

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02651

研究課題名(和文) 振動分光イノベーションへ向けた中赤外極短パルスコム光源の開発

研究課題名(英文) Mid-infrared ultrashort-pulsed comb source toward advanced vibrational spectroscopy

研究代表者

芦原 聡 (Ashihara, Satoshi)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：10302621

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、中赤外域で多数の櫛からなるスペクトル構造を有し、周波数間のコヒーレンスに優れるモード同期レーザーの創出を目的とした。本研究の基盤となるCr:ZnSレーザーを開発し受動モード同期発振を実現した。高次分散設計を施した誘電体多層膜ミラーを導入することにより中心波長2.3ミクロンで時間幅30フェムト秒(光電場振動4サイクル)のパルス発生に成功した。本レーザーを用いてバックグラウンドフリー吸収分光システムを構築し、1ミリ秒で吸収スペクトルを高感度に捉える振動分光を実現した。さらには、分子振動の共鳴吸収を活用して、モード同期レーザーのスペクトル構造を精密に制御する手法の原理実証に成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で実証した、分子振動の共鳴吸収を用いてモード同期レーザーのスペクトル構造を精密に制御する手法は、新たなレーザー発振の形態を示すものである。基礎・応用の両面から今後のレーザー研究に新たな指針を提示するものであり、極めて高い学術的意義をもつ。また、開発した高輝度中赤外光源は、広い波長域にわたる振動分光の高感度・一括計測を可能にするものであり、微量ガス検知ひいては環境計測・呼吸診断などに資する点で社会的意義が大きい。さらに、開発した光源は、高繰返し中赤外フェムト秒パルス光源として、高次高調波発生およびアト秒科学にも極めて有用である。今後のアト秒科学を推進する上での学術的意義が大きい。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to create a mode-locked laser with a spectral structure consisting of many combs in the mid-infrared region and excellent coherence between frequencies. We have developed a Cr:ZnS laser as the basis of this study and realized passive mode-locked oscillation. By introducing a dielectric multilayer mirror with a high-order dispersion design, we have succeeded in generating pulses with a center wavelength of 2.3 microns and a time width of 30 femtoseconds (4 cycles of optical field oscillation). A background-free absorption spectroscopy system was constructed using this laser, and vibrational spectroscopy that captures absorption spectra with high sensitivity in 1 millisecond was realized. Furthermore, we succeeded in demonstrating the principle of a method to precisely control the spectral structure of a mode-locked laser by utilizing resonant absorption of molecular vibrations.

研究分野：量子エレクトロニクス

キーワード：中赤外波長域 超短パルスレーザー 光周波数コム 振動分光 アト秒科学

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

超短パルスレーザーは、短い時間幅・広いスペクトル・高いピーク強度という特徴をあわせもつ光である。1990年以降の可視～近赤外域におけるフェムト秒パルス固体レーザー技術の進展により、フェムト秒化学、分子の識別や超解像を可能とする顕微鏡技術、レーザー加工法、光周波数コム分光法などが生み出されてきた。近年、中赤外域(波長 2-20 ミクロン)の超短パルスレーザーが、振動分光とアト秒科学に有用であることが認識され高い注目を浴びている。

特に、中赤外域には分子振動モードの共鳴線が多数存在するため、分子の指紋領域と呼ばれるように、分子の構造解析・同定・定量分析において重要な波長域である。ところが、従来の赤外分光法で利用されてきた熱光源は、広いスペクトルをもつ反面、空間コヒーレンスに乏しい。そのため、微量ガス検出や顕微イメージングには適さない。

こうした現状を打破し、振動分光に革新をもたらすためには、新たな光源技術が必要である。すなわち、中赤外波長域で広帯域なスペクトルおよび優れた空間コヒーレンスを有し、さらには、スペクトル構造の精密な制御が可能な光源の創出が強く望まれている。

2. 研究の目的

本研究では、中赤外域で直接発振するモード同期 Cr:ZnS レーザーに基づき、広いスペクトルをもちつつ、指向性・集束性に優れ、さらには単色性と超短パルス性もあわせもつ光源システムの開発を目的に据えた。さらには、そのスペクトル構造を精密に制御する手法の検討、および、開発した高輝度・広帯域中赤外光源の振動分光への応用を目指した。

3. 研究の方法

(1) 2価クロム添加硫化亜鉛多結晶を用いた中赤外モード同期レーザーの開発

本研究では、Cr²⁺添加カルコゲナイド材料を利得媒質とするモード同期レーザーを開発した。モード同期発振とは、一つのレーザー共振器の中で、周波数の少しずつ異なる多数の成分を、位相を揃えて同時に発振させる技術である。カルコゲナイド材料に添加された Cr²⁺イオン、波長 2~3 ミクロン帯で大きな発光断面積をもつ。

