

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2021年12月30日(30.12.2021)



(10) 国際公開番号
WO 2021/261476 A1

- (51) 国際特許分類:
H04B 10/67 (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/023553
- (22) 国際出願日: 2021年6月22日(22.06.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2020-108229 2020年6月23日(23.06.2020) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人大阪大学 (**OSAKA UNIVERSITY**) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 小西 毅 (**KONISHI, Tsuyoshi**); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 上川 涼平 (**KAMIKAWA, Ryohei**); 〒5650871 大阪府吹

田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 山崎 佑 (**YAMASAKI, Yu**); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).

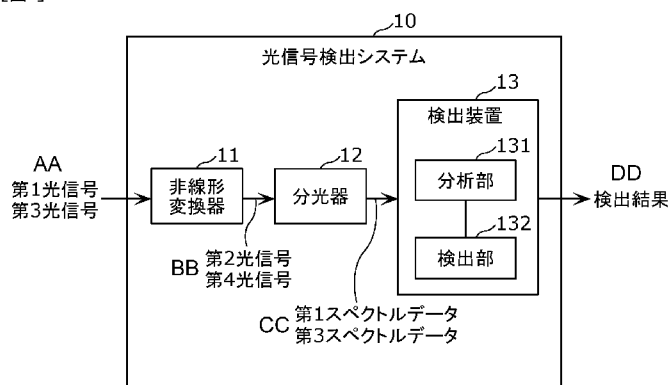
(74) 代理人: 新居 広守 (**NIU, Hiromori**); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号 タナカ・イトーピア新大阪ビル6階 新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) **Title:** OPTICAL SIGNAL DETECTION SYSTEM, OPTICAL SIGNAL DETECTION DEVICE, AND OPTICAL SIGNAL DETECTION METHOD

(54) 発明の名称: 光信号検出システム、光信号検出装置及び光信号検出方法

[図1]



- 10 Optical signal detection system
- 11 Non-linear converter
- 12 Spectrometer
- 13 Detecting device
- 131 Analysis unit
- 132 Detecting unit
- AA First optical signal, third optical signal
- BB Second optical signal, fourth optical signal
- CC First spectral data, third spectral data
- DD Detection result

(57) **Abstract:** An optical signal detection system (10) is provided with: a non-linear converter (11) for non-linearly converting a predetermined plurality of first optical signals differing in at least one of temporal waveform, intensity, amplitude, and phase into a plurality of second optical signals, and non-linearly converting a third optical signal into a fourth optical signal; a spectrometer (12) for acquiring a plurality of first spectral data items respectively from the plurality of second optical signals, and acquiring third spectral data from the fourth optical signal; and a detecting device (13) for detecting the third optical signal and outputting a detection result. The detecting device (13) is provided with: an analysis unit (131) for performing a sparse principal component analysis on the plurality of first spectral data items to generate a plurality of second spectral data items having fewer frequency components than the plurality of first spectral data items; and a detecting unit (132) for performing comparison between the third spectral data and the plurality of second spectral data items, and detecting the third optical signal on the basis of the result of the comparison.

WO 2021/261476 A1

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG,
US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : 光信号検出システム (10) は、時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換し、第3光信号を第4光信号に非線形に変換する非線形変換器 (11) と、複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータをそれぞれ取得し、第4光信号から第3スペクトルデータを取得する分光器 (12) と、第3光信号を検出して検出結果を出力する検出装置 (13) と、を備え、検出装置 (13) は、複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成する分析部 (131) と、第3スペクトルデータと複数の第2スペクトルデータとの比較を行い、比較の結果に基づいて第3光信号を検出する検出部 (132) と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

光信号検出システム、光信号検出装置及び光信号検出方法

技術分野

[0001] 本発明は、非線形光学効果を利用して光信号を検出する光信号検出システム、光信号検出装置及び光信号検出方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、光信号の時間波形、強度、又は、振幅及び位相などを検出するための光信号検出技術が存在する。例えば、特許文献1には、複数の強度の入力光信号について、高非線形性光ファイバ内の伝播シミュレーションを行うことにより、超高速時間ゲート又は参照光源を用いずに入力光信号の時間波形を再構成する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2010-204308号公報

非特許文献

[0004] 非特許文献1：小西貞則著、「多変量解析入門 線形から非線形へ」、岩波書店、2010年1月、p. 250-258

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、上記従来の技術では、伝播シミュレーションが要求されるため、光信号の検出に多くの時間が必要となる。

[0006] そこで、本発明は、簡素な構成で高速に光信号を検出することができる光信号検出システム、光信号検出装置及び光信号検出方法を提供する。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様に係る光信号検出システムは、時間波形、強度、振幅及び

位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換し、さらに、第3光信号を第4光信号に非線形に変換する非線形変換器と、前記複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータをそれぞれ取得し、さらに、前記第4光信号から第3スペクトルデータを取得する分光器と、前記第3光信号を検出して検出結果を出力する検出装置と、を備え、前記検出装置は、前記複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、前記複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成する分析部と、前記第3スペクトルデータと前記複数の第2スペクトルデータとの比較を行い、前記比較の結果に基づいて前記第3光信号を検出する検出部と、を備える。

[0008] なお、これらの包括的又は具体的な態様は、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム又はコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体で実現されてもよく、システム、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

発明の効果

[0009] 本発明の一態様に係る光信号検出システムは、簡素な構成で高速に光信号を検出することができる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]図1は、実施の形態に係る光信号検出システムの機能構成を示すブロック図である。

[図2]図2は、実施の形態におけるスパース主成分分析を説明するための図である。

[図3]図3は、実施の形態における分析フェーズの処理を示すフローチャートである。

[図4]図4は、実施の形態における検出フェーズの処理を示すフローチャートである。

[図5]図5は、従来技術に係る光アナログ／デジタル変換システムを示す図である。

[図6]図6は、実施の形態に係る光信号検出システムの光アナログ／デジタル変換への適用事例を示す図である。

発明を実施するための形態

[0011] 以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。

[0012] なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、請求の範囲を限定する主旨ではない。

[0013] また、各図は、必ずしも厳密に図示したものではない。各図において、実質的に同一の構成については同一の符号を付し、重複する説明は省略又は簡略化する。

[0014] (実施の形態)

[1. 1 光信号検出システム10の構成]

まず、実施の形態に係る光信号検出システム10の構成について図面を参照しながら説明する。図1は、実施の形態に係る光信号検出システム10の機能構成を示すブロック図である。本実施の形態に係る光信号検出システム10は、図1に示すように、非線形変換器11と、分光器12と、検出装置13と、を備える。

[0015] 非線形変換器11は、非線形光学効果により光信号を非線形に変換することができる。具体的には、非線形変換器11は、光信号の特性（例えば時間波形、強度、振幅、位相、又は、これらの任意の組み合わせ）をスペクトル空間に非線形に写像することができる。

[0016] 一般的に、非線形構造を内包するデータに対しては、線形な多変量解析手法（例えばスパース主成分分析など）を適用することができない。このような非線形構造を内包するデータは、非線形な関数を用いて特徴空間と呼ばれる高次元空間に写像されることで、線形な多変量解析手法を適用可能なデータに変換され得る（例えば、非特許文献1を参照）。

[0017] 本実施の形態に係る非線形変換器11は、このような非線形関数による高

次元空間へのデータ変換の物理的な実現手法に相当する。つまり、非線形変換器 11 は、非線形構造を内包する光信号の特性をスペクトル空間（つまり高次元空間）に写像することで、線形な多変量解析手法を適用不可能な光信号の特性を、当該解析手法を適用可能な、複数の周波数成分を含むスペクトルに変換することができる。

