

令和 3 年 5 月 27 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01899

研究課題名(和文) 中赤外ファイバーレーザー励起広帯域コヒーレント赤外光源の開発

研究課題名(英文) Development of broadband coherent infrared light sources pumped by mid-infrared fiber lasers

研究代表者

時田 茂樹 (Tokita, Shigeki)

大阪大学・レーザー科学研究所・准教授

研究者番号：20456825

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の主な研究成果は以下の通りである。(1)ファイバーレーザー励起Fe:ZnSeレーザー発振器を世界で初めて開発し、高出力・高効率レーザー発振をコンパクトな装置で実現した。(2)グラフェンを利用したモード同期Fe:ZnSeレーザー発振器を開発し、世界で初めてフェムト秒パルスの発生を実証した。(3)QスイッチFe:ZnSeレーザー発振器を開発し、微細加工へと応用可能な高繰返し・高ピークパワーレーザー発振を実証した。これらの成果により、多方面へ応用可能な、高出力・高効率・コンパクトな中赤外フェムト秒レーザーの実現の見通しが得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レーザー技術の進展により、小型・高効率かつ信頼性の高い高出力レーザー光源が産業・医療・科学などの分野で実用に供されるようになってきている。レーザー光源への要求は益々高度化・多様化しており、高出力化、短パルス化、高効率化、新波長帯開発など、様々な研究開発が行われている。本研究は挑戦的な課題の一つである中赤外域における新波長帯開発の研究に取り組み、画期的な4 μm帯固体レーザー光源の開発に成功した。

研究成果の概要(英文)：The main results of this research are as follows: (1) The fiber laser pumped Fe:ZnSe laser oscillator with high power, high efficiency, and compact has been firstly demonstrated. (2) The mode-locked femtosecond Fe:ZnSe laser oscillator using graphene saturable absorber has been demonstrated. (3) The Q-switched Fe:ZnSe laser oscillator with high repetition rate and high peak power, which can be applied to micromachining, has been demonstrated. From these results, we have obtained the prospect of realizing a high-power, high-efficiency, compact mid-infrared femtosecond laser that can be used for various applications.

研究分野：レーザー工学

キーワード：中赤外 ファイバーレーザー ZnSe フェムト秒レーザー ZBLAN レーザー加工

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

固体レーザー技術の進展により、小型・高効率かつ信頼性の高い高出力レーザー光源が産業・医療・科学などの分野で実用に供されるようになった。近年のスマートフォン、自動車等の先端機器の製造に不可欠となっているレーザー微細加工に適したピコ秒・フェムト秒パルスレーザーを例にとると、 $0.2 \sim 3 \mu\text{m}$ の短波長域においては、加工応用に必要な数ワット以上の平均出力を実用的な装置規模で得られるパルスレーザー光源がそろっている。一方、およそ $3 \mu\text{m}$ を超える長波長域においては、効率が低く高出力化が困難な波長変換レーザー、又は大型の自由電子レーザーがあるのみで、費用対効果の高い光源が存在しない。しかし、中赤外コヒーレント光に対する要求は産業・医療・科学研究の分野で特に大きく、その高い有用性が広く認識され、盛んに研究開発が行われている。例えば、中赤外レーザーの市場規模は2016年の500億円から、2019年には800億円以上に拡大するとの予想があり、1.7兆円ほどのレーザー光源全体の市場と比べても目立つ存在となってきている。様々な分子の共鳴線が存在する指紋領域をカバーする小型光源を実用化できれば、分子構造解析、爆発物や可燃性・毒性ガスの遠隔検出、血液などの生体計測、ガラスや樹脂等の透明材料のレーザー微細加工など、広範な分野に革新をもたらすことができる。中赤外域における新波長帯光源の研究は挑戦的な課題の一つである。

2. 研究の目的

本研究の目的は、中赤外波長域の広帯域コヒーレント光パルスを発生できる高出力・高効率・コンパクトなレーザー光源技術を確立することである。代表者らが独自に開発した波長 $2.8 \mu\text{m}$ の中赤外ファイバーレーザーを励起光源とする $4 \sim 5 \mu\text{m}$ 帯の高出力フェムト秒レーザーを開発することを主目的とする。

