

令和 3 年 6 月 14 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K05074

研究課題名（和文）2モードファイバに動的励起する周期摂動を用いた全ファイバレーザの高機能化

研究課題名（英文）All-fiber lasers using dynamic perturbations induced in two-mode fibers

研究代表者

坂田 肇（SAKATA, HAJIME）

静岡大学・工学部・教授

研究者番号：40377718

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：2 $\mu$ m帯ファイバレーザにおいて、波長可変発振とQスイッチ発振を全ファイバレーザ共振器で実現した。波長可変については、ファイバ中に圧力誘起した長周期グレーティングならびにシングルモードファイバ間に挿入したマルチモード領域の干渉効果を用いて実現した。Qスイッチについては、能動型ではファイバへの動的圧力印加、受動型では可飽和吸収薄膜のファイバ挿入によって実現した。さらに、上記機能を集積した全ファイバレーザを試作し、波長可変幅100nmを超える低パワー励起Qスイッチ発振に成功した。今後、制御性の高い医療レーザ、分析機能に優れる環境センシング、広帯域性を有する空間通信光源などへの広がりが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究が実用化されれば、ファイバレーザが本来備える小型・軽量性、堅牢性、広帯域性などを生かした新たな応用形態が期待される。例えば、大気計測においてはレーザ光の波長を掃引することで、複数の温室効果ガス分布を広範囲にわたって計測できるようになる。また、医療分野においては、水の吸収長が2 $\mu$ m帯では波長に大きく依存する性質を活用して、従来はレーザ出力で制御していた生体へのレーザ照射の深さや範囲を発振波長の制御で行えるようになる。さらに、本方式はファイバレーザの種類や発振波長帯を問わないため、将来新たなファイバレーザが出現しても本研究成果を適用できる汎用性も評価される。

研究成果の概要（英文）：Wavelength tunable and Q-switched oscillation was realized in 2 $\mu$ m-band all-fiber lasers. Broadband wavelength control was achieved by the long-period grating induced in the fiber and by the interference effect in the multimode fiber inserted between the single-mode fibers. Active and passive Q-switched oscillations were realized by applying dynamic pressure to the fiber and by inserting a saturable absorption thin-film into the fibers, respectively. Finally, we fabricated an all-fiber laser that integrated the above functions, and succeeded in low-power pumping Q-switched oscillation with a wavelength tunability of over 100 nm. This technology is expected to be used for medical lasers with high controllability, environmental sensing with excellent analytical functions, and free-space optical communication systems with broadband characteristics.

研究分野：光エレクトロニクス

キーワード：ファイバレーザ チューナブルレーザ Qスイッチレーザ

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

希土類添加ファイバレーザの中で、Tm 添加ファイバレーザ (TFL) や Tm/Ho 共添加ファイバレーザ (THFL) の発振波長は 1.75 - 2.15  $\mu\text{m}$  の広範囲に及ぶ。この波長帯は、水の吸収係数が大きく、温室効果ガスの吸収線も多数存在し、アイセーフ帯でもあることから、医療、ガスセンシング、空間計測など、産業用・加工用で普及している 1  $\mu\text{m}$  帯の Yb 添加ファイバレーザとは異なる応用が期待されている。TFL および THFL において、小型・省電力での高出力パルスの発生と広帯域にわたるチューナブル化が実現されれば、波長制御によるレーザ光の生体侵入調整や複数種のガス同時計測など、さらなる応用展開が図れる。

現在開発されている Q スイッチファイバレーザでは、共振器 Q 値制御のため、音響光学変調器や回転鏡などバルク型素子が必要である。Q スイッチ素子の外観だけ見ればファイバ型もあるが、内部はファイバだけでなく強誘電体結晶や結合レンズなどが実装されているので、高価であり、挿入損失も無視できない。波長可変ファイバレーザについては、その動作原理の多くは、ファイバ外部に設けた回折格子や誘電体多層膜フィルタを回転させる機構に基づいている。Q スイッチ素子と同様、ファイバとの光学調整の必要性、堅牢性の劣化、効率低下、装置大型化などの課題がある。研究代表者は、上記課題解決のため、高出力パルス発振および発振波長の制御をすべてファイバ構成で実現することを目標として、これまでにファイバへの応力印加により TFL における Q スイッチングや波長チューニングにそれぞれ成功してきた。しかし、Q スイッチ発振を波長可変制御した状態で実行する全ファイバレーザの実現には達していなかった。

