

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 25 日現在

機関番号：34316

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01395

研究課題名（和文）光ファンクションジェネレーターを用いた光電場スイッチの集積化

研究課題名（英文）Integration of an optical-field switch using by an optical function generator

## 研究代表者

吉井 一倫 (Yoshii, Kazumichi)

龍谷大学・先端理工学部・講師

研究者番号：90582627

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,000,000円

研究成果の概要（和文）：周波数帯域1000テラヘルツ以上のハーモニクス発生部から振幅・位相操作部まで全て同軸で構成されたナノ秒OFG光源を開発した。また、開発した絶対位相測定装置を用いてパルス幅及び電場波形の計測を行った。

振幅・位相制御装置の組立て完了と、振幅制御装置の実証を完了。基本波光源の周波数安定化のためヨウ素安定化狭線幅半導体レーザーを構築。パルス幅測定装置及び電場波形測定装置の組み立てを完了。光電場誘起電流の観測装置を設計・構築完了。パルス幅計測と電場波形計測のため、電場波形測定装置である絶対位相計測系を改造し5倍波までの相関を計測することにより電場波形とパルス幅共に評価できる装置を作製し計測した。

## 研究成果の学術的意義や社会的意義

2023年ノーベル物理学賞が「電子のダイナミクスを研究するためのアト秒パルスの生成に関する実験手法」に貢献した3氏へ送られた。アト秒光源の基礎研究への寄与が評価された一方で他の受賞技術に見られるような画期的な社会実装技術がまだ途上であることも同時に明らかになった。既存のアト秒光源が社会実装されていく際に突き当たる壁（既存分散補償技術の限界）を打破できるのがまさに本研究で開発を目指したOFGである。研究の最終目標であった『真空中や固体の表面近傍でのみ行われてきたアト秒光電場と物質との相互作用が、固体の深部で行えることを世に示す。』ことは、アト秒光科学の社会実装の推進に大いに貢献できると信じる。

研究成果の概要（英文）：We have developed a nanosecond OFG light source that consists of a harmonic generator with a frequency bandwidth of over 1000 THz and an amplitude and phase manipulator, all of which are coaxial. Pulse width and electric field waveforms were measured using the developed absolute phase measurement system.

研究分野：レーザー科学

キーワード：超短パルスレーザー 超高速科学

## 1. 研究開始当初の背景

人類はこれまで光の波長、位相、偏光そして強度を利用し光通信や光記録に代表される多くの光技術を開発・実装し、それを用いて新たな光科学を進展させてきた。一方、コンピューター等の情報処理は電気信号であり、速度の限界は RC 時定数で制限されている。その限界を突破するため光の情報処理への応用が加速している。超高速・低消費エネルギーを併せ持つグラフェンと光ナノ導波路からなる光スイッチや、数百ギガヘルツの超高繰り返し周波数を持つチップ型マイクロコムがその代表であろう。ここで扱われる超短パルス光は搬送波の周期よりもパルス包絡線幅が十分に長く、光「強度」で特徴づけられる時間域である。そのため発生や伝搬過程で加わるパルス幅の伸長を引き起こす物質分散を既存の分散補償技術や導波路構造の設計により巧みに制御できる。このことが成熟した半導体製造技術と結びつき、既存の光集積プラットフォームの利用を可能とし、これらの光技術の将来の社会実装を約束されたものになっている。しかし、未だ人類が実装できていない光の自由度がある。それは「光の電場そのもの」である。パルス幅が搬送波周期と同程度かそれ以下になると光電場の空間的な非対称性が顕になり始める。このとき光電場と物質の非線形な相互作用を利用することで、例えば電子を一方向にのみ超高速に輸送させることができる。実際に、このようなサイクルパルス光によってグラフェンや誘電体薄膜中で伝導電流の超高速整流を実証する基礎的研究が急速に発展している。電流のオン・オフだけでなくその方向もスイッチできるトランジスタのような機能を発現できる。この光「電場」スイッチのような新奇の光情報処理デバイス創造につながる新しい科学テーマは「光周波数エレクトロニクス」と呼ばれる。