(2) 単層カーボンナノチューブの可飽和吸収光学特性の評価

中赤外波長域でセルフスタートするモード同期レーザーを開発するため、同波長域で良好な動作をする可飽和吸収体を探索した。特に、波長 2.4 ミクロンに共鳴吸収を示す直径の大きな単層カーボンナノチューブ(Single-walled carbon nanotube: SWCNT)に注目し、可飽和吸収特性を評価した。本研究で使用した SWCNT フィルムは、浮遊触媒気相成長法で精製され、フィルター紙上に回収されたものである。精製時の炉の温度やガスの分圧を調整することで、SWCNTの直径ひいては吸収波長を制御している。生成された SWCNT フィルムを CaF₂ 基板上に転写したものを透過型の可飽和吸収素子として用いた。転写プロセスは、SWCNT フィルムを CaF₂ 基板へ指で押し付け、フィルター紙を剥がすだけという簡便なものである。飽和フルエンスと可飽和吸収の変調深度については Z スキャン法により計測した。また、可飽和吸収の緩和ダイナミクスについては、ポンプ・プローブ法を用いて計測した。

(3) 中赤外モード同期 Cr:ZnS レーザーの振動分光への応用

開発した Cr:ZnS モード同期レーザーの広帯域性と高輝度性を生かした振動分光システムを開発した。従来の吸収分光法では、測定対象分子の濃度を光透過率の減少割合から計測していたが、光源のパワーによらず検出器の雑音レベルによって計測感度が制限されていた。本研究では、干渉系を使って

入射光を消去することにより、逆に分子が吸収した光を正の光出力として検知し、光源パワーに比例して信号を増強できるシステムを開発した。

(4) 分子振動の共鳴吸収を活用したモード同期レーザーのスペクトル構造制御

分子振動の共鳴吸収を活用してモード同期レーザーのスペクトル構造を精密に制御する手法を新たに考案し、その原理実証を行った。具体的には、本研究で開発したモード同期レーザーの共振器中にガスセルを挿入することで、分子の固有の振動スペクトルによる変調を与え、モード同期発振を起こした。

4. 研究成果

(1) 2価クロム添加硫化亜鉛多結晶を用いた中赤外モード同期レーザーの開発

2価クロム添加硫化亜鉛($\text{Cr}^{2+}:\text{ZnS}$)を利得媒質とするモード同期レーザーを開発した。赤外域に共鳴吸収を示す単層カーボンナノチューブを可飽和吸収体として用いることにより、セルフスタート可能なモード同期発振を達成した。特に、三次分散補償用の誘電体多層膜鏡を導入することにより、中心波長 2.3 ミクロンにおいて、バンド幅約 20 THz、時間幅 30 fs (光電場振動 4.0 サイクル)の短パルス発生を達成した(図 1, 文献)。次に、モード同期 $\text{Cr}:\text{ZnS}$ レーザーの強度雑音を低減するオリジナルなアプローチを提示・実現した。まず、励起光源として従来の Er 添加ファイバーレーザーに代わり InP 系半導体レーザーを用いることにより、強度雑音を低減した。さらに、利得媒質中で生じる第二高調波発生を活用してレーザーの緩和発振による雑音を抑制するアプローチを提案し、本アプローチの有効性を実証した(図 2, 文献)。

