

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 18 日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360143

研究課題名(和文)CW半導体レーザーからのGHz繰返し10フェムト秒光パルス発生の研究

研究課題名(英文)Generation of GHz repetition rate 10-fs optical pulses from a continuous wave laser diode

研究代表者

西川 正(NISHIKAWA, TADASHI)

東京電機大学・工学部・教授

研究者番号：20374069

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,200,000円

研究成果の概要(和文)：電気光学変調器を用いた連続発振半導体レーザーからの高繰返し短パルス列発生手法の開発により、0.5 ps以下のパルス幅を保ったまま、18～28 GHzという広い繰返し周波数可変性と、1530～1575 nmという広い波長可変性を兼ね備えた光源の開発に成功した。ファイバーアンプ内の非線形伝搬効果を利用した独自のパルス圧縮法により、広帯域なファイバーアンプを用いる事で10フェムト秒以下の光パルスの発生も可能になる事を計算機シミュレーションで明らかにした。本光源のデュアルコム分光への適用や、本光源を活用した市販の信号発生器を凌駕する超低雑音ミリ波信号発生にも成功した。

研究成果の概要(英文)：High repetition rate short optical pulses generation technique from a CW LD based on electro-optic modulators have been developed. A wide repetition rate tunable range of 18-28 GHz and a wide wavelength tunable range of 1530-1575 nm could be achieved while keeping the pulse duration shorter than 0.5 ps. From the numerical simulation results, we have clarified that sub-10-fs pulse duration could be achieved by using a progressive expansion of the spectrum in the self-phase modulation process in an erbium-doped fiber amplifier if we use a broadband optical amplifier. The demonstration of the dual-comb spectroscopy and the ultralow-phase-noise millimeter-wave signal generation which is superior to commercially available signal generators are also succeeded by using our developed optical source.

研究分野：レーザー工学

キーワード：光周波数コム 電気光学変調器 超短パルス光 高繰返し 広モード間隔 波形整形

1. 研究開始当初の背景

レーザーの受動モード同期(ML)技術の出現によりサブ 100 fs の超短光パルス列を発生させる事が容易に出来る様になり、超高速現象の測定や光信号処理や生体観察等の様々な分野に大きなインパクトをもたらした。ML レーザーは現在に至るまでの長い間重要なツールとして広く利用され続けている。しかしながら、光共振器を必要とする為に、環境変化の影響を受けやすく、小型化や集積化に難があり、繰返し周波数を 10 GHz 以上に上げるには共振器長を 15 mm 以下にしなければならず、1 GHz 以上の高繰返し化は困難である。又、繰返し周波数や中心波長を変化させる為には共振器の構成を変化させる必要があり、可変範囲が狭かったり、広範囲に変えるには光学系の複雑な調整機構が必要となったりするという問題があった。

2. 研究の目的

上記の問題を克服する為に、以下のような特性を持つ高機能光源並びにその要素技術の開発及びその活用に向けた研究を行う。

(1) ML 方式レーザーでは実現が難しい 25 GHz の高繰返しで kHz のモード線幅を持ち、繰返し周波数可変性及び中心波長可変性を兼ね備えた高繰返しフェムト秒短パルス光源の開発。

