

(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  
2023年9月21日(21.09.2023)



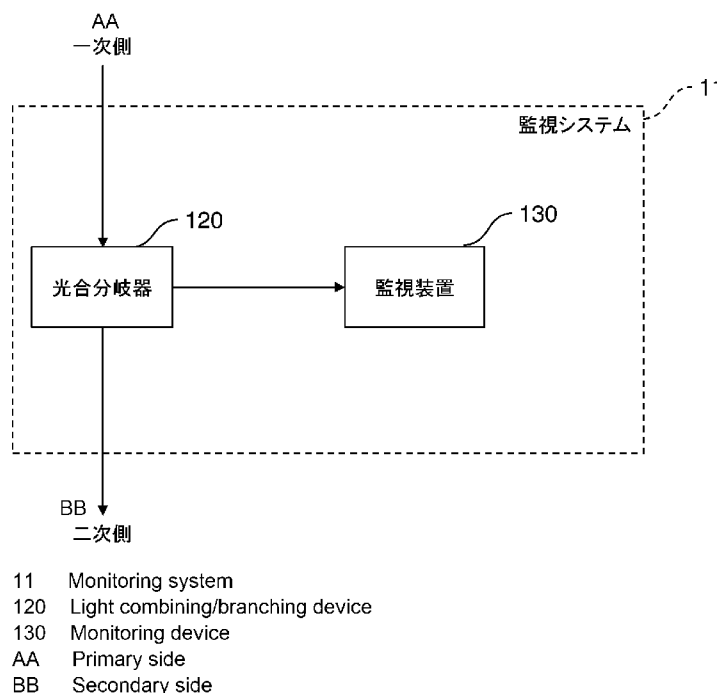
(10) 国際公開番号

WO 2023/175683 A1

- (51) 国際特許分類:  
*H04B 10/07* (2013.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/011383
- (22) 国際出願日: 2022年3月14日(14.03.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 日本電信電話株式会社 (NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉野 學(YOSHINO Manabu); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 原 一貴(HARA Kazutaka); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 金子 慎(KANEKO Shin); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町3丁目9-11 NTT 知的財産センタ内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人 志賀国際特許事務所 (SHIGA INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (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,

(54) Title: MONITORING DEVICE AND MONITORING METHOD

(54) 発明の名称: 監視装置および監視方法



(57) Abstract: According to the present invention, a determination unit determines whether or not inadequate light, which does not satisfy a predetermined standard, is included in multiplexed light that passes through a monitoring target path. A restriction unit performs control to prevent a light signal from flowing into the path when the inadequate light is included in the multiplexed light.

(57) 要約: 判定部は、監視対象の経路を通る多重光に、予め定められた基準を満たさない不適合光が含まれるか否かを判定する。制限部は、多重光に不適合光が含まれる場合に、経路に光信号が流れないように制御する。



WO 2023/175683 A1

HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JM, 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,  
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, SC, 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 :

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

## 明 細 書

**発明の名称**：監視装置および監視方法

### 技術分野

[0001] 本発明は、監視装置および監視方法に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、Photonic Gateway（以下「PG」という。）によるトランスペアレントな低遅延な光アクセスネットワークの実現が求められている（例えば非特許文献1参照。）。PGには、複数のユーザ装置（CPE：Customer Premises Equipment）が接続され、各ユーザ装置に対して使用する波長が設定される。なお、以下の説明において、光信号が送信元から送信先へ流れる際に、相対的に送信元に近い位置を「前段」と呼び、相対的に送信先に近い位置を「後段」と呼ぶ。

### 先行技術文献

#### 非特許文献

[0003] 非特許文献1：オールフォトニクスネットワークの実現に向けた新たなシステムアーキテクチャ”，電子情報通信学会誌 Vol.104 No.5pp.471-477,2021、  
<URL : [https://www.journal.ieice.org/bin/pdf\\_link.php?fname=k104\\_5\\_471&lang=J&year=2021](https://www.journal.ieice.org/bin/pdf_link.php?fname=k104_5_471&lang=J&year=2021)>

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0004] 許容されない強度の光であるか、または設定された以外の波長を含む光の少なくとも何れかの光を不適合光と呼ぶ。トランスペアレントなネットワークでは、不適合光を通過させない必要がある。不適合光は、例えば制御下のないユーザ装置から入力されるおそれがある。しかしながら、PGを備えるネットワークにおいて不適合光を遮断又は出力を停止する手段を備えていない。このような問題は、PGによるネットワークに限った問題ではなく、トランスペアレントなネットワーク全体に共通する問題である。

上記事情に鑑み、本発明は、トランスペアレントなネットワークにおいて不適合光を遮断又は出力を停止することができる技術の提供を目的としている。

### 課題を解決するための手段

[0005] 本発明の一態様は、複数の機器から出力される光が多重された多重光が流れる経路を監視する監視装置であって、前記経路を通る前記多重光に、予め定められた基準を満たさない不適合光が含まれるか否かを判定する判定部と、前記多重光に不適合光が含まれる場合に、前記経路に前記光が流れないように制御する制限部とを備える監視装置である。

[0006] 本発明の一態様は、複数の機器から出力される光が多重された多重光を受光するステップと、受光された前記多重光に、予め定められた基準を満たさない不適合光が含まれるか否かを判定するステップと、前記多重光に不適合光が含まれる場合に、前記光が流れないように制御するステップとを有する監視方法である。

### 発明の効果

[0007] 上記態様によれば、PGを備えるネットワークにおいて不適合光を遮断又は出力を停止することが可能となる。

### 図面の簡単な説明

[0008] [図1]監視システムにおける所望波長が1波長の場合の所望波長と残余波長の模式図である。

[図2]実施形態1-1に係る監視システムの構成を示す概略ブロック図である。

[図3]実施形態1-1に係る監視装置の第1の構成例を示す概略ブロック図である。

[図4]分離部の第1の構成例を示す図である。

[図5]分離部の第2の構成例を示す図である。

[図6]分離部の第3の構成例を示す図である。

[図7]分離部の第4の構成例を示す図である。

[図8]実施形態1-1に係る第1の構成例の監視装置による監視処理を示すフローチャートである。

[図9]実施形態1-1に係る監視装置の第2の構成例を示す図である。

[図10]実施形態1-1の第2の構成例に係る監視装置による監視処理を示すフローチャートである。

[図11]実施形態1-1に係る監視装置の第3の構成例を示す図である。

[図12]実施形態1-1に係る第3の構成例の監視装置による監視処理を示すフローチャートである。

[図13]実施形態1-1に係る監視システムの第1の変形例に係る構成を示す概略ブロック図である。

[図14]実施形態1-1に係る監視システムの第2の変形例に係る構成を示す概略ブロック図である。

[図15]実施形態1-2に係る監視システムの構成を示す概略ブロック図である。

[図16]実施形態1-2に係る分離装置の第1の構成例を示す図である。

[図17]実施形態1-2に係る分離装置の第2の構成例を示す図である。

[図18]実施形態1-2に係る監視システムの第1の変形例を示す概略ブロック図である。

[図19]実施形態1-3に係る監視システムの構成を示す概略ブロック図である。

[図20]実施形態1-3に係る監視システムの第1の変形例を示す概略ブロック図である。

[図21]実施形態1-4に係る監視システムの構成を示す概略ブロック図である。

[図22]実施形態2-1に係る監視装置の第1の構成例を示す図である。

[図23]実施形態2-1に係る第1の構成例の監視装置による監視処理を示すフローチャートである。

[図24]実施形態2-1に係る監視装置の第2の構成例を示す図である。

[図25]実施形態2-1に係る監視装置の第3の構成例を示す図である。

[図26]実施形態2-1に係る第3の構成例の監視装置による監視処理を示すフローチャートである。

[図27]実施形態3の第1の構成例に係る監視システムの構成を示す図である。

[図28]実施形態3に係る監視システムによる監視処理を示すフローチャートである。

[図29]実施形態4に係る光振分システムの構成を示す概略図である。

[図30]少なくとも1つの実施形態に係る制御部の構成を示す概略ブロック図である。

### 発明を実施するための形態

[0009] 以下、図面を参照しながら実施形態について詳しく説明する。

以下の実施形態に示す監視システム11は、複数のユーザ装置から出力される光が多重された多重光が流れる光ファイバなどの経路を監視する。経路に接続された複数のユーザ装置は、当該経路を含むネットワークを管理する図示しない管理装置によって設定された波長の光を用いて通信を行う。監視システム11は、経路に接続された複数のユーザ装置のうち、不適合光を出力するユーザ装置を検出する。不適合光とは、予め定められた基準を満たさない光である。例えば、適合とする波長以外の成分を許容されない強度以上を含む光や、不適合とする強度の下限値以上の光は、不適合光である。適合とする波長以外の成分を許容されない強度とは例えば、適合とする波長成分の強度との比較で、100分の1(-20dB)や1000分の1(-30dB)以上としてもよいし、絶対値として-30dBm等としてもよい。不適合とする強度の下限値とは、例えば作業者に害のある強度や、光フューズ現象が発生する確率が高くなる強度や、開放端が焼損する恐れが高くなる強度や、機器が壊れる恐れの高くなる強度でよい。例えば+10dBm等としてもよい。以下の説明では、光信号を出力元のユーザ装置側を「一次側」と記載し、光信号の出力先のユーザ装置側を「二次側」と記載する。一芯双方向通

信では、同一の伝送路が、自装置にとっての一次側であり、それと対向する装置にとっての二次側である。

[0010] 以下の説明において、所望波長は適度な波長範囲を示し、残余波長は所望波長以外の波長範囲を示す。図1は、監視システム11における所望波長が1波長の場合の所望波長と残余波長の模式図である。1つのユーザ装置についての所望波長は複数でもよい。

なお、適度な波長範囲は、ユーザ装置が用いてよい波長によって変化する。例えば、初期接続時（ユーザ装置に波長が設定されていない状態）では初期接続に用いてもよい波長範囲が適度な波長範囲であり、初期接続後にユーザ装置に波長が設定された後は設定された波長範囲が適度な波長範囲になる。

[0011] 〈実施形態1-1〉

実施形態1-1に係る監視システム11は、ネットワーク等の経路に設けられ、当該経路に接続された複数のユーザ装置のうち、不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出する。

[0012] 《監視システム11の構成》

図2は、実施形態1-1に係る監視システム11の構成を示す概略ブロック図である。実施形態1-1に係る監視システム11は、光合分岐器120と監視装置130とを備える。光合分岐器120は、監視対象の経路上に設けられ、一次側から入力された光を二次側と監視装置130側とに分岐して出力する。監視装置130は、光合分岐器120から入力された光に基づいて不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出する。

[0013] 図3は、実施形態1-1に係る監視装置130の第1の構成例を示す概略ブロック図である。

実施形態1-1に係る監視装置130は、光合分岐器160、複数の分離部217、計測部132、制御部50を備える。光合分岐器160は、経路上に設けられた光合分岐器120から入力された光を分岐して、複数の分離部217それぞれに出力する。

## [0014] 《分離部 2 1 7》

分離部 2 1 7 は、入力された光信号（以下「分離入力信号」という。）に対して処理を行う。

分離部 2 1 7 は、入力ポートと、第一出力ポートと第二出力ポートとの 3 つのポートを有する。分離部 2 1 7 は、入力ポートから入力される光信号（分離入力信号）を、ネットワークを管理する図示しない管理装置によってユーザ装置に設定された所望波長の信号（以下「所望分離信号」という。）と、それ以外の波長成分である残余波長の信号（以下「残余分離信号」という。）とに波長分離する。所望分離信号は、第一出力ポートから出力され、残余分離信号は、第二出力ポートから出力される。ただし、実施形態 1-1 においては、監視装置 1 3 0 において所望分離信号が使用されないため分離部 2 1 7 の第一出力ポートは無反射終端されてよい。分離部 2 1 7 は、管理装置から波長の設定データを取得し、分離する波長を設定する。分離部 2 1 7 の構成については後述する。

[0015] 分離部 2 1 7 での処理において用いられるフィルタの特性（抑圧比、遮断能）に応じて、残余波長の成分がある場合は、所望分離信号には僅かに残余波長の成分が混入し、所望波長の成分がある場合は、残余分離信号には僅かに所望波長の成分が混入する。ただし、分離入力信号に占める所望信号の比が著しく大であれば、所望分離信号及び残余分離信号において所望信号が大半を占め、分離入力信号に占める残余信号の比が著しく大であれば、所望分離信号及び残余分離信号において残余信号が大半を占めることになる。また、フィルタの抑圧比によってもこのようなことは生じうる。

## [0016] （分離部 2 1 7 の第 1 の構成例）

図 4 は、分離部 2 1 7 の第 1 の構成例を示す図である。第 1 の構成例に係る分離部 2 1 7 は、F B G (Fiber Bragg Grating) を備える。F B G は、光ファイバに回折格子を刻むことで構成される。F B G に光が入射すると、回折格子の間隔に応じた特定の波長成分の光のみが反射し、他の波長成分の光は通過する。このような特性を利用し、対応するユーザ装置の所望波長の光

を反射するFBGを選択することで、FBGを用いた分離部217を構成することができる。

[0017] 分離部217は、サーキュレータ211及びFBG212を備える。サーキュレータ211は、経路の一次側から入力される光信号をFBG212に入力する。サーキュレータ211は、FBG212から入力される光信号を経路の二次側に出力する。サーキュレータ211は、例えば光合分岐器を用いて構成されてもよい。サーキュレータ211が2×2光合分岐器を用いて構成された場合、片側の二つのポートが入力ポートと出力ポートとして機能し、反対側の二つのポートのうち一つがFBG212に接続され、もう一つのポートが無反射終端で構成される。サーキュレータ211は、開放端がないように2×1光合分岐器を用いて構成されてもよい。この場合、片側の二つのポートが入力ポートと出力ポートとして機能し、反対側の一つのポートがFBG212に接続される。FBG212は、所望波長の光信号を反射し、残余波長の光信号を透過する。このような反射及び透過によって、分離入力信号から所望分離信号と残余分離信号とが分離される。なお、実施形態1-1においては、監視装置130において所望分離信号が使用されないため、分離部217がサーキュレータ211を備えず、入力ポートと残余分離信号を出力する出力ポートとを備える2ポートの装置として構成されてもよい。すなわち、実施形態1-1に係る分離部217は、入力ポートと出力ポートとの間にFBG212を備える構成であってもよい。

[0018] (分離部217の第2の構成例)

図5は、分離部217の第2の構成例を示す図である。第2の構成例に係る分離部217は、TFE (Thin Film Filter) を備える。TFEは、膜面に対して交差するように入力された光の一部を反射し、残りを透過させる波長フィルタである。TFEは反射又は透過させる光の波長を光の入射角によって異ならせることができる。TFEは、対応するユーザ装置の所望分離信号を透過させ、残余分離信号を反射させるよう制御される。

分離部217は、サーキュレータ211及びTFE214を備える。サー

キュレータ 211 は、経路の一次側から入力される光信号を T F F 214 に入力する。サーキュレータ 211 は、T F F 214 から入力される光信号を監視装置 130 に入力する。サーキュレータ 211 の構成は上述したとおりである。

[0019] なお、例えば図 3 におけるサーキュレータ 211 と図 4 におけるサーキュレータ 211 とでは、光の進行方向は紙面から見て逆回転となる。分離部 217 内の素子が、例えば F B G 212 のように適合する波長の光を反射する構成である場合と、例えば T F F 214 のように適合する波長の光を透過する構成である場合とで、サーキュレータ 211 の光の進行方向が上述したように逆回転となる。

[0020] T F F 214 は、所望波長の光信号を透過し、残余波長の光信号を反射する。T F F 214 によって反射された光信号（残余分離信号）は、サーキュレータ 211 を経由して監視装置 130 に入力される。このような反射及び透過によって、分離入力信号から所望分離信号と残余分離信号とが分離される。なお、所望の波長を透過する構成の図 4 においても、所望の波長を反射する構成の図 3 と同様に、サーキュレータ 211 は光合分岐器を用いて構成されてもよい。これは、他の構成でも同様である。

[0021] （分離部 217 の第 3 の構成例）

図 6 は、分離部 217 の第 3 の構成例を示す図である。分離部 217 は、サーキュレータ 211 及び T F F 214 を備える。サーキュレータ 211 は、経路の一次側から入力される光信号を T F F 214 に入力する。サーキュレータ 211 は、T F F 214 から入力される光信号を経路の二次側に出力する。サーキュレータ 211 は、図 3 で説明した第 1 の構成例と同様に、例えば光合分岐器を用いて構成されてもよい。T F F 214 は、対応するユーザ装置の所望波長の光信号を反射し、残余波長の光信号を透過する。このような反射及び透過によって、分離入力信号から所望分離信号と残余分離信号とが分離される。なお、実施形態 1-1 においては、監視装置 130 において所望分離信号が使用されないため、分離部 217 がサーキュレータ 211

を備えず、入力ポートと残余分離信号を出力する出力ポートとを備える2ポートの装置として構成されてもよい。すなわち、実施形態1-1に係る分離部217は、入力ポートと出力ポートとの間にTFF214を備える構成であってもよい。

[0022] (分離部217の第4の構成例)

図7は、分離部217の第4の構成例を示す図である。分離部217は、AWG (Arrayed-Waveguide Grating) 215及び合波部216を備える。AWG 215は、経路の一次側から入力される光信号を波長に応じたポートから出力する。AWG 215の複数の出力ポートのうち、対応するユーザ装置の所望分離信号が出力される出力ポートは、経路の二次側に接続される。残りの出力ポートは合波部216に接続される。合波部216は、AWG 215から入力される複数の残余分離信号を合波して監視装置130に出力する。合波部216は、複数の波長の光信号を合波することが可能な構成であればどのような装置が適用されてもよい。例えば、合波部216はAWGを用いて構成されてもよい。この場合、AWG 215の残余分離信号を出力する複数の出力ポートは、各残余信号の波長に応じた合波部216 (AWG) の入力ポートに接続される。合波部216は光合分岐器を用いて構成されてもよい。分離装置170と監視装置130の間には、アイソレータが設けられてもよい。なお、合波部216は、出力された不適合の波長成分が合分波器で遮断されて検出されないことを防ぐため、AWG 215と同等の波長透過特性であるか、それよりも遮断が少ないもの、例えば、隣接チャンネル間、即ち隣接ポート間のクロストークの大きいものが望ましい。

[0023] (分離部217の他の構成例)

その他、分離部217は、導波路型リング共振器、ラティス型光フィルタ、マッハツェンダ干渉計などを用いて構成されてもよい。

導波路型リング共振器としては、例えば、共振器長を数10 $\mu$ mにし、共振波長間隔 (Free Spectral Range : FSR) を数10nmとしたマイクロリング共振器 (Micro Ring Resonator : MRR) が用いられてもよい。リング

共振器部の形状には、完全な円形ではなく、結合部を平行直線導波路にしたレーストラック形が用いられてもよい。このように構成されることによって、結合部での結合係数が設計しやすくなる。具体的には、導波路型リング共振器は、経路の一次側から入射ポートに光信号が入力され、ドロップポートから経路の二次側へ所望分離信号を出力し、スルーポートから残余分離信号を監視装置130へ出力する。アドポートには、無反射終端又はアイソレータが接続されることが望ましい。

ラティス型光フィルタは、例えば遅延線と、対称マッハツェンダ干渉計型結合率可変カップラと、位相調整部と、から構成される。光フィルタの位相シフト値を変化させることによって、非対称マッハツェンダ干渉計によって決まる性能を上限とする任意のフィルタ特性が得られる。 $\Delta L$ で決まるFSR (Free Spectral Range) ごとに、特性が周期的に現れるという性質が利用される。ラティス型光フィルタでは、ラティスを構成する各非対称MZIの行路長差が $\Delta L$ である。一次側のポートに信号光が入力されたときに、二次側の第1ポートは適合な波長成分を出力し、二次側の第2ポートは不適合な波長成分を出力するように、遅延 $\Delta L$ と結合率可変カップラの結合率と位相シフトの位相 $\theta$ とが調整される。

マッハツェンダ干渉計を用いる場合、FBGの組が、マッハツェンダ干渉計の各アームに設けられる。マッハツェンダ干渉計を構成する入力側の方向性結合器から二つのグレーティングまでの距離が同一であると、その反射光は合流し干渉した後、左下のポートから出力される。したがって、二つのグレーティングの特性を一致させることはもちろんのこと、方向性結合器からグレーティングまでの距離を少なくとも波長以下の精度、例えば波長の10分の1以下の精度で合わせる必要がある。そのため、グレーティング形成後、グレーティングと方向性結合器との間の部分に紫外光を当てて、屈折率を変化させること等による所謂トリミングにより光学長を調整する方法も必要とされる。

[0025] 計測部 1 3 2 は、分離部 2 1 7 から出力される光の強度を計測する。例えば、計測部 1 3 2 は、P D (photodiode) や A P D (avalanche photodiode) などの光電変換素子と、電圧を計測する回路の組み合わせなどによって実現されてよい。

[0026] 《制御部 5 0》

制御部 5 0 は、不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出するための制御を行う。図 3 に示すように制御部 5 0 は判定部 1 3 6 および制限部 1 3 7 として機能する。

[0027] 判定部 1 3 6 は、計測部 1 3 2 で計測された多重光の強度が、無信号閾値を超えるか否かを判定する。無信号閾値としては、適合とする波長以外の成分について許容される強度、例えば信号の受信がないとみなされる程度の強度が設定される。

[0028] 制限部 1 3 7 は、ユーザ装置に信号光の出力に係る指示を出力する。具体的には、制限部 1 3 7 は、ユーザ装置に信号光の出力を制限させる場合に、ユーザ装置に制限指示を出力する。出力の制限は、例えば出力の停止や出力強度の低下である。ユーザ装置に信号光の出力制限を解除させる場合に、ユーザ装置に制限解除指示を出力する。制限解除は、例えば、出力の開始や再開や出力強度の上昇である。制限部 1 3 7 の指示は、所定のキャリアを使った通信で伝送されてもよいし、主信号に A M C C (Auxiliary Management and Control Channel) などの周波数分割多重や時分割多重等で多重することで伝送されてもよいし、特定の通信ルートを経由して伝送されてもよい。また、制限部 1 3 7 は管理装置に出力制限に係る通知を発し、通知を受けた管理装置がユーザ装置に指示を出力してもよい。

[0029] 図 8 は、実施形態 1 - 1 に係る第 1 の構成例の監視装置 1 3 0 による監視処理を示すフローチャートである。

実施形態 1 - 1 に係る監視装置 1 3 0 は図 8 に示す第 1 監視処理を所定の監視周期ごとに実行する。制限部 1 3 7 は、当該監視装置 1 3 0 が監視する経路に接続されるすべてのユーザ装置に信号光の制限指示を送信する（ステ

ップS 1 5 1)。

[0030] 次に、監視装置 1 3 0 は、各ユーザ装置を被疑装置として、以下のステップS 1 5 2 からステップS 1 5 8 の手順で波長異常の検査を行う。「波長異常」とは、不適合な波長の光の出力に係る異常をいう。被疑装置とは、波長異常の被疑が解消していないユーザ装置をいう。まず制限部 1 3 7 は、被疑装置の 1 つを選択し (ステップS 1 5 2)、当該被疑装置に信号光の制限解除指示を送信する (ステップS 1 5 3)。計測部 1 3 2 は、選択したユーザ装置に対応する分離部 2 1 7 から入力される残余分離信号の強度を計測する (ステップS 1 5 4)。このとき受光される残余分離信号は、ステップS 1 5 2 で選択されたユーザ装置から出力される光から分離された残余分離信号である。

