real Time Observation of the Vibrational Mode in Ferroelectrics," *J. Korean Phys. Soc.* **29**, S782 (1996).

## B-2) 国際会議のプロシーディングス

**N. SARUKURA, Z. LIU, S. IZUMIDA, Y. SEGAWA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, "Ultraviolet Picosecond Pulses from an All-Solid-State  $\text{Ce}:\text{LiSAF}/\text{Ce}:\text{LiCAF}$  Master Oscillator and Power Amplifier System," *CLEO 96* paper CME4.

**R. KOMATSU, T. SUGAWARA, K. SASSA, N. SARUKURA, Z. LIU, S. IZUMIDA, Y. SEGAWA, S. UDA, T. FUKUDA and K. YAMANOUCI**, "Lithium Tetraborate ( $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ) Crystals for the High-Energy Fifth Harmonic Generation of  $\text{Nd}:\text{YAG}$  Lasers," *CLEO 96*, paper CWA2.

**Z. LIU, C. LIU, S. IZUMIDA, N. SARUKURA, T. HIKITA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, "1-GHz Repetition-Rate Mode-Locked  $\text{Ti}:\text{Sapphire}$  Laser Using a Saturable Bragg Reflector," *CLEO 96*, paper CTuJ5.

**T. IZAWA, S. MATSUI, M. MAEDA, N. YAMAMURA, R. UCHIMURA, T. YAKUOH, N. SARUKURA, Z. LIU, S. IZUMIDA and Y. SEGAWA**, "Broad-Band Tunable, Compact, Low-Threshold,  $\text{Ti}:\text{Sapphire}$  Laser Using a Single Set of Extremely Broad-Band Optics," *CLEO 96*, paper CTuL27.

- N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Y. SEGAWA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, “14-mJ, 1-nsec, 289-nm Pulses from an All-Solid-State Ce:LiCAF Master Oscillator and Power Amplifier System,” *Advanced solid-state lasers '97* paper PD-12.
- N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, “All-Solid-State, Short Pulse, Far-Infrared Source Using a Saturable Bragg Reflector in a Femtosecond Mode-Locked Laser,” *Advanced solid-state lasers '97* paper MA5.
- N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, “A Saturable Bragg Reflector in a Mode-Locked Laser as an Intracavity THz-Radiation Emitter,” *CLEO '97*, paper CTuC3.
- K. KOYAMA, T. SUEMOTO, H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA and N. SARUKURA**, “New Measurement Scheme of Optically-Induced Complex-Index Change of Semiconductors in the Far-Infrared Region,” *QELS '97*, paper QTuE38.
- N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA and T. YAMANAKA**, “Ellipticity Change of High Average Power THz-Radiation from Femtosecond Optical-Pulse Irradiated Semiconductors under the Magnetic Field,” *QELS '97* paper QPD20.
- N. SARUKURA, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, “All-Solid State, THz-Radiation Source Using a Saturable Bragg Reflector in a Mode-Locked Laser,” *Ultrafast Electronics and Optoelectronics 1997* paper UWB2.
- Z. LIU, H. OHTAKE, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, “14-mJ Short UV Pulses from an All-Solid-State Ce:LiCAF Master Oscillator and Power Amplifier System,” *OSA Annual Meeting 1997* paper MH2.
- N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU and T. YAMANAKA**, “Ellipticity Change of High Average Power THz-Radiation from Femtosecond Optical-Pulse Irradiated Semiconductors under the Magnetic Field,” *OSA Annual Meeting 1997* paper ThV3.
- Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, N. SARUKURA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, “Ultraviolet Tunable Short Pulses from an All-Solid-State Ce:LiCAF Master Oscillator and Power Amplifier System,” *Ultrafast Optics (IEEE) 1997* paper TP-22.
- N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU and T. YAMANAKA**, “Ellipticity Change of High Average Power THz-Radiation from Femtosecond Optical-Pulse Irradiated InAs under the Magnetic Field,” *Ultrafast Optics (IEEE) 1997* paper TP-16.
- Z. LIU, N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, “THz-Radiation Generation Using a Saturable Bragg Reflector in a Femtosecond Mode-Locked Laser,” *CLEO Pacific Rim '97* paper WF3.
- Z. LIU, N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, Y. SEGAWA, T. ITATANI, T. SUGAYA, T. NAKAGAWA and Y. SUGIYAMA**, “70-mJ Pulse Energy Generation of Fifth Harmonic of Nd:YAG Laser Using Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub> Crystals,” *CLEO Pacific Rim '97* paper WH5.

**T. IZAWA, S. MATSUI, M. MAEDA, R. UCHIMURA, T. YAKUOH, Z. LIU, H. OHTAKE, S. IZUMIDA and N. SARUKURA**, “Broad-Band Tunable, Compact, All-Solid-State Ti:Sapphire Laser Using a Single Set of Extremely Broad-Band Optics,” *CLEO Pacific Rim '97* paper TuN2.