(2) 本光源と光波平面回路(PLC)ベースのライン by ライン波形整形回路との組み合わせによる高機能化手法の開発

(3) 本光源波長の自己参照干渉法を用いた RF 基準信号へのロックに向けた要素技術開発

(4) 本光源のデュアルコム分光用光源への適用

3. 研究の方法

光共振器を用いる ML レーザーの代わりに、半導体レーザー(LD)からの連続光(CW)に RF 正弦波で駆動する電気光学変調器を利用して周期的なチャープを付与しファイバーでそのチャープを補償してパルスを圧縮する事で高繰返し広モード間隔の光周波数コム光を発生する。CWLD には線幅<2kHz のものを用いる事で狭モード線幅を達成する。また、広い増幅周波数帯域を持つ RF アンプの採用により変調器を駆動する RF 信号発生器の周波数に応じて繰返し周波数を広い範囲で可変させる事ができるようにすると共に、CWLD に波長可変 LD を用いる事で光源の中心波長可変性を合わせ持てるようにする。本光源と組み合わせる為の、ライン by ライン波形整形回路については、小型化と安定性に優れた PLC 技術を用いたアレイ導波路格子(AWG) + 可変減衰器・位相シフトアレイ構成で、広いスペクトル帯域をカバー出来るように折り返しにより分波と合波を 1 個の AWG でまかなう設計で試作した、25 GHz 間隔 140 チャンネルという仕様のものを用いる。

4. 研究成果

(1) 従来の光共振器を必要とするモードロック方式レーザーの制約を打破する為に、光共振器を使用せずに、可変波長半導体レーザーと電気光学変調器を用いた高繰返し光源の研究開発を行った。レーザーの繰返しを変える為に光変調器を駆動する RF 信号発生器の周波数を変化させたとき及び中心波長を変える為にシード光の CWLD 波長を変えたときのスペクトル幅、パルス幅、最適ファイバー長への影響を明らかにした。その結果、最短パルスを得るには、繰返し周波数や中心波長に応じて光変調器を駆動する RF アンプの出力やファイバー長の調整が必要になることが判った。それは、位相変調器の変調効率の周波数依存性や、ファイバーの分散値の波長依存性に起因している。従って、最も狭いパルス幅を得るために最適なファイバー長は、各繰返し周波数及び中心波長によって異なってくる。ファイバー長の最適化を行うことにより、繰返し周波数が 18 GHz から 28 GHz、中心波長に関しては 1530 nm から 1575 nm に及ぶ大変広い可変範囲で 0.5 ps 以下の短パルス光の発生を実現した。本成果は CLEO2013 国際会議等にて発表を行った〔学会発表 24, 21, 26.〕。なお、分散補償をファイバー長の調整で行う代わりに、グレーティングベースの可変分散補償器を用いる事で連続可変性も得られる。

今回の実験において繰返し周波数可変範囲の制限要因となったものは、位相変調器用の RF アンプの増幅周波数帯域によるものであった。従って、もっと広い周波数帯域を持つ RF アンプを用いる事で、より広い範囲の繰返し周波数可変性が得られるものと思われる。また、中心波長可変範囲の制限要因について調べたところ、用いたエルビウム添加光ファイバーアンプ(EDFA)の増幅波長帯域の制限によってアンプ後の光スペクトル幅が狭くなり短パルス化でないこともわかった。従って、増幅スペクトル帯域のより広い EDFA を用いればさらに広い範囲で波長を可変にすることでできると考えられる。

短パルス化に向けては、EDFA 内において自己位相変調効果に伴う非線形伝搬を生じさせてスペクトル幅を徐々に広げてパルス圧縮を行う事で、パルス波形の分裂を生じさせる事無く短パルス光を発生させるという新たな手法を用いて実現した 80 fs よりさらなる短パルス化を図る為に、計算機シミュレーションによる各パラメーター値の最適化を行った。その結果、1 GHz 繰返しで平均出力 4 W の EDFA を用いた場合に、EDFA の増幅スペクトル帯域に制約が無ければ、EDFA 前のファイバー長を 19 m、EDFA 内では分散量 1.62×10^{-6} s/m² の長さ 19 m のファイバーを用いる事により、3.9 fs の短パルス化が達成可能である事が判った。なお、EDFA の帯域が 120 nm に迄制限されると、達成できるパルス幅は 12 fs と広がってし

まうので、10 fs 以下の短パルス化を図る為には広帯域 EDFA の開発が必要になる事も判った。

(2) ライン by ラインスペクトル整形回路を用いた新機能波形生成の検討、および整形回路の構成簡略化・小型化の検討を、シミュレーション計算を中心に行った。特に、今まで高速光変調器が必要だった波形生成機能を、受動素子であるスペクトル整形回路で置き換えが可能か、あるいは凌駕する特性を得ることが可能かという観点から波形生成の検討を行った。