しかし、サイクルパルス光生成のためには、いわゆる光と呼ばれる波長域(赤外—可視—紫外: 帯域幅 1000 テラヘルツ( $\text{THz} = 10^{12} \text{ Hz}$ )以上)すべてのスペクトル位相と振幅を制御しなければならない。現在、この波長域でサイクルパルス光領域にアクセスするためにはチャープパルス増幅搬送波位相制御レーザーと光を空間的に分離し波長域ごとに分散補償を行う非常に複雑な振幅・位相制御システムが必要となる。このような超広帯域光では物質分散の高次項成分を完全に取り去ることはできず、現実のサイクルパルス光発生とその物質深部での利用は極めて困難である。例えばパルス幅 1 フェムト秒( $f_s = 10^{-15} \text{ s}$ )の光は 100 $\mu\text{m}$  程度の石英に通すだけで 60 fs 程度までパルス幅が広がる(Fig.1(b))。分散補償技術を用いて予め負の分散を与えることが原理的には可能であるが、1000 THz 全域で機能する既存技術が無いことが困難の本質である。そのため、現状の実験ではパルス圧縮後に透過光学素子は配置できず、相互作用部も物質表面または表面のごく近傍に限られている。このことが光周波数エレクトロニクス技術の「集積化」を困難にしている。

## 2. 研究の目的

上記の超高速科学分野に横たわる「分散補償の限界」というパラダイムを突破するため、代表者が提案する独自の光技術は『光ファンクションジェネレーター(Optical function generator: OFG)』である。光ファイバーや光平面導波路といった既存の集積化プラットフォーム上の任意の相互作用位置でフーリエ変換限界のモノサイクル電場や矩形波などの任意波形光電場を自在に発生させることができる。この革新的光技術である OFG を用いて申請者が挑戦する科学テーマは、『光「電場」スイッチの集積化』である。前述の集積化光エレクトロニクス技術群の進展とも融合することにより、従来のエレクトロニクス技術に替わる光電場による超高速情報処理社会を創り出すことを目指す。

## 3. 研究の方法

上記の科学テーマを目的として、期間内に行う具体的な研究目標は以下の3つである。

(i) OFG による空間光学系での光「電場」スイッチ(光電場誘起電流)の実証, (ii) 石英系平面光波回路内部での光「電場」スイッチの実現, (iii) 発生部から相互作用部までの全導波路化の検討。

(i) ナノ秒パルス型 OFG による光「電場」スイッチの実証 (1 年目)

代表者が開発した OFG は、光周波数コムに安定化された注入同期型 Q-switched Nd:YAG レーザーのナノ秒パルス光を基本波光とする倍波及び和周波発生による第 5 次高調波までのハーモニクス ( $\omega_1$ : 1064 nm,  $\omega_2$ : 532 nm,  $\omega_3$ : 355 nm,  $\omega_4$ : 266 nm,  $\omega_5$ : 213 nm) から成る。独自の振幅制御 (AM) 部には水晶と偏光子のセットを、位相制御 (PM) 部には合成石英とフッ化カルシウムの基板を用い、高精度自動ステージで媒質長を掃引することにより原理を機能させ、約 10 ns のエンベロープ中に 280 THz 間隔で繰り返すパルス幅 400 アト秒 ( $a_s = 10^{-18} \text{ s}$ ) のモノポール電場を生成する。最終的な全エネルギーは 100 mJ 程度であり、パルス列中の 1 パルス光のエネルギーは約 200 nJ 程度と見積もられるためアト秒パルス光のピークパワーは約 0.5 GW ( $= 10^9 \text{ W}$ ) に達する。自由