### 2. 研究の目的

研究代表者は低電力駆動での高出力パルス発生、同時に発振波長制御をすべてファイバ共振器内で完結するレーザシステムの実現を目指した。本研究の達成により、制御性の高い医療用レーザ、分析機能に優れた環境センシング、広帯域性を有する空間通信光源など新たな応用分野を開拓することを将来の目的とした。具体的な研究の目的は以下の通りである。

第 1 の研究目的は、ファイバ共振器から光を取り出さずに発振波長を変えられるファイバ機構を構築する点にあった。波長選択機能をファイバで実現する手段としては、ファイバブラッググレーティング、長周期ファイバグレーティング (LPFG)、サニャックファイバループ、マルチモード干渉 (MMI) などの手法が報告されている。いずれも原理的にはファイバ素子として動作させるのに適しているが、波長可変幅は限られていた。そこで、本研究ではファイバ素子で 100 nm を超える波長可変幅を得ることを目標とした。

第 2 の研究目的は、波長選択機能と同様にファイバ共振器内で効率よく Q スイッチングを行う点にあった。そのため、能動型ではピエゾアクチュエータ (PA) を用いてファイバに動的マイクロバンドを高速形成・消去する方式で、受動型ではファイバに薄膜の可飽和吸収体 (SA) を挿入する方式で Q 値制御を行った。

第 3 の研究目的は、Q スイッチパルスの発振波長を広範囲にチューニング可能とすることであった。

### 3. 研究の方法

#### (1) 発振波長の可変制御

動作原理的には、帯域阻止フィルタ (圧力印加 LPFG) と帯域通過フィルタ (可変 MMI) をファイバで構成する 2 つの方式について研究を行った。

圧力印加 LPFG 方式: ピッチ可変なコイルばねをファイバに圧着することでファイバコアとクラッドの界面に屈折率摂動を誘起させた。LPFG 周期を外部より制御して、伝搬コアモードを放射クラッドモードに変換する損失波長帯を移動させることで、利得ピークを操作し発振波長をシフトさせた。

可変 MMI 方式: シングルモード - マルチモード - シングルモード (SMS) 構造の透過光スペクトルに現れる透過波長ピークを外部制御することでレーザ発振波長を変化させた。透過波長ピークを移動させる手段として、SMS 構造のマルチモード (MM) 領域の長さを変える方式と、MM 領域の実効コア径を変える方式について研究を行った。変化を与える手段として、液体の持つ流動性と大きな熱光学定数を利用した。

#### (2) レーザ共振器の Q 値制御

波長可変レーザで Q スイッチングを実現するため、広帯域に損失を引き起こせる能動型と受動型の 2 方式について研究した。

能動型 Q スイッチング: レーザ共振器内のファイバを外部から操作して動的損失を与えるため、PA に波形チップを取り付け、ファイバを挟んだ。効率良い動作のために、波形チップの周期と本数、および PA 駆動時間を最適化した。さらに、PA の高速化に伴う低ストロークを補うためにファイバに予め与える負荷を最適化し、マイクロバンドを形成するファイバ領域のコーティングを加熱処理により偏平化することで動的損失のダイナミックレンジを広げた。

受動型 Q スイッチング: ファイバフェルルに挿入された広帯域 (1800 - 2200 nm) で可飽和

吸収の得られる半絶縁性 GaAs 薄膜を用いた。可飽和透過率の異なる SA 薄膜を比較してレーザパルス出力特性を評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1) 波長可変ファイバレーザ

実験に使用したファイバ共振器の基本的構成を図 1 に示す。活性ファイバは Tm 添加石英ファイバ (TDF) ないし Tm/Ho 共添加石英ファイバ (THDF) で、励起半導体レーザ (LD) は波長 1630 nm の InGaAsP-LD を用いた。励起 LD 結合用と出力光取出し用に、波長分割多重 (WDM) ファイバカプラと結合比可変ファイバカプラをそれぞれ用いた。図中の機能ファイバ素子は、作製した波長可変素子や Q スイッチ素子を示している。図 2 は実験で使用した 3 種類のファイバ波長可変素子の構造を表している。