スペクトル整形回路を用いた新機能波形生成の検討

・位相・振幅と、光デバイス評価用、あるいは光ラベル信号用の 2 値強度擬似ランダムパルスパターン波形生成の関係とを明らかにした。作製した 25 GHz 間隔・140 ch のスペクトル整形回路を用いる場合、sinc 関数状のスペクトル整形を行うことによって、系列長 24-1 程度の 25 Gbit/s ・2 値の M 系列パルスパターン波形を光領域処理でも生成できることを明らかにした。本研究開始前に検討を行った 40 GHz 間隔・32 ch のスペクトル整形回路の実験結果 (スペクトル消光比 30 dB) を基に時間パルス品質の評価を行った結果、消光比 10 dB 程度の実用的なパルスが得られることも明らかにした。上記程度の系列長では光デバイス評価用としての適用は難しいが、光パケット信号としては使用できる。

・CS-RZ (Carrier-suppressed return-to-zero) 信号は、通常の RZ 信号と比較して信号占有帯域を半分にするため、長距離の超高速時分割多重伝送用信号として適している。搬送波周波数が抑圧され、ビットレート間隔に等しいシンプルな周波数成分を持つため、スペクトル整形回路を用いれば簡単に生成できる。作製済みのスペクトル整形回路によって 50 x N Gbit/s の可変 CS-RZ 信号 (上限は 1 Tbit/s) を生成できることを明らかにした。

スペクトル整形回路の構成簡略化・小型化の検討

現状のスペクトル整形回路では、ラインスペクトル毎に可変減衰器、位相シフタが配置されている。1 例として、スイッチアレイ部を除去する構成について検討を行った。素子を除去する場合、用途は限定されるが、回路の簡略化・小型化、延いては低消費電力化を実現できる可能性がある。

波長多重通信のアド・ドロップマルチプレクサとしての用途に特化した構成を検討した。回路の 1 入力・1 出力部を、カプラを介して接続することによって、スイッチアレイ部を除去できる。カプラの波長依存性も併用した設計を行えば、25 GHz 間隔・140 ch の大規模回路でも 20 dB 程度の消光比が得られることが明らかとなった。また、現状構成では数 10 W 必要な電力も、可変減衰器アレイの除去によってほぼ半減することができる。

(3) 本光源波長の自己参照干渉法を用いた RF 基準信号へのロックを実現する為には、スーパーコンティニューム光の高効率発生及び、自己参照干渉信号の高感度検出が必要となる。スーパーコンティニューム光の発生については、高い非線形性が得られる Si 細線導波路の構造分散と伝搬長を制御して作製することで、僅か 50 pJ のパルスエネルギーで帯域 900-2300 nm の SC 光発生に成功した。本成果は CLEO2015 国際会議等にて発表を行った [学会発表 3. 16.]。また、応用物理学会春季学術講演会 Poster Award も受賞した [学会発表 17.] 高感度自己参照干渉信号検出に関しては、2 倍波と 3 倍波を 1 つのチップで同時に発生する事が可能になるように設計したデュアルピッチ周期分極反転ニオブ酸リチウムリッジ導波路を製作しコリニア型 2f-3f 自己参照干渉計に用いる事で、環境の変動に関して大変ロバストなオフセット周波数検出を実現した [雑誌論文 1. 4. 6.]。