[0018] 非線形変換器 11 としては、例えば、非線形光学媒体を用いることができる。より具体的には、非線形変換器 11 として、非線形光ファイバ又は非線形光導波路（例えばシリコン導波路など）を用いることができるが、これに限定されない。

[0019] 本実施の形態では、非線形変換器 11 は、複数の第 1 光信号を複数の第 2 光信号に非線形に変換する。さらに、非線形変換器 11 は、第 3 光信号を第 4 光信号に非線形に変換する。

[0020] 複数の第 1 光信号は、互いに異なる光学的な特性を有する所定の光信号である。光学的な特性としては、例えば、時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも 1 つを挙げることができる。この場合、複数の第 1 光信号の各々の時間波形、強度、振幅及び位相は、他の第 1 光信号の時間波形、強度、振幅及び位相と少なくとも 1 つが異なる。

[0021] 第 3 光信号は、検出対象の光信号である。つまり、第 3 光信号の特性（例えば、時間波形、強度、振幅及び位相、又は、それらの任意の組み合わせ）は、未知であり、光信号検出システム 10 によって検出される。

[0022] 分光器 12 は、光信号からスペクトルデータを取得することができる。分光器 12 としては、例えば、分散素子を用いた分光器を用いることができる。分散素子としては、回折素子及びプリズムなどを用いることができる。なお、分光器 12 は、分散素子を用いた分光器に限定されず、例えば干渉計を用いた分光器であってもよい。

[0023] 本実施の形態では、分光器 12 は、複数の第 2 光信号から複数の第 1 スペクトルデータをそれぞれ取得する。さらに、分光器 12 は、第 4 光信号から第 3 スペクトルデータを取得する。

- [0024] 検出装置13は、光信号を検出して、検出結果を出力することができる。光信号を検出するとは、光信号の光学的な特性（例えば、時間波形、強度、振幅及び位相、又は、これらの任意の組み合わせ等）を検出すること、及び／又は、特性に対応する情報を検出することを意味する。
- [0025] 検出装置13としては、例えばプロセッサ及びメモリを有するコンピュータを用いることができる。この場合、メモリに格納されたインストラクション又はソフトウェアプログラムがプロセッサによって実行されたときに、コンピュータは検出装置13として機能することができる。また、検出装置13として、専用電子回路などが用いられてもよい。
- [0026] 図1に示すように、検出装置13は、分析部131と検出部132とを備える。分析部131は、複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成する。複数の第2スペクトルデータの各々が有する周波数成分の数は、複数の第1スペクトルデータの各々が有する周波数成分の数よりも少ない。例えば、分析部131は、各々が N （ N は2以上の自然数）個の周波数成分からなる複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことで、各々が M （ N より小さい自然数）個の周波数成分からなる複数の第2スペクトルデータを生成する。生成された複数の第2スペクトルデータの各々は、対応する第1光信号の特性（例えば、時間波形、強度、振幅及び位相、又はこれらの任意の組み合わせ等）に対応付けてメモリに格納される。
- [0027] スパース主成分分析とは、スパース構造を入力変数に導入して、データの次元数を削減する統計分析手法である。スパース主成分分析では、いくつかの入力変数のみを含む線形結合を主成分として採用することができる。
- [0028] 図2は、実施の形態におけるスパース主成分分析を説明するための図である。図2において、各線グラフは、1つのスペクトルデータを表す。各線グラフにおいて、横軸は波長を示し、縦軸はパワー値を示す。
- [0029] 図2の(a)には、複数の第1スペクトルデータが表されている。複数の

第1スペクトルデータは、複数の第2光信号のスペクトルをそれぞれ表す。ここでは、複数の第1スペクトルデータは、1024個の周波数成分をそれぞれ有する。つまり、複数の第1スペクトルデータの各々は、それぞれがパワー値及び周波数の組み合わせからなる1024個のデータポイントを含む。このとき、1024個のデータポイントの周波数は、複数の第1スペクトルデータで共通している。

[0030] 図2の(b)には、複数の第2スペクトルデータが表されている。この複数の第2スペクトルデータは、スパース主成分分析によって複数の第1スペクトルデータから生成され、複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分で複数の第2光信号のスペクトルの違いを表すことができる。ここでは、複数の第2スペクトルデータは、9個の周波数成分をそれぞれ有する。つまり、複数の第2スペクトルデータの各々は、それぞれがパワー値及び周波数の組み合わせからなる9個のデータポイントを含む。このとき、9個のデータポイントの周波数は、複数の第2スペクトルデータで共通している。

[0031] 検出部132は、第3スペクトルデータと複数の第2スペクトルデータとの比較を行い、比較の結果に基づいて第3光信号を検出する。言い替えると、検出部132は、第3スペクトルデータと複数の第2スペクトルデータとの間の類似性又は非類似性を評価し、評価結果に基づいて第3光信号を検出する。

[0032] 例えば、検出部132は、第3スペクトルデータを複数の第2スペクトルデータと比較することにより、第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータを探索する。そして、検出部132は、探索された第2スペクトルデータに対応する第1光信号に基づいて、第3光信号を検出する。

[0033] また例えば、検出部132は、第3スペクトルデータを複数の第2スペクトルデータと比較することにより、複数の第2スペクトルデータの中に第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータが有るか否かを判定してもよい。そして、検出部132は、判定結果に基づいて第3光信号を検出してもよい。

[0034] このような第3スペクトルデータと第2スペクトルデータとの比較には、例えば、第3スペクトルデータ及び第2スペクトルデータの間での周波数成分の差分絶対値和 (SAD : Sum of Absolute Difference) を用いることができる。この場合、検出部132は、複数の第2スペクトルデータの中で最も小さいSADを有する第2スペクトルデータを、第3スペクトルデータに最も類似する第2スペクトルデータとして探索することができる。また、検出部132は、複数の第2スペクトルデータの中に、所定閾値よりも小さいSADを有する第2スペクトルデータが含まれていない場合に、第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータが無いと判定することができる。

[0035] なお、第2スペクトルデータの比較方法は、これに限定されない。例えば、SADの代わりに、SADの逆数 (multiplicative inverse)、差分二乗和 (SSD : Sum of Squared Difference)、又はSSDの逆数などが用いられてもよい。

[0036] [1. 2 光信号検出システム10の処理]

以上のように構成された光信号検出システム10の処理について図面を参照しながら説明する。光信号の検出は、分析フェーズ及び検出フェーズに分けられる。

[0037] [1. 2. 1 分析フェーズ]

まず、分析フェーズについて図3を参照しながら説明する。図3は、実施の形態における分析フェーズの処理を示すフローチャートである。分析フェーズは、検出フェーズの前に行われる。ただし、分析フェーズは、検出フェーズごとに行われる必要はない。

[0038] まず、非線形変換器11は、所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換する(S100)。複数の第2光信号は分光器12に伝送される。

[0039] 分光器12は、複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータを取得する(S101)。ここでは、複数の第1スペクトルデータの各々は、比較

的多くの周波数成分を含む。つまり、分光器 1 2 には、比較的多くの周波数でのパワー値の計測が要求される。取得された複数の第 1 スペクトルデータは検出装置 1 3 に送信される。

[0040] 検出装置 1 3 の分析部 1 3 1 は、複数の第 1 スペクトルデータにスパース主成分分析を行う (S 1 0 2)。これにより、複数の第 1 スペクトルデータよりも少ない周波数成分を含む複数の第 2 スペクトルデータが生成される。