[0031] 判定部 1 3 6 は、ステップS 1 5 4 で計測された残余分離信号の強度が、無信号閾値を超えるか否かを判定する (ステップS 1 5 5)。残余分離信号の強度が無信号閾値を超えない場合 (ステップS 1 5 5 : NO)、判定部 1 3 6 は、ステップS 1 5 2 で選択されたユーザ装置が正常であるとみなす。他方、残余分離信号の強度が無信号閾値を超える場合 (ステップS 1 5 5 : YES)、判定部 1 3 6 は、ステップS 1 5 2 で選択されたユーザ装置が波長異常であるとみなす。制限部 1 3 7 は、ステップS 1 5 2 で選択されたユーザ装置の ID を、内部メモリに記憶させる (ステップS 1 5 6)。ステップS 1 5 2 で選択されたユーザ装置について正常か否かの判定がなされると、制限部 1 3 7 は、当該ユーザ装置に制限指示を送信する (ステップS 1 5 7)。

[0032] 監視装置 1 3 0 は、被疑装置がなくなったか否かを判定する (ステップS 1 5 8)。被疑装置が残っている場合 (ステップS 1 5 8 : NO)、監視装置 1 3 0 はステップS 1 5 2 に処理を戻し、残りの被疑装置の検査を行う。他方、被疑装置がなくなった場合、ステップS 1 5 6 で記憶したユーザ装置以外のユーザ装置に、制限解除指示を送信し (ステップS 1 5 9)、処理を終了する。

[0033] なお、監視装置 130 の処理は図 8 に示す第 1 監視処理に限られない。例えば、他の実施形態においては、第 1 監視処理に代えて、以下の手順で監視を行ってもよい。監視装置 130 は、図 8 のステップ S 151 で制限指示を行わず、ステップ S 153 で制限解除指示の代わりに選択した被疑装置のみに制限指示を送信する。監視装置 130 は、図 8 のステップ S 155 で制限指示の送信前後の強度の計測値の変化が無信号閾値を超える場合に、制限状態を維持する。監視装置 130 は、図 8 のステップ S 155 で制限指示の送信前後の強度の計測値の変化が無信号閾値を超えない場合に制限解除指示を送信する。

すなわち、制限の前後における変化量が無信号閾値以上であれば、即ち残余分離信号が無信号閾値以上減少すれば、残余成分の出力が非零であったので対象のユーザ装置が被疑であると推定できる。他方、制限の前後における変化量が無信号閾値未満であれば、即ち残余分離信号が無信号閾値以上減少しないならば、残余成分の出力が非零であったと推定できるので、対象のユーザ装置が被疑でないとは推定できる。この場合、ステップ S 157 の制限指示の送信、およびステップ S 159 の制限解除指示の送信を行わない。また、ステップ S 156 の被疑装置の記録は必ずしも行わなくてよい。

また、他の実施形態においては、ステップ S 151 で制限指示を行わず、ステップ S 153 で制限解除指示の代わりに選択した被疑装置のみに制限指示を送信し、ステップ S 155 で制限指示の送信前後の強度の計測値の変化に基づいて被疑装置が不適合か否かを記録し、被疑が解消したか否かによらずステップ S 157 の制限指示に代えて制限解除指示を送信し、ステップ S 158 で被疑装置がなくなったと判定された場合にステップ S 156 で不適合であると記録された装置にステップ S 159 の制限解除指示に代えて制限指示を出力して終了としてもよい。

[0034] なお、監視装置 130 は、残余分離信号の強度に基づいて不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出するが、これに限られない。例えば他の実施形態においては、監視装置 130 が所望分離信号の強度に基づいて不適合な

波長の光を出力するユーザ装置を検出してもよい。つまり、監視装置130において、分離部217の第一出力ポートが計測部132に接続され、第二出力ポートが終端されていてもよい。この場合、判定部136は、ステップS154において被疑装置に係る分離部217以外の分離部217から出力される所望分離信号の強度を計測する。

被疑装置以外のユーザ装置は光を出力していないため、当該被疑装置以外の少なくとも1つのユーザ装置に対応する所望分離信号が無信号閾値を超える（非零である）場合、被疑装置が不適合な波長の光を出力していることが分かる。またこの場合、監視装置130は不適合な光がどのユーザ装置の所望に漏れているかを特定することができる。

また、他の実施形態に係る監視装置130は、1つのユーザ装置に光の出力を制限させ、他のユーザ装置の制限を解除して、所望分離信号の強度に基づいて不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出してもよい。この場合、判定部136は、ステップS154において光の出力を制限した1つのユーザ装置に係る分離部217から出力される所望分離信号の強度を計測する。

出力を制限した1つのユーザ装置のみが光を出力しないため、当該ユーザ装置の所望分離信号の強度が非零である（無信号閾値を超える）場合、他のユーザ装置のいずれかが不適合な波長の光を出力していることが分かる。なおこの場合、出力を停止したユーザ装置が不適合な波長の光を出力しているか否かはわからない。そこで、例えば、監視装置130は、複数のユーザ装置を停止させ、当該複数のユーザ装置の所望分離信号の強度が零（無信号閾値以下）になる組合せを探索し、そのときに出力を制限しなかったユーザ装置を被疑でないと判定する。

[0035]（監視装置130の第2の構成例）

図9は、実施形態1-1に係る監視装置130の第2の構成例を示す図である。第2の構成例に係る監視装置130は、第1の構成例の光合分岐器160、分離部217および計測部132に代えて、スペクトルアナライザ1

38を備える。第2の構成例に係る監視装置130の他の構成については、第1の構成例と同様である。スペクトルアナライザ138は、受信信号に含まれる波長成分の分布、すなわち波長と強度との関係を計測する。

[0036] 図10は、実施形態1-1の第2の構成例に係る監視装置130による監視処理を示すフローチャートである。

実施形態1-1の第2の構成例に係る監視装置130は、図10に示す監視処理を所定の監視周期ごとに実行する。制限部137は、当該監視装置130が監視する経路に接続されるすべてのユーザ装置に信号光の制限指示を送信する（ステップS171）。

[0037] 次に、監視装置130は、各ユーザ装置を被疑装置として、以下のステップS172からステップS178の手順で波長異常の検査を行う。まず制限部137は、被疑装置の1つを選択し（ステップS172）、当該被疑装置に信号光の制限解除指示を送信する（ステップS173）。スペクトルアナライザ138は、光合分岐器120から入力される光の波長成分の分布を計測する（ステップS174）。

[0038] 判定部136は、ステップS174で計測された波長成分のうち、ステップS172で選択したユーザ装置の残余波長に係る成分の強度が、無信号閾値を超えるか否かを判定する（ステップS175）。残余波長成分の強度が無信号閾値を超えない場合（ステップS175：NO）、判定部136は、ステップS172で選択されたユーザ装置が正常であるとみなす。他方、残余波長成分の強度が無信号閾値を超える場合（ステップS175：YES）、判定部136は、ステップS172で選択されたユーザ装置が波長異常であるとみなす。なお、このとき判定部136は、無信号閾値を超える成分の波長が他のユーザ装置の所望波長であるか否かを確認することで、不適合な光が他のユーザ装置の所望に漏れているか否かを特定することができる。

制限部137は、ステップS172で選択されたユーザ装置のIDを、図示しない記憶装置（メモリなど）に記憶させる（ステップS176）。ステップS172で選択されたユーザ装置について正常か否かの判定がなされる

と、制限部 137 は、当該ユーザ装置に制限指示を送信する（ステップ S 177）。

[0039] 監視装置 130 は、被疑装置がなくなったか否かを判定する（ステップ S 178）。被疑装置が残っている場合（ステップ S 178：NO）、監視装置 130 はステップ S 172 に処理を戻し、残りの被疑装置の検査を行う。他方、被疑装置がなくなった場合、ステップ S 176 で記憶したユーザ装置以外のユーザ装置に、制限解除指示を送信し（ステップ S 179）、処理を終了する。

[0040] なお、監視装置 130 の処理は図 10 に示す第 1 監視処理に限られない。例えば、他の実施形態においては、ステップ S 171 で制限指示を行わず、ステップ S 173 で制限解除指示の代わりに選択した被疑装置のみに制限指示を送信し、ステップ S 175 で制限指示の送信前後における残余波長成分の強度の計測値の変化が無信号閾値を超える場合に、制限状態を維持し、超えない場合に制限解除指示を送信してもよい。この場合、ステップ S 156 の被疑装置の記録、ステップ S 157 の制限指示の送信、およびステップ S 159 の制限解除指示の送信を行わない。

また、他の実施形態においては、ステップ S 171 で制限指示を行わず、ステップ S 173 で制限解除指示の代わりに選択した被疑装置のみに制限指示を送信し、ステップ S 175 で制限指示の送信前後の強度の計測値の変化に基づいて被疑装置が不適合か否かを記録し、被疑が解消したか否かによらずステップ S 177 の制限指示に代えて制限解除指示を送信し、ステップ S 178 で被疑装置がなくなったと判定された場合にステップ S 176 で不適合であると記録された装置にステップ S 159 の制限解除指示に代えて制限指示を出力して終了としてもよい。

[0041] また、他の実施形態においては、スペクトルアナライザ 138 に代えて、複数の波長をそれぞれ異なる出力に出力する合分波器、例えば、少なくとも 1 つの入力ポートと複数の出力ポートとを備える 1 つの AWG 215 と、複数のポートそれぞれから入力される光の強度を計測する計測部 132 とを備

えてもよい。この場合、計測部 132 は、各ユーザ装置の所望波長に対応するポートから入力される光の強度を所望波長の強度として計測し、他のポートから入力される光の強度の総和を残余波長の強度として計測することができる。このように構成することで、スペクトルアナライザ 138 のように波長掃引する時間を要さないため、計測処理時間を短縮することができる。

[0042] (監視装置 130 の第 3 の構成例)

図 11 は、実施形態 1-1 に係る監視装置 130 の第 3 の構成例を示す図である。第 3 の構成例に係る監視装置 130 は、第 1 の構成例の構成に加えてディザリング (dithering) 指示部 139 を備える。第 3 の構成例に係る監視装置 130 の他の構成については、第 1 の構成例と同様である。ディザリング指示部 139 は、ユーザ装置にディザリング指示およびディザリング解除指示を出力する。ディザリング指示は、ユーザ装置ごとに異なる周波数や時系列パターンで光信号を変調 (又は変調を重畳) させる指示である。以下、ディザリング指示によって光信号を変調する周波数や時系列パターンを、ディザリング成分という。

ディザリング成分によって、当該ディザリング成分で変調された光信号の送信元のユーザ装置を一意に識別することができる。他方、ディザリング解除指示は、ユーザ装置に対して光信号へのディザリング成分での変調を停止させる指示である。

[0043] また、第 3 の構成例に係る計測部 132 は、光信号の受信強度から各ユーザ装置のディザリング成分の強度を抽出する機能を有する。ディザリング成分が周波数である場合、計測部 132 は当該周波数成分の強度を抽出し、ディザリング成分がパターンである場合、計測部 132 は、当該パターンに応じた成分の強度を抽出する。計測部 132 は、例えばロックインアンプを備える。

[0044] 図 12 は、実施形態 1-1 に係る第 3 の構成例の監視装置 130 による監視処理を示すフローチャートである。監視装置 130 は所定の監視周期ごとに図 12 に示す監視処理を実行する。

ディザリング指示部 139 は、当該監視装置 130 が監視する経路に接続されるすべてのユーザ装置について、それぞれ異なるパターンを決定し、各ユーザ装置に決定したパターンでのディザリング指示を送信する（ステップ S121）。変調のパターンの例としては、ユーザ装置ごとに異なる周波数で光信号の強度を変化させるものが挙げられる。このとき、ディザリング指示部 139 は、各ユーザ装置の周波数を、互いに倍数または約数とならない周波数に決定する。変調のパターンの他の例としては、ユーザ装置ごとに異なるタイミングで光信号の強度または波長を変化させるものが挙げられる。このとき、ディザリング指示部 139 は、各ユーザ装置において強度を変化させるタイミングを、互いに重複しないタイミングに決定する。

[0045] 計測部 132 は、各分離部 217 から入力される残余分離信号それぞれの強度を一定期間計測する（ステップ S122）。計測部 132 は、一定期間における各残余分離信号の強度の時系列から、対応するユーザ装置の残余分離波長に、当該ユーザ装置に設定した周波数のディザリング成分を検出する（ステップ S123）。

[0046] 次に、監視装置 130 は、ユーザ装置を 1 つずつ選択し（ステップ S124）、以下の処理を実行する。判定部 136 は、選択したユーザ装置の残余分離波長に当該ユーザ装置に設定したディザリング成分が無信号閾値を超えて検出されたか否かを判定する（ステップ S125）。対応するユーザ装置に設定したディザリング成分が検出されない場合、または無信号閾値以下で検出された場合（ステップ S125：NO）、判定部 136 は、対応するユーザ装置は正常であると判定する。他方、対応するユーザ装置に設定したディザリング成分が無信号閾値を超えて検出された場合（ステップ S125：YES）、判定部 136 は、対応するユーザ装置が波長異常であると判定する。この場合、制限部 137 は、対応するユーザ装置に、信号光の制限指示を送信する（ステップ S126）。これにより、波長が不適合な光を出力するユーザ装置による光信号の出力を停止させることができる。

監視装置 130 が各ユーザ装置について上述した判定処理を行うと、ディ

ザリング指示部139は、正常であると判定されたユーザ装置に対して、ディザリング解除信号を送信する（ステップS127）。

[0047] なお、監視装置130は、残余分離信号の強度に基づいて不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出するが、これに限られない。例えば他の実施形態においては、監視装置130が所望分離信号の強度に基づいて不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出してもよい。つまり、監視装置130において、分離部217の第一出力ポートが計測部132に接続され、第二出力ポートが終端されていてもよい。この場合、判定部136は、ステップS122において被疑装置に係る分離部217以外の分離部217から出力される所望分離信号の強度を計測する。少なくとも1つの分離部217から出力される所望分離信号において、被疑装置に係るディザリング成分の強度が無信号閾値を超える場合、被疑装置が不適合な波長の光を出力していることが分かる。またこの場合、監視装置130は不適合な光がどのユーザ装置の所望に漏れているかを特定することができる。

[0048] また、他の実施形態においては、図9に示すようにスペクトルアナライザ138を備える監視装置130の制御部50が、図11に示すようにディザリング指示部139を備えていてもよい。この場合、図12に示すステップS125においてスペクトルアナライザ138が各ユーザ装置の残余波長成分の強度が無信号閾値を超えるか否かを判定することで、同様の処理を行うことができる。

また、他の実施形態においては、光合分岐器160と複数の分離部217に代えて、複数の波長をそれぞれ異なる出力に出力する合分波器、例えば、少なくとも1つの入力ポートと複数の出力ポートとを備える1つのAWG215を備えてもよい。この場合、計測部132は、各ユーザ装置の所望波長に対応するポートから入力される光の強度を所望波長成分の強度として計測し、他のポートから入力される光の強度の総和を残余波長成分の強度として計測することができる。そして、制御部50は、図12に示すステップS125において各ユーザ装置の残余波長成分の強度が無信号閾値を超えるか否

かを判定することで、同様の処理を行うことができる。

光合分岐器 160 と複数の分離部 217 に代えて 1 つの合分波器を備える構成においても、上述したように、所望分離信号の強度に基づいて不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出することができる。この場合、制御部 50 は、各ユーザ装置の所望波長に対応するポートから入力される光の強度を所望波長成分の強度として計測し、被疑装置のディザリング成分が含まれるか否かを判定することで、同様の処理を行うことができる。

[0049] 《作用・効果》

このように、実施形態 1-1 に係る監視装置 130 は、分離部 217 から分離された残余分離信号の強度が無信号閾値を超える場合に、ユーザ装置に停止信号を送信することで、光信号が流れないように制御する。残余分離信号に含まれる波長は、上位装置によってユーザ装置に設定されていない波長である。つまり、残余分離信号の強度が無信号閾値を超えるということは、多重光に波長が不適合な光が含まれていることを示す。なお、上位装置によって所望波長が設定されるまでの初期状態においては、分離部 217 は全ての波長の光を二次側へ通過させ、光の分離をしなくてもよい。なお、ユーザ装置の追加等によって初期状態のユーザ装置と所望波長が設定されたユーザ装置とが混在する場合、分離部 217 は、以前の不適合で停止していたユーザ装置も初期化して再度検証してよい。初期状態のユーザ装置があるうちは、初期状態に対応する不適合な光が存在していたとしても初期状態のユーザ装置による不適合と推定し、監視装置 130 は不適合 UT の同定は行わず、所望波長が設定された後に不適合 UT の同定を行うとしてもよい。

また、所望波長が設定されるまでは、監視装置 130 は、初期状態で使用可能な波長を所望波長として設定し、所望波長設定後、設定された波長に所望波長を変更して、上述の監視処理を実行してもよい。

このように、監視装置 130 は、PG において不適合光が導通しないように制御することができる。

[0050] また第 1、第 2 の構成例に係る監視装置 130 は、多重光に不適合光が含

まれる場合に、複数のユーザ装置のうち一部のユーザ装置からの光信号が流れ、他のユーザ装置からの光信号が流れないように制御する。そして、監視装置130は、一部のユーザ装置からの光信号の強度が無信号閾値を超えるか否かを判定する。

具体的には、監視装置130は、接続されたユーザ装置に光信号の出力を停止させた後、順次光信号を出力させる。これにより、監視装置130は、波長異常のユーザ装置を特定し、当該ユーザ装置からの光信号が流れないように制御することができる。

[0051] なお、第1、第2の構成例に係る監視装置130は、光信号を出力させるユーザ装置を1台ずつ切り替えることで波長異常のユーザ装置を特定するが、これに限らない。例えば、他の実施形態においては、監視装置130は、光信号を出力させないユーザ装置を1台ずつ切り替えることで波長異常のユーザ装置を特定してもよい。この場合、判定部136は、あるユーザ装置の光信号を制限する前のタイミングにおける光の強度と制限した後のタイミングにおける光の強度との差が無信号閾値を超える場合に、当該ユーザ装置が不適合光を出力していると判定する。また例えば、他の実施形態においては、監視装置130は、例えば、二分探索によって波長異常のユーザ装置を特定してもよい。この場合、監視装置130は、接続されたユーザ装置の半数に光信号を停止させ、光信号を停止させた直後に受光された多重光の強度が無信号閾値以下とならない場合に、さらに許容範囲以内に入らなかったユーザ装置のうちの半数に光信号を停止させ、波長異常を特定するまで順次すすめる。他方、監視装置130は、光信号を停止させた直後に受光された多重光の強度が無信号閾値以下となった場合に、信号を停止させたユーザ装置のさらに半数に光信号を出力させる。光信号を停止させた直後に受光された多重光の強度が無信号閾値以下となった場合、光信号を出力させたユーザ装置について、波長異常の被疑が解消される。

監視装置130は、上記手順を繰り返し行うことで、不適合光を出力するユーザ装置を特定することができる。

[0052] また、第3の構成例に係る監視装置130は、ユーザ装置に対する光信号の出力を維持したまま、ディザリング成分を観察することで、不適合光を出力するユーザ装置を特定することができる。

[0053] なお、上述した実施形態1-1の各構成例に係る監視装置130によれば、各ユーザ装置が監視装置130からの制限指示および制限解除指示に従って動作することで、各ユーザ装置の不適合を検出し、また不適合光が導通しないように制御することができる。他方、監視装置130は、一部のユーザ装置が制限指示および制限解除指示に従わない場合も、他のユーザ装置について不適合の有無を判定することができる。例えば、波長異常のユーザ装置が一つのみでその波長異常のユーザ装置のみが従わない場合、ステップS153またはステップS173で制限信号を各ユーザ装置に送信した場合、波長異常のユーザ装置以外のユーザ装置は、制限信号に従って出力を停止し、波長異常のユーザ装置のみが出力を停止しない。そのため、監視装置130は、ステップS153またはステップS173で制限指示を送信した後の光の強度を計測し、当該強度からの差分に基づいて無信号閾値を再設定することで、正常出力のユーザ装置の出力を判定することができる。なお、正常出力のユーザ装置が指示に従わない場合、指示に従わないユーザ装置が複数存在しても同定することができる。この場合、監視装置130は、ユーザ装置に対する確認応答等によって、当該ユーザ装置が指示に従うか否かを判別しておくといよい。

[0054] なお、監視装置130は、図3および図11に示す光合分岐器160および複数の分離部217に代えて、複数の波長をそれぞれ異なる出力に出力する合分波器、例えば、1つのAWG215を備えてもよい。このAWG215は、少なくとも1つの入力ポートと複数の出力ポートとを備える。AWG215の複数の出力ポートは全て監視装置130に接続され、それぞれの強度を個別に計測する。AWG215は、経路の一次側から入力される光信号を波長に応じたポートから出力する。したがって各ユーザ装置の所望波長の光は、それぞれ異なる出力ポートから出力される。これにより、監視装置1

30は、あるユーザ装置について不適合の有無を判定する場合に、当該ユーザ装置の所望波長が入力されるポートを特定し、当該ポートに入力される光に基づいて、または当該ポート以外のポートに入力される光に基づいて不適合の有無を判定することができる。

[0055] 《第1の変形例》

図13は、実施形態1-1に係る監視システム11の第1の変形例に係る構成を示す概略ブロック図である。第1の変形例に係る監視システム11は、実施形態1-1の構成に加え、光合分岐器120の後段に遮断部150を備える。遮断部150は、監視装置130からの指示に従って、入力された光信号の通過と遮断とを切り替える。遮断部150は、例えば経路を接続するか接続しないように制御されるFXC (Fiber Cross Connect) で、光SW (光スイッチ)、所望の抑圧比の光減衰器、利得を制御して透過と遮断を切り替え所望の抑圧比のSOA (Semiconductor Optical Amplifier)、所望の抑圧比の変調器などの構成によって構成されてよい。遮断部150を変調器で実現する場合、具体例には、以下のような構成を採用することができる。例えば変調器はキャリア (伝導電子と正孔) 濃度を制御して屈折率を変えるエレクトロリフラクティブER効果や電界を加えて光吸収率を変える装置であってよい。また遮断部150は、エレクトロアブソープション (電界吸収) EA効果を用いる装置であってよい。なお、ER型のうち、遮断波長の広いもの (例えばMach-Zehnder (マッハツェンダ型) 型は特に適している。なお、遮断部150は、どのような構成によって実現されるものであっても、遮断可能な波長に、適合および不適合の対象波長を含む。対象波長は、少なくとも管理装置によってユーザ装置に割り当てられる可能性のある波長を含む。また対象波長は、割り当てられる可能性は無いが、ラマン効果や四光波混合等の非線形光学効果により通信機器に支障をきたす波長や、経路上の図示しない光増幅器の利得や波長に対する利得特性に影響を与え得る波長を含むことが好ましい。なお、分離部217の構成および監視装置130の構成は、実施形態1-1の各構成例に示すものであってよい。