空間中で径 50  $\mu\text{m}$  程度に集光するとピーク電場強度は数十 V/nm に達する。この値は先行研究での光電場誘起電流を駆動する電場強度に十分な値である( $\text{SiO}_2$ : 17 V/nm, グラフェン: 3 V/nm)。既存のモノサイクルパルス光を用いて実証された光電場誘起電流の実験を、ナノ秒パルス型 OFG を用いて空間系での集光により再現する。この実験を通じてマイクロ電極を実装した試料の製作や現象のエネルギースケージング、また先行研究との実験条件の違い(中心波長, 繰返し周期)に起因する結果の物理的な考察を行う。

(ii) 石英系平面光波回路内部での光「電場」スイッチの実現 (2年目)

次に、相互作用部への経路を石英系平面光波回路(PLC)により光導波路化し数 cm レベルの物質伝搬後でもアト秒サイクル光による相互作用が可能であることを世界に先駆けデモンストレーションする。PLC 回路途中の表層にマイクロ電極を実装した試料を配置したチップをデザインし特注する。石英系導波路の場合、約 2  $\mu\text{m}$  の相互作用領域内においてフーリエ変換限界パルスが達成できる。これは提案原理を用いた数値計算により既に確かめており、この値はマイクロ電極の実装が十分現実的であることを約束する。試料はグラフェンと  $\text{SiO}_2$  を用いて先行研究と同等の数 pA レベルの搬送波位相依存電流の観測を目指す。ここで、導波路構造は自由空間集光では難しい光閉じ込めによる電場強度増強と空間モードクリーニングの効果も期待する。

(iii) 発生部から相互作用部までの全導波路化の検討 (3年目)

光「電場」スイッチのデバイス化には全導波路化が必要である。そのためには光源部の半導体レーザー化と振幅・位相制御部の無駆動化が必須である。これらの達成には前述の「分散補償の限界」の様な原理上の核心的な困難は無く最新の光エレクトロニクス技術を駆使することにより達成できると考える。連続光型 OFG の光源として、波長 1.5  $\mu\text{m}$  の PLC 型半導体レーザーから出力される連続光を基本波光とし、デュアルピッチ導波路型周期分極反転非線形光学結晶(PPLN, PPMgSLT)のセットを用いたハーモニクス( $\omega_1$ : 1.5 $\mu\text{m}$ ,  $\omega_2$ : 750 nm,  $\omega_3$ : 500 nm,  $\omega_4$ : 375 nm,  $\omega_5$ : 300 nm)を発生させる。振幅・位相制御部は自動ステージによる機械駆動部に替え、電気光学効果を利用した印加電圧制御による無駆動かつ同軸の振幅・位相制御技術の開拓を行う。

#### 4. 研究成果

波長 1064 nm の注入同期型 Q-switched Nd:YAG レーザーから出力されるナノ秒パルス光を基本波光とし、非線形光学結晶(KDP, BBO 結晶)のセットを用いた倍波及び和周波発生による第 5 次高調波までのハーモニクスを同軸に発生させた。その結果、全エネルギー約 200 mJ (パルス幅: 約 10 ns) の第 5 次高調波までのハーモニクス光の同軸発生を達成した。最も波長変換の難しい第 5 次高調波においても 5 mJ の出力が達成でき、振幅操作後も全体として百 mJ 級のエネルギーを有すハーモニクスが実現可能である。ハーモニクス発生の装置構成と発生したビームを分光し撮影した写真を図 1 に示す。心配された波長変換後のビーム中心部の欠けが見られず良質な空間プロファイルを維持できている。

次に、提案した原理を用いた振幅・位相操作部を構築した。振幅制御(AM)部には複屈折媒質である水晶とロシオン偏光子のセットを、位相制御(PM)部には合成石英とフッ化カルシウムのプリズムペアを用い、それぞれを数十 nm の分解能を有す高精度自動ステージ上に設置した(図 1 写真)。

さらに、実際の実験条件を想定した振幅・位相制御の計算を行った。5 本のハーモニクスの波長と偏光関係、並びに水晶の屈折率を用いてガウシアン型の振幅分布をターゲットとして探索を行った。その結果、初期条件では直交していた偏光がすべて平行に揃い、かつガウシアン分布を取る探索結果が得られた。この結果は結晶長掃引長さ数十 mm 程度の探索範囲を確保することで任意の振幅分布を探索できることを示している。