(4) 本光源は、光共振器を用いずに構成されている為に、従来のモードロック方式レーザーでは実現が難しい 25 GHz という高い繰返しを得る事が出来る。また、繰返し周波数は光変調器を駆動する RF 信号の周波数で決まる為に、一つの CWLD を二つに分けて使う事で、僅かに繰返し周波数が異なる位相同期した二つの光周波数コム光を発生させる事が容易に出来る。これは、現在複雑なフィードバック機構を用いて位相同期させた 2 台の ML レーザーを利用しているデュアルコム分光用の新たな光源として最適である。高い繰返し周波数により高速分光も可能となる。そこで本光源をデュアルコム分光に利用する為に、繰返しが 25 GHz 及び 25 GHz + 0.35 MHz のデュアルコム分光光源を構築した。広い測定スペクトル帯域実現の為に、シード LD を 2 台用いる工夫により、4.3 THz に渡る 25GHz 間隔 190 本のコム光を発生させる事に成功した。本成果は CLEO2015 国際会議にて発表を行った [学会発表 4. 5.]。

(5) 本光源を周波数可変な低位相雑音ミリ波基準信号の発生を実現するための新たな方式として利用することにより、市販のミリ波信号発生器の位相雑音を大幅に低減する新手法を開発した。電気光学変調器光周波数コムは、そのシード光の中心周波数からコムのモード次数が増加するのに伴い、電気光学変調器を駆動するミリ波信号発生器の位相雑音に由来するコムラインの位相雑音が拡大される。そこで、位相雑音で線幅が広がった電気光学変調器光周波数コムのコムラインと狭線幅化したモード同期レーザーのコムラインとの干渉信号を元に水晶発振器にフィードバック制御を掛けることにより、市販で最も低雑音のミリ波信号発生器よりもさらに低雑音のミリ波発生に成功した。本成果は CLEO2015 国際会議等にて発表を行

った〔学会発表 1. 9. 25.〕〔雑誌論文 5.〕

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

1. K. Hitachi, A. Ishizawa, O. Tadanaga, T. Nishikawa, H. Mashiko, T. Sogawa, H. Gotoh, "Frequency stabilization of an Er-doped fiber laser with a collinear 2f-to-3f self-referencing interferometer," Applied Physics Letters 106(23) 231106, 2015, 査読有

2. K. Takiguchi and T. Miwa, "Integrated-optic OFDM signal multiplexer composed of optical IFFT circuit," Electronics Letters 51 (6) 505-506, 2015, 査読有
DOI:10.1049/el.2014.3283

3. K. Takiguchi and T. Miwa, "Optical OFDM signal generation using integrated-optic multiplexer based on optical IFFT", Proc. SPIE 9389 93890J-1 ~ 6, 2015,
DOI: 10.1117/12.2074235

4. K. Hitachi, A. Ishizawa, T. Nishikawa, M. Asobe, T. Sogawa, "Carrier-envelope offset locking with a 2f-to-3f self-referencing interferometer using a dual-pitch PPLN ridge waveguide," Optics Express 22 (2) 1629-1635, 2014, 査読有
DOI:10.1364/OE.22.001629

5. A. Ishizawa, T. Nishikawa, A. Mizutori, H. Takara, A. Takada, T. Sogawa, and M. Koga, "Phase-noise characteristics of a 25-GHz-spaced optical frequency comb based on a phase- and intensity-modulated laser," Optics Express 21 (24) 29186-29194, 2013, 査読有
DOI:10.1364/OE.21.029186

6. K. Hitachi, A. Ishizawa, T. Nishikawa, M. Asobe, T. Sogawa, "Periodically poled lithium niobate ridge waveguides with high conversion efficiency for 2f-to-3f self-referencing interferometer," Electronics Letters 49 (2) 145-146, 2013, 査読有
DOI:10.1049/el.2012.3630

〔学会発表〕(計 2 9 件)

1. Atsushi Ishizawa, Tadashi Nishikawa, Takahiro Goto, Kenichi Hitachi, Tetsuomi sogawa, HIdeki Gotoh, "Low-Phase-Noise Millimeter-Wave Signal Generator assisted with Frequency Comb based on

Electro-Optics-Modulators," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2015), 10-15 May 2015, STh4N.6 , San Jose (USA)