[0041] 検出装置 1 3 の分析部 1 3 1 は、複数の第 2 スペクトルデータを複数の第 1 光信号に対応付けて保存する (S 1 0 3)。例えば、分析部 1 3 1 は、複数の第 2 スペクトルデータと、複数の第 1 光信号の時間波形、強度、又は、振幅及び位相との組み合わせを、検出装置 1 3 の内蔵ストレージ (図示せず) 又は検出装置 1 3 に接続された外部ストレージ (図示せず) に格納する。

[0042] [1. 2. 2 検出フェーズ]

次に、分析フェーズ後に行われる検出フェーズについて図 4 を参照しながら説明する。図 4 は、実施の形態における検出フェーズの処理を示すフローチャートである。

[0043] まず、非線形変換器 1 1 は、第 3 光信号を第 4 光信号に非線形に変換する (S 1 1 0)。第 4 光信号は分光器 1 2 に伝送される。

[0044] 分光器 1 2 は、第 4 光信号から第 3 スペクトルデータを取得する (S 1 1 1)。ここでは、第 3 スペクトルデータは、少なくとも、複数の第 2 スペクトルデータの各々に含まれる周波数成分と同じ周波数成分を含む。つまり、分光器 1 2 は、比較的少ない周波数でパワー値を計測すればよい。取得された第 3 スペクトルデータは検出装置 1 3 に送信される。

[0045] 検出装置 1 3 の検出部 1 3 2 は、第 3 スペクトルデータを、分析フェーズで保存された複数の第 2 スペクトルデータと比較し (S 1 1 2)、比較結果に基づいて第 3 光信号を検出する (S 1 1 3)。そして、検出部 1 3 2 は、検出結果を出力する (S 1 1 4)。具体的には、検出部 1 3 2 は、検出結果を、例えばストレージ、ディスプレイ又は情報端末等に出力する。

[0046] [1. 3 効果など]

以上のように、本実施の形態に係る光信号検出システム10は、時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換し、さらに、第3光信号を第4光信号に非線形に変換する非線形変換器11と、複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータをそれぞれ取得し、さらに、第4光信号から第3スペクトルデータを取得する分光器12と、第3光信号を検出して検出結果を出力する検出装置13と、を備え、検出装置13は、複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成する分析部131と、第3スペクトルデータと複数の第2スペクトルデータとの比較を行い、比較の結果に基づいて第3光信号を検出する検出部132と、を備える。

[0047] これによれば、第3光信号から非線形に変換された第4光信号のスペクトルを用いて第3光信号を検出することができる。つまり、非線形光ファイバ及び非線形光導波路などを利用して第3光信号を検出することができ、簡素な構成で光信号を検出することができる。また、スパース主成分分析を用いて、より少ない周波数成分で複数の第1光信号の違いを表現することができる複数の第2スペクトルデータを生成することができる。したがって、スペクトルデータの比較処理を高速化することができる。

[0048] また例えば、本実施の形態に係る光信号検出システム10において、検出部132は、第3スペクトルデータを複数の第2スペクトルデータと比較することにより、第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータを探索し、探索された第2スペクトルデータに対応する第1光信号に基づいて、第3光信号を検出してもよい。

[0049] これによれば、第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータを探索することができ、第3光信号から第4光信号への非線形変換と類似する第1光信号から第2光信号への非線形変換を探索することができる。したがって、探索された第2スペクトルデータに対応する第1光信号を第3光信号の検出に利用することができ、より有用な第3光信号の検出が可能となる。

- [0050] また例えば、本実施の形態に係る光信号検出システム10において、検出部132は、第3スペクトルデータを複数の第2スペクトルデータと比較することにより、複数の第2スペクトルデータの中に第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータが有るか否かの判定を行い、判定の結果に基づいて第3光信号を検出してもよい。
- [0051] これによれば、第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータの有無を第3光信号の検出に利用することができ、より有用な第3光信号の検出が可能となる。
- [0052] また、本実施の形態に係る検出装置13は、光信号を検出して検出結果を出力する検出装置13であって、時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号から非線形に変換された複数の第2光信号からそれぞれ取得された複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成する分析部131と、第3光信号から非線形に変換された第4光信号から取得された第3スペクトルデータと複数の第2スペクトルデータとの比較を行って、比較の結果に基づいて第3光信号を検出する検出部132と、を備える。
- [0053] これによれば、上記光信号検出システム10と同様の効果を奏することができる。
- [0054] また、本実施の形態に係る光信号検出方法は、時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換し(S100)、複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータをそれぞれ取得し(S101)、複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成し(S102)、第3光信号を第4光信号に非線形に変換し(S110)、第4光信号から第3スペクトルデータを取得し(S111)、第3スペクトルデータと複数の第2スペクトルデータとの比較を行い(S112)、比較の結果に基づい

て第3光信号を検出し（S113）、検出結果を出力する（S114）。

[0055] これによれば、上記光信号検出システム10と同様の効果を奏することができる。

[0056] なお、上述したように、検出フェーズと分析フェーズとでは、スペクトルデータに要求される周波数成分の数が異なる。つまり、第1スペクトルデータに要求される周波数成分の数は、第3スペクトルデータに要求される周波数成分の数よりも大きい。したがって、検出フェーズと分析フェーズとで異なる分光器12が用いられてもよい。

[0057] （実施例1）

次に、実施例1について説明する。本実施例では、上記実施の形態に係る光信号検出システム10が波形再構成技術に適用される。以下に、本実施例における光信号検出システム10の処理について説明する。

[0058] [2.1 分析フェーズ]

非線形変換器11は、所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換する。本実施例では、所定の複数の第1光信号として、異なる時間波形を有する光パルス信号が用いられる。なお、複数の第2光信号の各々は、対応する第1光信号の時間波形に依存するスペクトルを有する。好ましくは、複数の第2光信号は互いに異なるスペクトルを有する。

[0059] 分光器12は、複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータを取得する。このとき、複数の第1スペクトルデータは、複数の第1光信号における時間波形の違いを表現することができる。

[0060] 検出装置13の分析部131は、このように取得された複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第2スペクトルデータを生成し保存する。これにより、複数の第1スペクトルデータは、複数の第2スペクトルデータに変換される。このスペクトルデータの変換によって、スペクトルデータに含まれる周波数成分が削減される。例えば、256個の周波数成分からなる第1スペクトルデータは、9個の周波数成分からなる第2スペクトルデータに変換される。

[0061] [2. 2 検出フェーズ]

非線形変換器 11 は、第 3 光信号を第 4 光信号に非線形に変換する。第 3 光信号は、未知な時間波形を有する光パルス信号である。そして、分光器 12 は、第 4 光信号から第 3 スペクトルデータを取得する。このとき、第 3 スペクトルデータは、第 3 光信号の時間波形に依存する。また、第 3 スペクトルデータに含まれる周波数成分の数は、複数の第 2 スペクトルデータにそれぞれ含まれる周波数成分の数と一致する。

[0062] 検出装置 13 の検出部 132 は、このように取得された第 3 スペクトルデータを複数の第 2 スペクトルデータと比較することにより、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータを探索する。そして、検出部 132 は、探索された第 2 スペクトルデータに対応する第 1 光信号の時間波形を第 3 光信号の時間波形として検出する。これにより、第 3 光信号の時間波形が再構成される。

[0063] [2. 3 効果など]

以上のように、本実施例に係る光信号検出システム 10 において、複数の第 1 光信号は、異なる時間波形を有し、検出部 132 は、第 3 スペクトルデータを複数の第 2 スペクトルデータと比較することにより、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータを探索し、探索された第 2 スペクトルデータに対応する第 1 光信号の時間波形を第 3 光信号の時間波形として検出する。

