

令和 2 年 7 月 4 日現在

機関番号：12401

研究種目：挑戦的研究(萌芽)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K19069

研究課題名(和文)フェムト秒時間分解 - 離散時間分散光コムシングルショット過渡吸収分光法の研究

研究課題名(英文) Study of a femtosecond single-shot transient absorption spectroscopy using discretely oscillating optical frequency comb

研究代表者

塩田 達俊 (Shioda, Tatsutoshi)

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：10376858

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 5,000,000円

研究成果の概要(和文)：シングルショット位相計測を、200 GHzの光周波数コムモード間の25GHzサンプリングにより、40ピコ秒の時間領域で行う光システムの研究を行ってきた。この技術を過渡応答計測に適用する場合、時間分解能と広域な時間窓の両立には、広帯域かつ高分解な位相スペクトルの計測・制御技術が求められる。本課題で時間並列計測方式を考案し、1台の位相検波回路によって位相スペクトル計測を可能とした。375GHz (25GHz、15modes)における振幅・位相スペクトルを測定し、2.7ps分解能、40ps時間レンジの超高速光電界波形計測が可能であることを実験的に示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の目的は、既存の高速光波形計測の限界を打破し、“シングルショット”でフェムト秒時間分解できる光波形計測法を開発して、高分子重合反応や分解反応の様に一度しか生じない現象を捉えられるポンプ・プローブ過渡吸収計測を可能にする新たな光計測システムを確立することである。

研究成果の概要(英文)：We have studied an optical system, which can perform a single-shot phase measurement in the 40 ps time domain by 25 GHz sampling between modes of the 200 GHz optical frequency comb. In case of applying this technology to transient response measurement, wideband and high-resolution phase spectrum measurement and control technology are required to achieve both time resolution and wide time window. A time parallel measurement system has been devised to enable the phase spectrum measurement to be obtained by a phase detection circuit. The amplitude and phase spectra were measured at 375 GHz (25 GHz, 15 modes), and it was experimentally demonstrated that ultrafast optical electric field waveforms with a 2.7 ps resolution and a 40 ps time range can be measured.

研究分野：応用物理工学およびその関連分野

キーワード：光計測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

フェムト秒時間分解シングルショット波形計測法が確立すれば、不可逆反応素過程を追跡できるので、化学反応の研究が革新的に推進すると期待できる。例えば、光触媒や高分子重合反応の素過程の解明、1光子によるエネルギー遷移や励起過程の解明は石油の消費量抑制のカギである。

フェムト秒の時間分解能をもつ計測法は種々存在する。Pump-probe 法や自己相関法、FROG 法はこれまでに最も時間分解へ適用され成果を挙げてきた手法であるが、これら既存技術では光路長の機械的な走査に頼るほかになくシングルショット計測は不可能であった。また、SPIDER 法はシングルショット計測が可能であるが、1パルス内の電界計測に過ぎず、繰返しパルスの過渡計測への適用は不可能である。一方、申請者が開発したフーリエ空間光コムシンセサイザ・アナライザは、(1)高速繰返し性能、(2)コム間隔を超える時間計測範囲、(3)シングルショット計測への適用性を有す。

これまでに、申請者は光周波数コムの個々の縦モードのベクトル制御法とベクトル計測法をそれぞれ開発してフェムト秒任意波形制御に成功した。申請者が独自に開発した 400 GHz 光周波数コム合成・解析法では、6.4 THz 帯域の光コム縦モードの振幅・位相スペクトルを光シンセサイザにより制御して、25 Tbit/s 信号生成に成功した。また多波長同時ヘテロダイン検波法によりフーリエ空間波形計測に成功した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、フェムト秒の時間分解能で“シングルショット計測”する光計測法を開発して、物質のポンプ・プローブ過渡吸収計測を実現するベクトル解析法を確立することである。具体的には、新規光源として 200 GHz 光周波数コム(帯域 6.4 THz)を独自の手法で発生し、その光電界をホログラフィック光周波数コム合成法により制御して繰返し 3.2 THz(時間間隔: 312.5 fs)の光パルス列を得る。さらに申請者が開発した二波長同時ヘテロダイン検波法で 200 GHz 間隔光コムの振幅・位相スペクトルを 25 GHz 間隔でサンプリングし、時間領域 40 ps (= 1/25 GHz)のシングルショット時間分解光ベクトル計測によりプローブする。一方、ポンプ光として可視光領域のギガヘルツスーパーコンティニューム(SC)光を発生し、その一部を選択してプローブに同期した 25 GHz 繰返しの波長可変パルス(300 fs)とする。実際に、ピコ秒の緩和時間を有す試料の過渡吸収特性を計測して原理を試験実証することで、次世代の超高速光センシング技術の礎を築く。

