

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6536699号  
(P6536699)

(45) 発行日 令和1年7月3日 (2019. 7. 3)

(24) 登録日 令和1年6月14日 (2019. 6. 14)

(51) Int. Cl.

F I

HO 4 B 10/079 (2013. 01)

HO 4 B 10/079

HO 4 J 14/02 (2006. 01)

HO 4 J 14/02

請求項の数 10 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2017-565586 (P2017-565586)	(73) 特許権者	000004237
(86) (22) 出願日	平成29年2月1日 (2017. 2. 1)		日本電気株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/003588		東京都港区芝五丁目7番1号
(87) 国際公開番号	W02017/135301	(74) 代理人	100109313
(87) 国際公開日	平成29年8月10日 (2017. 8. 10)		弁理士 机 昌彦
審査請求日	平成30年7月12日 (2018. 7. 12)	(74) 代理人	100124154
(31) 優先権主張番号	特願2016-17632 (P2016-17632)		弁理士 下坂 直樹
(32) 優先日	平成28年2月2日 (2016. 2. 2)	(72) 発明者	原 康
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社社内
		審査官	後澤 瑞征

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 帯域特定回路、波長多重光信号送信装置、波長多重光信号伝送システムおよび帯域特定方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の光送信機からそれぞれ出力され、波長多重光信号を構成する互いに波長が異なる複数の光信号のうち、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させる光強度制御手段と、

前記波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力するスペクトラム取得手段と、

前記出力されたスペクトラムの変化量に基づいて、前記特定対象の光送信機が占有する帯域を特定する帯域特定手段と、

を備える帯域特定回路。

【請求項 2】

前記帯域特定手段は、前記光強度制御手段の動作と同期させて、前記出力されたスペクトラムの変化量を取得する、請求項 1 に記載の帯域特定回路。

【請求項 3】

前記光強度制御手段は、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を P 増加させ、

前記帯域特定手段は、光強度を P 増加させた後のスペクトラムと光強度を P 増加させる前のスペクトラムとの差分を演算し、演算結果が P である帯域を前記特定対象の光送信機が占有する帯域として特定する、

請求項 1 または 2 に記載の帯域特定回路。

## 【請求項 4】

前記光強度制御手段はさらに、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を  $P$  減少させ、

前記帯域特定手段は、光強度を  $P$  増加させる前後のスペクトラムの差分を演算する代わりに、光強度を  $P$  増加させた時のスペクトラムと光強度を  $P$  減少させた時のスペクトラムとの差分を演算し、演算結果が  $P \times 2$  である帯域を前記特定対象の光送信機が占有する帯域として特定する、

請求項 3 に記載の帯域特定回路。

## 【請求項 5】

前記光強度制御手段は、

前記複数の光送信機ごとに配置され、対応する光送信機から出力された光信号の光強度を入力された制御信号に基づいて変化させる複数の光強度調整手段と、

光強度を所定レベルだけ変化させるための前記制御信号を生成し、前記特定対象の光送信機と対応する前記光強度調整手段へ出力する制御信号生成手段と、

を備える、

請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の帯域特定回路。

## 【請求項 6】

前記光強度調整手段は、可変損失回路によって構成される、請求項 5 に記載の帯域特定回路。

## 【請求項 7】

互いに波長が異なる光信号をそれぞれ出力する複数の光送信機と、

出力された前記複数の光信号を多重化して波長多重光信号として出力する多重化手段と、

特定対象の前記光送信機が占有する帯域を特定する請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の帯域特定回路と、

を備える波長多重光信号送信装置。

## 【請求項 8】

前記光送信機には、単一波長の光信号を生成して出力する第 1 光送信機および / または複数のサブキャリアを含む 1 回線の光信号を生成して出力する第 2 光送信機が含まれる、請求項 7 に記載の波長多重光信号送信装置。

## 【請求項 9】

互いに波長が異なる光信号をそれぞれ出力する複数の光送信機、

出力された複数の光信号のうち、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させる光強度制御手段、および

複数の前記光信号を多重化して波長多重光信号として送信する多重化手段

を備える波長多重光信号送信装置と、

前記送信された波長多重光信号を受信する受信手段、

前記受信された波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力するスペクトラム取得手段、および

前記光強度制御手段の動作と同期させて前記出力されたスペクトラムの変化量を取得し、該取得したスペクトラムの変化量に基づいて前記特定対象の光送信機が占有する帯域を特定する帯域特定手段

を備える波長多重光信号受信装置と、

を備える波長多重光信号伝送システム。

## 【請求項 10】

複数の光送信機からそれぞれ出力され、波長多重光信号を構成する互いに波長が異なる複数の光信号のうち、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させ、