3. 研究の方法

Fe:ZnSe結晶は $2.5 \sim 4 \mu\text{m}$ に吸収帯をもち、 $4 \sim 5 \mu\text{m}$ の幅広い波長域で利得が得られるため、中赤外域のフェムト秒レーザー媒質として期待されている。現状の中赤外Fe:ZnSeレーザーは、フラッシュランプ励起Er:YAGレーザーなどの低効率かつ低ビーム品質の固体レーザーを励起光源として用いているため、レーザーシステムの総合的な電力効率は非常に低く、安定性・信頼性も低い。そのため、現状ではFe:ZnSeレーザーの実用例はごくわずかである。代表者が開発したファイバーレーザーは安定性、信頼性、効率、出力、ビーム品質など多くの点で優れており、Fe:ZnSeレーザーの励起光源として理想的な特徴を有している。そのため、本研究で中赤外Fe:ZnSeレーザーの高出力化・高効率化の基礎技術が確立すれば、 $4 \sim 5 \mu\text{m}$ 帯中赤外レーザーの本格的な実用化への見通しが得られる。本研究では、最初に、高効率で発振するファイバーレーザー励起連続波Fe:ZnSeレーザーを開発し、同レーザーの高い潜在能力を実証した。その後、モード同期Fe:ZnSeレーザーを開発し、フェムト秒超短パルスレーザーとしての能力を実証した。さらに、QスイッチFe:ZnSeレーザーを開発し、微細加工用途へ応用可能な高繰返しナノ秒レーザーとしての実用可能性を示した。

4. 研究成果

高出力・高安定・高ビーム品質な $2.8 \mu\text{m}$ 帯ファイバーレーザーを励起光源として用いることで、Fe:ZnSeレーザーの高効率CW発振を実証した。また、グラフェンによる受動モード同期発振、ならびに、高繰返しQスイッチ発振を実証した。以下に、それらの実験結果の概要を述べる。

(1) 高効率連続波発振： Fe濃度が $2.5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ および $3.5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の二つのFe:ZnSe結晶をレーザー増幅媒質として用い、比較実験を行った。これらの結晶は気相成長法により育成され、高い均一性と低損失を実現している。室温でのFe:ZnSe結晶の上準位寿命は 370ns と短いため、CW発振を行うには極めて高い励起強度が必要となる。そのため、室温でのCW発振は事実上困難である。本実験では、液体窒素クライオスタットを用いて結晶を 77K まで冷却した。 77K での寿命は $57 \mu\text{s}$ である。実験装置の概略図を図1に示す。レーザー共振器は真空容器内に構成した。ペローズを利用して出力ミラー(OC)を可動とすることで、共振器アライメントと共振器長の調整を可能にしている。レーザー共振器は平面ダイクロイックミラーと曲率半径 50mm の凹面ミラーで構成した。励起光源として半導体レーザー励起Er:ZBLANファイバーレーザーを用い、最大出力 6.5W の安定したシングル横モード光を得た。励起レーザーの発振波長は $2.80 \mu\text{m}$ である。透過率17%の出力カプラーを用いた場合、低濃度結晶で 1.49W 、高濃度結晶で 1.84W の出力が得られた。スロープ効率はいずれの場合も約50%であった。高濃度結晶の方が励起光の吸収率が高まるため、出力が高まったと考えられる。発振閾値はいずれの場合も約 40mW であった。透過率34%の出力ミラーと高濃度結晶を用いた場合に最も高い出力とスロープ効率が得られ、値はそれぞれ 2.13W と59%であった。世界初の試みとして、高出力Er:ZBLANファイバーレーザー励起によるFe:ZnSeレーザーのCW発振実験を行い、 2.1W の出力と59%の高いスロープ効率を実証した。ビーム品質が高く、高安定、コンパクトなEr:ZBLANファイバーレーザー