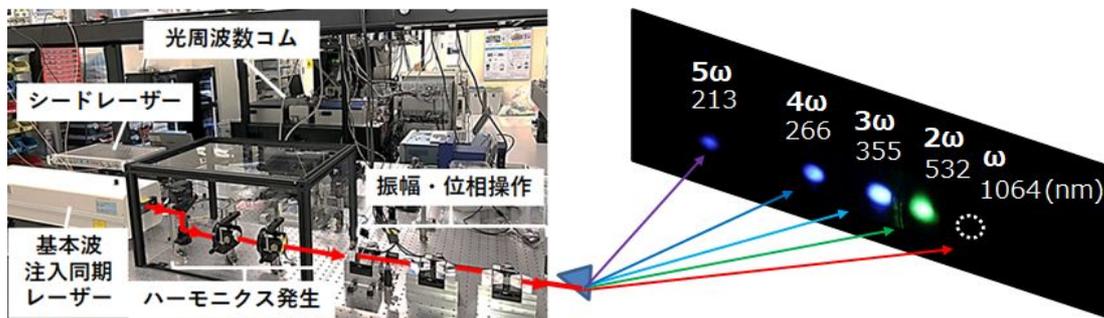


図 1. ナノ秒パルスレーザーを基本波とするハーモニクス発生系と提案した新規原理を実現する振幅・位相制御装置の装置写真, 及び発生したビームの分光写真。

続いて、図2に提案する独自の位相制御手法を用いた位相操作の検討結果を示す。5本のハーモニクス波長、並びに合成石英とフッ化カルシウムの屈折率を用いてフーリエ変換限界の位相分布をターゲットとして探索を行った。図3の横軸は合成石英の結晶長、縦軸はフッ化カルシウムの結晶長、色は規格化したパルスピーク強度を示している。探索した100 μm四方の中にフーリエ変換限界を示す1に近いピーク強度まで回復する点が数か所見つかっている。この結果は数mm程度の探索範囲を確保することで任意の位相分布を探索できることを示している。

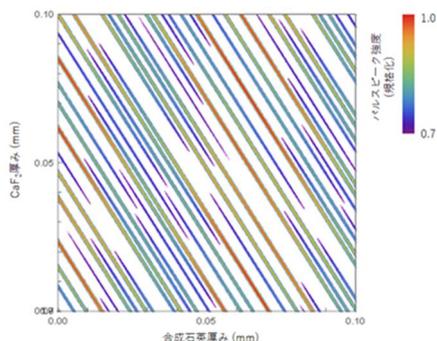


図2. 位相探索の検討結果。

さらに、提案した振幅操作部について発生させたハーモニクス光で実証実験を行った。5本のハーモニクスに対してガウシアン型の振幅分布をターゲットとして探索を行った結果を図3に示す。図3(a)の横軸はステージの掃引長、縦軸は偏光子を透過する各ハーモニクス成分の光強度を示している。この結果から探索に用いる各周波数成分の周期  $L$  が実験的に求められた。図3(b)に初期条件、ターゲット、及び探索結果に対する振幅分布と偏光関係を示す。ここではターゲットとしてガウシアン分布の結果を示す。結果から結晶移動長 21.529 mm において最適値が探索されたことが分かる。図3(c)に探索された振幅を用いてフーリエ変換限界条件を想定し再構成した電場波形を示す。この結果は、電場波形でのパルス幅として 460 as に達するガウシアン型光電場を、発生から振幅・位相操作まで一度も空間的に分離することなく生成できることを示している。