[0056] 第1の変形例に係る監視装置130は、実施形態1-1の監視処理に加え、以下の処理を行う。監視装置130の制限部137は、少なくとも1つの残余分離信号の強度が無信号閾値を超える場合に、遮断部150に遮断指示を出力する。これにより、遮断部150は、一次側から入力される光を遮断する。これにより、監視装置130は、強度が無信号閾値を超える残余分離信号が1以上存在する場合に、遮断部150に遮断指示を出力することで、不適合光が経路の二次側に導通することを防ぐことができる。

また監視装置130の制限部137は、遮断対象のユーザ装置に係る残余分離信号の強度が無信号閾値を超えなくなった後に、遮断部150に開放指示を出力する。なお、図13に示す監視システム11は、複数のユーザ装置のいずれが一つでも遮断対象であれば、全てのユーザ装置が出力する光を遮断する。

これにより、遮断部150は、経路の一次側から入力される光を二次側に導通させる。

[0057] このように、実施形態1-1の第1の変形例に係る監視装置130は、遮断部150を備えることで、ユーザ装置が監視装置130の指示に従わずに光信号を出力する場合にも、不適合光が二次側に導通することを防ぐことができる。なお、波長が不適合な光を出力するユーザ装置20が制限指示に従わない場合、当該ユーザ装置20のみならず他のユーザ装置20の信号光も遮断されたままとなる。

[0058] 《第2の変形例》

図14は、実施形態1-1に係る監視システム11の第2の変形例に係る構成を示す概略ブロック図である。第2の変形例によれば、監視システム11の遮断部150は、光合分岐器120の前段に設けられてよい。監視装置130は、例えば実施形態1-1と同様の監視処理を実行したうえで、ユーザ装置が制限指示に従わないために、残余分離信号の強度が無信号閾値を超えたままである場合に、遮断部150に遮断指示を出力する。

[0059] 〈実施形態1-2〉

図15は、実施形態1-2に係る監視システム11の構成を示す概略ブロック図である。実施形態1-1に係る監視システム11は、一次側の1つのポートから多重光が入力されるが、実施形態1-2に係る監視システム11は、一次側に複数のポートを備え、複数のユーザ装置それぞれから信号光が入力される。図15に示すように、実施形態1-2に係る監視システム11は、分離装置170と監視装置130とを備える。分離装置170は、ユーザ装置から信号光が入力される複数の入力ポートと、所望分離信号を出力する第一出力ポートと、残余分離信号を出力する第二出力ポートとを備える。

[0060] 《分離装置170の第1の構成例》

図16は、実施形態1-2に係る分離装置170の第1の構成例を示す図である。第1の構成例に係る分離装置170は、複数の入力ポートを有したAWG215を備える。AWG215は、経路の一次側の入力ポートから入力される複数の光信号を、それぞれ波長に応じた出力ポートから出力する。一般的に、AWGは、2つのスラブ導波路と、2つのスラブ導波路間を接続する所定の導波路長差が設定された複数のアレイ導波路とから構成される。これにより、入力側のスラブ導波路の各ポートに入力された光は、アレイ導波路で与えられた位相差により生じる分散により、波長に応じた出力側のスラブ導波路のポートに集光する。

したがって、複数のユーザ装置がそれぞれ所望波長に対応するAWG215の入力ポートに接続されることで、単一の出力ポートからすべてのユーザ装置の所望分離信号が出力される。なお、「所望波長に対応するAWG215の入力ポート」とは、所望波長が、所定の出力ポートから出力されるような入力ポートである。AWG215の複数の出力ポートのうち、所望分離信号波長の光信号（所望信号）が出力される出力ポートは、経路の二次側に接続される。残りの出力ポートは監視装置130に接続される。分離装置170と監視装置130との間には、アイソレータが設けられてもよい。

[0061] 監視システム11が第1の構成例に係る分離装置170を備える場合、監視装置130は、第1の実施形態と同様の構成および監視処理を行う。すな

わち、監視装置 130 が図 3 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 8 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置 130 が図 9 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 10 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置 130 が図 11 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 12 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよい。

[0062] 《分離装置 170 の第 2 の構成例》

図 17 は、実施形態 1-2 に係る分離装置 170 の第 2 の構成例を示す図である。第 2 の構成例に係る分離装置 170 は、複数の分離部 217 と、光合分岐器 218 とを備える。

複数の分離部 217 の入力ポートは、それぞれ対応するユーザ装置に接続される。各分離部 217 は、入力された信号を、対応するユーザ装置の所望分離信号と残余分離信号とに波長分離する。所望分離信号は、分離部 217 の第一出力ポートから出力され、残余分離信号は、分離部 217 の第二出力ポートから出力される。各分離部 217 は、例えば、図 4 から図 7 に示す分離部 217 と同様の構成を有するものであってよい。各分離部 217 の第一出力ポートは、それぞれ光合分岐器 218 の入力ポートに接続される。各分離部 217 の第二出力ポートは、それぞれ監視装置に接続される。光合分岐器 218 の出力ポートは、経路の二次側に接続される。

[0063] なお、図 17 に示す例では、分離装置 170 が二次側に光合分岐器 218 を備えることで、監視システム 11 の 1 つの二次側の出力ポートから光を出力するが、これに限られない。例えば、他の実施形態においては、光合分岐器 218 に代えて合波部 216 を備え、各分離部 217 が所望波長成分に応じた合波部 216 の入力ポートに接続されるものであってもよい。また例えば、監視システム 11 が二次側に複数のポートを有する場合、分離装置 170 は合波部 216 を備えなくてもよい。

[0064] 第 2 の構成例に係る分離装置 170 の各第二出力ポートは、それぞれ対応するユーザ装置の余剰分離信号を出力する。そのため、監視システム 11 が

第2の構成例に係る分離装置170を備える場合、監視装置130の計測部は、各ユーザ装置の出力を制限することなくユーザ装置ごとの余剰分離信号を監視し、不適合光の有無を判定することができる。つまり、この場合、監視装置130は図3に示す構成のうち光合分岐器160および分離部217を備えなくてよい。

また、図2に示す監視システム11において、光合分岐器120がユーザ装置ごとに設けられる場合、図3に示す監視装置が光合分岐器160を備えず、監視装置130の複数の分離部217に対応するユーザ装置からの光が直接入力されるものであってもよい。すなわち、監視装置130の複数の分離部217が、分離装置170の複数の分離部217として機能するものであってもよい。

[0065] なお、実施形態1-2では、分離装置170が出力する残余波長の複数の光を多重せずに監視装置130に出力するが、他の実施形態においては、分離装置170の残余波長の光を合分波器や合分岐器で多重して監視装置130に出力してもよい。この場合、監視装置130は、実施形態1-1と同様の構成および監視処理を行ってもよい。すなわち、監視装置130が図3に示す構成を備える場合、監視装置130は図8に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置130が図9に示す構成を備える場合、監視装置130は図10に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置130が図11に示す構成を備える場合、監視装置130は図12に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよい。

[0066] 《第1の変形例》

図18は、実施形態1-2に係る監視システム11の第1の変形例を示す概略ブロック図である。第1の変形例に係る監視システム11によれば、分離装置170の入力ポートとユーザ装置との間に、それぞれ遮断部150が設けられる。なお、遮断部150は、図18に示すように分離装置170の近傍に配置されてもよいし、各ユーザ装置の近傍に配置されてもよい。

これにより、監視システム 11 は、ユーザ装置を選択して信号光の導通の可否を制御することができる。

[0067] 第 1 の変形例に係る監視装置 130 の制限部 137 は、ユーザ装置への制限指示に代えて遮断部 150 への遮断指示を出力し、ユーザ装置への制限解除指示に代えて遮断部 150 への開放指示を出力してもよい。これにより、監視装置 130 は実施形態 1-1 と同様に、経路の二次側に不必要な光が流れないように制御することができる。さらに、第 1 の変形例によれば、ユーザ装置が監視装置 130 の指示に従わずに光信号を出力する場合にも、確実に光信号を遮断させることができる。

また、実施形態 1-1 に係る第 3 の構成例のように、監視装置 130 がディザリング指示およびディザリング解除指示を出力する場合、監視装置 130 は遮断部 150 にディザリング指示およびディザリング解除指示を出力してもよい。すなわち、ディザリング指示を受け付けた遮断部 150 は、ユーザ装置から入力される光にディザリング成分による変調を重畳する。これにより、監視システム 11 は、ユーザ装置が監視装置 130 の指示に従わない場合にも、ユーザ装置から出力される光をディザリングさせることができる。

[0068] 《第 2 の変形例》

第 2 の変形例に係る監視システム 11 は、分離装置 170 の後段に遮断部 150 を備えてもよい。この場合、監視装置 130 は、例えば実施形態 1-1 と同様の監視処理を実行したうえで、ユーザ装置が制限指示に従わないために、残余分離信号の強度が無信号閾値を超えたままである場合に、分離装置 170 の後段の遮断部 150 に遮断指示を出力する。

[0069] 〈実施形態 1-3〉

図 19 は、実施形態 1-3 に係る監視システム 11 の構成を示す概略ブロック図である。実施形態 1-1 に係る監視システム 11 は、一次側の 1 つのポートから多重光が入力されるが、実施形態 1-2 に係る監視システム 11 は、一次側に複数のポートを備え、複数のユーザ装置それぞれから信号光が

入力される。図19に示すように、実施形態1-3に係る監視システム11は、多重に用いる光合分岐器120と監視装置130とを備える。図19に示す光合分岐器120は、ユーザ装置から信号光が入力される複数の入力ポートと、2つの出力ポートとを備える。

[0070] 実施形態1-3に係る監視装置130は、実施形態1-1と同様の構成を有するものであってよい。すなわち、監視装置130が図3に示す構成を備える場合、監視装置130は図8に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置130が図9に示す構成を備える場合、監視装置130は図10に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置130が図11に示す構成を備える場合、監視装置130は図12に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよい。

光合分岐器120が、監視装置130の分離部217に各ユーザ装置から分岐した光をそれぞれ出力し、図3の光合分岐器160としても機能する場合、監視装置130は図3に示す構成のうち光合分岐器160を光合分岐器120とは別途備えなくてよい。

[0071] 《第1の変形例》

図20は、実施形態1-3に係る監視システム11の第1の変形例を示す概略ブロック図である。第1の変形例に係る監視システム11によれば、光合分岐器120の入力ポートとユーザ装置との間に、それぞれ遮断部150が設けられる。なお、遮断部150は、図20に示すように分離装置170の近傍に配置されてもよいし、各ユーザ装置の近傍に配置されてもよい。これにより、監視システム11は、ユーザ装置を選択して信号光の導通の可否を制御することができる。

[0072] 第1の変形例に係る監視装置130の制限部137は、ユーザ装置への制限指示に代えて遮断部150への遮断指示を出力し、ユーザ装置への制限解除指示に代えて遮断部150への開放指示を出力してもよい。これにより、監視装置130は実施形態1-3と同様に、経路の二次側に不必要な光が流

れないように制御することができる。さらに、第1の変形例によれば、ユーザ装置が監視装置130の指示に従わずに光信号を出力する場合にも、確実に光信号を遮断させることができる。

また、実施形態1-1に係る第3の構成例のように、監視装置130がディザリング指示およびディザリング解除指示を出力する場合、監視装置130は遮断部150にディザリング指示およびディザリング解除指示を出力してもよい。すなわち、ディザリング指示を受け付けた遮断部150は、ユーザ装置から入力される光にディザリング成分による変調を重畳する。これにより、監視システム11は、ユーザ装置が監視装置130の指示に従わない場合にも、ユーザ装置から出力される光をディザリングさせることができる。

[0073] 《第2の変形例》

第2の変形例に係る監視システム11は、光合分岐器120の後段に遮断部150を備えてもよい。この場合、監視装置130は、例えば実施形態1-1と同様の監視処理を実行したうえで、ユーザ装置が制限指示に従わないために、残余分離信号の強度が無信号閾値を超えたままである場合に、分離装置170の後段の遮断部150に遮断指示を出力する。

[0074] 〈実施形態1-4〉

図21は、実施形態1-4に係る監視システム11の構成を示す概略ブロック図である。実施形態1-4に係る監視システム11は、2つの光合分岐器120と、複数の分離部217と、監視装置130とを備える。図21に示すように、光合分岐器120は、監視システム11の一次側の端と二次側の端とに設けられる。一次側に設けられた光合分岐器120は、1つの入力ポートと複数の出力ポートとを有する。一次側に設けられた光合分岐器120は、入力ポートに入力された光を分岐し、複数の出力ポートから出力する。二次側に設けられた光合分岐器120は、複数の入力ポートと1つの出力ポートとを有する。二次側に設けられた光合分岐器120は、複数の入力ポートに入力された光を合わせて、出力ポートから出力する。

[0075] 複数の分離部 217 は、それぞれユーザ装置に対応して設けられ、入力された光を各ユーザ装置の所望分離信号と残余分離信号とに分離して出力する。分離部 217 の入力ポートは、一次側の光合分岐器 120 の出力ポートに接続される。分離部 217 の第一出力ポートは、二次側の光合分岐器 120 の入力ポートに接続される。分離部 217 の第二出力ポートは、監視装置 130 に接続される。

[0076] 実施形態 1-4 に係る監視装置 130 は、実施形態 1-1 と同様の構成を有するものであってよい。すなわち、監視装置 130 が図 3 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 8 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置 130 が図 9 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 10 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置 130 が図 11 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 12 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよい。

#なお、図 21 の分離部の数は、ある分離部の所望分離信号に他の分離部の残余分離信号を多重して発生するコヒーレントクロストークが無視できる程度であることが望ましい。偏波多重やコヒーレント長以上ずらして多重することでコヒーレントクロストークを軽減してもよい。

[0077] 〈実施形態 2-1〉

上述の実施形態 1-1 から実施形態 1-4 に係る監視システム 11 は、経路に接続された複数のユーザ装置のうち、不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出する。これに対し、実施形態 2-1 に係る監視システム 11 は、経路に接続された複数のユーザ装置のうち、不適合な強度の光を出力するユーザ装置を検出する。実施形態 2-1 に係る監視システム 11 は、図 2 に示すように光合分岐器 120 と監視装置 130 とを備える。

[0078] (監視装置 130 の第 1 の構成例)

図 22 は、実施形態 2-1 に係る監視装置 130 の第 1 の構成例を示す図である。

実施形態 2-1 に係る監視装置 130 は、計測部 132 と、制御部 50 とを備える。制御部 50 は、取得部 133、記憶部 134、範囲決定部 135、判定部 136、および制限部 137 として機能する。

[0079] 計測部 132 は、光合分岐器 120 から出力される多重光の強度を計測する。例えば、計測部 132 は、PD (photodiode) や APD (avalanche photodiode) などの光電変換素子と、電圧を計測する回路の組み合わせなどによって実現されてよい。

取得部 133 は、管理装置から、ユーザ装置に設定された光信号の波長と強度を示す設定データを取得する。

記憶部 134 は、取得部 133 が取得した設定データと、範囲決定部 135 が決定した多重光の強度の許容最大値とを記憶する。

[0080] 範囲決定部 135 は、記憶部 134 に記録された設定データに基づいて、多重光の強度の許容最大値を決定する。許容最大値は、例えば自装置が監視する経路に接続されるユーザ装置それぞれに設定された光の強度の和に、予め定められたマージン率を乗算することで算出される。

設定データ等によってユーザ装置それぞれに設定される強度が、例えば、ネットワーク機器の破損を防止するための光の強度の最大値を示し、ユーザ装置に当該設定値より小さい強度の光の送信が求められる場合、ネットワーク機器の安全を考慮してマージン率は 1 未満の値 (例えば 0.8) であってよい。またユーザ装置それぞれに設定される強度がネットワーク機器の安全を考慮して十分小さい強度に設定され、ユーザ装置から送信される光の強度に多少の逸脱が許容される場合、マージン率は 1 以上の値 (例えば 1.1) であってよい。

このとき、ユーザ装置から計測部 132 までの間における損失が既知である場合、判定部 136 は当該損失を減算して許容最大値を算出してもよい。許容最大値は、多重光の強度の許容範囲の上限値といえる。なお、他の実施形態において、光信号の強度が予め設定されており既知である場合には、記憶部 134 に予め定められた許容最大値が記憶されていてもよい。

受光された光の強度が許容最大値を超える場合、受光された多重光に不適合光が含まれている可能性がある。

[0081] 判定部 136 は、計測部 132 で計測された多重光の強度が、記憶部 134 が記憶する許容最大値を超えるか否かを判定する。制限部 137 は、ユーザ装置に信号光の出力に係る指示を出力する。具体的には、制限部 137 は、ユーザ装置に信号光の出力を制限させる場合に、ユーザ装置に制限指示を出力する。出力の制限は、例えば出力の停止や出力強度の低下である。ユーザ装置に信号光の出力制限を解除させる場合に、ユーザ装置に制限解除指示を出力する。制限解除は、例えば、出力の開始や再開や出力強度の上昇である。他方、制限部 137 の指示は、所定のキャリアを使った通信で伝送されてもよいし、主信号に AMCC (Auxiliary Management and Control Channel) などの周波数分割多重や時分割多重等で多重することで伝送されてもよいし、特定の通信ルートを経由して伝送されてもよい。また、制限部 137 は PG または PG の上位装置に出力制限に係る通知を発生し、通知を受けた PG または上位装置がユーザ装置に指示を出力してもよい。

[0082] 図 23 は、実施形態 2-1 に係る第 1 の構成例の監視装置 130 による監視処理を示すフローチャートである。

所定の契機によって、監視装置 130 の取得部 133 は、管理装置から設定データを受信し、記憶部 134 に記録する。また、範囲決定部 135 は、記憶部 134 に記録された設定データに基づいて、当該監視装置 130 が監視する経路に接続されるユーザ装置に設定された光信号の強度の和から許容最大値を決定し、記憶部 134 に記録する。以降、管理装置は設定データが変更されるたびに監視装置 130 に設定データを送信する。管理装置が送信する設定データは、少なくとも監視装置 130 の実施する監視に係る部分が含まれていればよい。また、設定される強度が既知である場合や変更がない場合、管理装置は設定データを送信しなくてもよい。

なお、所定の契機としては、管理装置の起動、監視装置 130 の追加、監視装置 130 の起動、ユーザ装置の接続、追加、削除、設定変更、ユーザ装

置からの要求、管理装置からの設定等が挙げられる。

[0083] 実施形態 2-1 に係る監視装置 130 は図 23 に示す監視処理を繰り返し実行する。

計測部 132 は、光合分岐器 120 から入力される多重光の強度を計測する（ステップ S1）。

なお、ユーザ装置のうち光信号の出力を停止しているものがある場合には、光信号を出力しているユーザ装置に設定された光信号の強度に基づいて許容最大値を決定する。判定部 136 は、ステップ S1 で計測された多重光の強度が、記憶部 134 が記憶する許容最大値を超えるか否かを判定する（ステップ S2）。

[0084] 多重光の強度が許容最大値を超えない場合（ステップ S2：NO）、監視装置 130 は、多重光に強度が予め定められた基準を満たさない不適合光が含まれないと判定し、光信号の制限を行わず、ステップ S1 に処理を戻す。

他方、多重光の強度が許容最大値を超える場合（ステップ S2：YES）、制限部 137 は、当該監視装置 130 が監視する経路に接続されるすべてのユーザ装置（光合分岐器 120 に P 個のユーザ装置が接続されている場合は、P 個のユーザ装置）に信号光の制限指示を送信する（ステップ S3）。なお、P 個のユーザ装置のうち、停止しているものには指示を送信しなくてよい。

[0085] 次に、監視装置 130 は、複数のユーザ装置について、以下のステップ S5 からステップ S9 の手順で出力異常の検査を行う。「出力異常」とは、不適合な強度の光の出力に係る異常をいう。まず制限部 137 は、接続されたユーザ装置のうち 1 または複数の被疑装置を選択し（ステップ S4）、当該被疑装置に信号光の制限解除指示を送信する（ステップ S5）。

[0086] 範囲決定部 135 は、記憶部 134 に記録された設定データに基づいて、ステップ S5 で信号光の出力が再開されたユーザ装置に設定された信号光の強度の和から一時許容最大値を決定する（ステップ S6）。ここで決定される一時許容最大値は、不適合光を出力するユーザ装置を探索するために用い

られる一時的な閾値であり、ステップS 3で参照した記憶部1 3 4が記憶する許容最大値とは通常異なる。計測部1 3 2は、光合分岐器1 2 0から入力される光信号の強度を計測する（ステップS 7）。

このとき受光される信号光は、信号光の出力を再開した1または複数の被疑装置から出力される光信号、または被疑が解消したユーザ装置から出力される光信号と1または複数の被疑装置から出力される光信号が多重されたものである。

[0087] 判定部1 3 6は、ステップS 7で計測された光信号の強度が、ステップS 6で決定された一時許容最大値を超えるか否かを判定する（ステップS 8）。光信号の強度が一時許容最大値を超えない場合（ステップS 8：NO）、判定部1 3 6は、ステップS 4で選択された被疑装置が正常であるとみなし、当該被疑装置からの信号光の制限を行わない。つまり、ステップS 4で選択されたユーザ装置について出力異常の被疑が解消される。他方、光信号の強度が一時許容最大値を超える場合（ステップS 8：YES）、判定部1 3 6は、ステップS 5で選択されたユーザ装置が出力異常であるとみなす。ステップS 4で複数の（A個の）ユーザ装置が選択された場合、判定部1 3 6は、そのうちのどれが出力異常であるかを判定するために、1のユーザ装置又はA未満のユーザ装置を選択し、ステップS 5からの処理を行ってもよい。

制限部1 3 7は、出力異常が判明したユーザ装置に、再度信号光の制限指示を送信する（ステップS 9）。

[0088] 監視装置1 3 0は、被疑装置がなくなったか否かを判定する（ステップS 10）。被疑装置が残っている場合（ステップS 10：NO）、監視装置1 3 0はステップS 4に処理を戻し、残りの被疑装置の検査を行う。他方、被疑装置がなくなった場合（ステップS 10：YES）、ステップS 1に処理を戻す。

[0089] なお、図2 3に示すフローでは、ステップS 8で被疑でなくなったユーザ装置は、光信号を出力したままとしているため、ステップS 7の一時許容最

大値はステップS 4 からステップS 10 までのループを繰り返すたびに一時許容最大値が変わり得る。他方、他の実施形態においてはこれに限られない。

[0090] 例えば、全てのユーザ装置に割り当てられた強度が同一であり、ユーザ装置を1つずつ被疑装置とし、ステップS 8 の判定に基づいて当該被疑装置が不適合か否かを記録し、被疑が解消したか否かによらずS 9 の制限指示を送信しステップS 10 で被疑装置がなくなったと判定された後に、不適合でないと記録された装置に制限解除指示を送信して終了としてもよい。この場合、ステップS 4 からステップS 10 までのループにおいて一時許容最大値が変化しない。また、他の実施形態においては、ステップS 4 で制限指示を行わず、ステップS 5 で制限解除指示の代わりに制限指示を送信し、ステップS 9 で制限指示の代わりに制限解除指示を送信してもよい。また、他の実施形態においては、ステップS 4 の制限指示を行わず、ステップS 5 で出力指示の代わりに制限指示を送信し、ステップS 8 の判定に基づいて被疑装置が不適合か否かを記録し、被疑が解消したか否かによらずステップS 9 の制限指示に代えて制限解除指示を送信し、ステップS 10 で被疑装置がなくなったと判定された場合にステップS 8 で不適合であると記録された装置に制限指示を出力して終了としてもよい。