を励起光源として用いることで、中赤外 Fe:ZnSe レーザーの応用用途が格段に広がることが期待される。

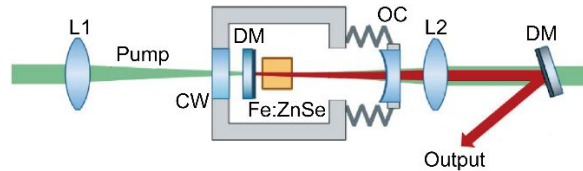


図1 高効率連続波 Fe:ZnSe レーザー発振器の概略図

(2) グラフェンによる受動モード同期発振： Fe:ZnSe レーザー発振器の概略図を図2に示す。Fe 濃度 $3.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の Fe:ZnSe 結晶を液体窒素クライオスタットにより 175 K に冷却した。大気中の CO_2 の吸収を取り除くために、共振器全体を真空チャンバーに入れ、 10^{-4} Torr 以下まで減圧した。共振器は5枚のミラーで構成されている。3枚の凹面ミラーを用いることにより、Fe:ZnSe 上での TEM_{00} モード径が約 $100 \mu\text{m}$ になるように設計した。共振器長は約 3 m である。励起光源として Er:ZBLAN ファイバーレーザーを用いた。受動モード同期を得るための過飽和吸収帯として単層グラフェンを用いた。CVD 法により金属基板上に成長させたグラフェンを AR コートされた BaF_2 基板上に転写し、共振器内に挿入した。グラフェン上での TEM_{00} モード径は $200 \mu\text{m}$ と推定される。励起パワーがおよそ 1 W を超えると、モード同期によるパルス列が得られた。このときのグラフェン上でのパルスフルーエンスは $45 \mu\text{J}/\text{cm}^2$ と見積られる。4.3 W の最大励起時に 415 mW のモード同期レーザー出力が得られた。レーザーの中心波長は 4410 nm で、スペクトル幅は 42 nm であった。スペクトル幅に対応するフーリエ変換限界パルス幅は約 670 fs である。実際のパルス幅を推定するには自己相関法による測定が必要であるが、ピコ秒以下へ圧縮可能な超短パルスの発生が示唆される。Fe:ZnSe レーザーによる安定した CW モード同期を世界で初めて実証した。Fe:ZnSe 結晶の利得帯域は 1000 nm 以上と広いと、更なる広帯域化（短パルス化）が原理的に可能である。また、ここで用いた手法は $5 \mu\text{m} \sim 6 \mu\text{m}$ のより長波長で発振可能な Fe:CdSe レーザーや Fe:CdTe レーザーへも応用できる。