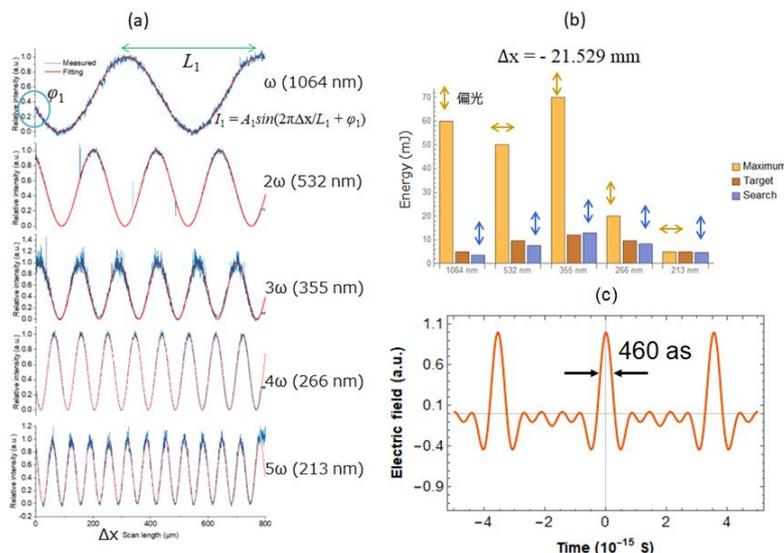


図3. (a)ステージの掃引長に対する偏光子を透過する各ハーモニクス成分の光強度。(b) ガウシアン型の振幅分布をターゲットとした探索結果。(c)探索した振幅分布を用いて再構成した電場波形。

#### 【論文】

- 1) 吉井一倫, “広帯域中赤外領域における光周波数コムとデュアルコム分光”, 光学, **53** 巻 2号, 50-54 (2024).
- 2) Kazumichi Yoshii, Chaoyun Chen, Haruki Sakagami, and Feng-Lei Hong, “Hyperfine structure of molecular iodine measured using a light source with a laser linewidth at the megahertz level”, **OSA Continuum**, Vol. **4**, 1452-1460 (2021).
- 3) Hideki Kato, Yohei Sugiyama, Kazumichi Yoshii, and Feng-Lei Hong, “Spectral normalization in dual-comb spectroscopy of acetylene using a sealed gas cell and a liquid nitrogen trap”, **Journal of the Optical Society of America B**, Vol. **38**, 1024-1030 (2021).
- 4) Yuma Goji, Chaoyun Chen, Kohei Ikeda, Kazumichi Yoshii, and Feng-Lei Hong, “Towards generation of optical frequency comb in the short-wavelength visible region using periodically poled lithium niobate waveguides”, **Results in Optics**, Vol. **2**, 100035-1-3 (2021).