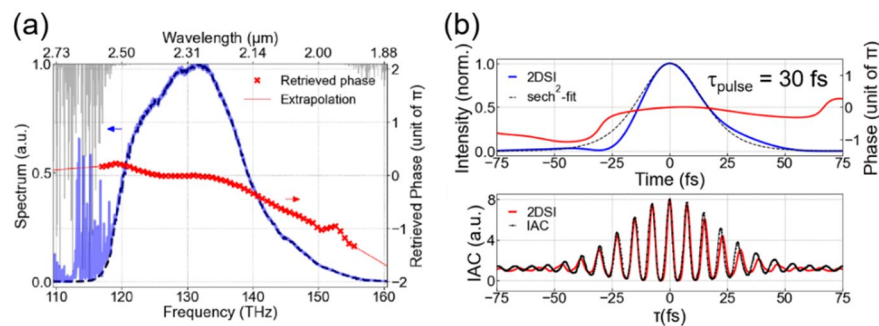


図 1 $\text{Cr}:\text{ZnS}$ モード同期レーザーの (a)スペクトル, および, (b)時間プロファイルと強度自己相関信号(文献)。

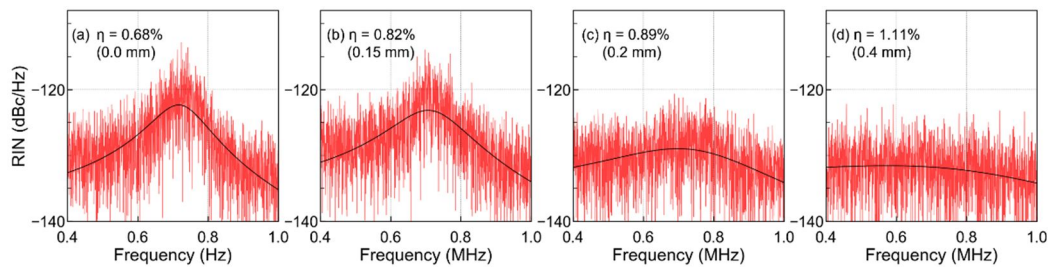


図 2 $\text{Cr}:\text{ZnS}$ 利得媒質中の第 2 高調波発生による強度雑音の低減(文献)。

(2) 単層カーボンナノチューブの可飽和吸収光学特性の評価

作製された SWCNT の可飽和吸収素子の透過率を FTIR 法で計測した結果を図 3 に示す。従来用いられてきた直径 2 nm 以下の SWCNT の S_{11} 共鳴は波長 2 ミクロン以下に位置するのに対し、今回作製した SWCNT 試料の S_{11} 吸収は波長 2.4 ミクロン付近に位置することが見て取れる。Z スキャン法を用いて計測された透過率の入射フルエンス依存性を図 4(a)に示す。これより飽和フルエンスと得られる変調深度を評価した。続いて、ポンプ・プローブ法を用いて可飽和吸収の緩和ダイナミクスを計測した。光源として時間幅 100 fs、中心波長 2.3 ミクロンのパルス光を用いた。ポンプ光によって生じる透過率変化の遅

延時間依存性を図 4(b)に示す。数値フィッティングにより、緩和時定数として 0.2 ps および 1.3 ps を得た。前者は電子の伝導帯内の緩和に由来する項で、後者は伝導帯 - 価電子帯間の緩和に由来すると帰属される。以上の通り、直径制御された SWCNT が、低フルエンスで高速な応答を示す、中赤外域での優れた可飽和吸収素子となりえることを示した(文献)。

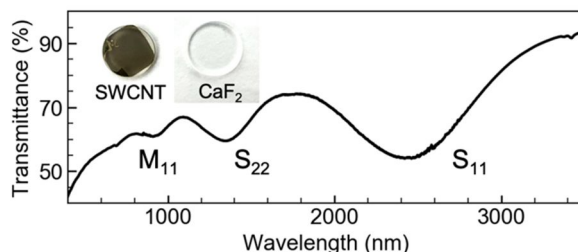


図 3 SWCNT の透過スペクトル(文献)。

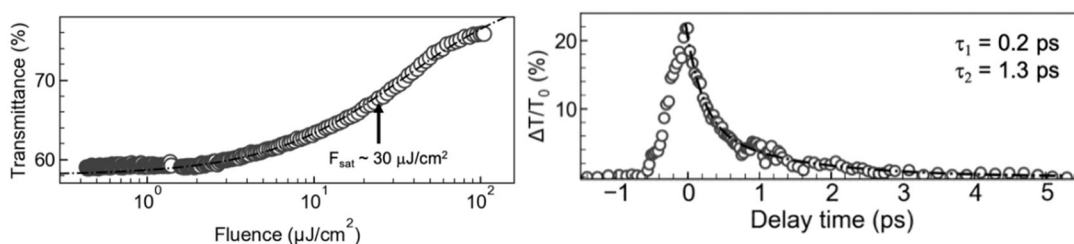


図 4 (a) SWCNT の透過率の入射フルエンス依存性, (b) 透過率のポンプ・プローブ信号(文献)。

(3) 中赤外モード同期 Cr:ZnS レーザーの振動分光への応用

フィードバック機構を備えたマイケルソン干渉計を用いて入射赤外光同士を破壊的に干渉させ、分子の吸収した光のレプリカをバックグラウンド光無しに検出した。気相分子を対象とする計測を行い、信号強度が入射赤外レーザー強度に比例して増大し、それとともに信号対雑音比が向上する、という重要な特徴を確認した。また、気相分子を対象とする実験を行い、図 5(a)(b)に示すように、バックグラウンド光無しに吸収信号のみを検出できることを実証した。高い光源輝度を生かすことで、僅か1ミリ秒という短時間で、広帯域にわたって 10^{-4} レベルの吸収を一括で捉える高感度振動分光を達成した(文献)。