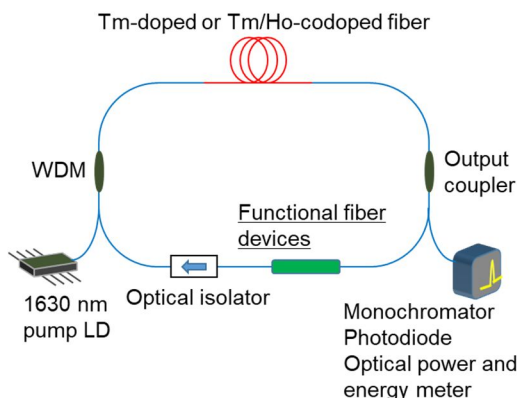


図 1 全ファイバレーザの基本的構成

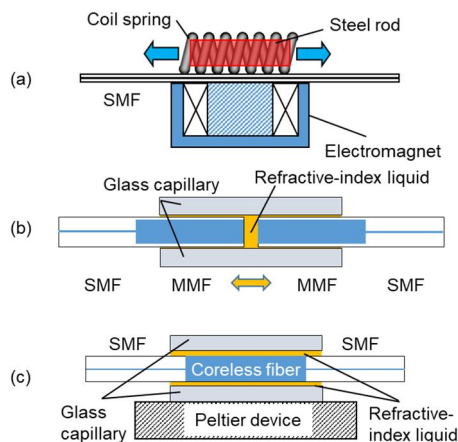


図 2 ファイバ波長可変素子

圧力印加 LPFG 方式：圧力印加 LPFG の透過光スペクトルに生じる損失帯を制御して発振波長のシフトを行った。図 2 (a) に示すように、ファイバに圧着したコイルばねに鉄心を挿入し、ファイバ下部の電磁石で吸引することでファイバ中に圧力印加 LPFG を誘起した。コイルばねの伸縮に応じて LPFG 周期が変わるため、コアモード - クラッドモード間で生じる共鳴波長を制御できる。THDF を用いた発振波長シフトの様子を図 3 に示す。図中点線は複数の放射クラッドモードに対応する損失帯中心を表していて、発振波長は損失帯間に生じる透過帯に沿って変化した。LPFG 周期 806  $\mu\text{m}$  から 959  $\mu\text{m}$  の制御に対応して、発振波長は、1881 nm から 1978 nm へシフトした。

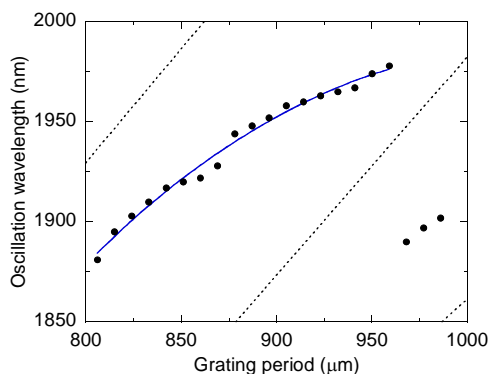


図 3 圧力印加 LPFG による発振波長制御

可変 MMI 方式：ファイバレーザ共振器内に SMS 構造を挿入することで MMI 効果を引き起こした。図 4 は SMS 構造を通過する波長 1900 nm の光の透過特性を計算した結果である。MM 領域 (コア径 105  $\mu\text{m}$ ) の伝搬距離に従って、透過ピークが繰り返し現れている。これは MM 領域において励振された複数のモードが干渉することにより生じる。図 4 には伝搬距離 35 mm 付近で高い透過ピークが生じている。MMI 効果で生じる透過ピーク波長は、以下の式(1)で近似的に表される。

$$\lambda_c = p \left( \frac{n_{\text{eff}} D_{\text{eff}}^2}{L} \right), \quad p = 1, 2, \dots, \quad (1)$$

ここで、 $p$  は干渉の中心となるモード次数、 $L$  は MM 領域長、 $D_{\text{eff}}$ 、 $n_{\text{eff}}$  はそれぞれ MM 領域の実効コア径と実効屈折率を示している。これらパラメータを制御して、透過波長を制御した。図 2 (b) に示す可変長 SMS 構造では、MM 領域の中央部を屈折液とすることで、MM 領域長を実効的に変え

た。図5は可変長SMS構造を挿入したTHFL共振器で、液体コアの長さ $\Delta L$ とレーザ発振波長の関係を測定した結果である。MM領域長の変化で発振波長が移動し、最大で64 nmの可変波長幅が得られた。ただ、この方式ではMM領域内の液体コアが長くなるにつれて挿入損失が増え、レーザ出力が低下した。そこで、後述する石英コア+液体クラッド構造(図2(c)参照)を検討した。