#### 【学会発表】

- 1) 吉井一倫, 光本涼, ”ペタヘルツ帯域ハーモニクス光の全同軸振幅整形”, 第 71 回応用物理

- 学会春季学術講演会，23a-P02-10，東京都市大学，(2024年)。
- 2) **吉井一倫**，光本涼，”水晶くさびペアと偏光子を用いたペタヘルツ帯域ハーモニクス光の全同軸振幅整形”，レーザー学会学術講演会第44回年次大会，P01-18p-P-09，日本科学未来館，(2024年)。
  - 3) **吉井一倫**，光本涼，”複屈折媒質と偏光子を用いたペタヘルツ帯域ハーモニクス光の全同軸振幅整形”，日本光学会 Optics & Photonics Japan 2023，28pPD9，北海道大学，(2023年)。
  - 4) (招待講演) **吉井一倫**，”ペタヘルツ帯域幅を有する離散スペクトルに機能する新規の振幅・位相同軸操作法”，超高速光エレクトロニクス研究会 第7回研究会「超高速ダイナミクスを探る先端光源と計測技術」，招待講演5，徳島大学，(2023年)。
  - 5) (招待講演) **吉井一倫**，”離散スペクトルの新しい振幅・位相同軸操作法を用いた光ファンクションジェネレーター開発”，第7回フォトニクスワークショップ@那覇「遍く拡がる光科学の可能性！」，2-D，沖縄県青年会館，(2022年)。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Kato Hideki, Sugiyama Yohei, Yoshii Kazumichi, Hong Feng-Lei	4. 巻 38
2. 論文標題 Spectral normalization in dual-comb spectroscopy of acetylene using a sealed gas cell and a liquid nitrogen trap	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 1024 ~ 1024
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1364/JOSAB.418681	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 Goji Yuma, Chen Chaoyun, Ikeda Kohei, Yoshii Kazumichi, Hong Feng-Lei	4. 巻 2
2. 論文標題 Towards generation of optical frequency comb in the short-wavelength visible region using periodically poled lithium niobate waveguides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Results in Optics	6. 最初と最後の頁 100035 ~ 100035
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.rio.2020.100035	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 吉井一倫	4. 巻 36
2. 論文標題 中赤外領域における広帯域な光周波数コム光源とデュアルコム分光	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 龍谷理工ジャーナル	6. 最初と最後の頁 9-15
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 吉井一倫	4. 巻 53
2. 論文標題 広帯域中赤外領域における光周波数コムとデュアルコム分光	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 50-54
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 Yoshii Kazumichi, Chen Chaoyun, Sakagami Haruki, Hong Feng-Lei	4. 巻 4
2. 論文標題 Hyperfine structure of molecular iodine measured using a light source with a laser linewidth at the megahertz level	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 OSA Continuum	6. 最初と最後の頁 1452 ~ 1452
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OSAC.420628	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 Miyashita Takuto, Kondo Takeshi, Ikeda Kohei, Yoshii Kazumichi, Hong Feng-Lei, Horikiri Tomoyuki	4. 巻 60
2. 論文標題 Offset-locking-based frequency stabilization of external cavity diode lasers for long-distance quantum communication	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 122001 ~ 122001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ac2e67	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 洪鋒雷, 吉井一倫	4. 巻 32
2. 論文標題 光コム・光周波数標準におけるPPLN導波路の応用	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 光アライアンス	6. 最初と最後の頁 14-18
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26件 (うち招待講演 5件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 吉井一倫
2. 発表標題 ペタヘルツ帯域幅を有する離散スペクトルに機能する新規の振幅・位相同軸操作法
3. 学会等名 超高速光エレクトロニクス研究会 第7回研究会「超高速ダイナミクスを探る先端光源と計測技術」(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryo Mitsumoto, Naoya Kuse, Kazuki Inoue, Yoshiaki Nakajima, Takeshi Yasui, Kaoru Minoshima, Kazumichi Yoshii
2. 発表標題 mW-Level Mid-Infrared Frequency Comb Generation Using Waveguide-Type PPLN Crystal in Single-Pass Configuration
3. 学会等名 The 12th Advanced Lasers and Photon Sources (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Ryo Mitsumoto, Naoya Kuse, Kazuki Inoue, Yoshiaki Nakajima, Takeshi Yasui, Kaoru Minoshima, Kazumichi Yoshii
2. 発表標題 Single-Pass Configuration mW-Class Broadband Mid-Infrared Comb Using a Waveguide-Type PPLN Crystal
3. 学会等名 CLEO: 2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 光本涼, 久世直也, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫, 吉井一倫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いたmW級広帯域中赤外光発生のためのErファイバーコムシステムの開発
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 吉井一倫, 光本涼
2. 発表標題 複屈折媒質と偏光子を用いたペタヘルツ帯域ハーモニクス光の全同軸振幅整形
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 光本涼, 久世直也, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫, 吉井一倫