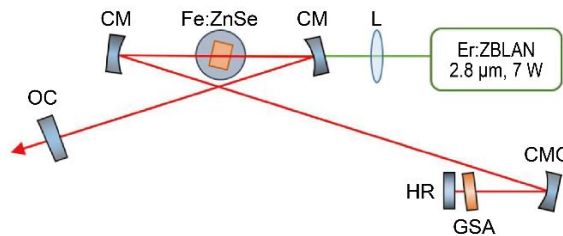


図2 グラフェンモード同期 Fe:ZnSe レーザー発振器の概略図

(3) 高繰り返し Q スイッチ発振： 音響光学変調器 (AOM) により Q スイッチ発振する Fe:ZnSe レーザーの概略図を図3に示す。Fe 濃度 $3.5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の Fe:ZnSe 結晶を液体窒素クライオスタットにより 77K に冷却した。励起光源として出力 5 W の Er:ZBLAN ファイバーレーザーを用いた。入射励起光の 52% が Fe:ZnSe 結晶によって吸収され、最大励起時の励起光吸収パワーは 2.6 W であった。Fe:ZnSe レーザーの共振器は2枚の凹面ミラーによって構成され、共振器長は 194 mm である。Fe:ZnSe 結晶を共振器の中央に配置し、結晶と出力ミラーの間にゲルマニウム製の AOM を挿入した。AOM の 1 次回折により共振器に損失を与え、0 次回折光を発振に利用する構成とした。出力鏡の透過率は 20% である。AOM 未挿入の CW 動作では、最大励起時の出力は 1.15 W、スロープ効率は 46%、発振波長は約 4050 nm であった。40 kHz において最大平均出力 0.55 W が得られ、繰り返し周波数の低下に伴い平均パワーは低下した。パルスエネルギーは 40 kHz、10 kHz のとき、それぞれ、 $14 \mu\text{J}$ 、 $22 \mu\text{J}$ であった。5 kHz 時のピークパワーは 1.1 kW と見積もられる。パルスエネルギーが $1 \mu\text{J} \sim 1 \text{ mJ}$ 、かつピークパワーが 1 kW 以上の高繰り返し中赤外パルスレーザーは、ガラスや樹脂の微細加工、外科手術、リモートセンシングへ利用可能である。本実験によりファイバーレーザー励起 Fe:ZnSe レーザーは小型・高安定な中赤外パルスレーザーとして有望であることが示された。