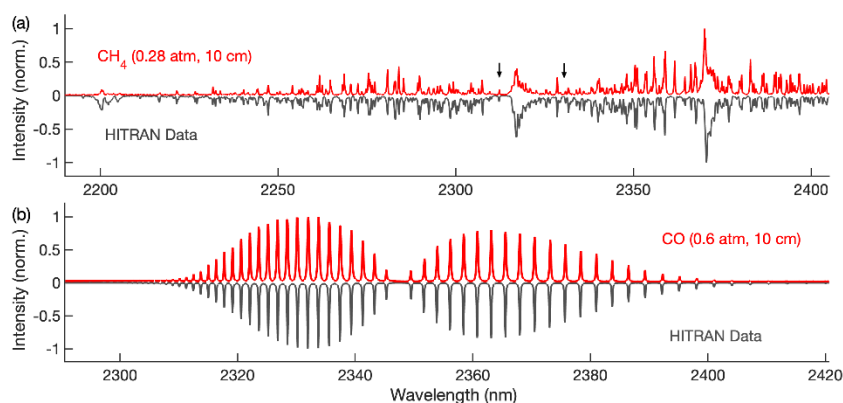


図 5 バックグラウンドフリー分光法により計測した気相分子の吸収スペクトル信号(赤) および HITRAN データ(灰色): (a) メタン CH₄, (b) 一酸化炭素 CO.

(4) 分子振動の共鳴吸収を活用したモード同期レーザーのスペクトル構造制御

分子振動の共鳴吸収を活用してモード同期レーザーのスペクトル構造を精密に制御する手法を考案し、原理実証に成功した(文献)。図 5(a)に示すように、Cr:ZnS レーザー共振器内に CO 分子のガスセルを挿入することにより、振動回転共鳴線において高コントラストのピーク構造を示すモード同期発振を実

現した。光パルス伝搬の数値計算により、分子による共鳴吸収と三次非線形光学過程(四光波混合)が交互に繰り返されることによってピーク構造が形成されることがわかった。挿入したガス分子の吸収スペクトルを忠実に反映した櫛状構造であり、新たなレーザー発振の形態を提示するものであるとともにその新しい応用展開が期待される。

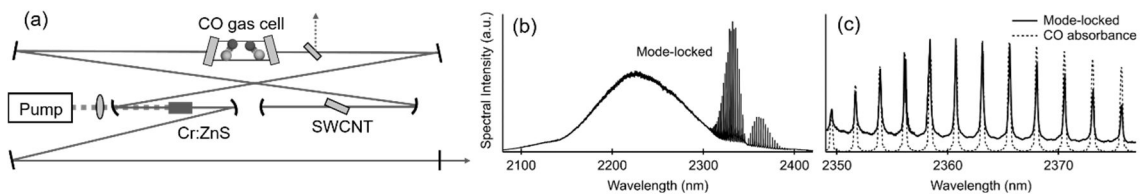


図 5 (a) ガスセルを含むレーザー共振器, (b,c) 分子振動の共鳴周波数でピーク構造をもつスペクトル

引用文献

T. Kugel, D. Okazaki, K. Arai, and S. Ashihara, "Direct electric-field reconstruction of few-cycle mid-infrared pulses in the nanojoule energy range," *Applied Optics* Vol. 61(4), pp. 1076-1081 (2022).

X. Bu, D. Okazaki, and S. Ashihara, "Inherent intensity noise suppression in a mode-locked polycrystalline Cr:ZnS oscillator," *Optics Express* Vol. 30(6), pp. 8517-8525 (2022).

D. Okazaki, I. Morichika, H. Arai, E. I. Kauppinen, Q. Zhang, A. Anisimov, I. Varjos, S. Chiashi, S. Maruyama, and S. Ashihara, "Ultrafast saturable absorption of large-diameter single-walled carbon nanotubes for passive mode-locking in the mid-infrared," *Optics Express* Vol. 28(14), pp. 19997-20006 (2020).

W. Song, D. Okazaki, I. Morichika, and S. Ashihara, "Broadband background-free vibrational spectroscopy using a mode-locked Cr:ZnS laser," *Optics Express* Vol. 30(21), pp. 38674-38683 (2022).