2. Kenichi Hitachi, Atsushi Ishizawa, Osamu Tadanaga, Hiroki Mashiko, Tadashi Nishikawa, Tetsuomi Sogawa, HIdeki Gotoh, "A Robust 2f-to-3f Collinear Interferometer with a Dual-Pitch Periodically Poled Lithium Niobate Ridge Waveguide," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2015), 10-15 May 2015, SW4G.3, San Jose (USA)

3. Takahiro Goto, Atsushi Ishizawa, Rai Kou, Tai Tsuchizawa, Nobuyuki Matsuda, Kenichi Hitachi, Tadashi Nishikawa, Koji Yamada, Tetsuomi sogawa, HIdeki Gotoh, "Octave Spanning Frequency Comb Generation in a Dispersion-Controlled Short Silicon-Wire Waveguide with a Fiber Laser Oscillator," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2015), 10-15 May 2015, SW4G.1, San Jose (USA)

4. Tadashi Nishikawa, Atsushi Ishizawa, Ming Yan, Hideki Gotoh, Theodor Hänsch, Nathalie Picqué, "Broadband Dual-comb Spectroscopy with Cascaded-electro-optic-modulator-based Frequency Combs," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2015), 10-15 May 2015, SW3G.2, San Jose (USA)

5. Atsushi Ishizawa, Tadashi Nishikawa, Ming Yan, Guy Millot, HIdeki Gotoh, Theodor Hänsch, Nathalie Picqué, "Optical Frequency Combs of Multi-GHz Line-spacing for Real-time Multi-heterodyne Spectroscopy," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2015), 10-15 May 2015, SW1G.7, San Jose (USA)

6. 日達研一、「広モード間隔光周波数コムの周波数安定化に向けて」、国際光年記念シンポジウム プレイベント、2015年4月21日、東大本郷キャンパス(東京都・文京区)

7. 後藤貴大、「シリコン導波路を用いたオンチップスーパーコンティニューム光発生」、国際光年記念シンポジウム プレイベント、2015年4月21日、東大本郷キャンパス(東京都・文京区)

8. K. Takiguchi and T. Miwa, "Optical OFDM signal generation using integrated-optic multiplexer based on optical IFFT," Photonic West 2015, 13-18 February 2015, San Francisco (USA)

9. 石澤淳、西川正、後藤貴大、日達研一、寒川哲臣、後藤秀樹、「電気光学変調器ベース光周波数コムを用いた低位相雑音ミリ波発生」、第 62 回応用物理学会春季学術講演会、2015 年 3 月 12 日、12p-A15-9、東海大学湘南キャンパス（神奈川県・平塚市）

10. 後藤貴大、石澤淳、高磊、土澤泰、松田信幸、日達研一、西川正、山田浩治、寒川哲臣、後藤秀樹、「オンチップスーパーコンティニウム光スペクトルとシリコン導波路入射パルス波形の関係」、第 62 回応用物理学会春季学術講演会、2015 年 3 月 12 日、12p-A15-7、東海大学湘南キャンパス（神奈川県・平塚市）

11. 日達研一、石澤淳、忠永修、増子拓紀、西川正、寒川哲臣、後藤秀樹、「2f-3f 自己参照干渉計による CEO 周波数の安定性評価」、第 62 回応用物理学会春季学術講演会、2015 年 3 月 12 日、12p-A15-4、東海大学湘南キャンパス（神奈川県・平塚市）

12. 石澤淳 25GHz モード間隔通信波長帯光周波数コム レーザー学会学術講演会第 35 回年次大会 2015 年 1 月 11 日、11p VII.1、東海大学高輪校舎（東京都・港区）

13. 後藤貴大、石澤淳、高磊、土澤泰、松田信幸、日達研一、西川正、山田浩治、寒川哲臣、後藤秀樹、「分散制御シリコン導波路を用いたオンチップスーパーコンティニウム光」、第 75 回応用物理学会秋季学術講演会、2014 年 9 月 20 日、20a-C2-5、北海道大学（北海道・札幌市）