[0091] なお、第1の構成例に係る監視装置130の計測部132は、光合分岐器120から分岐された光の強度を計測するが、これに限られない。例えば、計測部132は所望分離信号または残余分離信号の強度を計測してもよい。この場合、監視装置130は、図3に示すように計測部132の前段に光合分岐器120と複数の分離部217とを備えてもよい。この場合、計測部132は、複数の分離部217から出力される光のうち計測対象とするものを時分割で切り替えてよい。

[0092] (監視装置130の第2の構成例)

図24は、実施形態2-1に係る監視装置130の第2の構成例を示す図である。第2の構成例に係る監視装置130は、第1の構成例の計測部13

2に代えてスペクトルアナライザ138を備える。第2の構成例に係る監視装置130の他の構成については、第1の構成例と同様である。スペクトルアナライザ138は、受信信号に含まれる波長成分の分布、すなわち波長と強度との関係を計測する。

第2の構成例に係る監視装置130は、図23に示すステップS1およびステップS2、ならびにステップS7およびステップS8が第1の構成例と異なる。具体的には、以下の通りである。

[0093] ステップS1において、スペクトルアナライザ138は、光合分岐器120から分岐された信号の波長成分の分布を計測する。ステップS2において、判定部136は、光合分岐器120から分岐された信号の波長成分の分布に基づいて、強度が無信号閾値を超える波長が1以上存在するか否かを判定する。

[0094] ステップS7において、スペクトルアナライザ138は、光合分岐器120から分岐された信号の波長成分の分布を計測する。ステップS8において、判定部136は、光合分岐器120から分岐された信号の波長成分の分布に基づいて、強度が無信号閾値を超える波長が1以上存在するか否かを判定する。

[0095] なお、他の実施形態に係る監視装置130は、第1の構成例と同様に、被疑装置がなくなったと判定された後に、不適合でないと記録された装置に制限解除指示を送信して終了としてもよい。また、他の実施形態に係る監視装置は、ステップS4で制限指示を行わず、ステップS5で制限解除指示の代わりに制限指示を送信し、ステップS9で制限指示の代わりに制限解除指示を送信してもよい。また、他の実施形態に係る監視装置130は、ステップS4の制限指示を行わず、ステップS5で出力指示の代わりに制限指示を送信し、ステップS8の判定に基づいて被疑装置が不適合か否かを記録し、被疑が解消したか否かによらずステップS9の制限指示に代えて制限解除指示を送信し、ステップS10で被疑装置がなくなったと判定された場合にステップS8で不適合であると記録された装置に制限指示を出力して終了として

もよい。

[0096] (監視装置 130 の第 3 の構成例)

図 25 は、実施形態 2-1 に係る監視装置 130 の第 3 の構成例を示す図である。第 3 の構成例に係る監視装置 130 は、第 1 の構成例の構成に加え、さらにディザリング指示部 139 を備える。第 3 の構成例に係る監視装置 130 の他の構成については、第 1 の構成例と同様である。ディザリング指示部 139 は、ユーザ装置にディザリング指示およびディザリング解除指示を出力する。ディザリング指示は、ユーザ装置ごとに異なる周波数や時系列パターンで変調させる指示である。以下、ディザリング指示によって光信号を変調する周波数や時系列パターンを、ディザリング成分という。

ディザリング成分によって、当該ディザリング成分で変調された光信号の送信元のユーザ装置を一意に識別することができる。他方、ディザリング解除指示は、ユーザ装置に対して光信号へのディザリング成分での変調を停止させる指示である。

[0097] また、第 3 の構成例に係る計測部 132 は、光信号の受信強度から各ユーザ装置のディザリング成分の強度を抽出する機能を有する。ディザリング成分が周波数である場合、計測部 132 は当該周波数成分の強度を抽出し、ディザリング成分がパターンである場合、計測部 132 は、当該パターンに応じた成分の強度を抽出する。第 3 の構成例に係る計測部 132 は、例えばロックインアンプを備える。

[0098] 図 26 は、実施形態 2-1 に係る第 3 の構成例の監視装置 130 による監視処理を示すフローチャートである。

所定の契機によって、監視装置 130 の取得部 133 は、管理装置から設定データを受信し、記憶部 134 に記録する。以降、管理装置は設定データが変更されるたびに監視装置 130 に設定データを送信する。

[0099] 第 3 の構成例に係る監視装置 130 は図 26 に示す監視処理を繰り返し実行する。計測部 132 は、光合分岐器 120 から入力される多重光の強度を計測する (ステップ S321)。判定部 136 は、ステップ S321 で計測

された多重光の強度が、記憶部134に記録された許容最大値を超えるか否かを判定する（ステップS322）。

[0100] 多重光の強度が許容最大値を超えない場合（ステップS322：NO）、監視装置130は、多重光に不適合光が含まれていないと判定し、光信号の制限を行わず、ステップS321に処理を戻す。

他方、多重光の強度が許容最大値を超える場合（ステップS322：YES）、ディザリング指示部139は、当該監視装置130が監視する経路に接続されるすべてのユーザ装置について、それぞれ異なるパターンを決定し、各ユーザ装置に決定したパターンでのディザリング指示を送信する（ステップS323）。変調のパターンの例としては、ユーザ装置ごとに異なる周波数で光信号の強度を変化させるものが挙げられる。このとき、ディザリング指示部139は、各ユーザ装置の周波数を、互いに倍数または約数とならない周波数に決定する。変調のパターンの他の例としては、ユーザ装置ごとに異なるタイミングで光信号の強度または波長を変化させるものが挙げられる。このとき、ディザリング指示部139は、各ユーザ装置において強度を変化させるタイミングを、互いに重複しないタイミングに決定する。

判定部136は、ディザリングに係る振幅の大きさに基づいてユーザ装置ごとのディザリング成分の許容最大振幅を決定する（ステップS324）。

次に、計測部132は、光合分岐器120から入力される多重光の強度を一定期間計測する（ステップS325）。計測部132は、一定期間における多重光の強度の時系列から、各ユーザ装置に設定した周波数のディザリング成分ごとの振幅を計測する（ステップS326）。なお、計測部132は、ユーザ装置ごとのディザリング成分の振幅を同時に計測してもよいし、それぞれの周波数または時系列パターンを個別に選択して計測してもよい。

[0101] 次に、判定部136は、複数のユーザ装置のうち、ステップS326で計測された各ディザリング成分の振幅に基づいて、振幅がステップS324で決定された許容最大振幅を超えるディザリング成分を特定する。

制限部137は、特定したユーザ装置に、信号光の制限指示を送信する（

ステップS327)。これにより、不適合光を出力するユーザ装置による光信号の出力を停止させることができる。そして、ディザリング指示部139は、他のユーザ装置に対して、ディザリング解除信号を送信する（ステップS328）。

[0102] このように、第3の構成例に係る監視装置130は、ユーザ装置に対する光信号の出力を維持したまま、ディザリング成分を観察することで、不適合光を出力するユーザ装置を特定することができる。

[0103] 《作用・効果》

このように、実施形態2-1に係る監視装置130は、受光された多重光の強度が予めユーザ装置に設定された信号強度に応じた許容範囲を超える場合に、ユーザ装置に停止信号を送信することで、光信号が流れないように制御する。これにより、監視装置130は、不適合光が導通しないように制御することができる。

[0104] なお、実施形態2-1によれば、各ユーザ装置が監視装置130からの制限指示および制限解除指示に従って動作することで、不適合光が導通しないように制御することができる。他方、監視装置130は、一部のユーザ装置が制限指示および制限解除指示に従わない場合も、他のユーザ装置からの不適合光が導通しないように制御することができる。例えば、異常出力のユーザ装置が一つのみでその異常出力のユーザ装置のみが従わない場合、ステップS4で制限信号を各ユーザ装置に送信した場合、異常出力のユーザ装置以外のユーザ装置は、制限信号に従って出力を停止し、異常出力のユーザ装置のみが出力を停止しない。そのため、監視装置130は、ステップS4で制限指示を送信した後の光の強度を計測し、当該強度からの差分に基づいて一時許容最大値を決定することで、正常出力のユーザ装置の出力を判定することができる。なお、正常出力のユーザ装置が指示に従わない場合、指示に従わないユーザ装置が複数存在しても同定することができる。この場合、監視装置130は、ユーザ装置に対する確認応答等によって、当該ユーザ装置が指示に従うか否かを認識しておく必要がある。

## [0105] 《第1の変形例》

実施形態2-1の第1の変形例に係る監視システム11は、経路に接続された複数のユーザ装置のうち、不適合な強度の光を出力するユーザ装置を検出する。さらに、第1の変形例に係る監視システム11は、経路を通る光信号に、不適合な強度の光が含まれる場合に、経路の二次側に光信号が導通しないよう制御する。

[0106] 実施形態2-1の第1の変形例に係る監視システム11は、図13に示すように光合分岐器120の二次側のポートの後段に遮断部150を備える。遮断部150は、監視装置130からの指示に従って、入力された光信号の通過と遮断とを切り替える。

[0107] 実施形態2-1の第1の変形例に係る監視装置130は、実施形態2-1の監視処理に加え、以下の処理を行う。監視装置130の制限部137は、光合分岐器120から分岐された信号の強度が許容最大値を超える場合に、遮断部150に遮断指示を出力する。これにより、遮断部150は、光合分岐器120が出力する光信号を遮断する。

また監視装置130の制限部137は、光合分岐器120から分岐された信号の強度が許容最大値を超えなくなった後に、遮断部150に開放指示を出力する。これにより、遮断部150は、光合分岐器120が出力する光信号を経路の二次側に導通させる。

[0108] このように、第1の変形例に係る監視装置130は、遮断部150を備えることで、ユーザ装置が監視装置130の指示に従わずに光信号を出力する場合にも、確実に光信号が導通することを防ぐことができる。なお、強度が不適合な光を出力するユーザ装置20が制限指示に従わない場合、当該ユーザ装置20のみならず他のユーザ装置20の信号光も遮断されたままとする。

## [0109] 《第2の変形例》

第2の変形例によれば、監視システム11の遮断部150は、図14に示すように分離部217の前段に設けられてよい。この場合、遮断部150が

信号光を遮断すると、監視装置 130 に信号光が入力されなくなる。そのため、監視装置 130 は、例えば実施形態 2-1 と同様の監視処理を実行したうえで、ユーザ装置が制限指示に従わないために、信号光の強度が許容最大値を超えたままである場合に、遮断部 150 に遮断指示を出力する。

[0110] 〈実施形態 2-2〉

実施形態 2-1 に係る監視システム 11 は、一次側の 1 つのポートから多重光が入力されるが、実施形態 2-2 に係る監視システム 11 は、一次側に複数のポートを備え、複数のユーザ装置それぞれから信号光が入力される。実施形態 2-2 に係る監視システム 11 は、図 19 に示すように、多重に用いる光合分岐器 120 と監視装置 130 とを備える。図 19 に示す光合分岐器 120 は、ユーザ装置から信号光が入力される複数の入力ポートと、2 つの出力ポートとを備える。

[0111] 実施形態 2-2 に係る監視装置 130 は、実施形態 2-1 と同様の構成を有するものであってよい。すなわち、監視装置 130 が図 22 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 23 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置 130 が図 24 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 23 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよいし、監視装置 130 が図 25 に示す構成を備える場合、監視装置 130 は図 26 に示す監視処理またはその変形例に係る監視処理を実行してよい。

[0112] 《第 1 の変形例》

実施形態 2-2 の第 1 の変形例に係る監視システム 11 によれば、図 20 に示すように、光合分岐器 120 の入力ポートとユーザ装置との間に、それぞれ遮断部 150 が設けられる。なお、遮断部 150 は、図 20 に示すように分離装置 170 の近傍に配置されてもよいし、各ユーザ装置の近傍に配置されてもよい。これにより、監視システム 11 は、ユーザ装置を選択して信号光の導通の可否を制御することができる。

[0113] 第 1 の変形例に係る監視装置 130 の制限部 137 は、ユーザ装置への制

限指示に代えて遮断部 150 への遮断指示を出力し、ユーザ装置への制限解除指示に代えて遮断部 150 への開放指示を出力してもよい。これにより、監視装置 130 は実施形態 1-3 と同様に、経路の二次側に不必要な光が流れないように制御することができる。さらに、第 1 の変形例によれば、ユーザ装置が監視装置 130 の指示に従わずに光信号を出力する場合にも、確実に光信号を遮断させることができる。

また、実施形態 2-1 に係る第 3 の構成例のように、監視装置 130 がディザリング指示およびディザリング解除指示を出力する場合、監視装置 130 は遮断部 150 にディザリング指示およびディザリング解除指示を出力してもよい。

[0114] 《第 2 の変形例》

第 2 の変形例に係る監視システム 11 は、光合分岐器 120 の後段に遮断部 150 を備えてもよい。この場合、監視装置 130 は、例えば実施形態 2-1 と同様の監視処理を実行したうえで、ユーザ装置が制限指示に従わないために、残余分離信号の強度が無信号閾値を超えたままである場合に、分離装置 170 の後段の遮断部 150 に遮断指示を出力する。

[0115] 〈実施形態 3〉

実施形態 1-1 から実施形態 1-4 に係る監視システム 11 は、不適合な波長の光を出力するユーザ装置を検出する。また実施形態 2-1 および実施形態 2-2 に係る監視システム 11 は、不適合な強度の光を出力するユーザ装置を検出する。これに対し、実施形態 3 に係る監視システム 11 は、不適合な波長の光を出力するユーザ装置および不適合な強度の光を出力するユーザ装置の両方を検出することができる。

[0116] 図 27 は、実施形態 3 の第 1 の構成例に係る監視システム 11 の構成を示す図である。実施形態 3 の第 1 の構成例に係る監視システム 11 は、図 27 に示す構成を備える。つまり、実施形態 3 の第 1 の構成例に係る監視装置 130 は、光合分岐器 120 と 2 つの監視装置 130 A および 130 B を備える。監視装置 130 A は、実施形態 1-1 に係る監視装置 130 と同様の構

成を有する。つまり監視装置130Aは、図3、図9、または図11に示す構成を有するものであってよい。監視装置130Bは、実施形態2-1に係る監視装置130と同様の構成を有する。つまり監視装置130Bは、図22、図24、または図25に示す構成を有するものであってよい。なお、監視装置130Aおよび監視装置130Bは、制御部50を共有してもよい。

例えば、監視装置130は、図3の構成を備え、制御部50は、図3に示す計測部132が所望分離波長と残余分離波長の両方を計測した値を、図22の計測部132が計測した値と見做す。このような構成は、例えば、3dB帯域が隣接波長との中間の波長まで伸びているAWG等を用いる場合に好適である。

また監視装置130Aおよび監視装置130Bがスペクトルアナライザ138を備える場合、監視システム11は図2に示すように監視装置130を1つだけ備えるものであってよい。

#### [0117] 《監視装置130の第1の動作例》

実施形態3に係る監視システム11は、所定の監視周期において、監視装置130Aが不適合な波長の光の有無を検出し、監視装置130Bが不適合な強度の光を検出する。例えば、まず監視装置130Aが、実施形態1-1に示す監視処理を実行し、監視装置130Aの監視処理の後に監視装置130Bが、実施形態2-1に示す監視処理を実行する。また例えば、まず監視装置130Bが、実施形態2-1に示す監視処理を実行し、監視装置130Bの監視処理の後に監視装置130Aが、実施形態1-1に示す監視処理を実行してもよい。

#### 《監視装置130の第2の動作例》

実施形態3に係る監視システム11は、不適合な波長の光の検出と不適合な強度の光の検出とを並行して行ってもよい。

図28は、実施形態3に係る監視システム11による監視処理を示すフローチャートである。この例では、監視装置130Aが図3に示す構成を備え、監視装置130Bが図22に示す構成を備えるものとして説明する。

所定の契機によって、監視装置 130B の取得部 133 は、管理装置から設定データを受信し、記憶部 134 に記録する。また、範囲決定部 135 は、記憶部 134 に記録された設定データに基づいて、当該監視装置 130 が監視する経路に接続されるユーザ装置に設定された光信号の波長と強度とから、波長ごとの許容最大値を決定し、記憶部 134 に記録する。例えば、範囲決定部 135 は、波長ごとに、設定データにおいて当該波長に割り当てられた光信号の強度の和を算出することで、波長ごとの許容最大値を決定することができる。以降、管理装置は設定データが変更されるたびに監視装置 130 に設定データを送信する。

[0118] 実施形態 3 に係る監視システム 11 は図 28 に示す監視処理を所定の監視周期ごとに実行する。監視装置 130A の制限部 137 は、当該監視装置 130 が監視する経路に接続されるすべてのユーザ装置に信号光の制限指示を送信する（ステップ S211）。

[0119] 次に、監視装置 130A の制限部 137 は、被疑装置の 1 つを選択し（ステップ S212）、当該被疑装置に信号光の制限解除指示を送信する（ステップ S213）。このとき、監視装置 130A は、監視装置 130B に選択された被疑装置の識別情報を通知する。これにより、監視装置 130A と監視装置 130B とは選択された被疑装置の情報を共有することができる。以降、監視装置 130A と監視装置 130B とはそれぞれ並行して不適合光の検出処理を行う。つまり、以下のステップ S214 からステップ S216 の処理と、ステップ S217 からステップ S219 の処理は並行して実行される。

[0120] 監視装置 130A の計測部 132 は、選択したユーザ装置に対応する分離部 217 から入力される残余分離信号の強度を計測する（ステップ S214）。監視装置 130A の判定部 136 は、ステップ S214 で計測された残余分離信号の強度が、無信号閾値を超えるか否かを判定する（ステップ S215）。残余分離信号の強度が無信号閾値を超えない場合（ステップ S215：NO）、監視装置 130A の判定部 136 は、ステップ S212 で選択

されたユーザ装置が正常であるとみなす。他方、残余分離信号の強度が無信号閾値を超える場合（ステップS 2 1 5 : Y E S）、監視装置1 3 0 Aの判定部1 3 6は、ステップS 2 1 2で選択されたユーザ装置が波長異常であるとみなす。監視装置1 3 0 Aの制限部1 3 7は、ステップS 2 1 2で選択されたユーザ装置のIDを、内部メモリに記憶させる（ステップS 2 1 6）。

[0121] 監視装置1 3 0 Bの計測部1 3 2は、光合分岐器1 2 0から入力される光信号の強度を計測する（ステップS 2 1 7）。監視装置1 3 0 Bの判定部1 3 6は、ステップS 2 1 7で計測された光信号の強度が許容最大値を超えるか否かを判定する（ステップS 2 1 8）。光信号の強度が許容最大値を超えない場合（ステップS 2 1 8 : N O）、監視装置1 3 0 Bの判定部1 3 6は、ステップS 2 1 2で選択された被疑装置が正常であるとみなす。他方、光信号の強度が許容最大値を超える場合（ステップS 2 1 8 : Y E S）、監視装置1 3 0 Bの判定部1 3 6は、ステップS 2 1 2で選択されたユーザ装置が出力異常であるとみなす。監視装置1 3 0 Bの制限部1 3 7は、ステップS 2 1 2で選択されたユーザ装置が出力異常であることを、監視装置1 3 0 Aに通知する。監視装置1 3 0 Aの制限部1 3 7は、通知されたユーザ装置のIDを、内部メモリに記憶させる（ステップS 2 1 9）。

[0122] 監視装置1 3 0 Aと監視装置1 3 0 Bとは、互いに通信し、ステップS 2 1 2で選択された被疑装置についての不適合の検出処理が終了したことを通知する。監視装置1 3 0 Aと監視装置1 3 0 Bのそれぞれにおいて、ステップS 1 5 2で選択されたユーザ装置について正常か否かの判定がなされると、監視装置1 3 0 Aの制限部1 3 7は、当該ユーザ装置に制限指示を送信する（ステップS 2 2 0）。

[0123] 監視装置1 3 0 Aは、被疑装置がなくなったか否かを判定する（ステップS 2 2 1）。被疑装置が残っている場合（ステップS 2 2 1 : N O）、監視装置1 3 0 AはステップS 2 1 2に処理を戻し、残りの被疑装置の検査を行う。他方、被疑装置がなくなった場合、監視装置1 3 0 Aは、ステップS 2 1 6およびステップS 2 1 9で記憶したユーザ装置以外のユーザ装置に、制

限解除指示を送信し（ステップS 2 2 2）、処理を終了する。

[0124] なお、監視システム 1 1 の処理は図 2 8 に示す監視処理に限られない。例えば、監視装置 1 3 0 A および監視装置 1 3 0 B の構成が異なる場合、例えば監視装置 1 3 0 がスペクトルアナライザを備える場合は、図 1 0 に示すように波長成分の分布に基づく処理を行い、ディザリング指示部 1 3 9 を備える場合、図 1 2 に示すようにディザリング成分に基づいて不適合光の検出を行う。また、上述した監視処理では、監視装置 1 3 0 A がユーザ装置に指示を送信するが、これに限られず監視装置 1 3 0 B が指示を送信してもよい。

[0125] また、他の実施形態においては、ステップ S 2 1 1 で制限指示を行わず、ステップ S 2 1 3 で制限解除指示の代わりに選択した被疑装置のみに制限指示を送信し、ステップ S 2 1 5 で制限指示の送信前後の強度の計測値の変化が無信号閾値を超える場合に不適合光であると判定し、ステップ S 2 1 8 で制限指示の送信前後の強度の計測値の変化が許容最大値を超える場合に不適合光であると判定してもよい。

[0126] 《第 1 の変形例》

実施形態 3 の第 1 の変形例に係る監視システム 1 1 は、経路に接続された複数のユーザ装置のうち、不適合光を出力するユーザ装置を検出する。さらに、第 1 の変形例に係る監視システム 1 1 は、経路を通る光信号に、不適合光が含まれる場合に、経路の二次側に光信号が導通しないよう制御する。

[0127] 実施形態 3 の第 1 の変形例に係る監視システム 1 1 は、図 1 3 に示すように光合分岐器 1 2 0 の二次側のポートの後段に遮断部 1 5 0 を備える。遮断部 1 5 0 は、監視装置 1 3 0 からの指示に従って、入力された光信号の通過と遮断とを切り替える。

[0128] 実施形態 3 の第 1 の変形例に係る監視装置 1 3 0 は、実施形態 3 の監視処理に加え、以下の処理を行う。監視装置 1 3 0 A の制限部 1 3 7 は、分離部 2 1 7 から分離された残余分離信号の強度が無信号閾値を超える場合に、遮断部 1 5 0 に遮断指示を出力する。また監視装置 1 3 0 B の制限部 1 3 7 は、光合分岐器 1 2 0 から分岐された信号の強度が許容最大値を超える場合に

、遮断部 150 に遮断指示を出力する。これにより、遮断部 150 は、光合分岐器 120 が出力する光信号を遮断する。

また監視装置 130 の制限部 137 は、残余分離信号の強度が無信号閾値を超えなくなり、かつ信号の強度が許容最大値を超えなくなった後に、遮断部 150 に開放指示を出力する。これにより、遮断部 150 は、光合分岐器 120 が出力する光信号を経路の二次側に導通させる。