D. Okazaki, W. Song, I. Morichika, and S. Ashihara, "Mode-locked laser oscillation with spectral peaks at molecular rovibrational transition lines," *Optics Letters* Vol. 47(23), pp. 6077-6080 (2022).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計19件（うち査読付論文 11件／うち国際共著 1件／うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Okazaki Daiki, Song Wenqing, Morichika Ikki, Ashihara Satoshi	4. 巻 47(23)
2. 論文標題 Mode-locked laser oscillation with spectral peaks at molecular rovibrational transition lines	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 6077 ~ 6077
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/ol.477555	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 Song Wenqing, Okazaki Daiki, Morichika Ikki, Ashihara Satoshi	4. 巻 30(21)
2. 論文標題 Broadband background-free vibrational spectroscopy using a mode-locked Cr:ZnS laser	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 38674 ~ 38674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/oe.470893	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 Imasaka Kotaro, Shinohara Yasushi, Kaji Tomohiro, Kaneshima Keisuke, Ishii Nobuhisa, Itatani Jiro, Ishikawa Kenichi L., Ashihara Satoshi	4. 巻 1(5)
2. 論文標題 High harmonic generation from GaSe in a deep-UV range well above the bandgap	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Continuum	6. 最初と最後の頁 1232 ~ 1232
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OPTCON.451394	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 Arai Ko, Okazaki Daiki, Morichika Ikki, Ashihara Satoshi	4. 巻 12479
2. 論文標題 Optical manipulation of electron emission at metal-insulator interface for all-solid-state light phase detector	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE (Optical Manipulation and Structured Materials Conference)	6. 最初と最後の頁 1247900
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2659041	査読の有無 無
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 I. Morichika, S. Ashihara	4. 巻 2022
2. 論文標題 Ultrafast infrared plasmonics advances vibrational spectroscopy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Photonics Review	6. 最初と最後の頁 220204
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11470/photo.220204	査読の有無 無
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 芦原 聡	4. 巻 50
2. 論文標題 「高強度赤外パルス光の発生と応用最前線」特集号によせて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 284 ~ 285
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 無
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 新井 滉, 岡崎 大樹, 森近 一貴, 芦原 聡	4. 巻 8
2. 論文標題 2022年 第69回応用物理学会春季学術講演会 Editor ' s Picks : 金属 - 誘電体ハイブリッド構造を用いた光電場計測素子の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 フォトニクスニュース	6. 最初と最後の頁 3
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 無
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 X. Bu, D. Okazaki, S. Ashihara	4. 巻 30(6)
2. 論文標題 Inherent intensity noise suppression in a mode-locked polycrystalline Cr:ZnS oscillator	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 8517 ~ 8525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/oe.453382	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 T. Kugel, D. Okazaki, K. Arai, S. Ashihara	4. 巻 61(4)
2. 論文標題 Direct electric-field reconstruction of few-cycle mid-infrared pulses in the nanojoule energy range	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 1076 ~ 1081
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/ao.446473	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 森近 一貴, 芦原 聡	4. 巻 7(3)
2. 論文標題 赤外フェムト秒レーザーとプラズモニクスの融合がもたらす振動分光の新たな展開	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 フォトニクスニュース	6. 最初と最後の頁 129 ~ 133
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 無
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 岡崎大樹, 芦原聡	4. 巻 49(7)
2. 論文標題 Cr:ZnSを用いた中赤外モード同期レーザーの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 レーザー研究「新材料による中赤外レーザー」	6. 最初と最後の頁 390 ~ 395
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 無
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 Okazaki Daiki, Morichika Ikki, Arai Hayato, Kauppinen Esko, Zhang Qiang, Anisimov Anton, Varjos Ilkka, Chiashi Shohei, Maruyama Shigeo, Ashihara Satoshi	4. 巻 28
2. 論文標題 Ultrafast saturable absorption of large-diameter single-walled carbon nanotubes for passive mode locking in the mid-infrared	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 19997 ~ 20006
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.395962	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 該当する

1. 著者名 Kitade Shuta, Yamada Atsushi, Morichika Ikki, Yabana Kazuhiro, Ashihara Satoshi	4. 巻 8
2. 論文標題 Nonlinear Shift in Phonon-Polariton Dispersion on a SiC Surface	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Photonics	6. 最初と最後の頁 152 ~ 157
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsp Photonics.0c01680	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 Dayal Govind, Morichika Ikki, Ashihara Satoshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Vibrational Strong Coupling in Subwavelength Nanogap Patch Antenna at the Single Resonator Level	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 3171 ~ 3175
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcllett.1c00081	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 Morichika Ikki, Ashihara Satoshi	4. 巻 11522
2. 論文標題 Bond-breaking and adsorption of molecules at plasmonic hot-spots initiated by infrared vibrational excitation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of SPIE (Optical Manipulation and Structured Materials Conference)	6. 最初と最後の頁 115221D-1 ~ 3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1117/12.2573772	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 芦原聡, 今坂光太郎	4. 巻 48
2. 論文標題 プラズモニクアンテナを用いた固体の高次高調波発生	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 174 ~ 178
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 S. Ashihara, I. Morichika	4. 巻 6
2. 論文標題 Ultrafast Infrared Plasmonics—A Novel Platform for Spectroscopy and Quantum Control	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Progress in Nanophotonics	6. 最初と最後の頁 37～70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-71516-8_2	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 森近 一貴, 村田 慧, 櫻井 敦教, 石井 和之, 芦原 聡	4. 巻 49(6)
2. 論文標題 赤外光による分子反応の操作	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 220
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 無
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69件(うち招待講演 17件/うち国際学会 15件)