時間分解計測への汎用性を確保するために、下記の通り近赤外フェムト秒時間分解能のシングルショット波形計測システムを構築し、さらに波長変換を通した可視 SC ポンプ光の生成と過渡応答を示す試料を用いたポンプ・プローブ実証実験を行って全体システムを実証する。

3. 研究の方法

新たに時間多重方式スペクトル計測を開発した。この方式は AWG において空間的に広がっていた振幅・位相情報に対して、モードごとに一定間隔の時間遅延を与え、検出器で一括取得するものである。具体的な方法を図 1 に示す。始めに信号光を計測レンジに対応した時間窓 40 ps で切り出す。この操作は時間多重化の際に計測窓以外の情報の混信を避けるためである。信号光を分光器によって分光し、モードごとに一定間隔の 8 ns で増加する時間遅延を与え、再び全てのモードを合波する。時間窓内のみ信号光が存在するため、この時間内で参照光と干渉し、2波長同時ヘテロダイン検波を行う 2 つのビート信号が発生する。その 8 ns 後には別のモード由来の 2 つのビート信号が発生し、16 ns、24 ns、... と 8 ns 間隔で位相情報を含む 2 つのビート信号が発生する。これを Photo Diode (PD)によって検出し、2波長同時ヘテロダイン検波を行うことで、8 ns 間隔で異なるモード間の相対振幅・位相情報を検出することができ、シングルショットで複数の振幅・位相情報を取得することができる。実験ではスペクトル時分割多重化の検証として、375 GHz (25 GHz × 15 modes)にわたる振幅・位相スペクトルを時分割多重化し、シングルショットで一括取得を行った。

実験系を図 2 に示す。信号発生器から生成した 12.5 GHz の正弦波から、周波数ダブラを用いて 25 GHz の正弦波を生成した。この信号をディバイダで分岐し、信号光と参照光に使用した光周波数コム発生器(OFCG)に入力した。25 GHz で駆動した OFCG に DFB-LD からのレーザー光を入射した。このとき、信号光の中心周波数を 193.3 THz、参照光を 193.3 THz+150 MHz とした。図の上側は信号用の光路、下側は参照用の光路である。信号光の光周波数コムを 2 台の強度変調器 (IM1、IM2)に入力した。IM1 は時間窓 40ps、400ps 繰返しの矩形の RF 信号で駆動し、時間窓切り出しを行った。次に IM2 に IM1 で切り出した信号を入力し、時間窓を 40ps に維持したまま、繰返し時間を 1000ns に延長した。その後、WaveShaper によって信号光に 2.7ps の群遅延を与えた。参照光の光周波数コムは光バンドパスフィルタ(BPF)を用いて、今回使用する 193.325 から 193.700 GHz の 375 GHz (25 GHz × 15 modes)に帯域制限した。信号光と参照光を 3 光路に分岐し、それぞれ合波した。合波の際に、信号光側にそれぞれ光遅延器を入力し、信号光と参照光との距離差が 25GHz 正弦波の波長に対して 0、 $\pi/2$ 、 π の位相差を光回路上で与えた。 $\pi/2$ の出力には 240ns の遅延時間に相当する光ファイバを、 π の出力には 480 ns の遅延時間に相当する長さの光ファイバを挿入し、0、 $\pi/2$ 、 π の出力を合波した。次に入力するスペクトル時分割多重化回路は 50:50 光カプラ、アレイ導波路格子(AWG) 遅延光ファイバそしてミラーで構成されている。