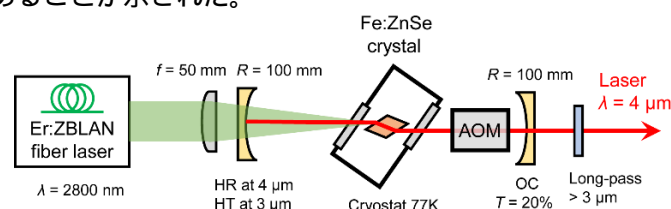


図3 高繰り返し Q スイッチ Fe:ZnSe レーザー発振器の概略図

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Pushkin A. V., Migal E. A., Uehara H., Goya K., Tokita S., Frolov M. P., Korostelin Yu. V., Kozlovsky V. I., Skasyrsky Ya. K., Potemkin F. V.	4. 巻 43
2. 論文標題 Compact, highly efficient, 2.1-W continuous-wave mid-infrared Fe:ZnSe coherent source, pumped by an Er:ZBLAN fiber laser	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 5941 ~ 5941
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.43.005941	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Goya Kenji, Matsukuma Hiraku, Uehara Hiyori, Hattori Satoshi, Sch?fer Christian, Konishi Daisuke, Murakami Masanao, Tokita Shigeki	4. 巻 26
2. 論文標題 Plane-by-plane femtosecond laser inscription of first-order fiber Bragg gratings in fluoride glass fiber for in situ monitoring of lasing evolution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 33305 ~ 33305
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.26.033305	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Bawden Nathaniel, Matsukuma Hiraku, Henderson-Sapir Ori, Klantsataya Elizaveta, Tokita Shigeki, Ottaway David J.	4. 巻 43
2. 論文標題 Actively Q-switched dual-wavelength pumped Er ³⁺ :ZBLAN fiber laser at 3.47 μm	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 2724 ~ 2724
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.43.002724	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Kenji Goya, Hiyori Uehara, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Shigeki Tokita	4. 巻 10899
2. 論文標題 High-index-contrast Bragg gratings fabricated in fluoride fiber with 513-nm femtosecond laser	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SPIE Proceedings 10899	6. 最初と最後の頁 1089919
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2508362	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uehara Hiyori, Tsunai Takanori, Han Bingyu, Goya Kenji, Yasuhara Ryo, Potemkin Fedor, Kawanaka Junji, Tokita Shigeki	4. 巻 45
2. 論文標題 40 kHz, 20 ns acousto-optically Q-switched 4 μm Fe:ZnSe laser pumped by a fluoride fiber laser	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 2788 ~ 2788
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.391365	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Pushkin A. V., Migal E. A., Tokita S., Korostelin Yu. V., Potemkin F. V.	4. 巻 45
2. 論文標題 Femtosecond graphene mode-locked Fe:ZnSe laser at 4.4 μm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 738 ~ 738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.384300	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Goya Kenji, Uehara Hiyori, Konishi Daisuke, Sahara Ryo, Murakami Masanao, Tokita Shigeki	4. 巻 12
2. 論文標題 Stable 35-W Er: ZBLAN fiber laser with CaF2 end caps	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 102007 ~ 102007
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1882-0786/ab3f44	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Uehara Hiyori, Konishi Daisuke, Goya Kenji, Sahara Ryo, Murakami Masanao, Tokita Shigeki	4. 巻 44
2. 論文標題 Power scalable 30-W mid-infrared fluoride fiber amplifier	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 4777 ~ 4777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.44.004777	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Guo Xiaoyang, Tokita Shigeki, Kawanaka Junji	4. 巻 125
2. 論文標題 Highly efficient femtosecond second-harmonic generation from Yb:CaF ₂ -regenerative amplifier	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Physics B	6. 最初と最後の頁 143-1 ~ 143-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00340-019-7257-1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Li Zhaoyang, Ogino Jumpei, Tokita Shigeki, Kawanaka Junji	4. 巻 27
2. 論文標題 Arbitrarily distorted 2-dimensional pulse-front measurement and reliability analysis	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 13292 ~ 13292
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.27.013292	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hamamoto Koichi, Yasuhara Ryo, Tokita Shigeki, Chyla Michal, Kawanaka Junji	4. 巻 10