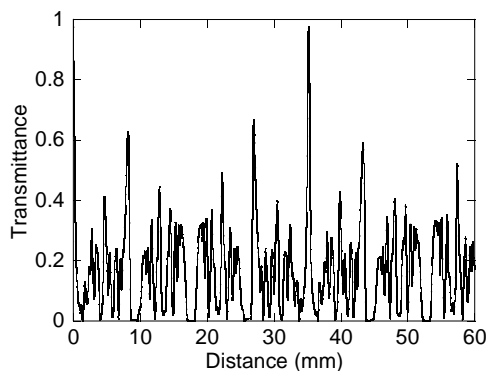


図4 SMS構造の伝搬距離 - 透過率特性

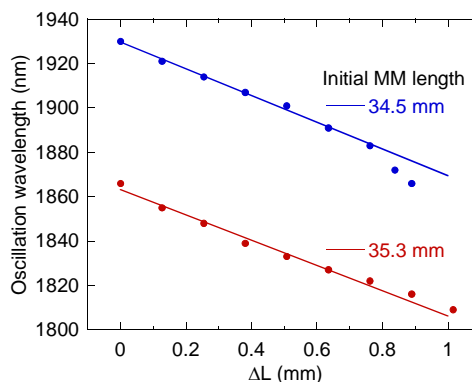


図5 可変長SMS構造による発振波長制御

## (2)ファイバ共振器内Qスイッチング

**能動型Qスイッチング**：PAを用いて、ファイバに動的なマイクロバンドを形成することで、ファイバ共振器内のQ値制御を行った。図6は波形チップを通して与えたプレロードによるパルス出力向上の結果である。適切なプレロードを加えることで、パルス幅が狭まり、ピークパルス出力は増加した。TFLにおいては、図7に示すように161 mWの励起LD光出力に対して、ピークパルス出力2.8 W、パルス幅900 nsが得られた。図示していないが、THFLにおいては、168 mWの励起LD光出力でピークパルス出力2.6 W、パルス幅627 nsのレーザパルスを得た。

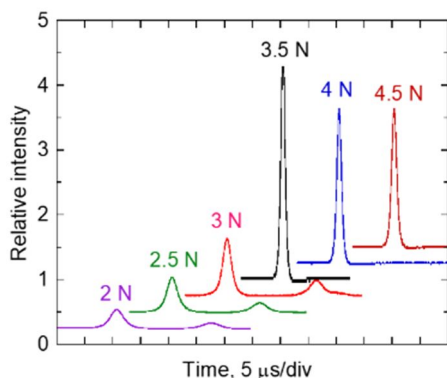


図6 プレロードによるパルス出力の向上

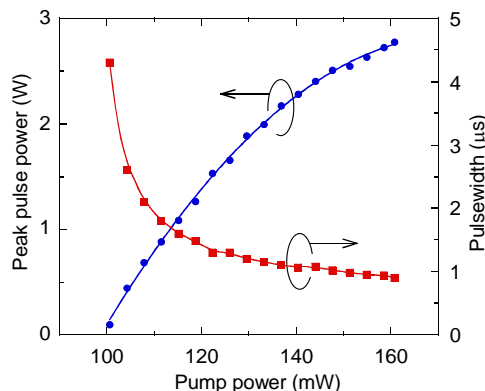


図7 ピークパルス出力とパルス幅の変化

**受動型Qスイッチング**：SAとして、ファイバに挿入した半絶縁性GaAs薄膜を用いた。低パワー吸収率が25%(SA25)と43%(SA43)の2種類のSA薄膜を使用し、励起LD光出力に対するQスイッチパルスのピークパルス出力とパルス幅を測定した結果を図8に示す。励起LD光出力221 mWに対して、SA25とSA43の(ピークパルス出力、パルス幅)はそれぞれ(672 mW、660 ns)、(425 mW、580 ns)であった。ピークパルス出力は可飽和透過率の高いSA25の方が大きく、パルス幅については、可飽和透過率の低いSA43の方が狭くなる結果が得られた。