[0064] これによれば、光パルス信号の波形再構成技術に光信号検出システム 10 を適用することができる。このとき、超高速時間ゲート又は参照光源を用いずに比較的簡素な構成で光パルス信号の時間波形を再構成することができる。また、スパース主成分分析による周波数成分の削減効果により、より高速な波形の再構成を実現することができる。

[0065] (実施例 2)

次に、実施例 2 について説明する。本実施例では、上記実施の形態に係る光信号検出システム 10 がアナログ／デジタル変換の光化技術に適用される

。以下に、本実施例における光信号検出システム 10 の処理について説明する。

[0066] [3. 1 分析フェーズ]

非線形変換器 11 は、所定の複数の第 1 光信号を複数の第 2 光信号に非線形に変換する。本実施例では、所定の複数の第 1 光信号として、異なるデジタルデータにそれぞれ割り当てられた異なる複数の強度をそれぞれ有する光パルス信号が用いられる。このような第 1 光信号は、強度によって複数のデジタルデータを表すことができる。例えば、第 1 強度を有する第 1 光信号は、第 1 デジタルデータを表し、第 1 強度と異なる第 2 強度を有する第 1 光信号は、第 1 デジタルデータと異なる第 2 デジタルデータを表す。なお、複数の第 2 光信号の各々は、対応する第 1 光信号の強度に依存するスペクトルを有する。好ましくは、複数の第 2 光信号は互いに異なるスペクトルを有する。

[0067] 分光器 12 は、複数の第 2 光信号から複数の第 1 スペクトルデータを取得する。このとき、複数の第 1 スペクトルデータは、複数の第 1 光信号における強度の違いを表現することができる。

[0068] 検出装置 13 の分析部 131 は、このように取得された複数の第 1 スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第 2 スペクトルデータを生成し保存する。これにより、複数の第 1 スペクトルデータは複数の第 2 スペクトルデータに変換される。このスペクトルデータの変換によって、スペクトルデータに含まれる周波数成分が削減される。

[0069] [3. 2 検出フェーズ]

非線形変換器 11 は、第 3 光信号を第 4 光信号に非線形に変換する。第 3 光信号は、未知な強度を有する光パルス信号である。そして、分光器 12 は、第 4 光信号から第 3 スペクトルデータを取得する。このとき、第 3 スペクトルデータは、第 3 光信号の時間波形に依存する。また、第 3 スペクトルデータに含まれる周波数成分の数は、複数の第 2 スペクトルデータにそれぞれ含まれる周波数成分の数と一致する。

- [0070] 検出装置 13 の検出部 132 は、このように取得された第 3 スペクトルデータを複数の第 2 スペクトルデータと比較することにより、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータを探索する。そして、検出部 132 は、探索された第 2 スペクトルデータに対応する第 1 光信号の強度を第 3 光信号の強度として検出する。これにより、第 3 光信号が示すデジタルデータを検出することができる。
- [0071] ここで、本実施例に係る光信号検出システム 10 のアナログ／デジタル変換への適用事例を、従来技術に係るアナログ／デジタル変換システムと比較しながら説明する。図 5 は、従来技術に係る光アナログ／デジタル変換システムを示す図である。図 6 は、実施の形態に係る光信号検出システム 10 のアナログ／デジタル変換への適用事例を示す図である。図 5 及び図 6 では、複数の異なるデジタルデータにそれぞれ割り当てられた複数の異なる強度（未知）を有する複数の第 3 光信号を検出する例が表されている。
- [0072] 図 5 の従来技術では、第 3 光信号は、 2^{N_1} 段階の強度変化によって N_1 ビットのデジタルデータを表す。ここで、 N_1 は、自然数である。図 5 において、複数の第 3 光信号は、強度波長変換器によって、強度に対応する波長を有する光信号に変換され、スペクトル圧縮器によってスペクトルが圧縮される。このように強度波長変換及びスペクトル圧縮がなされた光信号から、 M_1 個の周波数における周波数成分の有無を、例えば M_1 個の 2 ビットの分解能の A/D 変換器を用いて検出することで、第 3 光信号の強度に対応するデジタルデータを取得することができる。このとき、 M_1 は、 2^{N_1} と等しい。これにより、 N_1 ビットのアナログ／デジタル変換が実現される。
- [0073] 図 6 の適用事例では、第 3 光信号は、 2^{N_2} 段階の強度変化によって N_2 ビットのデジタルデータを表す。ここでは、 N_2 は、 N_1 よりも大きい自然数である。図 6 において、複数の第 3 光信号は、非線形変換器 11 によって順に第 4 光信号に非線形に変換される。そして、分光器 12 は、 M_2 個の A/D 変換器を用いて、各第 4 光信号から、 M_2 個の周波数成分からなる第 3 スペクトルデータを取得する。このとき、 M_2 は、 M_1 及び 2^{N_2} よりも小さい自然数であ

る。M₂個のア/D変換器の各々は、対応する周波数成分の値（パワー値）をN₂ビットよりも低いL₂ビットの分解能で計測する。つまり、分光器12は、複数の第1光信号の強度の分解能よりも低い分解能で各周波数成分の値を取得する。このように取得された第3スペクトルデータの各々は、検出装置13に予め保存された複数の第2スペクトルデータと比較され、比較結果に基づいて各第3光信号の強度が検出される。

[0074] 以上のように図6では、第3光信号の強度変化の分解能よりも少ない数（M₂<M₁）のア/D変換器でアナログ/デジタル変換を実現することができる。さらに、非線形変換器11を用いることで、強度波長変換器及びスペクトル圧縮器を用いる従来技術よりも高い分解能（N₂>N₁）でアナログ/デジタル変換を実現することができる。

[0075] [3.3 効果など]

以上のように、本実施例に係る光信号検出システム10において、複数の第1光信号は、異なるデジタルデータにそれぞれ割り当てられた異なる複数の強度をそれぞれ有し、検出部132は、第3スペクトルデータを複数の第2スペクトルデータと比較することにより、第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータを探索し、探索された第2スペクトルデータに対応する第1光信号の強度を第3光信号の強度として検出する。

[0076] これによれば、アナログ/デジタル変換の光化技術に光信号検出システム10を適用することができる。このとき、強度波長変換及びスペクトル圧縮が不要となり、より高分解能なアナログ/デジタル変換が可能となる。さらに、スパース主成分分析による周波数成分の削減効果により、より高速なアナログ/デジタル変換を実現することもできる。

[0077] また例えば、本実施例に係る光信号検出システム10において、分光器12は、複数の第1光信号の強度の分解能よりも低い分解能で各周波数成分の値を取得してもよい。

[0078] これによれば、より高い分解能の光信号の強度の変化を、より低い分解能の周波数成分の変化でとらえることができ、低精度のハードウェアでの高い

精度の信号検出を実現することができる。

[0079] (実施例3)

次に、実施例3について説明する。本実施例では、上記実施の形態に係る光信号検出システム10がデジタルコヒーレント受信技術に適用される。以下に、本実施例における光信号検出システム10の処理について説明する。

[0080] [4.1 分析フェーズ]

非線形変換器11は、所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換する。本実施例では、所定の複数の第1光信号として、異なるデジタルデータにそれぞれ割り当てられた異なる複数の振幅及び位相の組み合わせでそれぞれ変調された光信号が用いられる。変調方式としては、例えば、QAM (Quadrature Amplitude Modulation) を用いることができるが、これに限定されない。このような第1光信号は、振幅及び位相の組み合わせによって複数のデジタルデータを表すことができる。例えば、第1振幅及び第1位相を有する第1光信号は、第1デジタルデータを表し、第1振幅と異なる第2振幅及び第1位相を有する第1光信号は、第1デジタルデータと異なる第2デジタルデータを表す。また、複数の第2光信号の各々は、対応する第1光信号の振幅及び位相の組み合わせに依存するスペクトルを有する。好ましくは、複数の第2光信号は互いに異なるスペクトルを有する。