[0129] このように、第 1 の変形例に係る監視装置 130 は、遮断部 150 を備えることで、ユーザ装置が監視装置 130 の指示に従わずに光信号を出力する場合にも、確実に光信号が導通することを防ぐことができる。なお、強度が不適合な光を出力するユーザ装置 20 が制限指示に従わない場合、当該ユーザ装置 20 のみならず他のユーザ装置 20 の信号光も遮断されたままとする。

[0130] 《第 2 の変形例》

第 2 の変形例によれば、監視システム 11 の遮断部 150 は、図 14 に示すように分離部 217 の前段に設けられてよい。この場合、遮断部 150 が信号光を遮断すると、監視装置 130 に信号光が入力されなくなる。そのため、監視装置 130 は、例えば実施形態 3 と同様の監視処理を実行したうえで、ユーザ装置が制限指示に従わないために、残余分離信号の強度が無信号閾値を超え、または信号光の強度が許容最大値を超えたままである場合に、遮断部 150 に遮断指示を出力する。

[0131] 〈実施形態 4〉

実施形態 4 では、監視システム 11 を備える光振分システム 10 について説明する。

光振分システム 10 は、入力された光信号の中から所望の信号を出力して宛先へ振り分けるシステムである。光振分システム 10 は、例えば P G (Photonic Gateway) の構成要素として用いられる。以下、P G に用いる光振分システム 10 について説明する。

[0132] P G には、単数又は複数のユーザ装置 20 又は伝送路又は他のネットワー

クが接続される。第7の実施形態に係るPGまたはPGの上位装置は、各ユーザ装置に通信に用いる波長および強度を設定する。PGの上位装置とは、PGを構成要素として備えるネットワークを制御する装置である。つまり、PGまたはPGの上位装置は、管理装置の一例である。なお、他の実施形態に係るPGまたは上位装置は、ユーザ装置20に波長のみを設定し、強度を設定しないものであってよい。強度を設定しない場合、ユーザ装置20は、予め定められた強度の範囲で光信号を出力する。PGの制御下にある各ユーザ装置20は、設定された波長および強度に従った光信号を送信する。各ユーザ装置20又は伝送路又は他のネットワークから入力された光信号は、PGによって適切な宛先の各ユーザ装置20又は伝送路又は他のネットワークに伝送される。

[0133] 《光振分システムの構成》

図29は、実施形態4に係る光振分システムの構成を示す概略図である。

光振分システム10は、光合分岐器110と、監視システム11と、光振分装置140とを備える。光振分装置140は、一次側にN個のポートを有し、二次側にM個のポートを有する。光合分岐器110、および監視システム11は、光振分装置140の一次側のポートそれぞれに1つずつ設けられる。図29に示す監視システム11は、上述の何れの実施形態の構成を有するものであってよい。ただし、監視システムが図15や図19に示すようにユーザ装置に対応する複数の入力ポートを有する場合、光合分岐器110を備えなくてよい。なお、図29に示す光振分システムは、トランスペアレントネットワークの一例である。実施形態4では、監視システム11を光振分システムに適用する場合について説明するが、他の実施形態においては、監視システム11が他のトランスペアレントネットワークを監視するものであってよい。

[0134] 光合分岐器110は、一次側にP個のポートを有し、二次側に少なくとも1個のポートを有する。

光合分岐器110の一次側のポートそれぞれにはユーザ装置20が接続さ

れる。なお、伝送路又は他のネットワークがつながる場合は、当該ポートに送信する装置がユーザ装置に対応する。

つまり、光振分システム10は、 $P \times N$ 個のユーザ装置20が接続可能に構成される。なお、光合分岐器110の一次側のポートの数 $P$ は、 $N$ 個の光合分岐器110ごとに異なってもよい。光合分岐器110の二次側のポートには、監視システム11の一次側のポートが直接または伝送路を介して接続される。監視システム11の二次側のポートには光振分装置140の一次側のポートが接続される。

つまり、実施形態4では、光合分岐器110と光合分岐器120とで、入力された $P$ 個の光信号を合流し、合流された信号を所定の分岐比で2つの光信号に分岐して出力する。

[0135] 光振分装置140は、一次側のポートに入力された光信号を、当該光信号の宛先に対応するポートに振り分ける。なお、通常のスイッチは、同じ側のポート同士を接続する構成を有しないため、光振分装置140は、2つの異なる同じ側ポート同士を接続する折り返し伝送路を設け、スイッチの同じ側に接続するユーザ装置間の伝送を実現させるものであってよい。つまり、スイッチの同じ側のポートAとポートBとを折り返し伝送路で接続しておき、反対側のポートCからポートDへ光信号を伝送させる場合に、光振分装置140は、ポートAとポートCとを接続し、ポートBとポートDとを接続するよう制御することで、同じ側のポートCからポートDへ光信号を伝送させることができる。また、光振分装置140は、同じ側のポート同士を接続可能な特殊なスイッチを備えるものであってよい。

[0136] 〈他の実施形態〉

以上、図面を参照して一実施形態について詳しく説明してきたが、具体的な構成は上述のものに限られることはなく、様々な設計変更等を行うことが可能である。すなわち、他の実施形態においては、上述の処理の順序が適宜変更されてもよい。また、一部の処理が並列に実行されてもよい。

上述した実施形態に係る監視装置130は、単独のコンピュータによって

構成されるものであってもよいし、監視装置 130 の構成を複数のコンピュータに分けて配置し、複数のコンピュータが互いに協働することで監視装置 130 として機能するものであってもよい。また、上述した実施形態に係る監視装置 130 は、光振分システム 10 に設けられるが、これに限られない。例えば、監視装置 130 は、光振分システム 10 でない通信路を監視するものであってもよい。また例えば、他の実施形態においては、監視装置 130 と遮断部 150 との組み合わせが、光振分システム 10 でない通信路を監視するものであってもよい。

[0137] 〈コンピュータ構成〉

図 30 は、少なくとも 1 つの実施形態に係る制御部 50 の構成を示す概略ブロック図である。

制御部 50 は、プロセッサ 51、メインメモリ 53、ストレージ 55、インタフェース 57 を備える。

上述の制御部 50 は、コンピュータに実装されるものであってもよい。この場合、上述した各処理部の動作は、プログラムの形式でストレージ 55 に記憶されている。プロセッサ 51 は、プログラムをストレージ 55 から読み出してメインメモリ 53 に展開し、当該プログラムに従って上記処理を実行する。また、プロセッサ 51 は、プログラムに従って、上述した各記憶部に対応する記憶領域をメインメモリ 53 に確保する。プロセッサ 51 の例としては、CPU (Central Processing Unit)、GPU (Graphic Processing Unit)、マイクロプロセッサなどが挙げられる。

[0138] プログラムは、制御部 50 に発揮させる機能の一部を実現するためのものであってもよい。例えば、プログラムは、ストレージに既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせ、または他の装置に実装された他のプログラムとの組み合わせによって機能を発揮させるものであってもよい。なお、他の実施形態においては、制御部 50 は、上記構成に加えて、または上記構成に代えて PLD (Programmable Logic Device) などのカスタム LSI (Large Scale Integrated Circuit) を備えてもよい。PLD の例としては、PA

L (Programmable Array Logic)、GAL (Generic Array Logic)、CPLD (Complex Programmable Logic Device)、FPGA (Field Programmable Gate Array) が挙げられる。この場合、プロセッサ51によって実現される機能の一部または全部が当該集積回路によって実現されてよい。このような集積回路も、プロセッサの一例に含まれる。

[0139] ストレージ55の例としては、磁気ディスク、光磁気ディスク、光ディスク、半導体メモリ等が挙げられる。ストレージ55は、バスに直接接続された内部メディアであってもよいし、インタフェース57または通信回線を介して制御部50に接続される外部メディアであってもよい。また、このプログラムが通信回線によって制御部50に配信される場合、配信を受けた制御部50が当該プログラムをメインメモリ53に展開し、上記処理を実行してもよい。少なくとも1つの実施形態において、ストレージ55は、一時的でない有形の記憶媒体である。

[0140] また、当該プログラムは、前述した機能の一部を実現するためのものであってもよい。さらに、当該プログラムは、前述した機能をストレージ55に既に記憶されている他のプログラムとの組み合わせで実現するもの、いわゆる差分ファイル（差分プログラム）であってもよい。

## 符号の説明

[0141] 10…光振分システム 11…監視システム 110…光合分岐器 120…光合分岐器 130…監視装置 132…計測部 133…取得部 134…記憶部 135…範囲決定部 136…判定部 137…制限部 138…スペクトルアナライザ 139…ディザリング指示部 140…光振分装置 150…遮断部 160…光合分岐器 170…分離装置 217…分離部 20…ユーザ装置 50…制御部 51…プロセッサ 53…メインメモリ 55…ストレージ 57…インタフェース

## 請求の範囲

- [請求項1] 複数の機器から出力される光が流れる経路を監視する監視装置であって、  
前記経路を流れる前記光に、予め定められた基準を満たさない不適合光が含まれるか否かを判定する判定部と、  
前記光に不適合光が含まれる場合に、前記経路に前記光が流れないように制御する制限部と  
を備える監視装置。
- [請求項2] 前記制限部は、前記複数の機器のうち一部の機器からの光が流れず、他の機器からの光が流れるよう制御し、  
前記判定部は、前記一部の機器からの光が流れず、他の機器からの光が流れるよう制御したときの、前記光の強度に基づいて、不適合光を出力する前記機器を特定する  
請求項1に記載の監視装置。
- [請求項3] 前記制限部は、前記複数の機器のうち前記判定部によって前記不適合光の有無の判定対象となる機器に、個別に前記光の出力の制限指示または前記光の出力の制限解除指示を出力する  
請求項1または請求項2に記載の監視装置。
- [請求項4] 前記複数の機器に、それぞれ異なるパターンで前記光を変調させる変調指示を出力する変調指示部を備え、  
前記判定部は、前記光から分離されるパターンごとの信号成分それぞれの強度に基づいて不適合光を出力する機器を特定し、  
前記制限部は、前記複数の機器のうち、不適合光を出力する機器からの前記光が流れないように制御する  
請求項1から請求項3の何れか1項に記載の監視装置。
- [請求項5] 前記経路上に、前記光の通過および遮断を切り替え可能に構成する遮断部が設けられ、  
前記制限部は、前記複数の機器のうち前記判定部によって前記不適合

合光の有無の判定対象となる機器に対応する前記遮断部に前記光を遮断させる指示または前記光を通過させる指示を出力する

請求項 1 から請求項 4 の何れか 1 項に記載の監視装置。

[請求項6] 監視対象の経路を流れる複数の機器から出力される光に、予め定められた基準を満たさない不適合光が含まれるか否かを判定するステップと、

前記光に不適合光が含まれる場合に、前記光が前記経路に流れないよう制御するステップと

を有する監視方法。

[請求項7] 請求項 3 に記載の監視装置と、

前記経路に接続され、前記制限指示に基づいて前記光の出力を制限する複数の機器と

を備える監視システム。

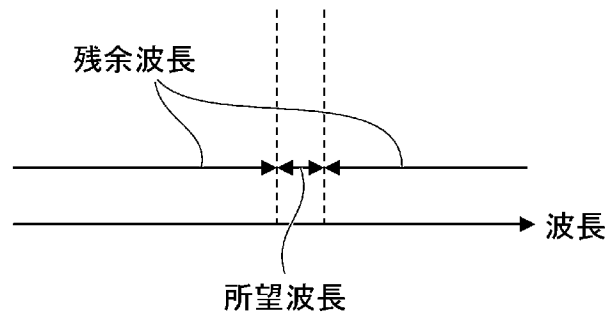
[請求項8] 複数の機器から出力される光が流れる経路と、

前記経路を監視する請求項 1 から請求項 5 の何れか 1 項に記載の監視装置と、

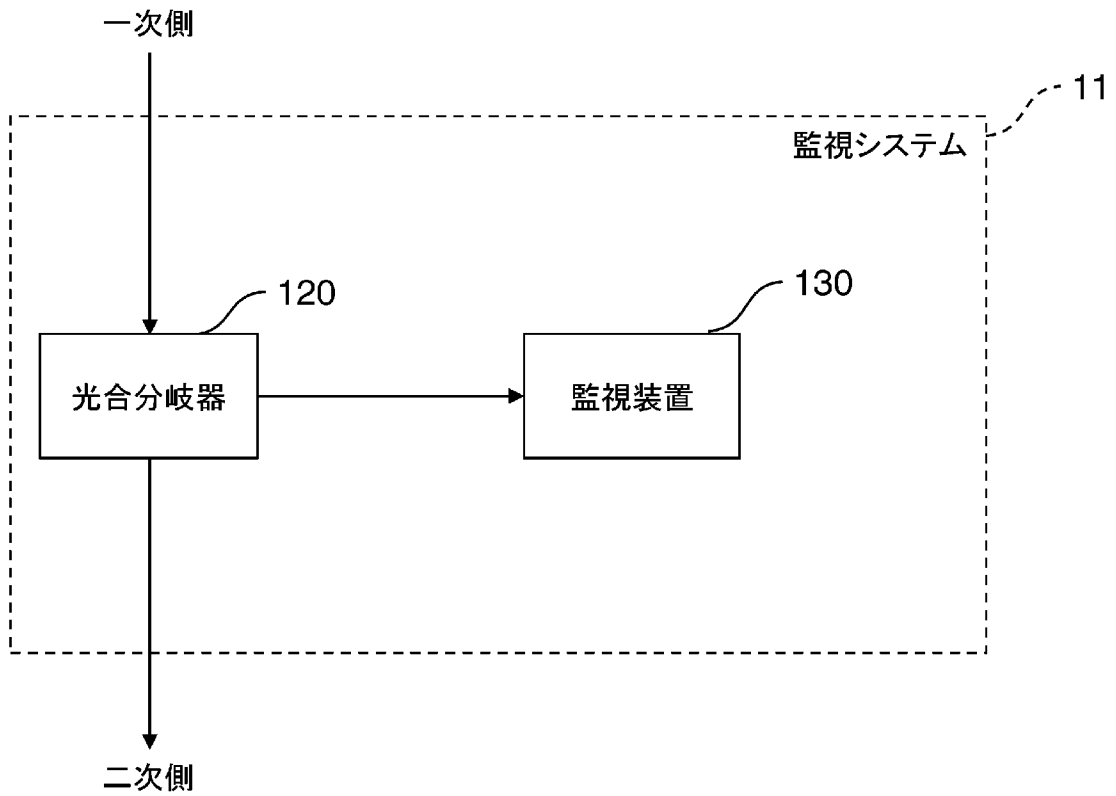
前記経路を流れる前記光を、当該光の宛先に対応するポートに振り分けて出力する光振分装置と

を備える通信システム。

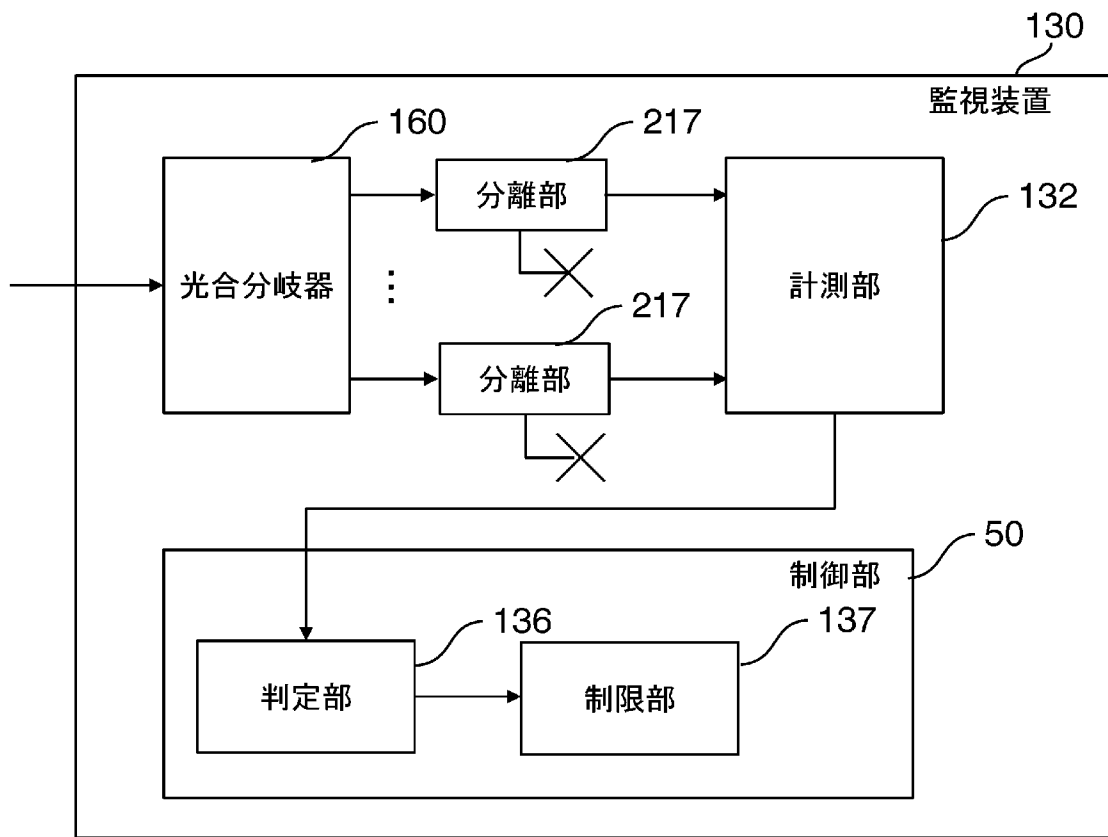
[図1]



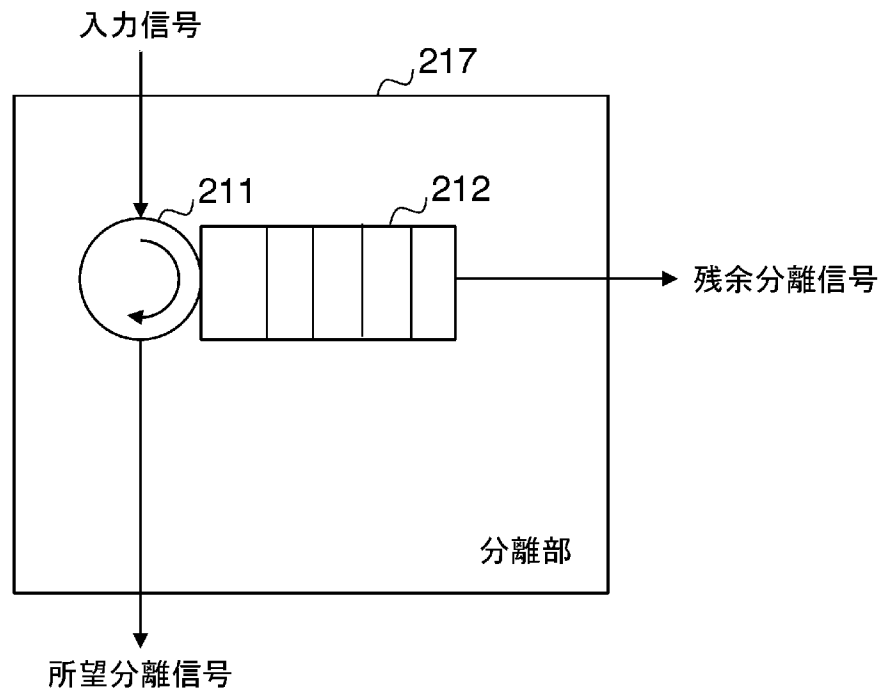
[図2]



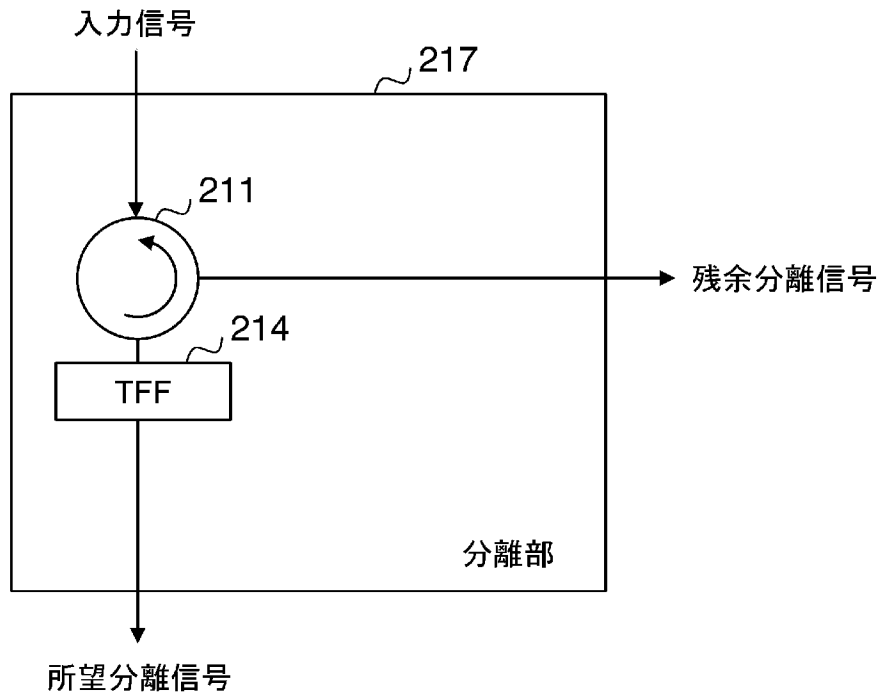
[図3]



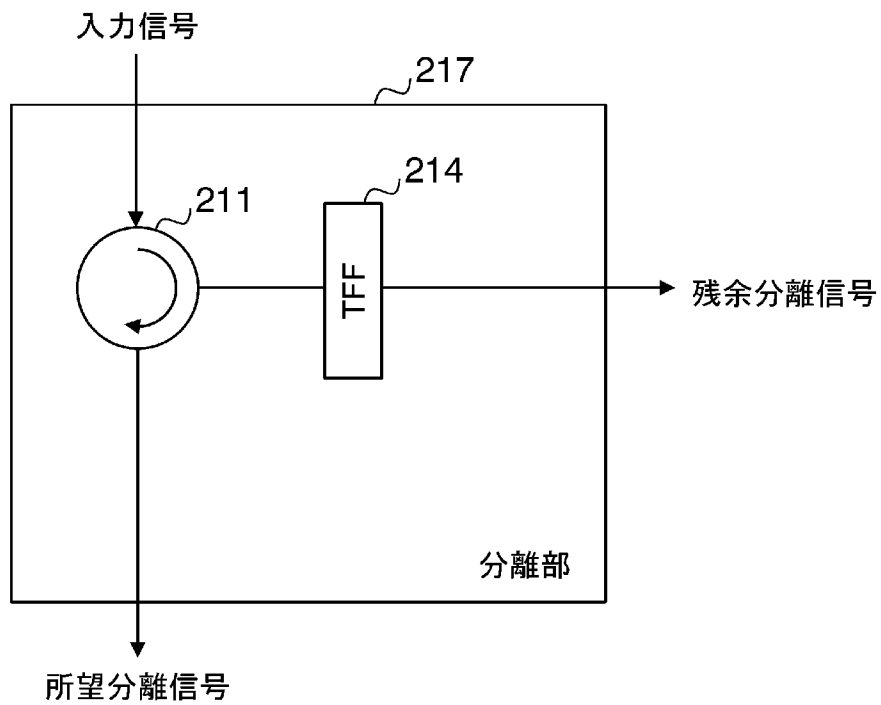
[図4]