合波後の出力を AWG に入力すると 1 つの出力ポートから信号光の光周波数コムとの隣り合う 2 モードとそれに対応するわずかに周波数の異なる参照光の 2 モードが得られる。従来はこの出力を PD に入力し、2 波長同時ヘテロダイン検波を行い、出力ポートを切り替えることで複数モードの振幅・位相スペクトルを計測してきたが、本研究では出力ポートそれぞれに 8 ns の整数倍の遅延時間に対応する光ファイバを新たに挿入した。2 台の IM を用いて信号光を 40 ps に時間窓切り出しを行ったため、1 つの AWG の出力ポートでは 40ps の間だけ 2 つの 15 0MHz のビート信号が発生した。2 つのビート信号は 2 波長同時ヘテロダイン検波において、2 モード間の相対振幅・位相スペクトルと同義なので、この状態はスペクトル情報が AWG の各出力で空間的に広がっているといえる。そこに 8 ns ごと増加する時間遅延を与えると、各出力のビート信号に 8 ns ほどの遅延が発生するため、空間的に広がっていた位相スペクトルに 8 ns ほどの時間的な広がりを与えることができる。それぞれ遅延を与えた出力をミラーで反射し、AWG によってふたたび集光することで、異なるモード由来の 2 つのビート信号が光ファイバ内で時間多重化され、これを検出器の PD に入力した。PD で得られたビート信号をパワースプリッタによって分岐し、再びミキサーによって合波した。ミキサー後の電圧波形を、2GS/s のサンプリングスピードを持つデジタイザを用いて検出した。

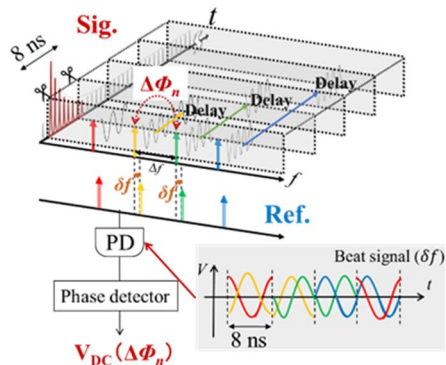


図 1 スペクトル時分割多重化の概念図

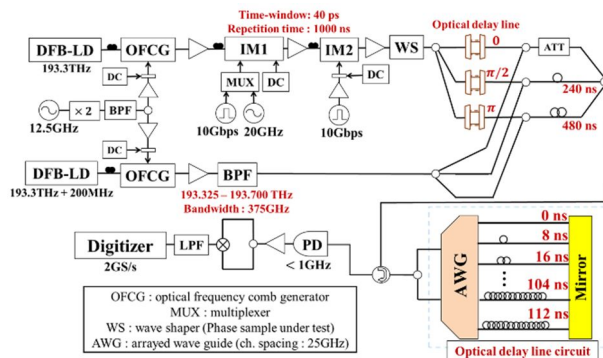


図 2 シングルショット光電界波形計測実験系

4. 研究成果

デジタイザで観測された、時間多重化 DC 電圧波形を図 3 に示す。ただし、WS によって群遅延サンプルを与える前で得られた結果である。図 3 の 1000 ns 付近が V_{DC0° 、1300 ns 付近が V_{DC90° 、1550 ns 付近が V_{DC180° の出力に対応している。8 ns 間隔で異なるモード間から発生した DC 電圧が得られていることが確認できた。この中から、Eq. (2)-(4) に対応した DC 電圧を取り出し、振幅、位相スペクトルを算出した結果を図 4、図 5 に示す。振幅・位相スペクトルからフーリエ変換を用いて得られたシングルショット光電界波形を図 6 に示す。図 6 (a) が群遅延サンプルを与える前、(b) が 2.7ps の群遅延を与えた後で得られた波形である。よりサンプルを与えた前後での変化が見やすくなるよう、光強度波形に変換し、比較した結果を図 7 に示す。35 ps 付近に明らかなピーク位置の変化が確認できた。与えた群遅延 2.7 ps に対して、計測結果は 1.4 ps となったが、シングルショット光周波数コムアナライザの実現可能性を示唆する結果を得ることができた。