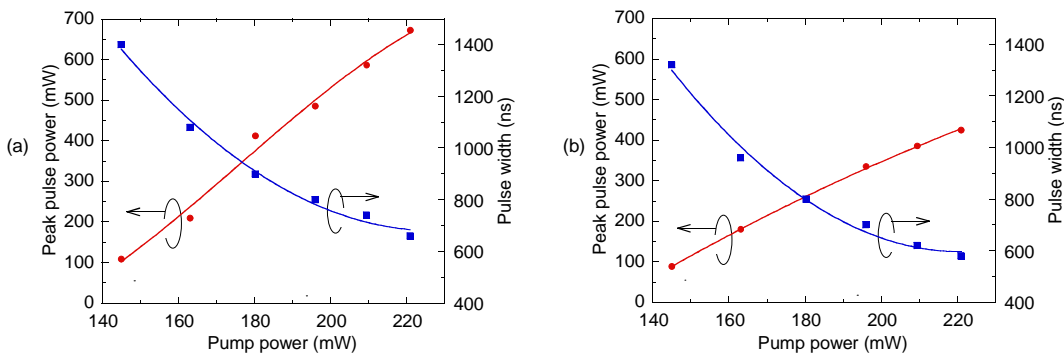


図8 SA薄膜によるQスイッチパルス特性：(a) SA25、(b) SA43

### (3)全ファイバ構成による波長可変 Q スイッチファイバレーザ

式(1)のパラメータの中で、MM 領域の実効コア径を制御する方式を図 2 (c)の温度制御 SMS 構造で行った。MM 領域はコアレスファイバをコアとして用い、外側のガラスキャピラリとの間に浸透した屈折液がクラッドとなるようにした。ペルチェ素子を用いて 温度を制御することで液体クラッドの屈折率を変化させた。屈折液の熱光学定数 ( $-3.96 \times 10^{-4} \text{ } ^{-1}$ ) は石英のものより二桁大きいので、温度変化とともに液体クラッドへのエバネッセント長が大きく変化する。そのため実効コア径を制御可能である。図 9 に示すように、温度制御 SMS 構造を組み込んだ THFL 共振器に、低パワー吸収率 25%の SA 膜を挿入して波長可変 Q スイッチファイバレーザを作製した。図 10 に示すように、励起 LD 光出力の増加とともに、繰返し周波数は上昇し、パルス幅は狭くなった。励起 LD 光出力 221 mW のとき、繰返し周波数は 37.4 kHz、パルス幅は 680 ns であった。このとき、ピークパルス出力は 535 mW であった。図 10 の挿入図はパルス波形を示している。

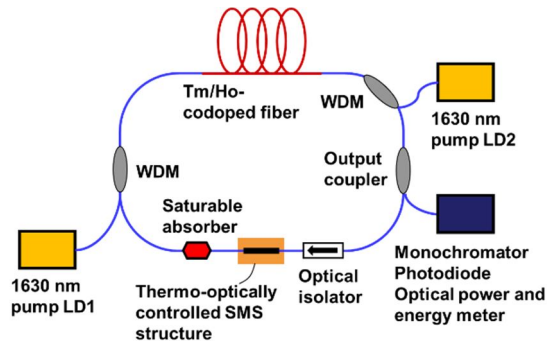


図 9 波長可変 Q スイッチファイバレーザ

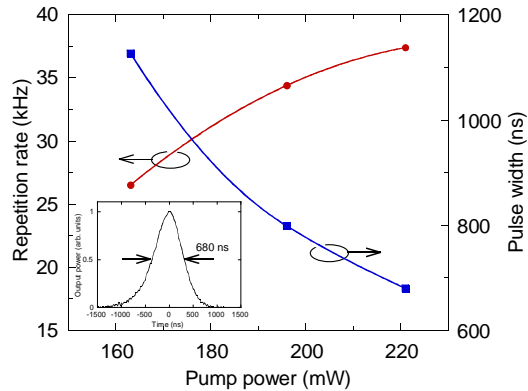


図 10 パルス繰返し周波数とパルス幅の変化

図 11 は温度を変化させたときの発振スペクトルの変化を示す。スペクトル線幅が広いのは測定に用いたモノクロメータの分解能に起因する。温度  $-2.3 \text{ } ^{\circ}\text{C}$  において波長 1969 nm で発振が始まり、温度上昇とともに短波長シフトし、 $93 \text{ } ^{\circ}\text{C}$  において発振波長は 1858 nm となった。その結果、波長可変幅 111 nm が得られた。このときの発振波長のシフトと平均光出力の変化をプロットしたのが図 12 である。発振波長の変化が低温側で大きいのは、クラッド屈折率がコア屈折率に近い領域ではエバネッセント長の変化が大きくなるためである。平均光出力は  $10 \text{ } \text{mW}$  付近がピークとなっている。これは、クラッドとコアの屈折率差が小さい段階では SMF-MM 領域間での放射損失が大きく、屈折率差が大きくなるにつれてモード結合効率が上昇するためであり、その後の平均光出力の緩やかな低下は活性ファイバの利得ピークから徐々に遠ざかるためである。波長可変時の平均光出力の変化は可変長 SMS 構造を使用した場合と比べて低減した。