1. 発表者名 S. Ashihara
2. 発表標題 Control of multi-quantum vibrational excitations with intense mid-infrared fields
3. 学会等名 International Symposium on Ultrafast Intense Laser Science 2022(ISUILS2022)(招待講演)(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Arai, D. Okazaki, I. Morichika, S. Ashihara
2. 発表標題 All-Solid-State Optical Field Detector Using Metal-Insulator Hybrid Nanostructures
3. 学会等名 International Conference on Ultrafast Phenomena(国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 G. Dayal, I. Morichika, S. Ashihara
2. 発表標題 Vibrational strong coupling in a nanoscale molecular-plasmonic system
3. 学会等名 The 13th Asia-Pacific Conference on Near-Field Optics (APNF013) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Arai, D. Okazaki, I. Morichika, S. Ashihara
2. 発表標題 Optical Field Detector for Sub-Nanojoule Pulses using Insulator-Encapsulated Metal Nanostructures
3. 学会等名 CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS Pacific Rim 2022(CLEO-PR 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 D. Okazaki, W. Song, I. Morichika, S. Ashihara
2. 発表標題 Mode-locked Cr:ZnS laser with multiple spectral peaks at molecular vibrational resonances
3. 学会等名 CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS Pacific Rim 2022(CLEO-PR 2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 W. Song, D. Okazaki, I. Morichika, S. Ashihara
2. 発表標題 Background-Free Vibrational Spectroscopy based on Destructive Interference around 2.3 μm
3. 学会等名 CONFERENCE ON LASERS AND ELECTRO-OPTICS Pacific Rim 2022(CLEO-PR 2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 K. Arai, D. Okazaki, I. Morichika, S. Ashihara
2. 発表標題 Optical manipulation of electron emission at metal-insulator interface for all-solid-state light phase detector
3. 学会等名 OPTICS & PHOTONICS International Congress (OPIC) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 X. Bu, D. Okazaki, S. Ashihara
2. 発表標題 Intensity noise suppression in a mode-locked polycrystalline Cr:ZnS laser employing inherent second harmonic generation
3. 学会等名 OPTICS & PHOTONICS International Congress (OPIC) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 D. Okazaki, W. Song, I. Morichika, S. Ashihara
2. 発表標題 Mode-locked Cr:ZnS laser with positive peak structure of gaseous molecules
3. 学会等名 OPTICS & PHOTONICS International Congress (OPIC) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芦原 聡
2. 発表標題 赤外固体レーザーで拓く振動分光の新展開
3. 学会等名 強光子場科学研究懇談会 2021年度第2回懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芦原 聡
2. 発表標題 クロム添加カルコゲナイドを用いた中赤外フェムト秒レーザーの開発
3. 学会等名 Q-LEAP第21回ATTO懇談会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芦原 聡
2. 発表標題 クロム系赤外フェムト秒レーザーとその応用
3. 学会等名 第29回レーザー夏の学校（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原 心, 宋 文清, 岡崎 大樹, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外モード同期レーザーを用いたバックグラウンドフリー相関分光法の開発
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wenqing Song, Daiki Okazaki, Kokoro Fujiwara, Ikki Morichika, Satoshi Ashihara
2. 発表標題 High-sensitivity absorption and dispersion vibrational spectroscopy based on balanced interferometer using a Cr:ZnS mode-locked laser
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡崎 大樹, 芦原 聡
2. 発表標題 分子の指紋を重畳したCr:ZnS中赤外モード同期レーザー
3. 学会等名 レーザー学会第570回研究会「次世代ファイバレーザー技術」
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 芦原 聡
2. 発表標題 中赤外波形整形パルスによる分子制御
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 藤原 心, 宋 文清, 岡崎 大樹, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外モード同期レーザーを用いたバックグラウンドフリー相関分光法
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zheyuan Zhang, Daiki Okazaki, Xiangbao Bu, Ikki Morichika, Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Frequency-Modulation Mode-Locked Cr:ZnS Laser
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒パルスによる気相CO ₂ 分子の振動回転状態の時間分解観測
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森近 一貴, 津坂 裕己, 万 秋明, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒パルスによる液相CO ₂ 分子の多段階振動励起
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 洲鎌 英行, 藤原 心, 岡崎 大樹, 芦原 聡
2. 発表標題 シングルバスCr:ZnS増幅器による中赤外フェムト秒パルスのスペクトル広帯域化
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒レーザーによる気相CO ₂ 分子の振動回転コヒーレンスの形成