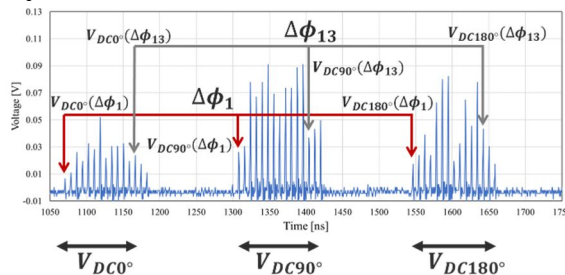


図 3 時分割多重 DC 電圧波形

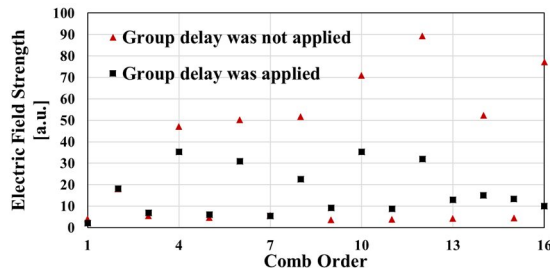


図 4 振幅スペクトル計測結果

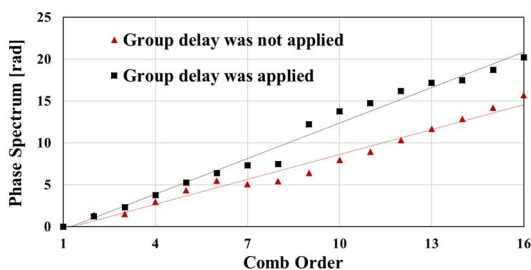


図 5 位相スペクトル計測結果

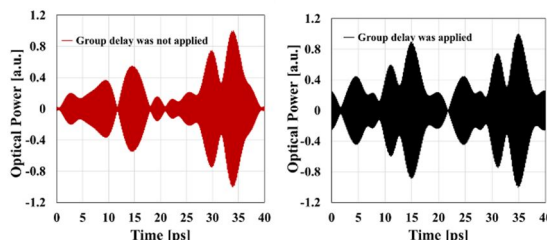


図 6 シングルショット光電界波形計測結果

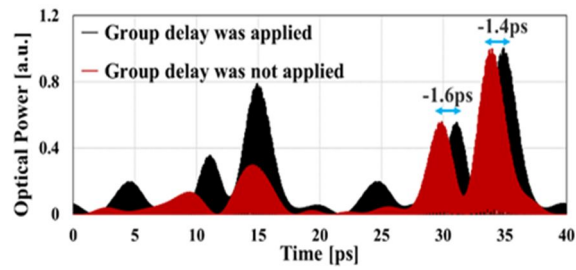


図 7 群遅延付与前後における光強度波形のピーク位置の比較

< 引用文献 >

- T. Yamazaki, T. Shioda, "Application of dual-heterodyne mixing to optical phase-shift keying," Jpn. J. Appl. Phys., 53, (1), 012501 pp.1-6 (2014).
- T. Shioda, T. Yamazaki, Opt. Lett., "T. Shioda, T. Yamazaki, Opt. Lett., 37, (17), pp. 3642-3644 (2012).," 37, (17), pp. 3642-3644 (2012).
- T. Yamazaki, M. Kuzuwata, T. Shioda, "Spectral waveform measurement of 2 THz optical frequency comb by dual-heterodyne mixing," J. Opt. Soc. Am. B, 29, (7), pp.1707-1711 (2012).
- T. Shioda, T. Yamazaki, "Proposal of Dual-Heterodyne-Mixing Method and Application to High-speed Waveform Measurement Using Low-speed Equipment," Opt. Commun., 283, (23), pp.4733-4740 (2010).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件 / うち国際共著 4件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Takashi Kurokawa, Tatsutoshi Shioda, Motohiro Koriba, Mitsutaka Ito, Ken Kashiwagi, Takuma Serizawa, Yosuke Tanaka	4. 巻 438
2. 論文標題 Generation of broadband frequency-variable laser comb allowing full-frequency sweep in the near-infrared region	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Opt. Commun.	6. 最初と最後の頁 pp.13-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.optcom.2018.12.086	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 Tuan Cong Truong, Tuan Quoc Banh and Tatsutoshi Shioda	4. 巻 58
2. 論文標題 Development of discrete frequency swept laser for 2D single-shot pseudo comb interferometry	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Jpn. J. Appl. Phys.	6. 最初と最後の頁 056503-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.7567/1347-4065/ab0a7f	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 Tuan Cong Truong, Tuan Quoc Banh, Heuihyeon Kim, Tatsutoshi Shioda	4. 巻 439
2. 論文標題 Axial zoomable 2D single-shot comb interferometry using spatial phase modulator for profilometry and tomography	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Opt. Commun.	6. 最初と最後の頁 pp.276-283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.optcom.2019.01.029	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 塩田 達俊	4. 巻 46
2. 論文標題 光周波数コム合成 / 解析法による超高速光波形計測と分散計測	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 レーザー研究	6. 最初と最後の頁 73-79
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 Nasrin Sultana, Hiroaki Tada, Leona Yuda, and Tatsutoshi Shioda	4. 巻 58
2. 論文標題 Dispersion spectroscopy with optical frequency comb based single-shot dual-heterodyne mixing	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Appl. Opt.	6. 最初と最後の頁 9044-9050
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1364/AO.58.009044	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 Sultana Nasrin, Tada Hiroaki, Imai Hayate, Shioda Tatsutoshi	4. 巻 475
2. 論文標題 Dispersion pre-compensation of 25.6 Tbps waveforms using an optical frequency comb synthesizer/analyzer	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Opt. Commun.	6. 最初と最後の頁 126196 - 126196
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1016/j.optcom.2020.126196	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