14. 日達研一、「広モード間隔光周波数コムの開発とその応用」、第 4 回先端フォトニクスシンポジウム、2014 年 8 月 8 日、No. 57、日本学術会議講堂（東京都・港区）

15. Kenichi Hitachi, Atsushi Ishizawa, Tadashi Nishikawa, Hiroki Mashiko, Osamu Tadanaga, Masaki Asobe, Tetsuomi Sogawa, and Hideki Gotoh, "A collinear 2f-to-3f self-referencing interferometer with a dual-pitch PPLN ridge waveguide," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2014), 8-13 June 2014, JW2A.106, San Jose (USA)

16. Atsushi Ishizawa, Takahiro Goto, Hidetaka Nishi, Nobuyuki Matsuda, Rai Kou, Kenichi Hitachi, Tadashi Nishikawa, Koji Yamada, Tetsuomi Sogawa, and Hideki Gotoh, "On-Chip Supercontinuum Generation in a Dispersion-Controlled Silicon-Wire Waveguide," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2014),

8-13 June 2014, ATu3P.3, San Jose (USA)

17. 後藤貴大、石澤淳、西英隆、松田信幸、高磊、日達研一、西川正、山田浩治、寒川哲臣、後藤秀樹、「分散制御シリコン導波路を用いたオンチップスーパーコンティニウム光」、第 61 回応用物理学会春季学術講演会、2014 年 3 月 18 日、18p-PA4-3、青山学院大学（神奈川県・相模原市）

18. 日達研一、石澤淳、西川正、増子拓紀、忠永修、遊部雅生、寒川哲臣、後藤秀樹、「デュアルピッチ PPLN 導波路によるコリニアな 2f-3f 自己参照干渉法」、第 61 回応用物理学会春季学術講演会、2014 年 3 月 17 日、17p-F7-10、青山学院大学（神奈川県・相模原市）

19. Kenichi Hitachi, Atsushi Ishizawa, Tadashi Nishikawa, Masaki Asobe, and Tetsuomi Sogawa, "Highly stabilized carrier-envelope-offset frequency of an Er-doped mode-locked fiber laser with a dual-pitch PPLN waveguide," The International Symposium on Nanoscale Transport and Technology (ISNTT 2013), 26-29 November 2013, PTu13, Atsugi (Japan)

20. 石澤淳、西川正、水鳥明、高良秀彦、高田篤、寒川哲臣、古賀正文、「位相変調レーザーを用いたスーパーコンティニウム光の位相雑音特性」、第 74 回応用物理学会学術講演会、2013 年 9 月 19 日、19a-A3-4、同志社大学（京都府・京田辺市）

21. ヌルエミー ビンティ チェアニ、山崎美穂、石澤淳、日達研一、小栗克弥、後藤秀樹、西川正、寒川哲臣、「光変調器を用いた高繰返しレーザーの波長可変性」、第 74 回応用物理学会学術講演会、2013 年 9 月 19 日、19a-A3-3、同志社大学（京都府・京田辺市）

22. 石澤淳、「広モード間隔光周波数コムの現状と将来」、徳島大学フロンティア研究センター講演会、2013 年 7 月 12 日、徳島大学（徳島県・徳島市）

23. Kenichi Hitachi, Atsushi Ishizawa, Tadashi Nishikawa, Masaki Asobe, and Tetsuomi Sogawa, "High-efficiency carrier-envelope offset locking in a 2f-to-3f self-referencing interferometer with a dual-pitch PPLN ridge waveguide," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2013), 9-14 June 2013, CF1G.6, San Jose (USA)

24. Tadashi Nishikawa, Miho Yamazaki, Nuremy Binti, Atsushi Ishizawa, Kenichi

Hitachi, Katsuya Oguri, and Tetsuomi Sogawa, "Wide range wavelength and repetition rate tunable tens of GHz sub-picosecond pulse source," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2013), 9-14 June 2013, JTh2A.23, San Jose (USA)