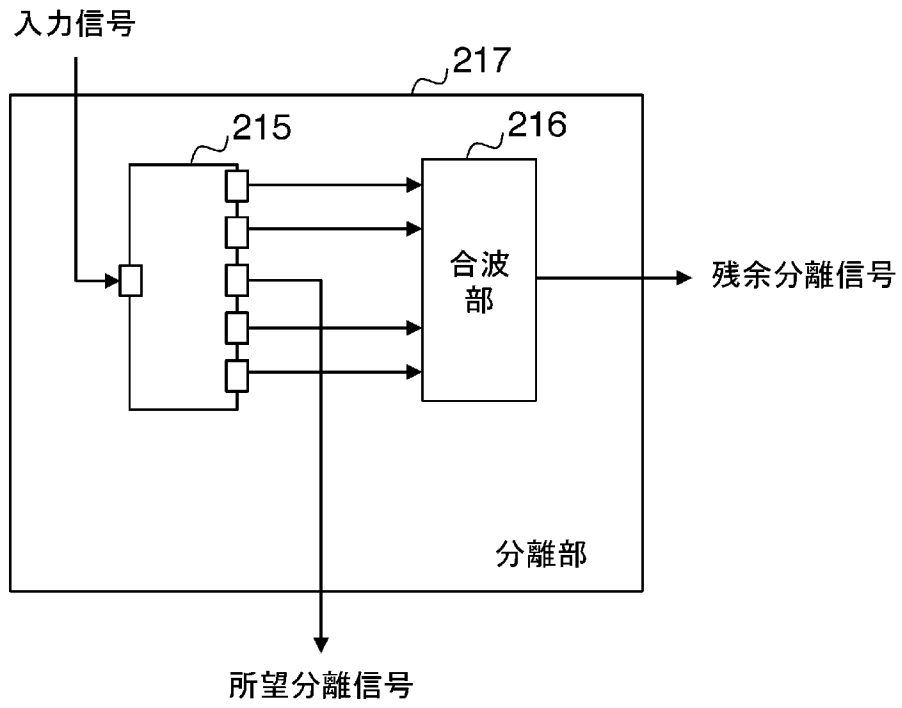
[図5]



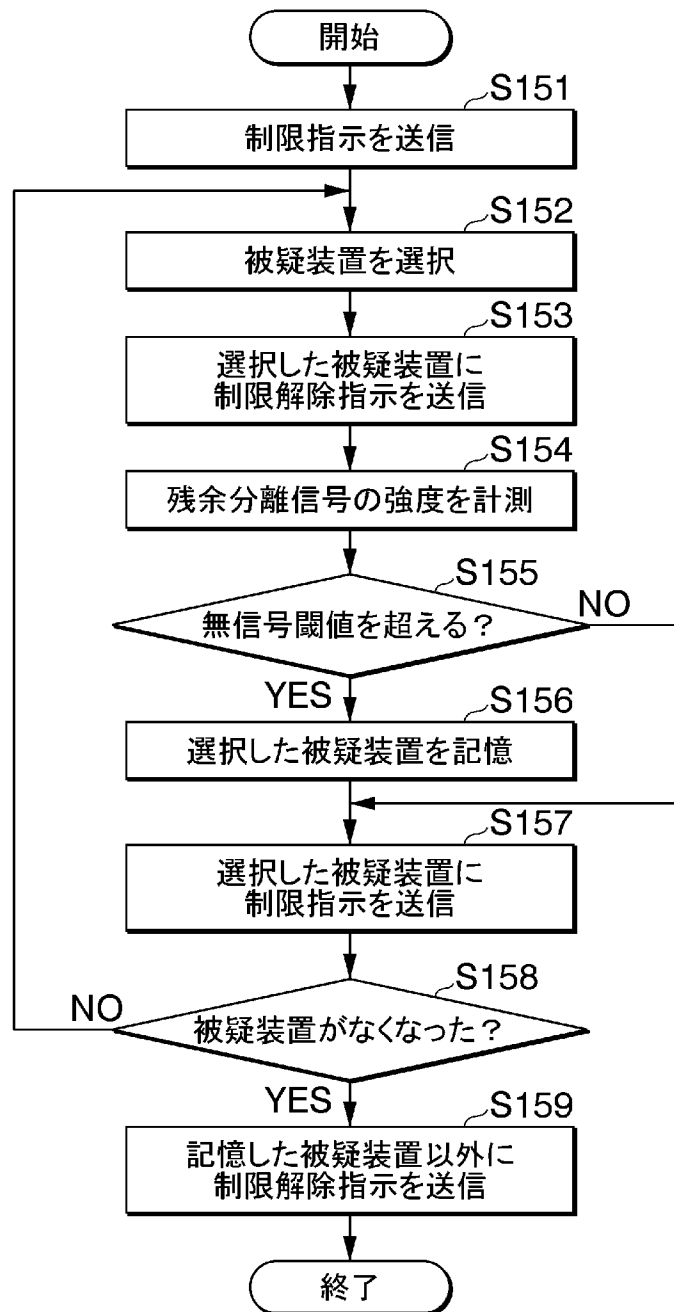
[図6]



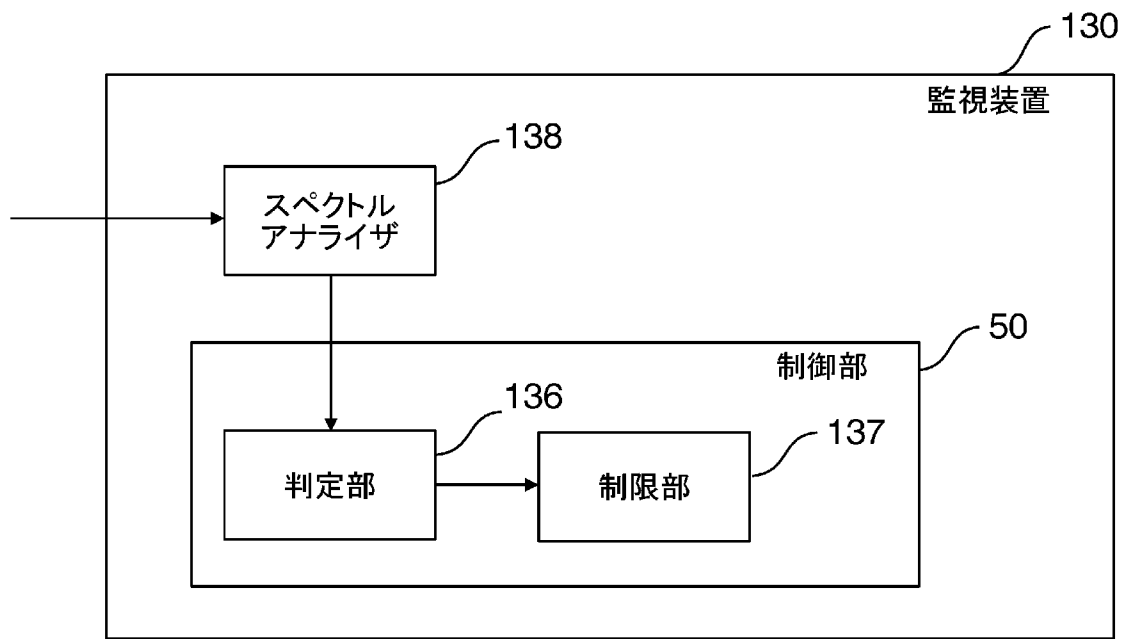
[図7]



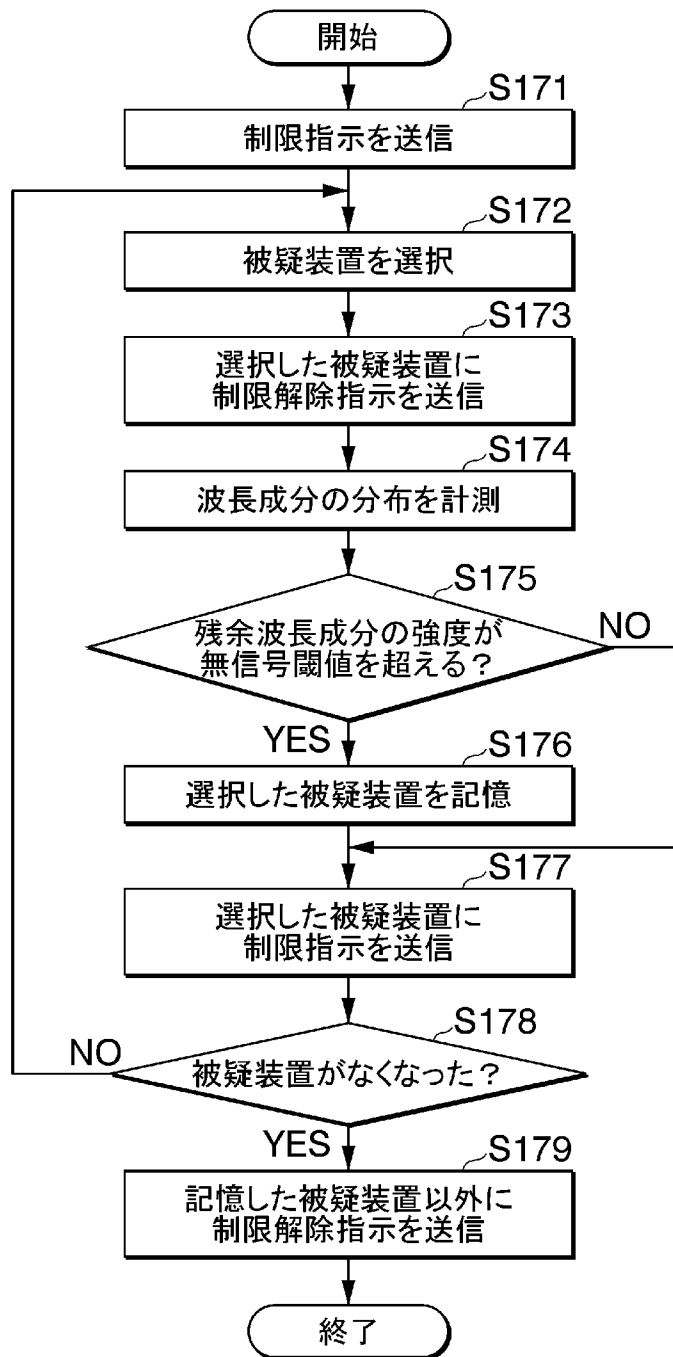
[図8]



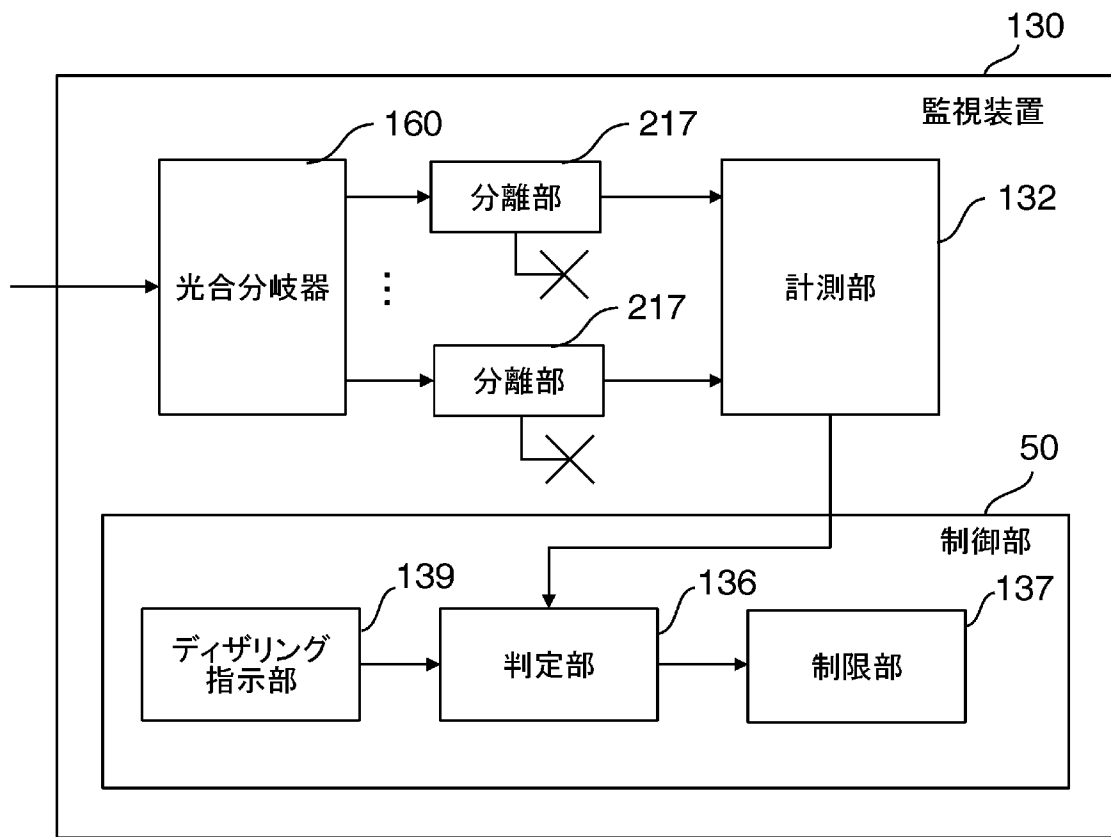
[図9]



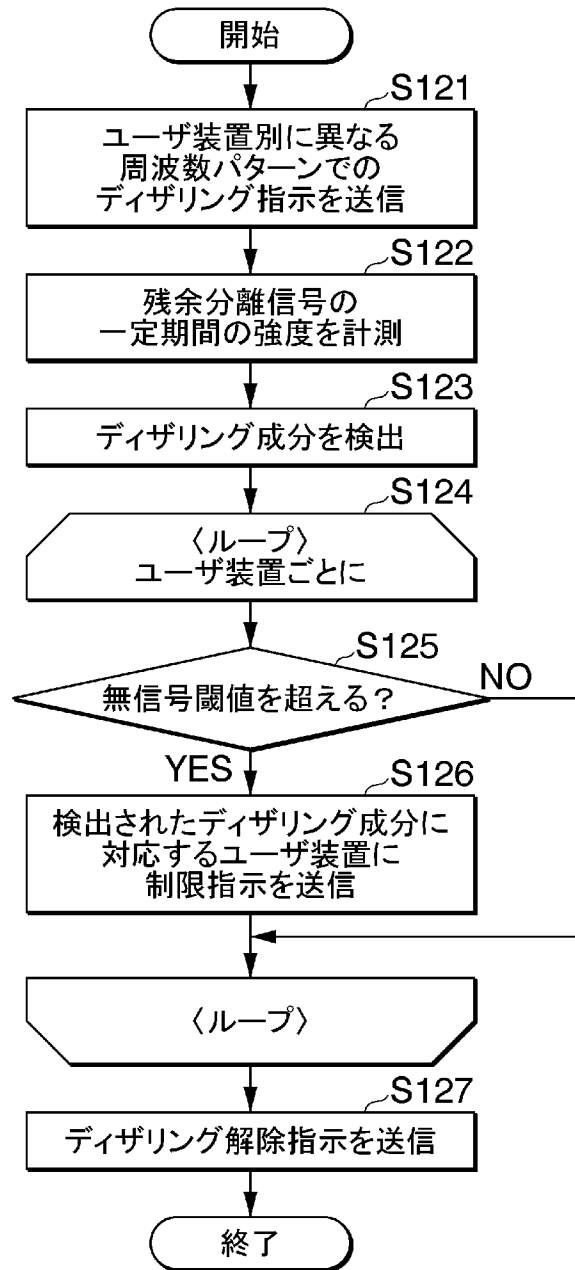
[図10]



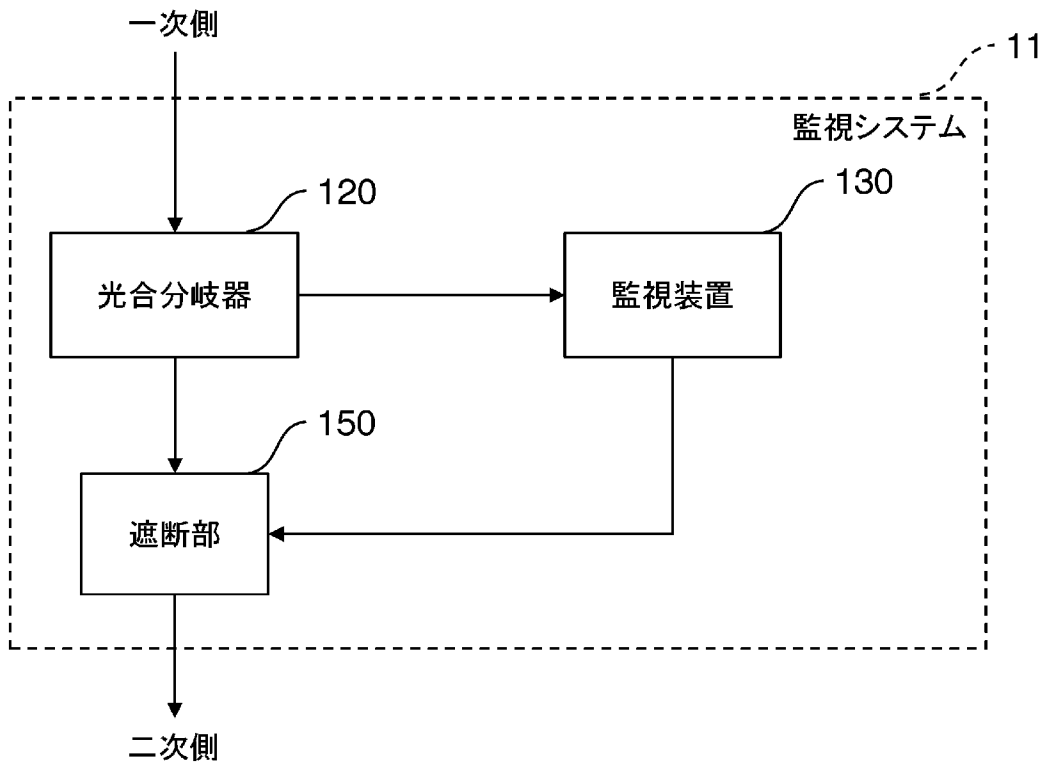
[図11]



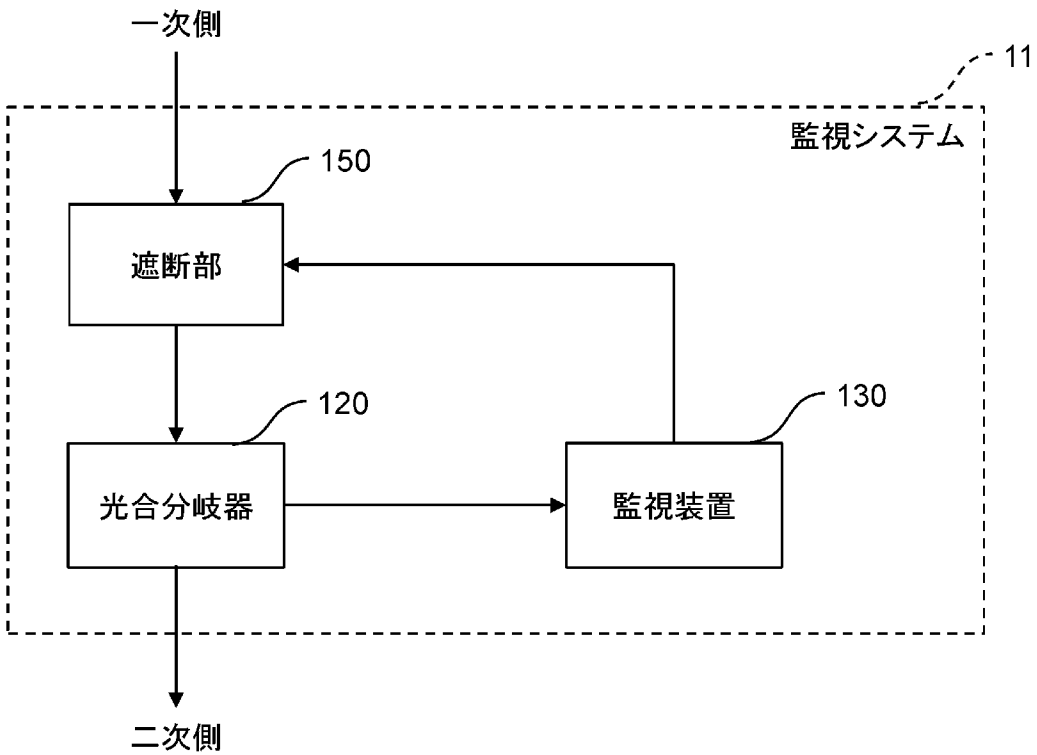
[図12]



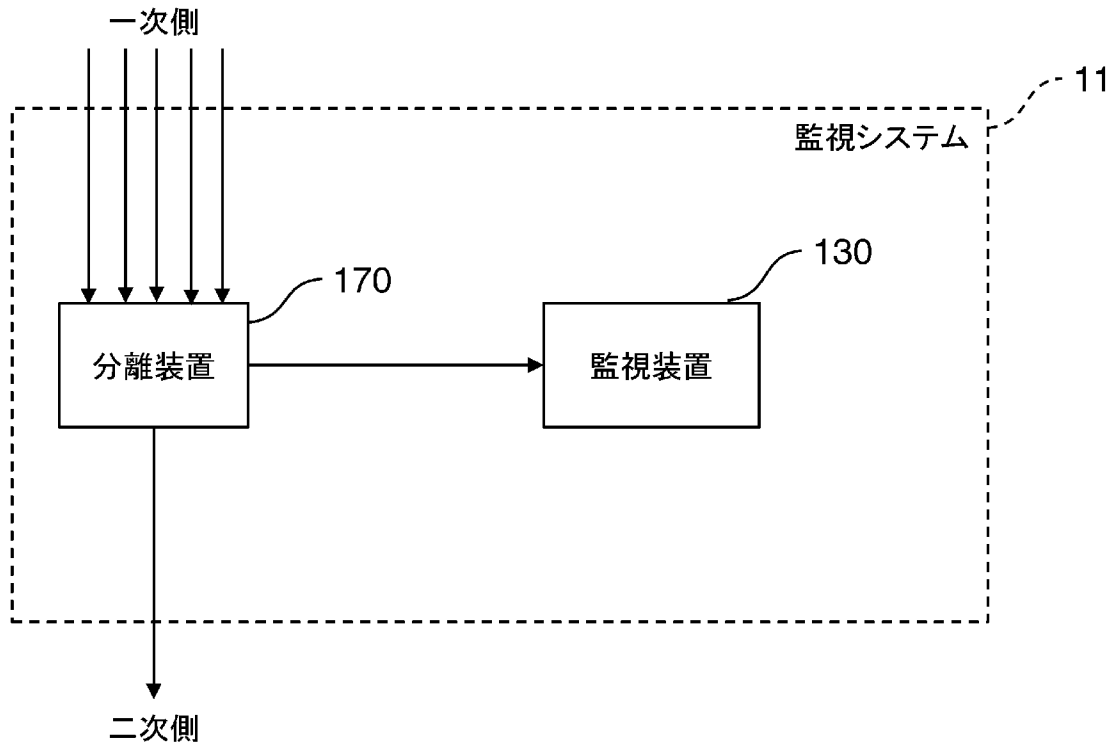
[図13]