2. 論文標題 Measurement of the piezooptic coefficient of ceramic YAG and analysis of depolarization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 891 ~ 891
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OME.384053	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yasuhara Ryo, Uehara Hiyori, Yao Weichao, Chen Hengjun, Tokita Shigeki, Furuse Hiroaki	4. 巻 10
2. 論文標題 Dy-doped Y ₂ O ₃ transparent ceramics as a mid-infrared laser medium and saturable absorber	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 2998 ~ 2998
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OME.409848	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yao Weichao, Uehara Hiyori, Tokita Shigeki, Chen Hengjun, Konishi Daisuke, Murakami Masanao, Yasuhara Ryo	4. 巻 14
2. 論文標題 LD-pumped 2.8 μm Er:Lu2O3 ceramic laser with 6.7 W output power and >30% slope efficiency	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Physics Express	6. 最初と最後の頁 012001 ~ 012001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1882-0786/abce9a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 吉田英次、時田茂樹、椿本孝治、河仲準二	4. 巻 49
2. 論文標題 TGGセラミックスを用いた高平均出力レーザー用大口径ファラデー回転装置の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 61 ~ 66
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hamamoto Koichi, Nishio Megumi, Tokita Shigeki, Uehara Hiyori, Yanagitani Takagimi, Fujioka Kana, Yasuhara Ryo, Kawanaka Junji	4. 巻 11
2. 論文標題 Properties of TAG ceramics at room and cryogenic temperatures and performance estimations as a Faraday isolator	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optical Materials Express	6. 最初と最後の頁 434 ~ 434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OME.412938	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ogino Jumpei, Tokita Shigeki, Kitajima Shotaro, Yoshida Hidetsugu, Li Zhaoyang, Motokoshi Shinji, Morio Noboru, Tsubakimoto Koji, Fujioka Kana, Kodama Ryosuke, Kawanaka Junji	4. 巻 46
2. 論文標題 10 J operation of a conductive-cooled Yb:YAG active-mirror amplifier and prospects for 100 Hz operation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 621 ~ 621
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.414926	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ogino J., Zhaoyang L., Tokita S., Tsubakimoto K., Miyanaga N., Kawanaka J.	4. 巻 38
2. 論文標題 Development two-stage frequency domain optical parametric amplification	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 High Energy Density Physics	6. 最初と最後の頁 100906 ~ 100906
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.hedp.2020.100906	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 時田茂樹、村上政直、上原日和、合谷賢治、小西大介
2. 発表標題 全ファイバー化に向けた高出力3 μ m帯ファイバーレーザーの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第39回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 合谷賢治、上原日和、小西大介、村上政直、時田茂樹
2. 発表標題 高出力・高安定な連続波3 μ m帯Er:ZBLAN ファイバレーザーの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第39回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上原日和、合谷賢治、A. V. Pushkin、E. A. Migal、F. V. Potemkin、時田茂樹
2. 発表標題 Er:ZBLANファイバーレーザー励起4 μ m帯Fe:ZnSeレーザーの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第39回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 上原日和、合谷賢治、時田茂樹、韓冰羽
2. 発表標題 ファイバーレーザー励起4 μ m帯Fe:ZnSeレーザーの開発
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 合谷賢治、上原日和、小西大介、村上政直、時田茂樹
2. 発表標題 高出力・高安定な連続波2.8 μ mEr:ZBLANファイバーレーザー
3. 学会等名 第66回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 合谷 賢治、上原 日和、小西 大介、村上 政直、時田 茂樹
2. 発表標題 フッ化物ファイバーへのフェムト秒レーザーによるFBG書込みと2.8 μ m中赤外レーザー光の増幅特性評価
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上原日和、合谷賢治、小西大介、シェーファー クリスチャン、村上政直、時田茂樹
2. 発表標題 高出力・高安定な産業用・連続波2.8 μ m帯Er:ZBLANファイバーレーザーの開発
3. 学会等名 第79回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiyori Uehara, Daisuke Konishi, Christian A. Schafer, Kenji Goya, Masanao Murakami, Shigeki Tokita
2. 発表標題 Highly-Stable 2.8 μm MOPA System with Fluoride-Fiber-Based Pump Combiners