[0081] 分光器12は、複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータを取得する。このとき、複数の第1スペクトルデータは、複数の第1光信号における振幅及び位相の組み合わせの違いを表現することができる。

[0082] 検出装置13の分析部131は、このように取得された複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第2スペクトルデータを生成し保存する。これにより、複数の第1スペクトルデータは複数の第2スペクトルデータに変換される。このスペクトルデータの変換によって、スペクトルデータに含まれる周波数成分が削減される。

[0083] [4.2 検出フェーズ]

非線形変換器11は、第3光信号を第4光信号に非線形に変換する。第3

光信号は、未知な振幅及び位相の組み合わせを有する光信号である。そして、分光器 1 2 は、第 4 光信号から第 3 スペクトルデータを取得する。このとき、第 3 スペクトルデータは、第 3 光信号の振幅及び位相の組み合わせに依存する。また、第 3 スペクトルデータに含まれる周波数成分の数は、複数の第 2 スペクトルデータにそれぞれ含まれる周波数成分の数と一致する。

[0084] 検出装置 1 3 の検出部 1 3 2 は、このように取得された第 3 スペクトルデータを複数の第 2 スペクトルデータと比較することにより、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータを探索する。そして、検出部 1 3 2 は、探索された第 2 スペクトルデータに対応する第 1 光信号の振幅及び位相の組み合わせを第 3 光信号の振幅及び位相の組み合わせとして検出する。これにより、第 3 光信号が示すデジタルデータを検出することができる。

[0085] [4. 3 効果など]

以上のように、本実施例に係る光信号検出システム 1 0 において、複数の第 1 光信号は、異なるデジタルデータにそれぞれ割り当てられた複数の振幅及び位相の組み合わせでそれぞれ変調された信号であり、検出部 1 3 2 は、第 3 スペクトルデータを複数の第 2 スペクトルデータと比較することにより、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータを探索し、探索された第 2 スペクトルデータに対応する第 1 光信号の振幅及び位相の組み合わせを、第 3 光信号の振幅及び位相の組み合わせとして検出してもよい。

[0086] これによれば、デジタルコヒーレント受信技術に光信号検出システム 1 0 を適用することができる。このとき、非線形変換を利用することで、振幅及び位相の組み合わせを増加させることができ、より高速なデジタルデータの伝送が可能となる。例えば、変調方式として Q A M が利用される場合、より高次の Q A M を利用することが可能となる。また、光信号とレーザ光とを干渉させて I 成分及び Q 成分を検出する処理などを省略することもできる。さらに、スパース主成分分析による周波数成分の削減効果により、より高速な復調を実現することもできる。

[0087] (実施例 4)

次に、実施例4について説明する。本実施例では、上記実施の形態に係る光信号検出システム10が異常な状態の検出に適用される。以下に、本実施例における光信号検出システム10の処理について説明する。

[0088] [5.1 分析フェーズ]

非線形変換器11は、所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換する。本実施例では、所定の複数の第1光信号として、正常な状態を示す光信号が用いられる。例えば、所定の複数の第1光信号として、対象（例えば光源、インフラ設備など）の状態に依存する光信号であって対象が正常である場合に出力される光信号が用いられる。この場合、所定の複数の第1光信号は、対象が異常である場合に出力される光信号を含まない。

[0089] 分光器12は、複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータを取得する。このとき、複数の第1スペクトルデータは、複数の第1光信号の違いを表現することができる。

[0090] 検出装置13の分析部131は、このように取得された複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、複数の第2スペクトルデータを生成し保存する。これにより、複数の第1スペクトルデータは複数の第2スペクトルデータに変換される。このスペクトルデータの変換によって、スペクトルデータに含まれる周波数成分が削減される。

[0091] [5.2 検出フェーズ]

非線形変換器11は、第3光信号を第4光信号に非線形に変換する。第3光信号は、未知な状態を示す光信号である。そして、分光器12は、第4光信号から第3スペクトルデータを取得する。このとき、第3スペクトルデータは、第3光信号に依存する。また、第3スペクトルデータに含まれる周波数成分の数は、複数の第2スペクトルデータにそれぞれ含まれる周波数成分の数と一致する。

[0092] 検出装置13の検出部132は、このように取得された第3スペクトルデータを複数の第2スペクトルデータと比較することにより、複数の第2スペクトルデータの中に第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータ

があるか否かを判定する。そして、検出部 132 は、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータが無いと判定された場合に、第 3 光信号を異常な状態を示す光信号として検出する。一方、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータが有ると判定された場合に、検出部 132 は、第 3 光信号を正常な状態を示す光信号として検出する。

[0093] [5.3 効果など]

以上のように、本実施例に係る光信号検出システム 10 において、複数の第 1 光信号の各々は、正常な状態を示す光信号を表し、検出部 132 は、第 3 スペクトルデータを複数の第 2 スペクトルデータと比較することにより、複数の第 2 スペクトルデータの中に第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータが有るか否かを判定し、第 3 スペクトルデータに類似する第 2 スペクトルデータが無いと判定された場合に、第 3 光信号を異常な状態を示す光信号として検出する。

[0094] これによれば、異常な状態の検出技術に光信号検出システム 10 を適用することができる。このとき、非線形変換を利用することで、異常な状態の誤検出を削減することができる。さらに、スパース主成分分析による周波数成分の削減効果により、より低負荷及び／又は高速な検出を実現することもできる。

[0095] (他の実施の形態)

以上、本発明の 1 つ又は複数の態様に係る光信号検出システムについて、実施の形態及び実施例に基づいて説明したが、本発明は、この実施の形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限り、当業者が思いつく各種変形を本実施の形態に施したもののや、異なる実施の形態における構成要素を組み合わせて構築される形態も、本発明の 1 つ又は複数の態様の範囲内に含まれてもよい。

[0096] 例えば、上記実施の形態において、検出装置 13 が分析フェーズを実行していたが、これに限定されない。例えば、分析フェーズは、検出装置 13 とは異なる他の装置によって行われてもよい。この場合、検出装置 13 は、複

数の第2スペクトルデータと第1光信号の特徴とが対応付けられた情報を他の装置から取得しストレージに格納すればよい。この場合、検出装置13は、分析部131を備えなくてもよい。