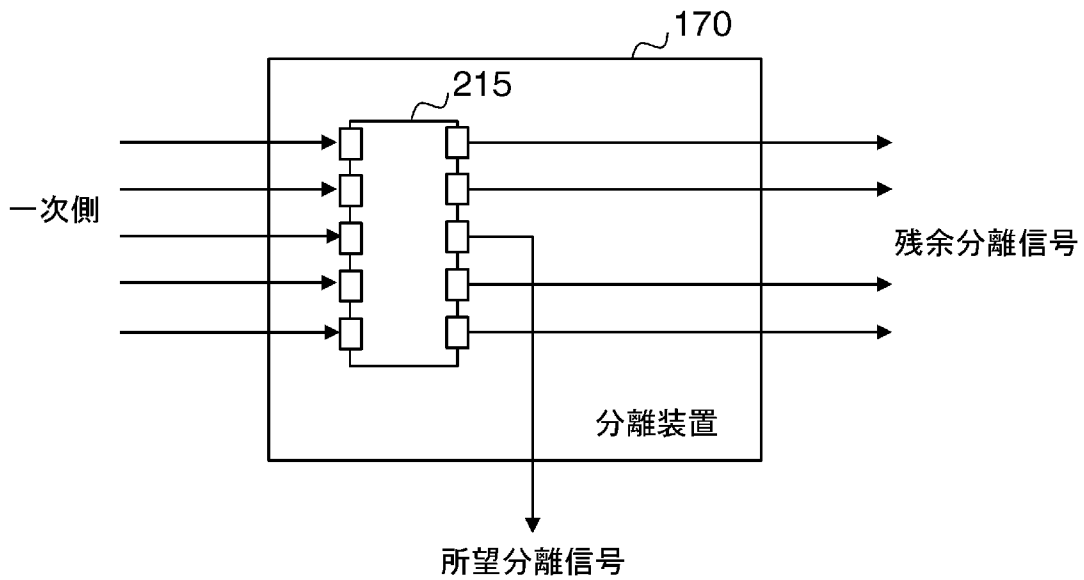
[図14]



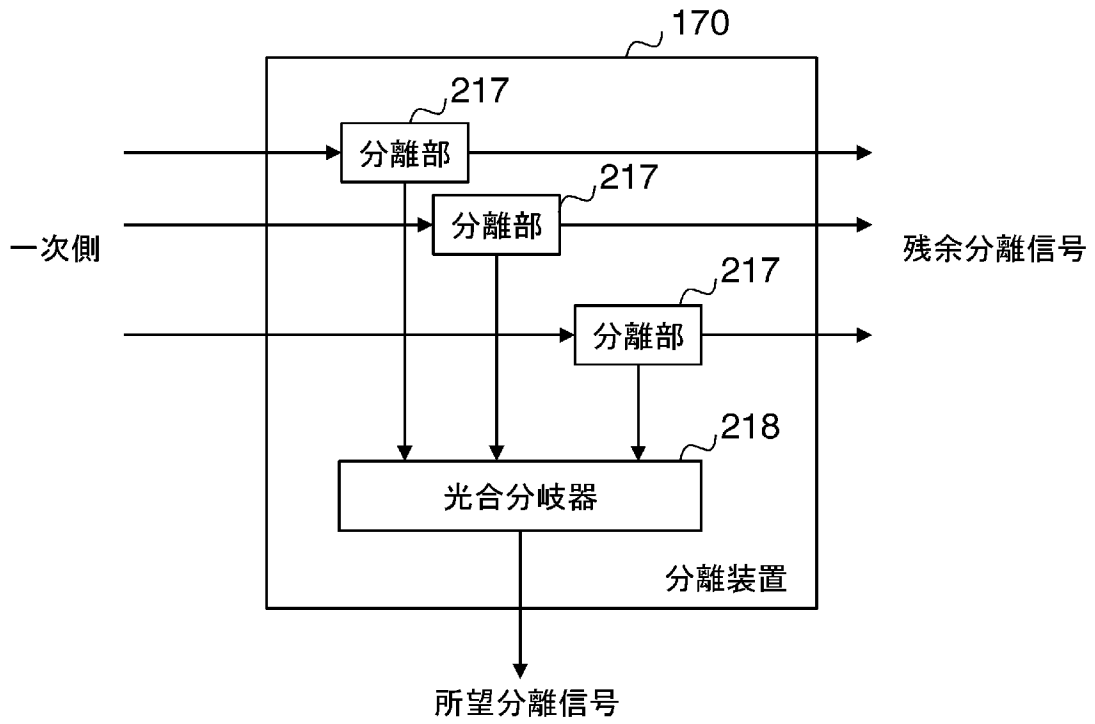
[図15]



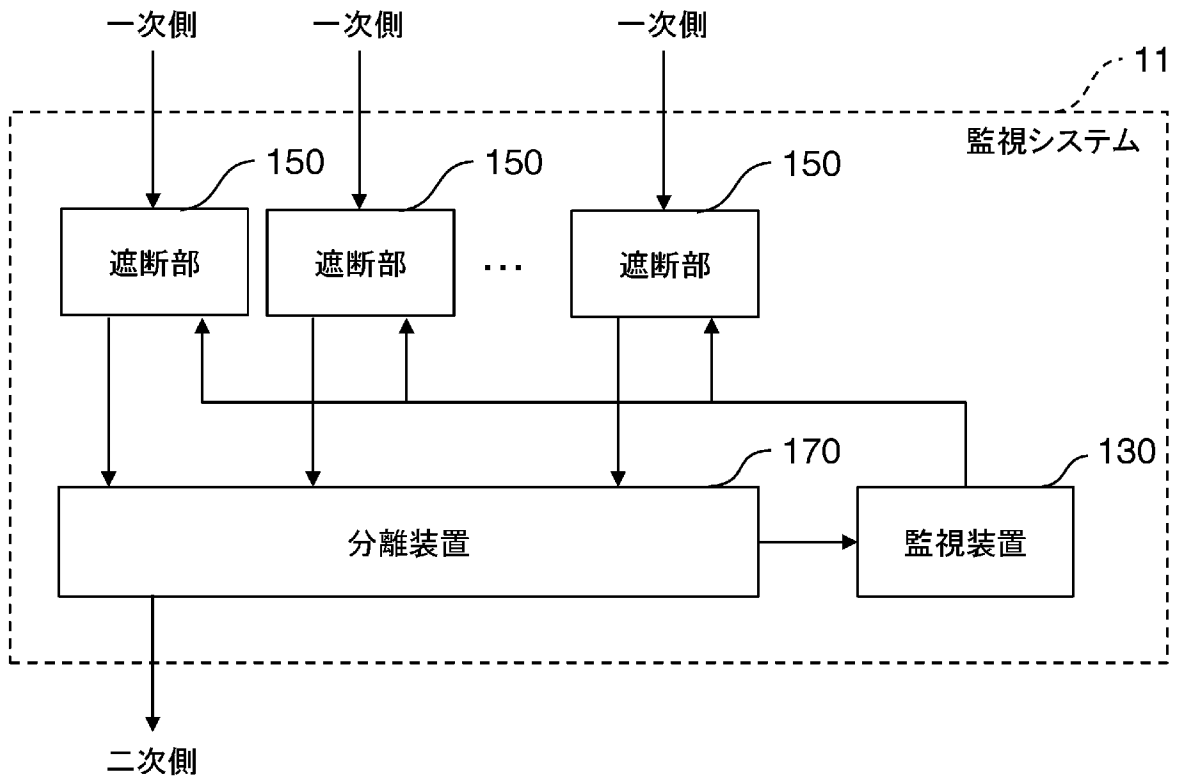
[図16]



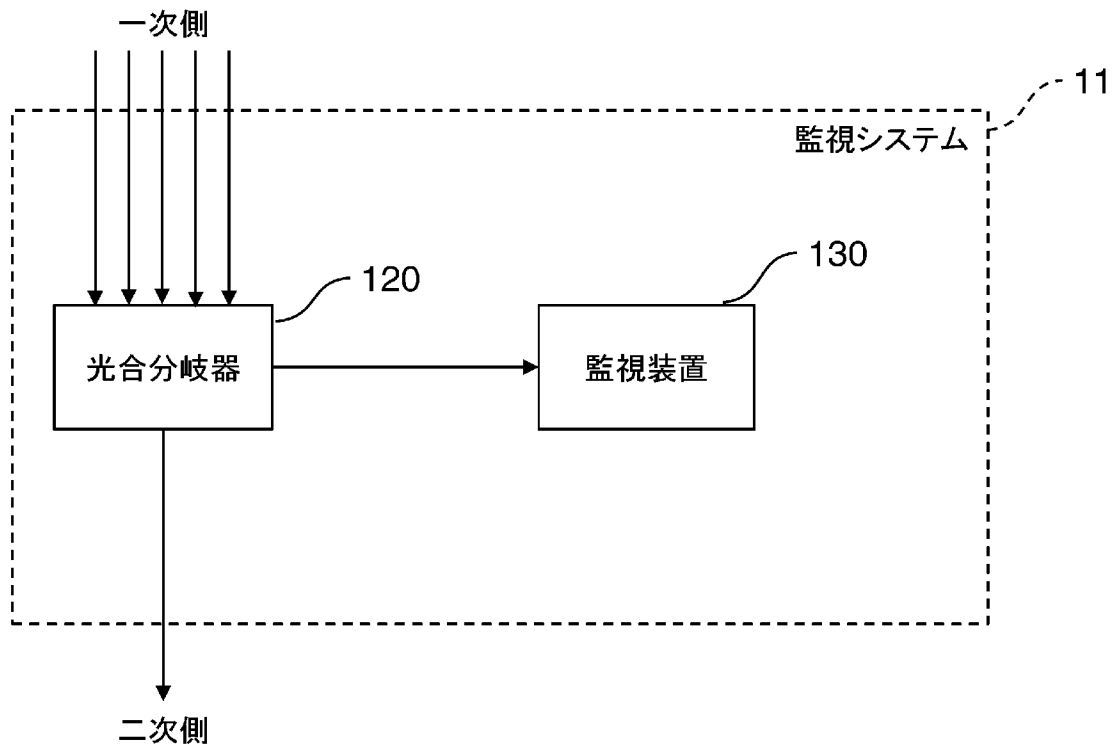
[図17]



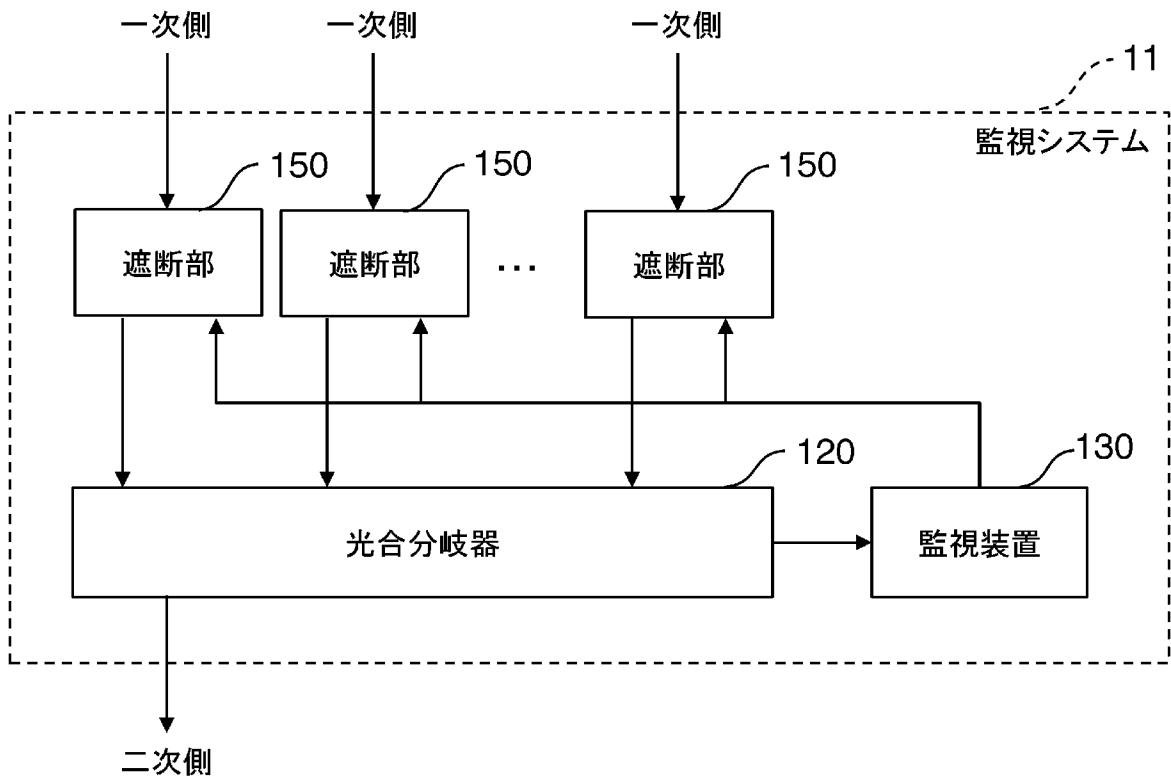
[図18]



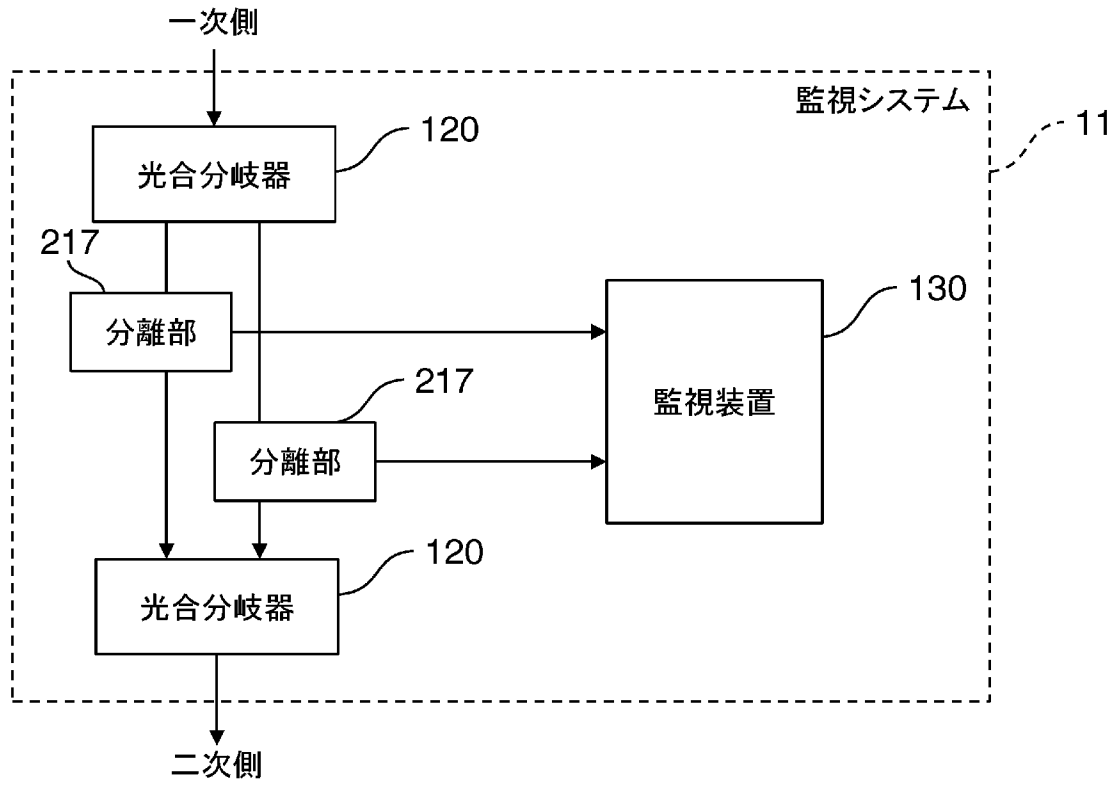
[図19]



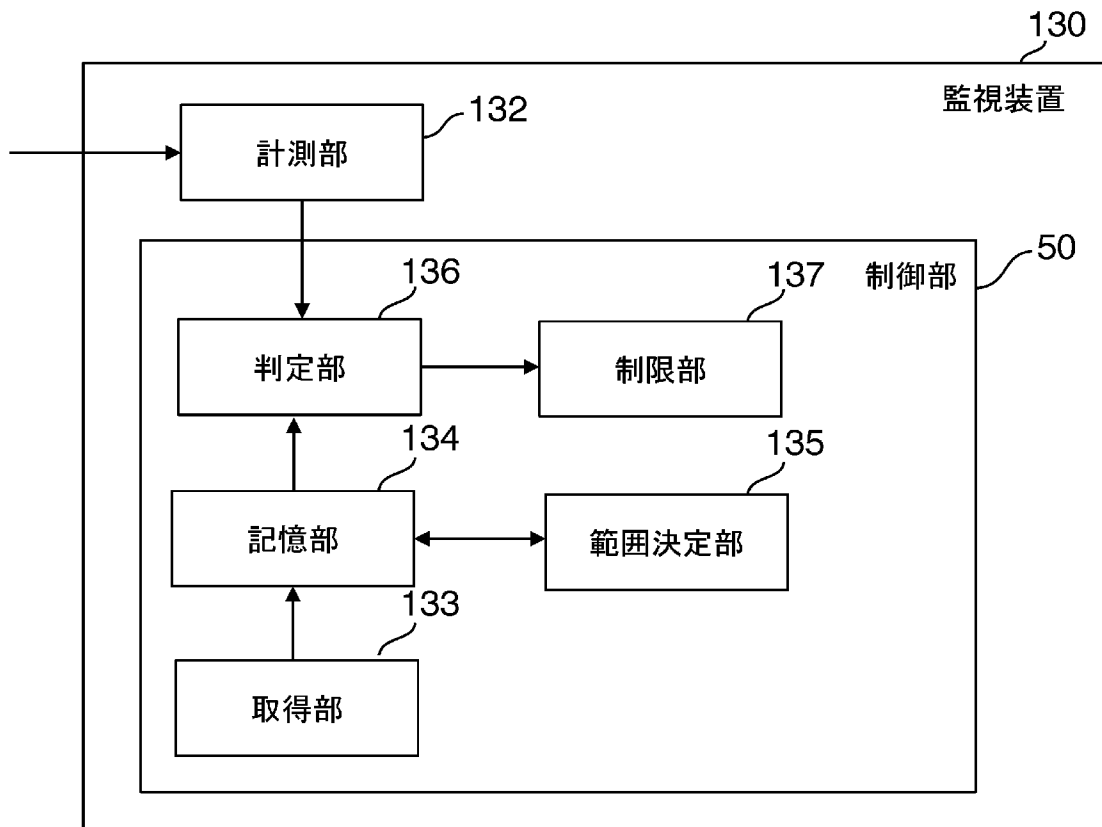
[図20]



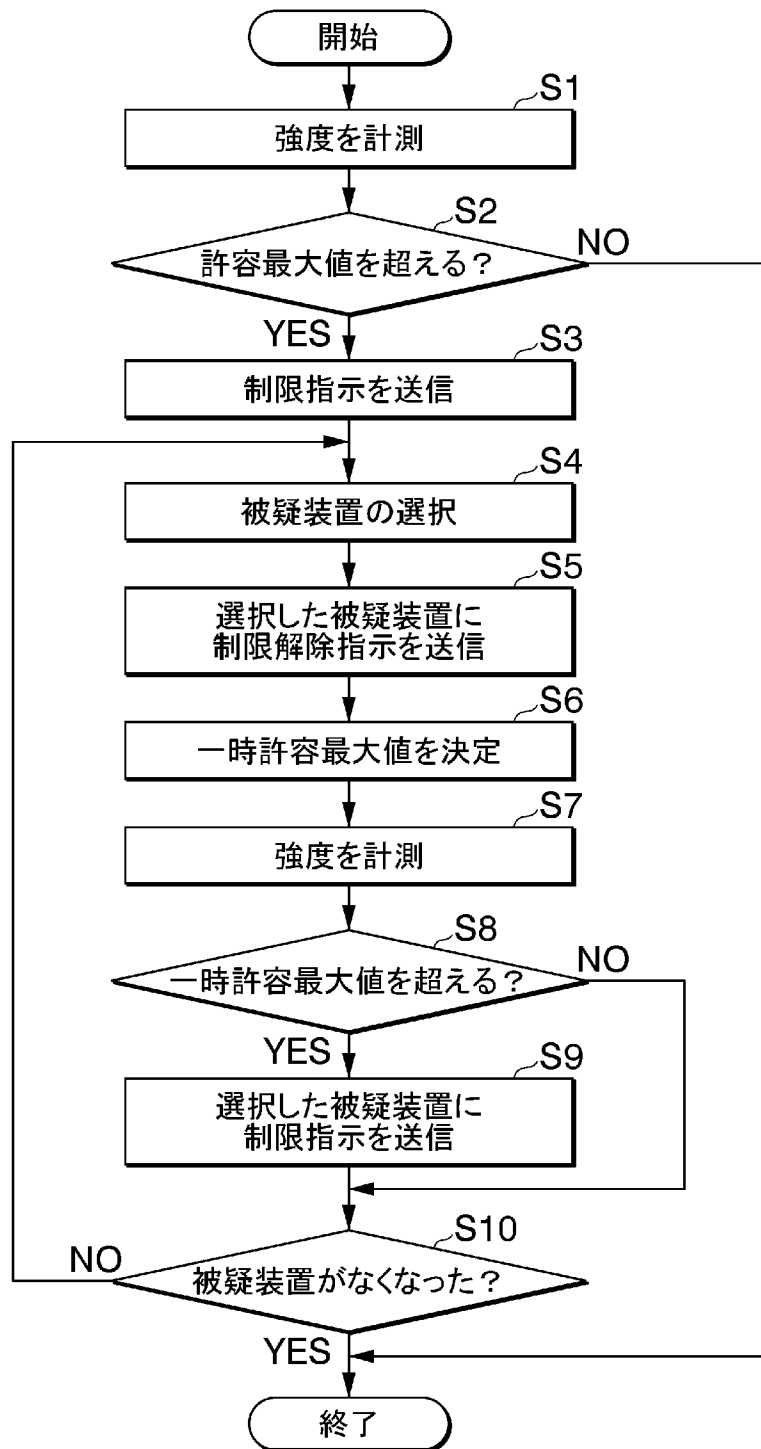
[図21]