3. 学会等名 Advanced Solid State Lasers 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiyori Uehara, Shigeki Tokita, Junji Kawanaka, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Seiji Shimizu, Ryo Yasuhara
2. 発表標題 Passively Q-switched Er:Lu2O3 Ceramic Laser at 2.8 μm using Graphene Saturable Absorber
3. 学会等名 Advanced Solid State Lasers 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kenji Goya, Hiyori Uehara, Daisuke Konishi, Masanao Murakami, Shigeki Tokita
2. 発表標題 High-index-contrast Bragg gratings fabricated in fluoride fiber with 513-nm femtosecond laser
3. 学会等名 SPIE Photonics West 2019 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 上原 日和、時田 茂樹、安原 亮、古瀬 裕章
2. 発表標題 3 μm 帯レーザー媒質利用のためのDy:Y2O3セラミックスの光学特性評価
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉田 英次、時田 茂樹、椿本 孝治、河仲 準二
2. 発表標題 高平均出力レーザー用大口径TGGファラデー回転子の開発(II)
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小西 大介、上原 日和、合谷 賢治、佐原 諒、小田 晃一、時田 茂樹、村上 政直
2. 発表標題 改良型ファイバー結合器を用いた33W中赤外Er:ZBLANファイバーMOPAシステム
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 荻野 純平、時田 茂樹、Li Zhaoyang、山口 尚弘、北島 将太郎、本越 伸二、森尾 登、椿本 孝治、吉田 英次、藤岡 加奈、河仲 準二、植田 憲一、兒玉 了祐
2. 発表標題 高パルスエネルギーアクティブミラー増幅システムの開発I
3. 学会等名 第80回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 時田 茂樹、上原 日和、合谷 賢治、小西 大介、佐原 諒、小田 晃一、村上 政直
2. 発表標題 2.8 μm 中赤外高出力ファイバーレーザーの開発とその応用
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会(国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上原 日和、安原 亮、合谷 賢治、村上 政直、時田 茂樹
2. 発表標題 高出力中赤外レーザーの開発とその応用
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会（国際学会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 綱井 貴教、時田 茂樹、吉田 実、Potemkin F. V.、河仲 準二
2. 発表標題 ファイバーレーザー励起4 μ m帯Fe:ZnSeレーザーの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山口 尚大、荻野 純平、時田 茂樹、北島 将太郎、河仲 準二
2. 発表標題 低温Yb:YAGアクティブミラー型増幅器における熱応力波面歪みの測定
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 荻野 純平、時田 茂樹、山口 尚弘、北島 将太郎、リ ジャオヤン、本越 伸二、森尾 登、楢本 孝治、吉田 英次、藤岡 加奈、河仲 準二、植田 憲一、兒玉 了祐
2. 発表標題 10J/100Hz 液体窒素循環冷却 Yb:YAG アクティブミラー増幅システムの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第40回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 横関 海翔、藤岡 加奈、時田 茂樹、荻野 純平、北島 将太郎、宮永 憲明、河仲 準二
2. 発表標題 高出力超短パルスレーザーのためのNd: CaF ₂ 透明セラミックスの開発
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上原 日和、合谷 賢治、時田 茂樹、安原 亮、西島 喜明、岸 哲生、田部 勢津久
2. 発表標題 広帯域な中赤外ファイバーASE光源の開発
3. 学会等名 68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上原 日和、合谷 賢治、安原 亮、時田 茂樹、岸 哲生、田部 勢津久
2. 発表標題 LD励起・広帯域中赤外ファイバー光源の開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 時田 茂樹、上原 日和、合谷 賢治、村上 政直、小西 大介、佐原 諒、小田 晃一、ヒョードル ポチョムキン、アンドレイ プーシキン
2. 発表標題 3 μ m帯および4 μ m帯の高出力固体・ファイバーレーザーの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北島 将太郎、荻野 純平、時田 茂樹、リ ジャオヤン、本越 伸二、森尾 登、椿本 孝治、吉田 英次、藤岡 加奈、植田 憲一、兒玉 了祐、河仲 準二
2. 発表標題 インククラッドにて寄生発振を抑制した1 J/100 Hz低温冷却Yb:YAGレーザー増幅器
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 北島 将太郎、荻野 純平、時田 茂樹、リ ジャオヤン、本越 伸二、森尾 登、椿本 孝治、吉田 英次、藤岡 加奈、植田 憲一、兒玉 了祐、河仲 準二
2. 発表標題 10 J/100 Hz液体窒素循環冷却Yb:YAGアクティブミラー型増幅器のための伝熱解析と寄生発振抑制法の検討
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 荻野 純平、時田 茂樹、北島 将太郎、リ ジャオヤン、本越 伸二、森尾 登、椿本 孝治、吉田 秀次、藤岡 加奈、植田 憲一、兒玉 了祐、河仲 準二
2. 発表標題 10J/100Hz 液体窒素循環冷却 Yb:YAG アクティブミラー増幅システムの開発2
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 河仲 準二、時田 茂樹、荻野 純平、リ ジャオヤン、吉田 英次、北島 将太郎、藤岡 加奈、横関 海翔、本越 伸二、吉田 祐貴、椿本 孝治、森尾 登、松本 景子、革新的パワーレーザー建設委員会メンバー
2. 発表標題 革新的パワーレーザー研究と世界の動向
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 韓 冰羽、時田 茂樹、奥田 弘礼、梅原 さおり、吉田 斉、小川 泉、仁木 秀明、宮永 恵明
2. 発表標題 Ca同位体濃縮のための高出力・狭線幅・青紫色半導体レーザーシステムの開発
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ポチヨムキン ヒョードル (Potemkin Fedor)	モスクワ大学・物理学部・准教授	
研究協力者	プーシキン アンドリユー (Pushkin Andrey)	モスクワ大学・物理学部・大学院生	
研究協力者	村上 政直 (Murakami Masanao)	三星ダイヤモンド工業株式会社・部長代理	
連携研究者	上原 日和 (Uehara Hiyori) (20725329)	核融合科学研究所・ヘリカル研究部・助教 (63902)	
連携研究者	合谷 賢治 (Goya Kenji) (40757332)	秋田県立大学・システム科学技術学部・助教 (21401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	安原 亮 (Yasuhara Ryo) (30394290)	核融合科学研究所・ヘリカル研究部・准教授 (63902)	
連携研究者	河仲 準二 (Kawanaka Junji) (50264362)	大阪大学・レーザー科学研究所・教授 (14401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関		
ロシア連邦	モスクワ大学	レベデフ物理学研究所	