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第43回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 森近 一貴, 津坂 裕己, 万 秋明, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒レーザーによる液相CO ₂ 分子の振動ラダークライミング
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第43回年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒パルスによる気相CO ₂ 分子の振動回転波束の生成
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒パルスによる気相CO ₂ の振動回転励起
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡崎 大樹, 宋 文清, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 共振器内に気相分子を挿入したモード同期レーザーにおける狭線幅スペクトルピークの形成
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wenqing Song, Daiki Okazaki, Ikki Morichika, Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Vibrational Dispersion Spectroscopy based on Phase-Shifting Spectral Interferometry
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外ポンプ・プローブ分光法による気相CO ₂ の振動回転励起状態の観測
3. 学会等名 第16回分子科学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 S. Ashihara
2. 発表標題 Plasmon-Enhanced Nonlinear Vibrational Spectroscopy and Beyond
3. 学会等名 International Symposium on "Frontiers of nonlinear optics and nonlinear optical spectroscopy (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 T. Kugel, D. Okazaki, K. Arai, S. Ashihara
2. 発表標題 Two-dimensional spectral shearing interferometry (2DSI) designed for mode-locked Cr:ZnS lasers
3. 学会等名 CLEO/Europe-EQEC 2021, CF-P.5 (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芦原聡
2. 発表標題 プラズモニクスを活用した超高速赤外分光と化学反応制御
3. 学会等名 日本分光学会 赤外・ラマン分光部会シンポジウム『超高感度振動分光の最前線』（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芦原 聡
2. 発表標題 新規赤外レーザーの開発と振動分光への展開
3. 学会等名 第1回超高速光エレクトロニクス研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芦原 聡
2. 発表標題 クロム添加カルコゲナイドを用いた中赤外フェムト秒レーザー
3. 学会等名 第1回Q-LEAP次世代レーザー領域シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 森近 一貴
2. 発表標題 中赤外フェムト秒プラズモニクスを利用した超高速分光・分子反応制御
3. 学会等名 第15回若手研究者による先端的レーザー分光シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芦原 聡
2. 発表標題 クロム系赤外フェムト秒レーザーとその応用 (Chromium-doped infrared femtosecond laser and its applications)
3. 学会等名 原子・分子・光科学 (AMO) 討論会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Ashihara
2. 発表標題 Infrared Ultrashort Pulses Shine Metal Nanoantennas for Renewed Ground-State Chemistry
3. 学会等名 第36回化学反応討論会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒パルスによる気相CO ₂ 分子の振動回転励起
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森近 一貴, 津坂 裕己, 芦原 聡
2. 発表標題 赤外フェムト秒パルスによる液相CO ₂ 分子の振動励起
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新井 滉, 岡崎 大樹, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 金属-誘電体ハイブリッド構造を用いた光電場計測素子の開発
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡崎 大樹, 宋 文清, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 分子の指紋を重畳したモード同期固体レーザーの発振動作解析
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤原 心, 宋 文清, 岡崎 大樹, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 スペクトル変調赤外レーザーを用いたバックグラウンドフリー相関分光
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Wenqing Song, Daiki Okazaki, Ikki Morichika, and Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Interferometer-Based Background-Free Vibrational Spectroscopy using a Cr: ZnS Mode-Locked Laser
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 気相分子の振動ラダークライミングのための赤外電場波形の設計
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Xiangbao Bu, Daiki Okazaki, and Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Direct diode-pumping of a mode-locked Cr:ZnS oscillator
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井 滉, 岡崎 大樹, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 MIMプラズモン構造を用いた光電場計測素子の開発
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡崎 大樹, Song Wenqing, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 分子の指紋を重畳したモード同期Cr:ZnSレーザー
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Wenqing Song, Daiki Okazaki, Ikki Morichika, and Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Limit of Detection Analysis on the Background-free Vibrational Spectroscopy
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 津坂 裕己, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 波形整形した赤外パルスによる気相分子の振動ラダークライミング
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 篠原 康, 今坂 光太郎, 芦原 聡, 石川 顕一
2. 発表標題 直線偏光電場に対する高調波の角度依存性の時空間対称性による記述