〔学会発表〕 計36件 (うち招待講演 4件 / うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Toshiki Awane, Tuan Q. Binh, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 High-speed 2D Single-shot Surface Profilometry for Industrial Inspection under Vibrational Environment
3. 学会等名 OSA Laser Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroaki Tada, Leona Yuda, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 High-speed and Single-shot Waveform Measurement for Elucidation of Irreversible Chemical Reaction Dynamics
3. 学会等名 OSA Laser Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 NASRIN SULTANA, Tada Hiroaki, Shioda Tatsutoshi
2. 発表標題 Dispersion Spectrum Measurement using Scan-less Dual-heterodyne Mixing
3. 学会等名 OSA Laser Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masanori Nishiura and Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 1020-1064 nm wavelength-tunable all polarization maintaining mode-locked fiber laser with a programmable optical filter
3. 学会等名 PHOTONICS WEST LASE2020 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 唐澤 悠太郎、郡司 翔平、塩田 達俊
2. 発表標題 低コヒーレンス干渉計を用いたトモグラフィック位相屈折率スペクトル計測
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 阿波根 稔季、塩田 達俊、バン トゥアン
2. 発表標題 振動環境下での安定な高速2次元シングルショット表面形状計測
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 多田 浩明、湯田 怜央奈、塩田 達俊
2. 発表標題 光周波数コムアナライザを用いた超高速光波形計測のシングルショット計測化に向けた基礎検討
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 西浦 匡則、塩田 達俊
2. 発表標題 High-speed 2D Single-shot Surface Profilometry for Industrial Inspection under Vibrational Environment
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 三木 真人、多田 浩明、八木 達椰、塩田 達俊
2. 発表標題 周波数軸上での相関を利用した高速波形計測法についての基礎検討
3. 学会等名 第64回 光波センシング技術研究会講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西浦 匡則、塩田 達俊
2. 発表標題 波長フレキシブル全PMモード同期Ybファイバレーザ
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 多田 浩明、湯田 怜央奈、今井 颯、三木 真人、塩田 達俊
2. 発表標題 シングルショット超高速波形計測のための高速光周波数コムアナライザ（講演奨励賞受賞記念講演）
3. 学会等名 第67回応用物理学会春季学術講演会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阿波根 稔季、トゥアン パン、塩田 達俊
2. 発表標題 振動環境下での高速・非接触2次元シングルショット表面形状計測
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 八木 達椰、三木 真人、多田 浩明、今井 颯、塩田 達俊
2. 発表標題 高速光波形計測のための周波数領域光相関法の提案と基礎検討
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 Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Optical Frequency Comb Based Ultrafast Waveform Synthesis and Analysis
3. 学会等名 International Symposium on Imaging, Sensing, and Optical Memory2018（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Variety on time-domain waveforms with optical frequency comb synthesizer and analyzer
3. 学会等名 ASIA PACIFIC LASER SYMPOSIUM2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Leona Yuda, Hiroaki Tada, Takashi Hasegawa, Nasrin Sultana, and Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 High-speed Optical Frequency Comb Analyzer with single-detector technique for Ultrafast Waveform Measurement
3. 学会等名 ASIA PACIFIC LASER SYMPOSIUM2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tuan Cong Truong, Tuan Quoc Binh, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Develop a high energy efficiency swept source optical frequency comb for tomography
3. 学会等名 The 7th Asia-Pacific Optical Sensors Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Futoshi Kokubun, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Frequency Domain 2D Incoherent Comb Interferometry for Single-shot Tomographic Imaging