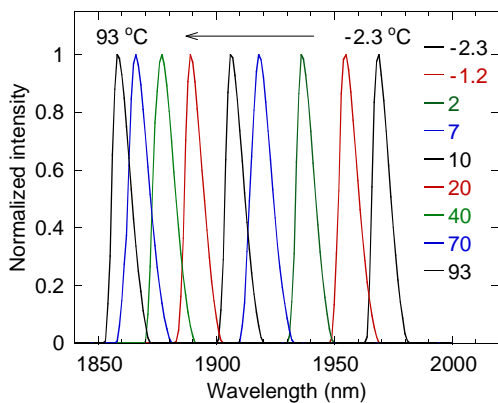


図 11 温度制御による発振スペクトル変化

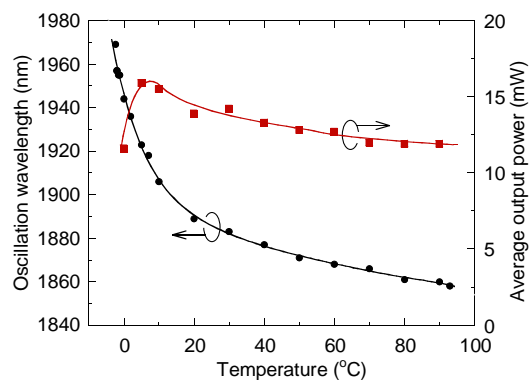


図 12 発振波長シフトと平均光出力の変化

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 H. Sakata, W. Onishi	4. 巻 68
2. 論文標題 Mode conversion from LP11 to LP02 based on in-line mode orientation control and antisymmetric refractive-index perturbation in a few-mode fiber	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Modern Optics	6. 最初と最後の頁 419-424
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09500340.2021.1905095	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 H. Sakata, K. Okada, J. Mochizuki	4. 巻 63
2. 論文標題 Highly sensitive temperature sensor based on multimode-interference fiber structure with gel cladding	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Microwave and Optical Technology Letters	6. 最初と最後の頁 1647-1651
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/mop.32823	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 H. Sakata, W. Onishi	4. 巻 67
2. 論文標題 In-fiber LP11-LP21 mode conversion using force-induced long-period fiber gratings with polarization controllers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Modern Optics	6. 最初と最後の頁 542-546
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1080/09500340.2020.1759714	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 H. Sakata, F. Kosaka, K. Hayakawa	4. 巻 59
2. 論文標題 Broadly tunable Tm/Ho-codoped fiber lasers based on temperature-sensitive single-mode-multimode-single-mode fiber structures	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 4016-4021
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/AO.392234	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 H. Sakata, F. Kosaka, M. Kubota, R. Kimbara, K. Okada	4. 巻 58
2. 論文標題 Tunable Tm/Ho-codoped fiber lasers based on extensible liquid core between a pair of fused multimode-single mode fibers	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 5288-5293
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.58.005288	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 S. Dodo, K. Hashimoto, H. Sakata	4. 巻 60
2. 論文標題 Electromagnet-driven long-period fiber gratings for tunable Tm/Ho-codoped silica fiber lasers	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microwave and Optical Technology Letters	6. 最初と最後の頁 2522 ~ 2525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mop.31355	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 H. Sakata, N. Takahashi, Y. Ushiro	4. 巻 124
2. 論文標題 Q-switched oscillation in thulium-doped fiber lasers using preloaded dynamic microbending technique	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Physics B	6. 最初と最後の頁 Art.No. 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00340-017-6875-8	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 H. Sakata, T. Kibune, M. Kanda	4. 巻 29
2. 論文標題 Improvement of bandpass filter response by aligning LP11 mode between in-line fiber gratings	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 IEEE Photonics Technology Letters	6. 最初と最後の頁 1356 ~ 1359
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LPT.2017.2722439	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 H. Sakata, R. Kimbara	4. 巻 59
2. 論文標題 Temperature-dependent spectral response of arc-induced long-period fiber gratings accompanied with acrylic coating	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Microwave and Optical Technology Letters	6. 最初と最後の頁 1288 ~ 1291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/mop.30522	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22件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 根本湖輝, 野田岳靖, 窪田将成, 坂田 肇