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Xiangbao Bu, Daiki Okazaki, and Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Relative intensity noise properties of a diode-pumped Cr:ZnS femtosecond oscillator
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡崎 大樹, Wenqing Song, 森近 一貴, 芦原 聡
2. 発表標題 モード同期Cr:ZnSレーザーを用いた共振器内ガス分光
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 I. Morichika and S. Ashihara
2. 発表標題 Molecular dissociation driven by plasmonic near-fields of shaped mid-infrared pulses: Impact of down-chirping
3. 学会等名 The 22nd International Conference on Ultrafast Phenomena, M4B.25 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 D. Okazaki, I. Morichika, E. Kauppinen, Z. Qiang, A. Anisimov, V. Ilkka, S. Chiashi, S. Maruyama, and S. Ashihara
2. 発表標題 Sub 5-cycle pulse generation from mode-locked Cr:ZnS laser using mid-IR resonant SWCNTs
3. 学会等名 The 22nd International Conference on Ultrafast Phenomena, W3A.7 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 T. Kugel, D. Okazaki, K. Arai, and S. Ashihara
2. 発表標題 Cr:ZnS laser pulse characterization by two-dimensional spectral shearing interferometry
3. 学会等名 OSJ-OSA-OSK Joint Symposia in Optics & Photonics Japan 2020, 14pCJ4 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 I. Morichika and S. Ashihara
2. 発表標題 Bond-breaking and adsorption of molecules at plasmonic hot-spots initiated by infrared vibrational excitation
3. 学会等名 The 7th Optical Manipulation and Structured Materials Conference, OMC7-05 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芦原聡
2. 発表標題 赤外超高速プラズモニクス～振動分光の新たなプラットフォーム～
3. 学会等名 第27回ナノオプティクス研究討論会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 芦原聡
2. 発表標題 赤外プラズモニクスで拓く振動分光の新たな展開
3. 学会等名 応用物理学会北海道支部他講演会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡崎大樹, 芦原聡
2. 発表標題 Cr ²⁺ :ZnSを用いた中赤外モード同期レーザーの開発
3. 学会等名 第5回超高速光エレクトロニクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 芦原聡
2. 発表標題 赤外超高速プラズモニクス - 振動分光の新たなプラットフォーム-
3. 学会等名 第19回プラズモニク化学シンポジウム(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Wenqing Song, Daiki Okazaki, Ikki Morichika, and Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Background-Free Absorption Spectroscopy on Methane using Mode-Locked Cr:ZnS Laser
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19p-Z06-9
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 岡崎大樹, He Yang, Zeng Xianglong, 芦原聡
2. 発表標題 ZBLANファイバーを用いたCr:ZnSレーザーパルスの周波数変換
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19p-Z06-8
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 高橋知宏, 森近一貴, 芦原聡
2. 発表標題 高次高調波発生を用いた結晶方位イメージング
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z06-5
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井滉, 岡崎大樹, 森近一貴, 芦原聡
2. 発表標題 金ナノ構造からの電子放出を用いた光電場計測素子の開発 II
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z06-4
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tobias Kugel, Daiki Okazaki, Ko Arai, and Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Pulse characterization based on two-dimensional spectral shearing interferometry for Cr:ZnS oscillator pulses
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会, 19a-Z06-3
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tobias Kugel, Daiki Okazaki, Ko Arai, Satoshi Ashihara
2. 発表標題 Design and development of two-dimensional spectral shearing interferometry for mode-locked Cr:ZnS laser pulses
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第41回年次大会, B09-20p-11-02
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 新井滉, 岡崎大樹, 森近一貴, 芦原聡
2. 発表標題 光電場計測光電界電子放出を用いたキャリア・エンベロープ位相計測素子の開発
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2020, 17pC9
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 高橋知宏, 森近一貴, 芦原聡
2. 発表標題 高調波発生を用いた結晶方位イメージング
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2020, 17pC8
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岡崎大樹, Kaupinnen Esko, 千足昇平, 丸山茂夫, 芦原聡
2. 発表標題 Cr:ZnSレーザーによる4.7サイクル中赤外パルス発生とその増幅
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会, 10p-Z19-14
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新井滉, 岡崎大樹, 森近一貴, 芦原聡
2. 発表標題 金ナノ構造からの電子放出を用いた光電場計測素子の開発
3. 学会等名 第81回応用物理学会秋季学術講演会, 10a-Z19-6
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

芦原聡研究室ホームページ
<http://www.ashihara.iis.u-tokyo.ac.jp/wordpress/publication/>

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