産業上の利用可能性

[0097] 本発明は、光信号の波形再構成技術、アナログ／デジタル変換の光化技術、デジタルコヒーレント受信技術などに利用することができる。

符号の説明

- [0098] 10 光信号検出システム
11 非線形変換器
12 分光器
13 検出装置
131 分析部
132 検出部

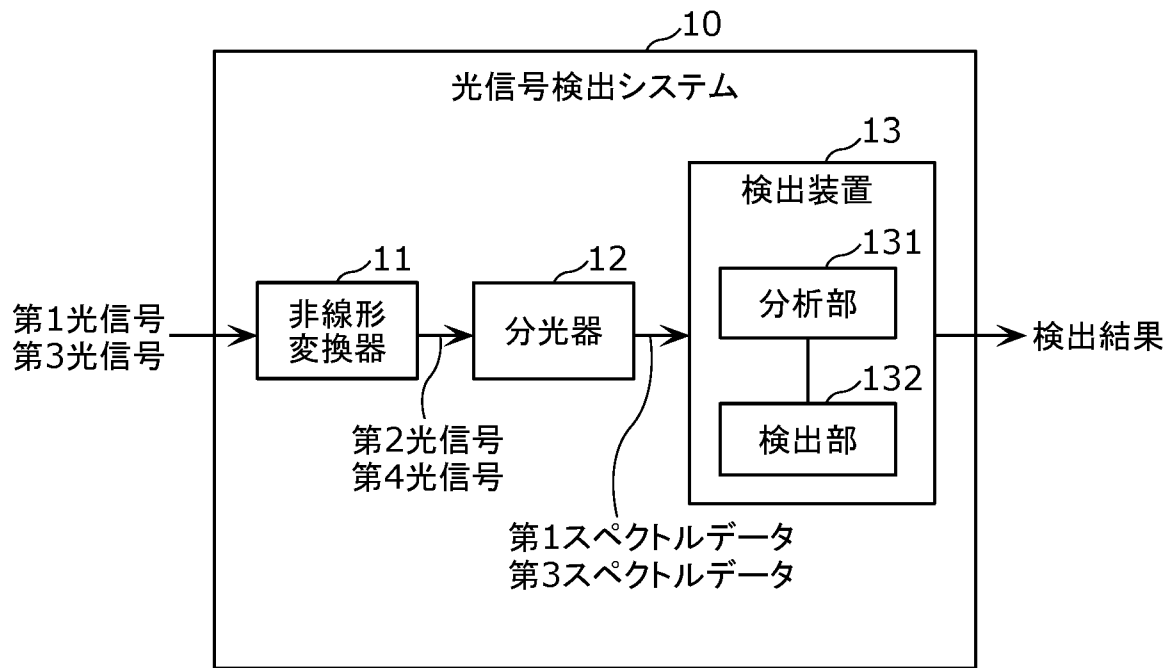
請求の範囲

- [請求項1] 時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換し、さらに、第3光信号を第4光信号に非線形に変換する非線形変換器と、
- 前記複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータをそれぞれ取得し、さらに、前記第4光信号から第3スペクトルデータを取得する分光器と、
- 前記第3光信号を検出して検出結果を出力する検出装置と、を備え、
- 前記検出装置は、
- 前記複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、前記複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成する分析部と、
- 前記第3スペクトルデータと前記複数の第2スペクトルデータとの比較を行い、前記比較の結果に基づいて前記第3光信号を検出する検出部と、を備える、
- 光信号検出システム。
- [請求項2] 前記検出部は、
- 前記第3スペクトルデータを前記複数の第2スペクトルデータと比較することにより、前記第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータを探索し、
- 探索された前記第2スペクトルデータに対応する第1光信号に基づいて、前記第3光信号を検出する、
- 請求項1に記載の光信号検出システム。
- [請求項3] 前記複数の第1光信号は、異なる時間波形を有し、
- 前記検出部は、探索された前記第2スペクトルデータに対応する第1光信号の時間波形を前記第3光信号の時間波形として検出する、
- 請求項2に記載の光信号検出システム。

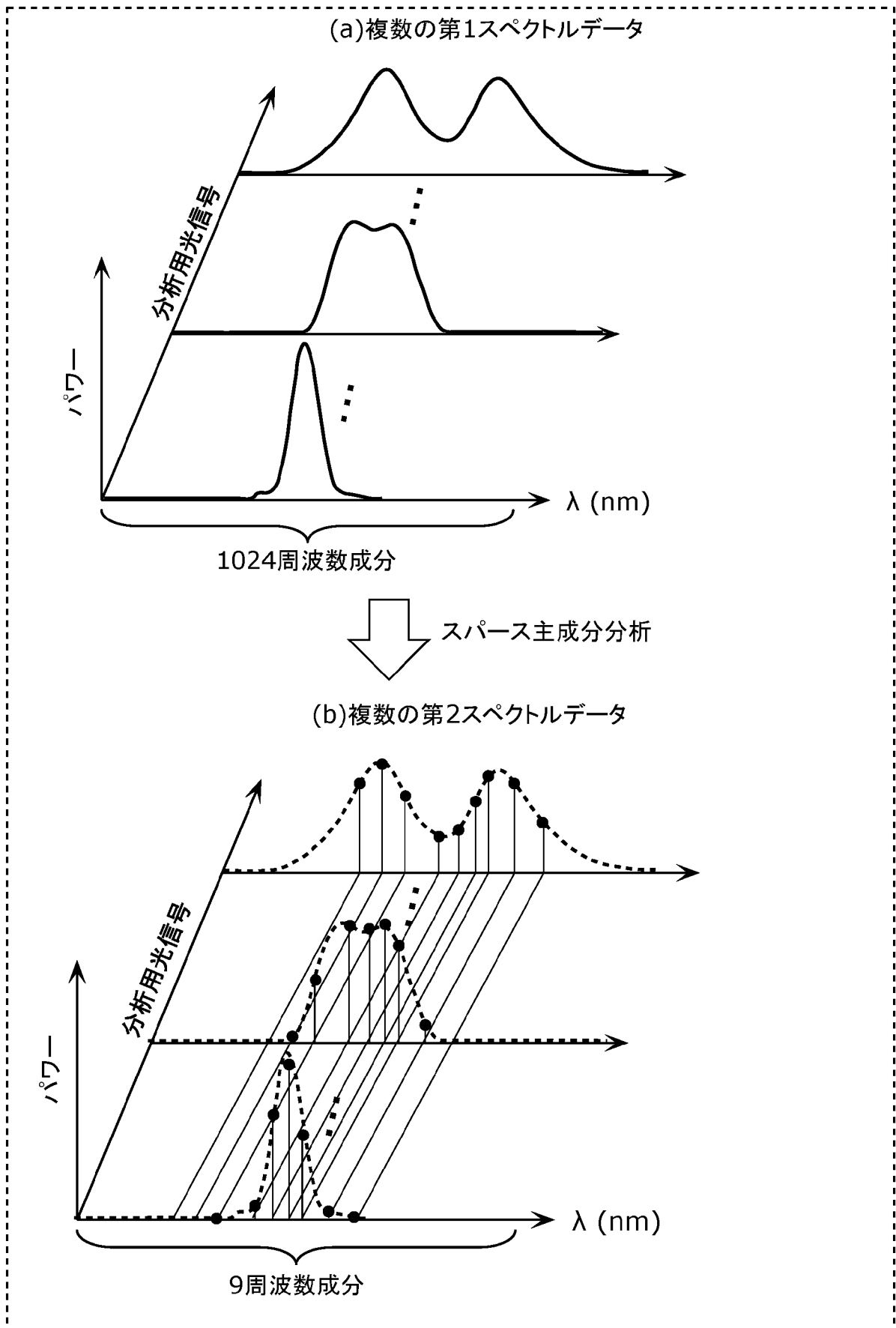
- [請求項4] 前記複数の第1光信号は、異なるデジタルデータにそれぞれ割り当てられた異なる複数の強度をそれぞれ有し、
前記検出部は、探索された前記第2スペクトルデータに対応する第1光信号の強度を前記第3光信号の強度として検出する、
請求項2に記載の光信号検出システム。
- [請求項5] 前記分光器は、前記複数の第1光信号の強度の分解能よりも低い分解能で各周波数成分の値を取得する、
請求項4に記載の光信号検出システム。
- [請求項6] 前記複数の第1光信号は、異なるデジタルデータにそれぞれ割り当てられた複数の振幅及び位相の組み合わせでそれぞれ変調された信号であり、
前記検出部は、探索された前記第2スペクトルデータに対応する第1光信号の振幅及び位相の組み合わせを、前記第3光信号の振幅及び位相の組み合わせとして検出する、
請求項2に記載の光信号検出システム。
- [請求項7] 前記検出部は、
前記第3スペクトルデータを前記複数の第2スペクトルデータと比較することにより、前記複数の第2スペクトルデータの中に前記第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータが有るか否かの判定を行い、
前記判定の結果に基づいて前記第3光信号を検出する、
請求項1に記載の光信号検出システム。
- [請求項8] 前記複数の第1光信号の各々は、正常な状態を示す光信号を表し、
前記検出部は、
前記第3スペクトルデータに類似する第2スペクトルデータが無いと判定された場合に、前記第3光信号を異常な状態を示す光信号として検出する、
請求項7に記載の光信号検出システム。