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shohei Gunji, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Improvement of Frequency Accuracy of Spatially-resolved Spectroscopy / Tomographic Spectroscopy
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Leona Yuda, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 High-speed Optical Frequency Comb Analyzer with Single-detection Technique for Ultrafast Waveform Measurement
3. 学会等名 CLEO Pacific Rim 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 塩田達俊
2. 発表標題 光コム合成 / 解析法による超高速光波形計測と分散計測
3. 学会等名 一般社団法人レーザー学会学術講演会第39回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯田怜央奈、長谷川尊士、多田浩明、Nasrin Sultana、塩田達俊
2. 発表標題 超高速光波形計測へ向けた時間並列方式による光周波数コムアナライザの開発
3. 学会等名 第61回光波センシング技術研究会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 國分太志、塩田達俊
2. 発表標題 VIPA / エタロン直列共振器による周波数領域 2次元光コム干渉の シングルショット断層計測の範囲拡大
3. 学会等名 第61回光波エンジニアリング技術研究会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯田 怜央奈, 長谷川 尊士, 多田 浩明, 塩田 達俊
2. 発表標題 時間並列方式を用いた超高速光周波数コムアナライザ開発の基礎検討
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 郡司 翔平, 塩田 達俊
2. 発表標題 トモグラフィック分光計測法の周波数精度改善
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 唐澤 悠太郎、郡司 翔平、塩田 達俊
2. 発表標題 広帯域光源を用いた簡易な波長可変光源の開発
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 湯田 怜央奈、サルタナ ナスリン、多田 浩明、塩田 達俊
2. 発表標題 時間並列位相検波による光周波数コムアナライザの基礎検討
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nasrin Sultana, Leona Yuda, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Scan-less dual-heterodyne mixing for dispersion spectrum measurement
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西浦匡則、塩田達俊
2. 発表標題 偏波保持ファイバを用いた 1 μ m 帯光コヒーレンストモグラフィの開発
3. 学会等名 第62回光波 ω シソグ 技術研究会講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 唐澤 悠太郎、郡司 翔平、塩田 達俊
2. 発表標題 低コヒーレンス干渉計によるトモグラフィック屈折率計測
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 Takashi Hasegawa, Takayuki Miyamoto, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Time Range Extension of Ultrafast Waveform Measurement by Using Optical Frequency Comb Synthesizer/Analyzer
3. 学会等名 CLEO2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Takashi Hasegawa, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Improvement of Time Resolution with Range Expanded Ultrafast Waveform Measurement by Using Optical Frequency Comb Synthesizer/Analyzer
3. 学会等名 The 24th Congress of the International Commission for Optics (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金 薫賢、杉本 裕晃、塩田 達俊
2. 発表標題 距離計測へ向けたDFB-LDの低周波直接変調によるギガヘルツ変調光の生成
3. 学会等名 第78回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 湯田 怜央奈、長谷川 尊士、塩田 達俊
2. 発表標題 光位相スペクトルの時間領域並列計測へ向けた新規遅延回路システムの基礎検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 金 薫賢、杉本 裕晃、塩田 達俊
2. 発表標題 LD の低周波変調と遅延干渉計による高周波 光マイクロ波の生成と距離計測への応用
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉本 裕晃、金 薫賢、塩田 達俊
2. 発表標題 GA によるギガヘルツ光マイクロ波生成へ向けた半導体レーザー変調波形の最適化の検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2017
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 干渉計	発明者 塩田達俊	権利者 埼玉大学
産業財産権の種類、番号 特許、2019-152229	出願年 2019年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

埼玉大学研究者総覧 http://s-read.saitama-u.ac.jp/researchers/pages/researcher/vTsgRVyk 埼玉大学先端フォトニクス&光波センシングシステム研究室 http://optel.ees.saitama-u.ac.jp/
--

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