2. 発表標題 全ファイバ構成による1.9 $\mu$ m帯チューナブルQスイッチファイバレーザ
3. 学会等名 2021年電子情報通信学会全国大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Sakata, F. Kosaka, K. Hayakawa
2. 発表標題 Thermooptically tunable thulium/holmium-codoped fiber lasers based on multimode interference effects
3. 学会等名 OSA Advanced Photonics Congress (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Sakata, W. Onishi
2. 発表標題 In-fiber mode conversion from LP11 to LP21 based on grating-assisted phase matching with polarization control
3. 学会等名 IEEE Photonics Conference 2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 清水勇紀、夏目悠登、坂田 肇
2. 発表標題 液体クラッドを有するマルチモード干渉ファイバに基づくレーザ発振波長の温度特性
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大西 航、坂田 肇
2. 発表標題 位相整合と偏光制御に基づく数モードファイバ内の高次モード変換
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 向坂風馬、早川航平、坂田 肇
2. 発表標題 MMIファイバの温度制御による波長可変Tm/Hoファイバレーザー
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 H. Sakata, M. Kubota, F. Kosaka
2. 発表標題 Extensible multimode-interference structures for tunable Tm/Ho-codoped fiber lasers
3. 学会等名 OSA Laser Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西 航、久保山瑛允、橋本圭祐、坂田 肇
2. 発表標題 数モードファイバへの応力印加によるLP11-LP21モード変換
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 清水勇紀、夏目悠登、坂田 肇
2. 発表標題 キャピラリ内の液クラッドによるMMIファイバフィルタの波長制御性
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 窪田将成、向坂風馬、坂田 肇
2. 発表標題 チューナブルMMIフィルタによるTm/Hoファイバレーザの発振波長制御
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 岡田健吾、清水勇紀、坂田 肇
2. 発表標題 マルチモード干渉効果に基づくファイバ型チューナブルフィルタ
3. 学会等名 2019年電子情報通信学会総合大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 向坂風馬、窪田将成、坂田 肇
2. 発表標題 マルチモード干渉効果のTm/Hoファイバレーザー波長制御への適用
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 H. Sakata, S. Dodo, K. Hashimoto, Y. Ushiro, F. Kosaka
2. 発表標題 Tm/Ho-codoped silica fiber lasers controlled with dynamic and tunable microbending system
3. 学会等名 OSA Advanced Photonics Congress (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 H. Sakata, T. Iwamoto, M. Kanda
2. 発表標題 Cascaded mode conversion in step-index and graded-index few-mode fibers for tunable bandpass filters
3. 学会等名 European Optical Society Biennial Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島奨貴、富木政宏、坂田 肇
2. 発表標題 自己形成光導波路によるモード干渉デバイス
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岩本達也、神田雅浩、平原瑛一、坂田 肇
2. 発表標題 数モードファイバにおけるLP11モード制御とファイバ型BPFへの応用
3. 学会等名 第65回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 金原良太、岡田健吾、坂田 肇
2. 発表標題 MMIファイバセンサーにおける曲げの効果と温度特性
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 百々晋平、橋本圭祐、坂田 肇
2. 発表標題 応力誘起型LPFGの波長可変2 $\mu$ mファイバレーザーへの適用
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 M. Kanda, T. Kibune, H. Sakata
2. 発表標題 Asymmetric LP01-LP11-LP01 mode conversion along in-line few-mode fibers for all-fiber bandpass filters
3. 学会等名 Microoptics Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 M. Tomiki, H. Sakata
2. 発表標題 Fabrication of micro-tip for coupling to wire waveguides
3. 学会等名 Microoptics Conference 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 梅林祐介、富木政宏、坂田 肇
2. 発表標題 自己形成法による非対称分岐導波路
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 宇城勇馬、高橋紀人、向坂風馬、坂田 肇
2. 発表標題 Tmファイバレーザのピエゾアクチュエータを用いたQスイッチ発振特性
3. 学会等名 平成29年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会
4. 発表年 2017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
---------	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------