25. Atsushi Ishizawa, Tadashi Nishikawa, Akira Mizutori, Hidehiko Takara, Atsushi Takada, Tetsuomi Sogawa, Masafumi Koga, "Phase Noise Characterization of a 25-GHz-Spaced Optical Frequency Comb from a Phase-Modulated Laser," Conference on Lasers and Electro-optics (CLEO2013), 9-14 June 2013, CTu1I.7, San Jose (USA)

26. 山崎美穂, Nuremy Binnteli, 石澤淳, 日達研一, 小栗克弥, 西川正, 寒川哲臣, 「光変調器を用いた 18-26 GHz 連続繰返し可変サブピコ秒パルス列光源」, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会、2013 年 3 月 28 日、28a-D2-5、神奈川工科大学 (神奈川県・厚木市)

27. 日達研一, 石澤淳, 西川正, 遊部雅樹, 寒川哲臣, 「デュアルピッチ PPLN 導波路を用いた 2f-to-3f 自己参照干渉法によるキャリアエンベロープオフセット信号の高効率検出」, 第 60 回応用物理学会春季学術講演会、2013 年 3 月 28 日、28a-D2-4。神奈川工科大学 (神奈川県・厚木市)

28. 日達研一, 石澤淳, 西川正, 遊部雅生, 寒川哲臣, 「ダブルピッチ PPLN 導波路を用いた 2f-3f 自己参照干渉法」, 第 73 回応用物理学会学術講演会、2012 年 9 月 14 日、14a-B2-2、愛媛大学 (愛媛県・松山市)

29. Kenichi Hitachi, Atsushi Ishizawa, Tadashi Nishikawa, Masaki Asobe, and Tetsuomi Sogawa, "2f-3f Optical Wavelength Conversion Device with PPLN waveguides," 2012 International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM 2012), 25-27 Sep 2012, A-3-4, Kyoto (Japan)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 4 件)

名称：信号発生器
発明者：石澤淳, 西川正
権利者：日本電信電話株式会社、東京電機大学
種類：特許
番号：特願 2015-023926
出願年月日：2015 年 2 月 10 日
国内外の別：国内

名称：光周波数コム安定化光源および信号発生器

発明者：石澤淳, 西川正
権利者：日本電信電話株式会社
種類：特許
番号：特願 2014-112075
出願年月日：2014 年 5 月 8 日
国内外の別：国内

名称：自己参照干渉装置
発明者：日達研一, 石澤淳, 西川正
権利者：日本電信電話株式会社、東京電機大学
種類：特許
番号：特願 2014-031320
出願年月日：2014 年 2 月 21 日
国内外の別：国内

名称：自己参照干渉装置および方法
発明者：日達研一, 石澤淳, 西川正
権利者：日本電信電話株式会社
種類：特許
番号：特願 2012-183852
出願年月日：2012 年 8 月 26 日
国内外の別：国内

〔その他〕

2014 年 3 月 18 日 応用物理学会春季学術講演会 Poster Award 受賞
後藤貴大、石澤淳, 西英隆, 松田信幸, 高磊, 日達研一, 西川正, 山田浩治, 寒川哲臣, 後藤秀樹, 「分散制御シリコン導波路を用いたオンチップスーパーコンティニウム光」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西川 正 (NISHIKAWA, Tadashi)
東京電機大学・工学部・教授
研究者番号：20374069

(2) 研究分担者

石澤 淳 (ISHIZAWA, Atsushi)
日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所・量子光物性研究部・主任研究員
研究者番号：30393797

瀧口 浩一 (TAKIGUCHI, Kouichi)
立命館大学・理工学部・教授
研究者番号：70633254

(3) 連携研究者

日達 研一 (HITACHI, Kenichi)
日本電信電話株式会社 NTT 物性科学基礎研究所・量子光物性研究部・研究主任
研究者番号：60564276

(4) 研究協力者

後藤貴大 (GOTO, Takahiro)