2. 発表標題 導波路型 PPLN 結晶によるmW級中赤外光発生に最適化されたErファイバーコムシステム
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第44回年次大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 宇田圭佑, 光本涼, 久世直也, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫, 吉井一倫
2. 発表標題 全偏波保持エルビウムファイバーコムを光源とする導波路型PPLN結晶によるmW級中赤外コム発生
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第44回年次大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉井一倫, 光本涼
2. 発表標題 水晶くさびペアと偏光子を用いたペタヘルツ帯域ハーモニクス光の全同軸振幅整形
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第44回年次大会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 吉井一倫, 光本涼
2. 発表標題 ペタヘルツ帯域ハーモニクス光の全同軸振幅整形
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 Jiajie Li, Akifumi Asahara, Haochen Tian, Kazumichi Yoshii, Takashi Kato, Yoshiaki Nakajima, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Mid-infrared Dual-comb Spectroscopy using Bidirectional Dual-comb Fiber Laser for Greenhouse N2O Gas Detection
3. 学会等名 CLEO-PR: 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kazumichi Yoshii, Naoya Kuse, Kazuki Inoue, Ryo Mitsumoto, Yoshiaki Nakajima, Takeshi Yasui, Kaoru Minoshima
2. 発表標題 Generation of a mW-class broadband mid-infrared comb using a waveguide-type PPLN crystal and its application to dual-comb spectroscopy
3. 学会等名 CLEO-PR: 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 光本涼, 久世直也, 井上一輝, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫, 吉井一倫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いたmW級広帯域中赤外コム発生
3. 学会等名 2022年度 応用物理・物理系学会 中四国支部 合同学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井一倫, 光本涼, 久世直也, 井上一輝, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いた広帯域中赤外デュアルコム分光計
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 光本涼, 久世直也, 井上一輝, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫, 吉井一倫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いた広帯域中赤外コム発生の高出力化
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 光本涼, 久世直也, 井上一輝, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫, 吉井一倫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いたシングルパス構成mW級広帯域中赤外コム
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井一倫, 光本涼, 久世直也, 井上一輝, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いた広帯域中赤外コムの開発とその応用
3. 学会等名 レーザー学会第570回研究会「次世代ファイバーレーザー技術」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井一倫
2. 発表標題 離散スペクトルの新しい振幅・位相同軸操作法を用いた光ファンクションジェネレーター開発
3. 学会等名 第7回フォトニクスワークショップ@那覇「遍く拡がる光科学の可能性！」(招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井 一倫, 光本 涼, 久世 直也, 井上 一輝, 中嶋 善晶, 安井 武史, 美濃島 薫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いた広帯域中赤外デュアルコム分光
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 光本 涼, 久世 直也, 井上 一輝, 中嶋 善晶, 安井 武史, 美濃島 薫, 吉井 一倫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いたシングルパス構成広帯域中赤外コムの高出力化
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 吉井一倫
2. 発表標題 ベタヘルツ帯域を有す離散スペクトルの振幅・位相同軸操作法
3. 学会等名 レーザー学会第555回研究会「フォトニクス・ワークショップ in 九州」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井一倫, 久世直也, 井上一輝, 樹永大亮, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶を用いた広帯域中赤外デュアルコム分光計の開発
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 李嘉傑, Haochen Tian, 吉井一倫, 中嶋善晶, 加藤峰士, 浅原彰文, 美濃島薫
2. 発表標題 双方向動作型モード同期ファイバレーザーを用いたコヒーレント中赤外光発生とデュアルコム分光への応用
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 李嘉傑, 浅原彰文, Haochen Tian, 吉井一倫, 加藤峰士, 中嶋善晶, 美濃島 薫
2. 発表標題 双方向動作型デュアルコムファイバレーザーの非線形波長変換による中赤外分光への応用
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井一倫, 久世直也, 井上一輝, 榎永大亮, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫
2. 発表標題 導波路型PPLN結晶による広帯域中赤外コム発生と分光への応用
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉井一倫, 野邑寿仁亜, 田口佳穂, 久井裕介, 洪鋒雷, 安井武史, 美濃島薫, 久世直也
2. 発表標題 導波路型周期分極反転ニオブ酸リチウム結晶を用いた広帯域な可視光コム発生
3. 学会等名 第42回 レーザー学会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 吉井一倫, 久世直也, 井上一輝, 中嶋善晶, 安井武史, 美濃島薫
2. 発表標題 導波路型PPLN 結晶によるmW 級中赤外コム発生とデュアルコム分光計への応用
3. 学会等名 第42回 レーザー学会学術講演会
4. 発表年 2022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
研究分担者	洪 鋒雷 (Hong Feng-Lei)  (10260217)	横浜国立大学・大学院工学研究院・教授  (12701)	

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