**H. OHTAKE, Z. LIU, S. IZUMIDA, T. YAMANAKA, N. SARUKURA, K. KOYAMA and T. SUEMOTO**, “New Measurement Scheme of Optically-Induced Complex-Index Change of Semiconductors in the Far-Infrared Region,” *CLEO Pacific Rim '97* paper P50.

**N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU and T. YAMANAKA**, “High Average Power THz-Radiation from Femtosecond Laser Irradiated InAs under the Magnetic Field and Its Elliptical Characteristics,” *CLEO Pacific Rim '97*, paper PD1.7.

**Z. LIU, N. SARUKURA, H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Y. SEGAWA, M. A. DUBINSKII, R. Y. ABDULSABIROV, S. L. KORABLEVA, A. K. NAUMOV and V. V. SEMASHKO**, “14-mJ Pulses from an All-Solid-State Ce:LiCAF Master Oscillator and Power Amplifier System,” *Fourth International Workshop on Femtosecond Technology, FEST '97* 77.

**T. DEGUCHI, T. AZUHATA, T. SOTA, S. CHICHIBU and S. NAKAMURA**, “Optical Absorption Coefficient in Wurtzite GaN,” *The 2nd International conference on nitride semiconductors* Oct. 28, Tokushima Univ. paper P2-32.

**M. SUGIYAMA, S. CHICHIBU, A. Shikanai, T. AZUHATA, T. SOTA, H. AMANO and I. AKASAKI**, “Photoreflectance and Photoluminescence Spectra of Tensile Strained Wurtzite GaN Epilayers,” *The 2nd International conference on nitride semiconductors* Oct. 28, Tokushima Univ. paper P2-33.

**S. CHICHIBU, T. AZUHATA, T. SOTA and S. NAKAMURA**, “Bright Emissions due to Recombination of Localized Excitons in InGaN Bulk and Quantum Well Devices,” *The 2nd International conference on nitride semiconductors* Oct. 28, Tokushima Univ. paper Tu3-2.

**M. ARITA, S. CHICHIBU, H. NAKANISHI, T. DEGUCHI, T. AZUHATA, T. SOTA and S. NAKAMURA**, “Exciton-Phonon Interaction in Wurtzite GaN Epilayers,” *The 2nd International conference on nitride semiconductors* Oct. 30, Tokushima Univ. paper Th1-6.

**H. OHTAKE, S. IZUMIDA, Z. LIU, T. YAMANAKA and N. SARUKURA**, “High Average Power THz-Radiation from Femtosecond Optical-Pulse Irradiated Semiconductors under the Magnetic Field,” *LEOS annual meeting '97* paper Thk2.

#### B-3) 総説、著書

猿倉信彦他,「固体レーザー(小林喬郎編)」, 学会出版センター, 1997, pp. 141-153.

大竹秀幸、猿倉信彦,「テラヘルツ電磁波のさまざまな発生法とその応用」, *応用物理* **66**, 984-985 (1997).

猿倉信彦,「紫外波長可変固体レーザーの新展開」, *OPTRONICS* **10**, 164-169 (1997).

大竹秀幸、猿倉信彦他,「CLEO/QELS'97 報告」, *レーザー研究* **25**, 588-607 (1997).

猿倉信彦,「紫外レーザー用結晶」, *光技術コンタクト* **35**, 663-669 (1997).

#### B-4) 招待講演

**N. SARUKURA**, “Solid-State Tunable Ultraviolet Short-Pulse Laser,” *CLEO Pacific Rim '97*, Chiba, paper TuN1 (1997).

**N. SARUKURA**, “Ultraviolet Short Pulses from an All-Solid-State Ce:LiCAF Master Oscillator and Power Amplifier System,”

Proceedings of International Symposium on Laser and Nonlinear Optical Materials 1997, Singapore, 44-47 (1997).

N. SARUKURA, "Recent advances in tunable solid state lasers," CRL International Topical Workshop on Space Laser Communications, Tokyo, paper 2-2 (1997).

T. AZUHATA, "Valence band physics in wurtzite GaN," MRS 1997 spring meeting D5.3.

猿倉信彦, 「新波長域の超短パルス発生の可能性」, 量子エレクトロニクス研究会・討論会「フェムト秒サイエンス」, 伊豆長岡, paper 1-14 (1997).

猿倉信彦, 「AlGaAs/AlAs 飽和ブリッジ反射器を用いた高強度遠赤外パルス光の発生」, 第6回理研シンポジウム「極限微小構造の物理と制御」, 理化学研究所大河内記念ホール, 35-38 (1997).

#### B-5) 受賞、表彰

猿倉信彦, 電気学会論文発表賞 (1994).

#### B-6) 学会および社会的活動

猿倉信彦

Ultrafast Phenomena プログラム委員 (1997-).

レーザー学会編集委員 (1997-).

応用物理学会プログラム委員 (1997-).

科学技術庁委員 (1995).

通産省電子技術総合研究所客員研究員 (1994).

小豆畑敬

日本物理学会フォノン物性分科世話人 (1996-1997).

#### 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。これは現在のエミッターの放射強度から考えても、より強い磁場を印加することやデバイス構造を工夫することによって実現できる。この光源を用いれば、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えるようになる。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。従って、200nm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見積られる。