- [請求項9] 光信号を検出して検出結果を出力する光信号検出装置であって、
時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号から非線形に変換された複数の第2光信号からそれぞれ取得された複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、前記複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成する分析部と、
第3光信号から非線形に変換された第4光信号から取得された第3スペクトルデータと前記複数の第2スペクトルデータとの比較を行って、前記比較の結果に基づいて前記第3光信号を検出する検出部と、
を備える、
光信号検出装置。
- [請求項10] 時間波形、強度、振幅及び位相の少なくとも1つが異なる所定の複数の第1光信号を複数の第2光信号に非線形に変換し、
前記複数の第2光信号から複数の第1スペクトルデータをそれぞれ取得し、
前記複数の第1スペクトルデータにスパース主成分分析を行うことにより、前記複数の第1スペクトルデータよりも少ない周波数成分を有する複数の第2スペクトルデータを生成し、
第3光信号を第4光信号に非線形に変換し、
前記第4光信号から第3スペクトルデータを取得し、
前記第3スペクトルデータと前記複数の第2スペクトルデータとの比較を行い、
前記比較の結果に基づいて前記第3光信号を検出し、
検出結果を出力する、
光信号検出方法。

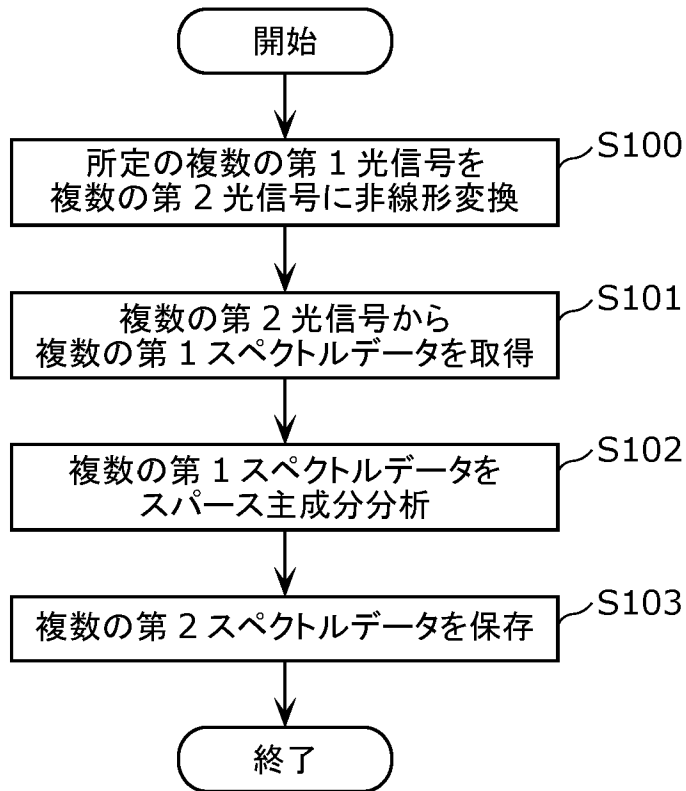
[図1]



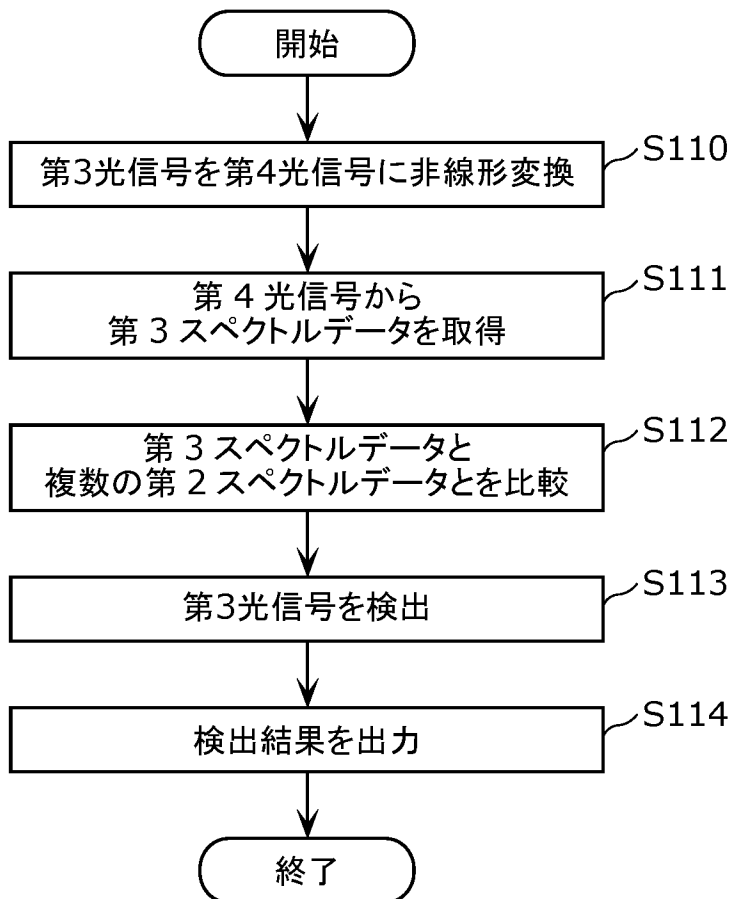
[図2]