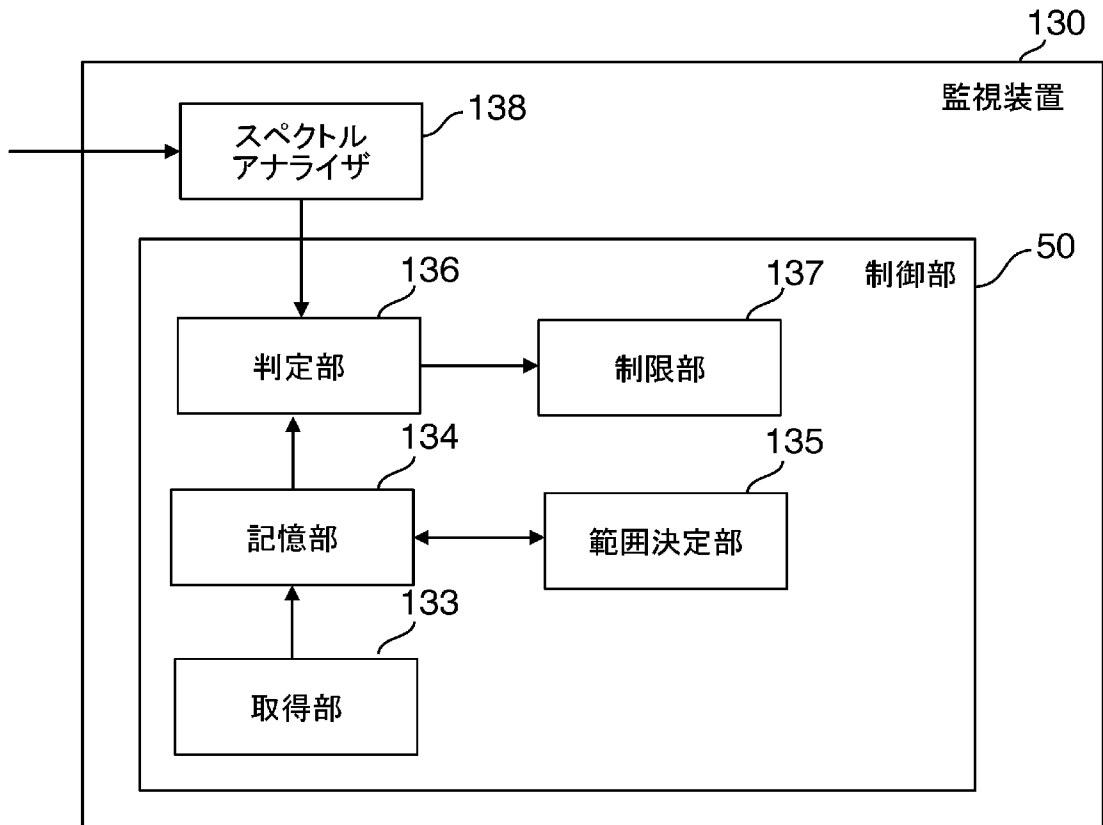
[図22]



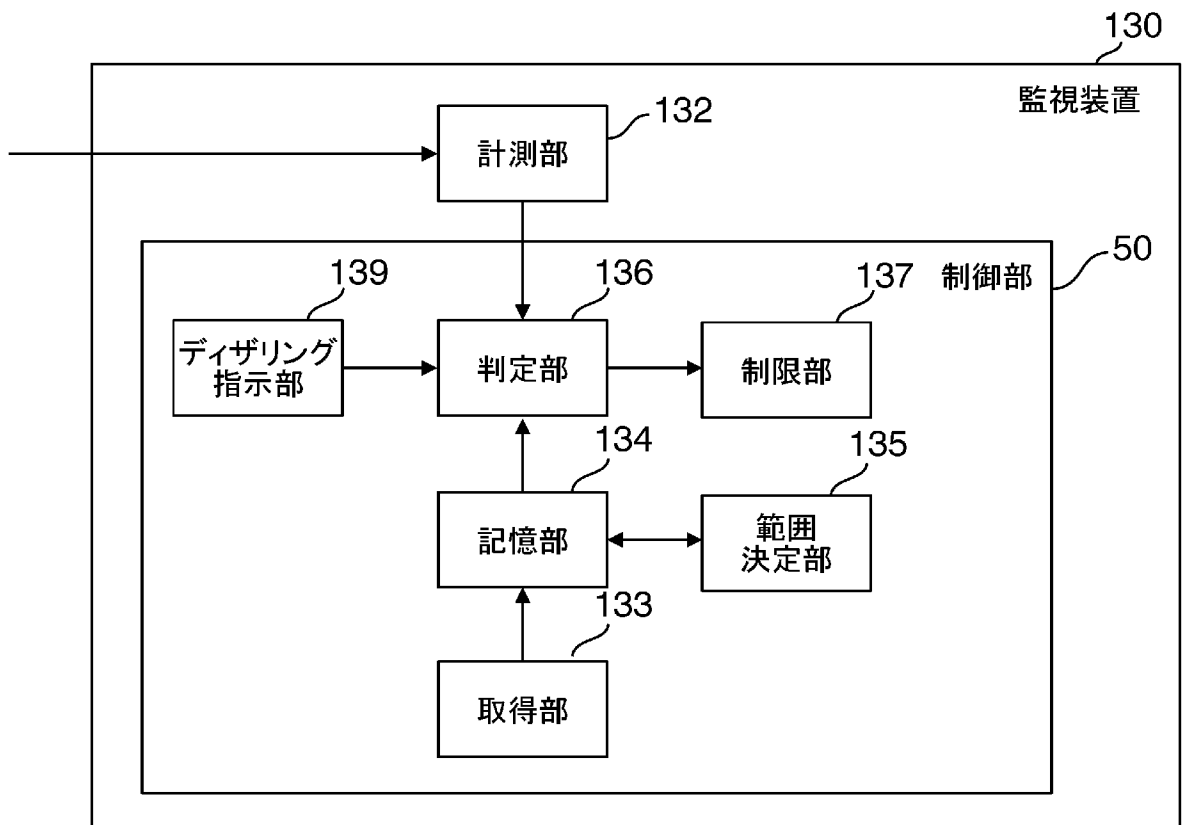
[図23]



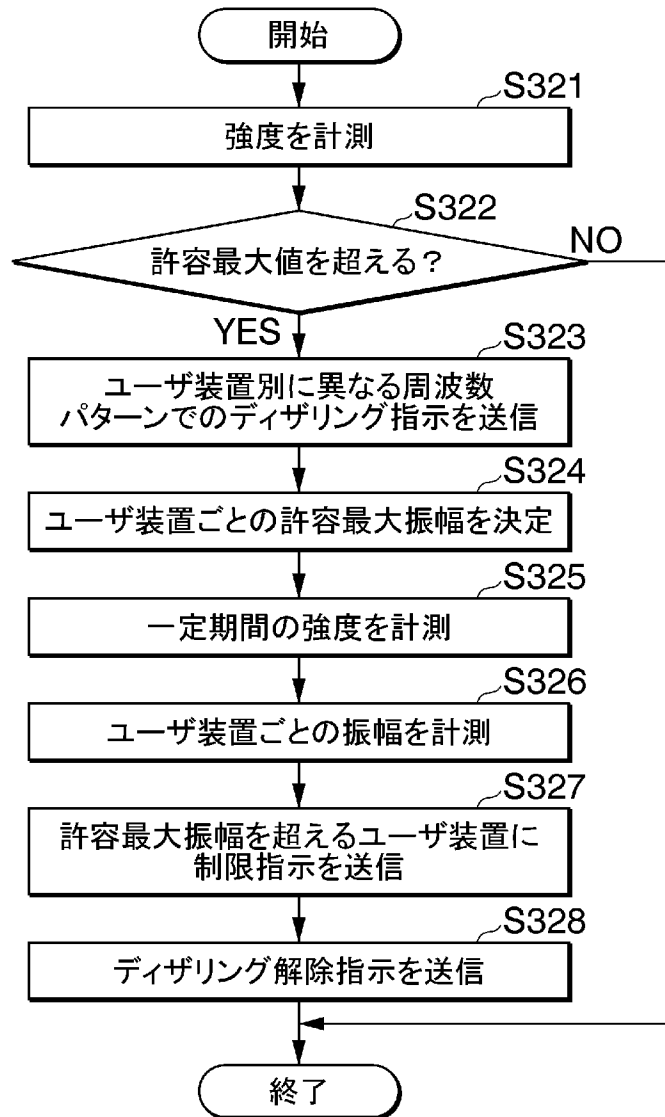
[図24]



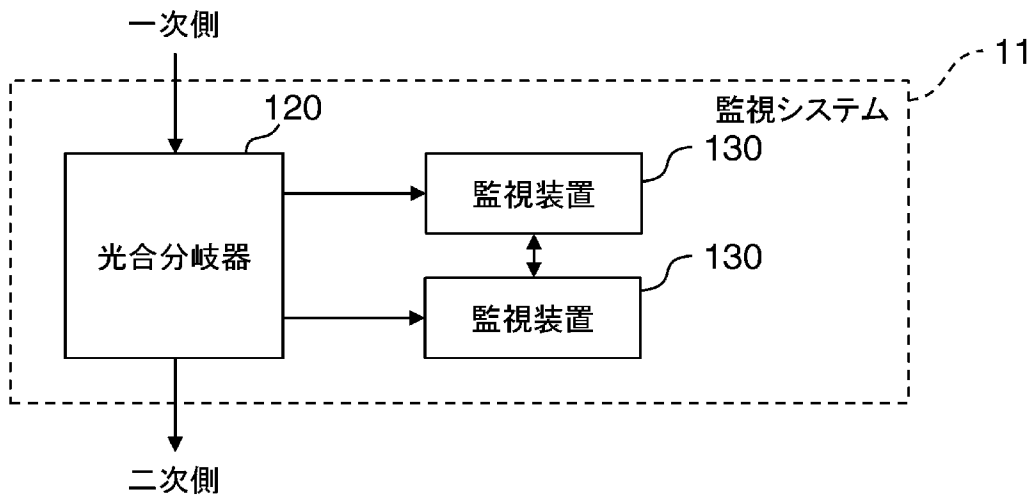
[図25]



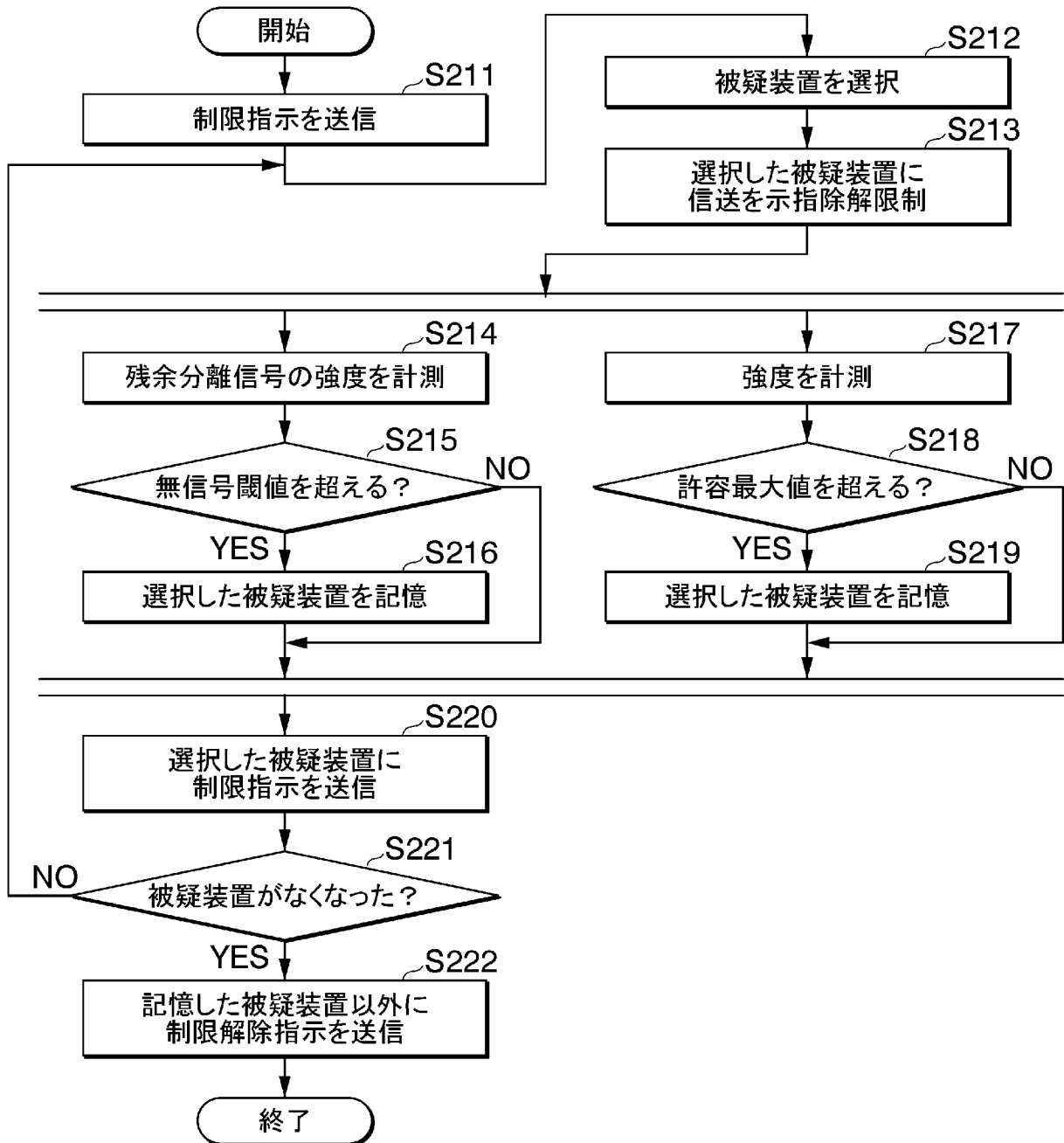
[図26]



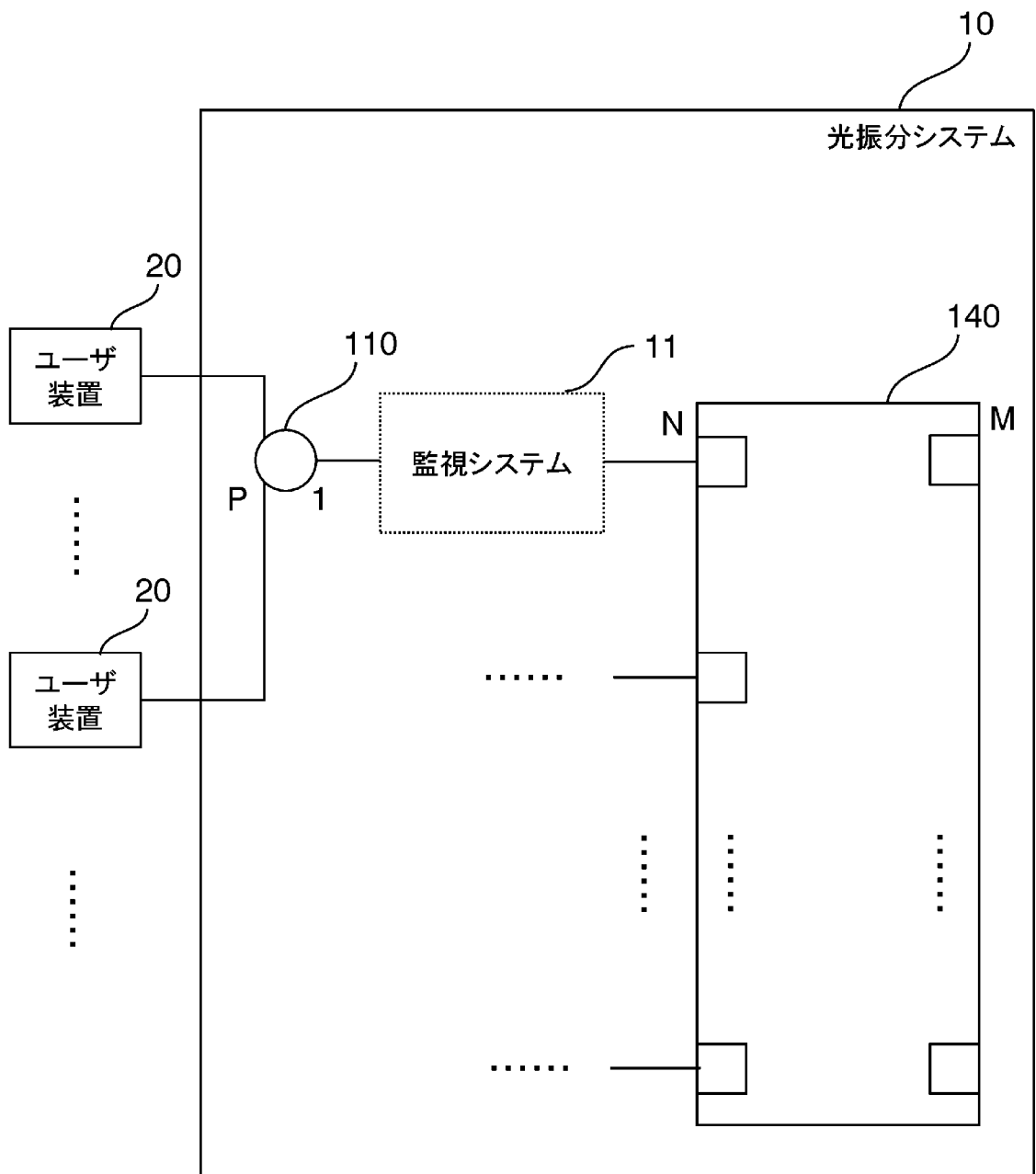
[図27]



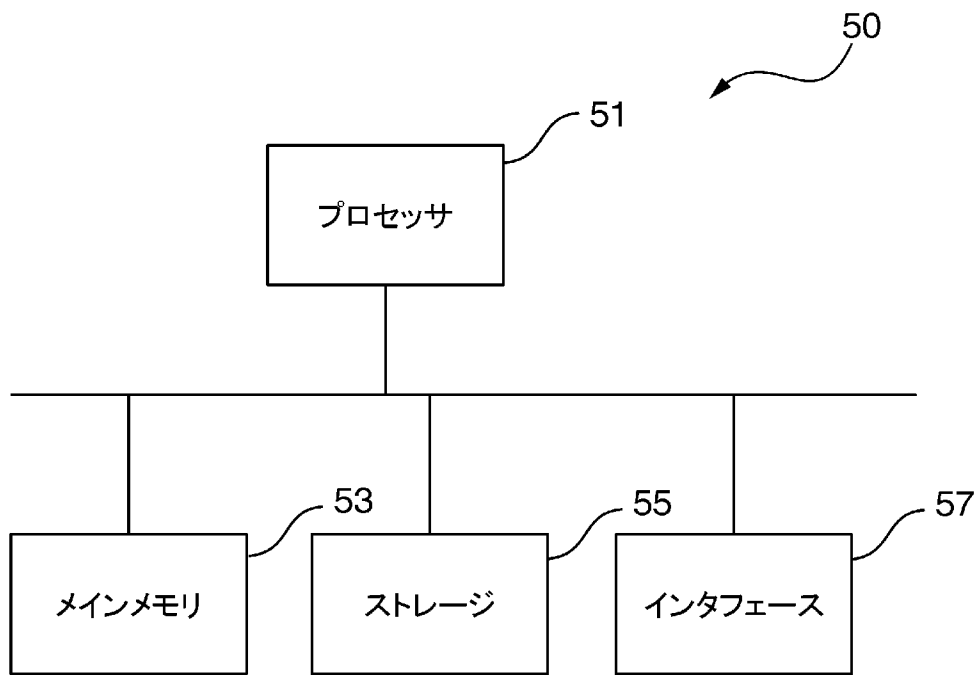
[図28]



[図29]



[図30]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/011383

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H04B 10/07</i> (2013.01) FI: H04B10/07		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H04B10/07		
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 1971-2022 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2010-68362 A (HITACHI LTD) 25 March 2010 (2010-03-25) paragraphs [0008], [0014]-[0078], fig. 1-17	1-3, 5-8
Y	JP 2012-29176 A (KDDI CORP) 09 February 2012 (2012-02-09) paragraphs [0024]-[0052], fig. 1-7	1-3, 5-8
Y	JP 2011-66608 A (NEC CORP) 31 March 2011 (2011-03-31) paragraphs [0019]-[0064], fig. 1-15	1-3, 5-8
Y	JP 2016-539575 A (ALCATEL LUCENT) 15 December 2016 (2016-12-15) paragraphs [0025]-[0055], fig. 2-5	1, 4-6, 8
Y	JP 2014-171079 A (NEC ACCESS TECHNICA LTD) 18 September 2014 (2014-09-18) paragraphs [0033]-[0086], fig. 1-4	1-8
A	JP 10-262000 A (FUJITSU LTD) 29 September 1998 (1998-09-29)	1-8
A	JP 2003-158531 A (KDDI CORP) 30 May 2003 (2003-05-30)	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>31 May 2022</b>		Date of mailing of the international search report <b>14 June 2022</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/011383**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2010-68362	A	25 March 2010	US 2010/0067901 A1 paragraphs [0010], [0039]- [0116], fig. 1-17 CN 101674499 A	
JP	2012-29176	A	09 February 2012	(Family: none)	
JP	2011-66608	A	31 March 2011	(Family: none)	
JP	2016-539575	A	15 December 2016	WO 2015/075544 A1 p. 6, line 26 to p. 13, line 2, fig. 2-5 CN 104660329 A KR 10-2016-0086929 A	
JP	2014-171079	A	18 September 2014	(Family: none)	
JP	10-262000	A	29 September 1998	US 6108112 A	
JP	2003-158531	A	30 May 2003	US 2003/0095577 A1	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H04B 10/07(2013.01)i FI: H04B10/07		
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）） H04B10/07 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 1971-2022年 日本国実用新案登録公報 1996-2022年 日本国登録実用新案公報 1994-2022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
Y	JP 2010-68362 A（株式会社日立製作所）25.03.2010（2010-03-25） 段落[0008][0014]-[0078], 図1-17	1-3, 5-8
Y	JP 2012-29176 A（KDDI株式会社）09.02.2012（2012-02-09） 段落[0024]-[0052], 図1-7	1-3, 5-8
Y	JP 2011-66608 A（日本電気株式会社）31.03.2011（2011-03-31） 段落[0019]-[0064], 図1-15	1-3, 5-8
Y	JP 2016-539575 A（アルカテルルーセント）15.12.2016（2016-12-15） 段落[0025]-[0055], 図2-5	1, 4-6, 8
Y	JP 2014-171079 A（NECアクセステクニカ株式会社）18.09.2014（2014-09-18） 段落[0033]-[0086], 図1-4	1-8
A	JP 10-262000 A（富士通株式会社）29.09.1998（1998-09-29）	1-8
A	JP 2003-158531 A（KDDI株式会社）30.05.2003（2003-05-30）	1-8
<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	31.05.2022	国際調査報告の発送日 14.06.2022
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）  鴨川 学 5K 6307  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/JP2022/011383

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2010-68362 A	25.03.2010	US 2010/0067901 A1 段落[0010][0039]-[0116], 図1-17 CN 101674499 A	
JP 2012-29176 A	09.02.2012	(ファミリーなし)	
JP 2011-66608 A	31.03.2011	(ファミリーなし)	
JP 2016-539575 A	15.12.2016	WO 2015/075544 A1 第6頁第26行-第13頁第2行 , 図2-5 CN 104660329 A KR 10-2016-0086929 A	
JP 2014-171079 A	18.09.2014	(ファミリーなし)	
JP 10-262000 A	29.09.1998	US 6108112 A	
JP 2003-158531 A	30.05.2003	US 2003/0095577 A1	