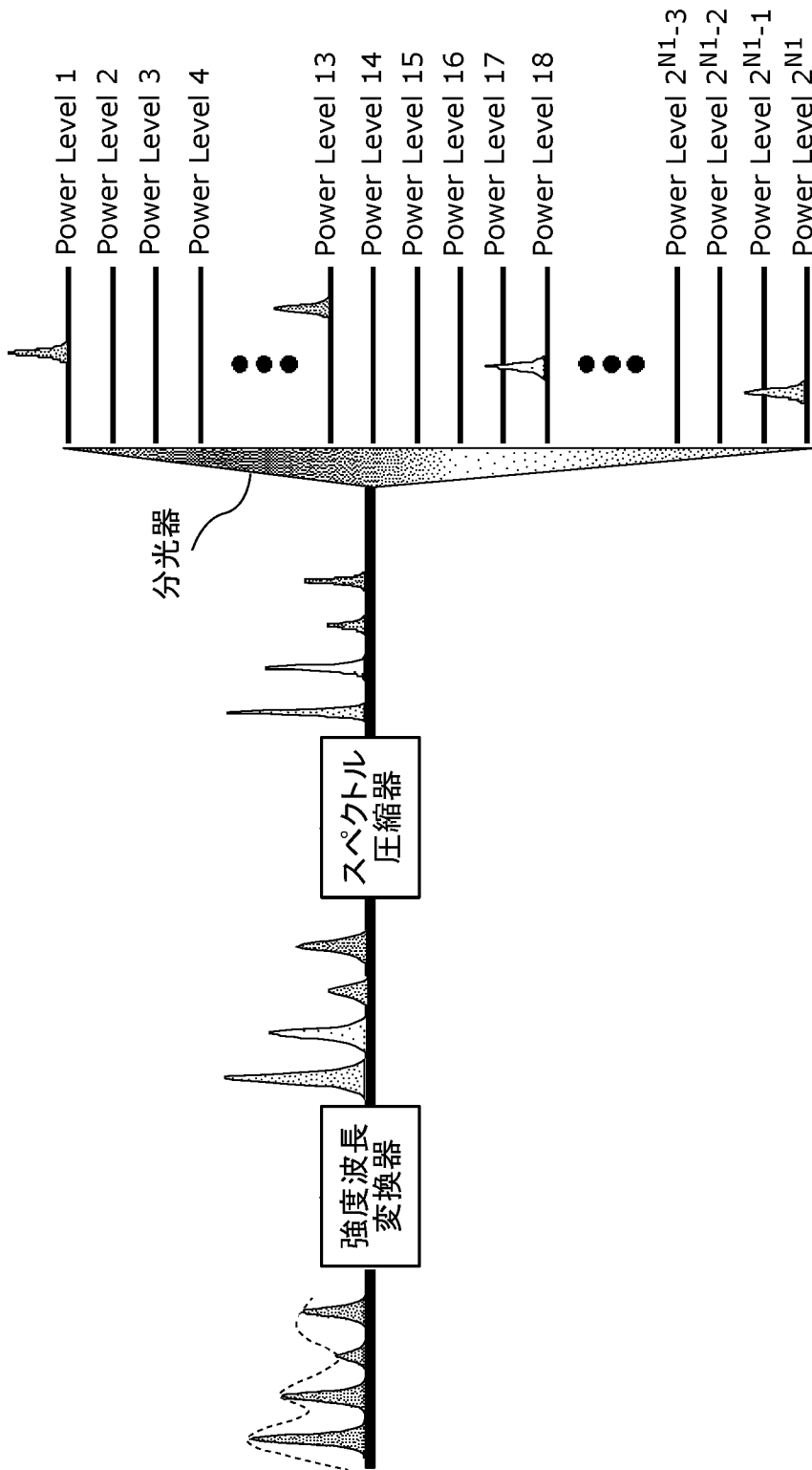
[図3]



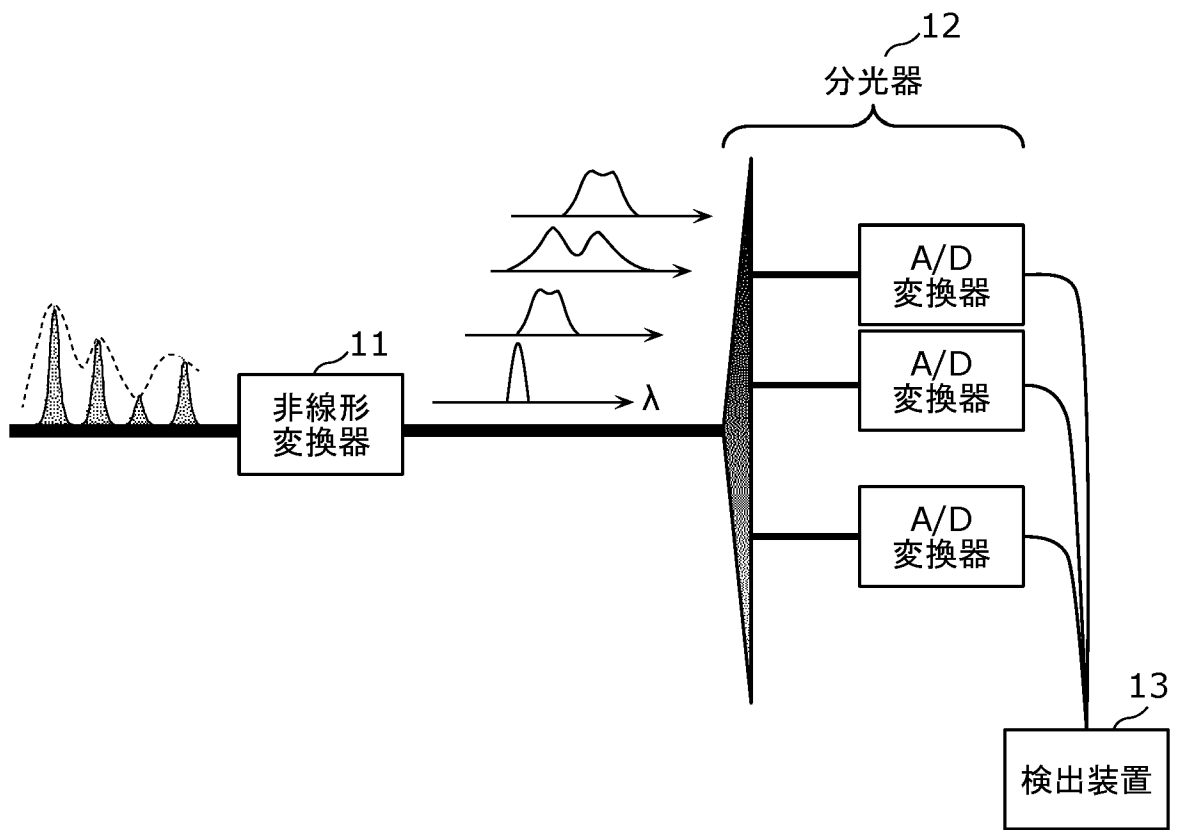
[図4]



[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/023553

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H04B10/67 (2013.01) i
FI: H04B10/67

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl. H04B10/67

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010-204308 A (OSAKA UNIVERSITY) 16 September 2010 (2010-09-16), entire text, all drawings	1-10
A	WO 2015/163149 A1 (HAMAMATSU PHOTONICS KK) 29 October 2015 (2015-10-29), entire text, all drawings	1-10
A	DANIEL, J. et al., Characterization of arbitrary femtosecond pulses using frequency-resolved optical gating, Journal of Quantum Electronics, February 1993, vol. 29, no. 2, pp. 571-579, entire text, all drawings	1-10
A	WO 2015/052937 A1 (OSAKA UNIVERSITY) 16 April 2015 (2015-04-16), entire text, all drawings	1-10

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
01 September 2021

Date of mailing of the international search report
14 September 2021

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2021/023553

JP 2010-204308 A	16 September 2010	US 2011/0311223 A1	entire text, all drawings
WO 2015/163149 A1	29 October 2015	US 2017/0030776 A1	entire text, all drawings
		CN 106233107 A	
WO 2015/052937 A1	16 April 2015	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/67(2013.01)i FI: H04B10/67		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H04B10/67 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2021年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2021年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2010-204308 A (国立大学法人大阪大学) 16.09.2010 (2010 - 09 - 16) 全文, 全図	1-10
A	WO 2015/163149 A1 (浜松ホトニクス株式会社) 29.10.2015 (2015 - 10 - 29) 全文, 全図	1-10
A	DANIEL J. et al., Characterization of Arbitrary Femtosecond Pulses Using Frequency-Resolved Optical Gating, JOURNAL OF QUANTUM ELECTRONICS, 1993, 02, VOL. 29, NO. 2, pages 571-579 全文, 全図	1-10
A	WO 2015/052937 A1 (国立大学法人大阪大学) 16.04.2015 (2015 - 04 - 16) 全文, 全図	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 01.09.2021	国際調査報告の発送日 14.09.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 対馬 英明 5K 1211 電話番号 03-3581-1101 内線 3556	

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/023553

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-204308 A	16.09.2010	US 2011/0311223 A1 全文,全図	
WO 2015/163149 A1	29.10.2015	US 2017/0030776 A1 全文,全図	
		CN 106233107 A	
WO 2015/052937 A1	16.04.2015	(ファミリーなし)	