前記波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力し、

前記出力されたスペクトラムの変化量に基づいて、前記特定対象の光送信機が占有する帯域を特定する、

10

20

30

40

50

帯域特定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、帯域特定回路、波長多重光信号送信装置、波長多重光信号伝送システムおよび帯域特定方法に関し、特に、波長多重された波長多重光信号を扱う帯域特定回路、波長多重光信号送信装置、波長多重光信号伝送システムおよび帯域特定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

光ファイバ通信で扱われる波長多重光信号は、ITU-T (International Telecommunication Union Telecommunication Standardization Sector) G.692で規定された波長グリッドに従って整然と光信号が配列され、チャンネル番号によって管理されている。一般的な光ファイバ通信については、例えば、特許文献1、2等に関示されている。

【0003】

しかしながら、近年の光ファイバ通信における回線需要の増加は著しく、光信号のさらなる高密度多重化が要求されている。例えば、多値変調技術、波長多重技術、スペクトラム制御技術等を駆使して周波数利用効率の限界まで光信号を高密度に多重化することにより、大容量伝送を実現することが提案されている。

【0004】

このような高密度多重化伝送においては、光信号の送信波形の制御技術や光受信信号のデジタル演算による分離技術の発展により、異なるビットレート・変調方式の光信号を、波長グリッドに依存せずに高密度に収容するフレキシブルグリッドが導入されつつある。さらに、光波長制御技術や光変調技術の発展により、複数のスペクトルで1つの回線を伝送する、マルチキャリアやスーパーチャネルといった技術も適用されつつある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開平9-224016号公報

【特許文献2】特開2011-82749号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

フレキシブルグリッドが適用された高密度多重化伝送においては、光信号の波長帯域はビットレートに依存し、波長ごとに異なる。言い換えると、波長多重光信号を構成する複数の光信号は波長間隔が不等間隔となり、波長単位に整然とは並ばない。この場合、回線の切れ目が不明瞭となり、1つの信号が占有する帯域の識別が困難となる。さらに、マルチキャリアやスーパーチャネルが適用された高密度多重化伝送においては、スペクトラム上で1回線が占有する帯域を把握することが困難となる。

【0007】

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、デジタル技術やスーパーチャネル等が適用されることによって波長多重光信号を構成する複数の光信号が波長単位に等間隔で並んでいない場合であっても、所定の光送信機についての占有帯域を高精度に特定できる、帯域特定回路、波長多重光信号送信装置、波長多重光信号伝送システムおよび帯域特定方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記目的を達成するために本発明に係る帯域特定回路は、複数の光送信機からそれぞれ出力され、波長多重光信号を構成する互いに波長が異なる複数の光信号のうち、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させる光強度制御手段と、前記波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力するスペク

10

20

30

40

50

トラム取得手段と、前記出力されたスペクトラムの変化量に基づいて、前記特定対象の光送信機が占有する帯域を特定する帯域特定手段と、を備える。

【 0 0 0 9 】

上記目的を達成するために本発明に係る波長多重光信号送信装置は、互いに波長が異なる光信号をそれぞれ出力する複数の光送信機と、複数の光信号を多重化して波長多重光信号として出力する多重化手段と、特定対象の前記光送信機が占有する帯域を特定する上記の帯域特定回路と、を備える。

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するために本発明に係る波長多重光信号伝送システムは、互いに波長が異なる光信号をそれぞれ出力する複数の光送信機、出力された複数の光信号のうち、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させる光強度制御手段、および複数の前記光信号を多重化して波長多重光信号として送信する多重化手段を備える波長多重光信号送信装置と、前記送信された波長多重光信号を受信する受信手段、前記受信された波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力するスペクトラム取得手段、および前記光強度制御手段の動作と同期させて前記出力されたスペクトラムの変化量を取得し、該取得したスペクトラムの変化量に基づいて前記特定対象の光送信機が占有する帯域を特定する帯域特定手段を備える波長多重光信号受信装置と、を備える。

【 0 0 1 1 】

上記目的を達成するために本発明に係る帯域特定方法は、複数の光送信機からそれぞれ出力され、波長多重光信号を構成する互いに波長が異なる複数の光信号のうち、特定対象の光送信機から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させ、前記波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力し、前記出力されたスペクトラムの変化量に基づいて、前記特定対象の光送信機が占有する帯域を特定する。

【発明の効果】

【 0 0 1 2 】

上述した本発明の態様によれば、デジタル技術やスーパーチャネル等が適用されることによって波長多重光信号を構成する複数の光信号が波長単位に等間隔で並んでいない場合であっても、所定の光送信機についての占有帯域を高精度に特定できる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 3 】

【図 1】第 1 の実施形態に係る帯域特定回路 1 0 のブロック構成図である。

【図 2】第 1 の実施形態に係る波長多重光信号送信装置 5 0 のブロック構成図である。

【図 3】第 1 の実施形態に係る波長多重光信号伝送システム 8 0 のシステム構成図である。

【図 4】第 2 の実施形態に係る波長多重光信号送信装置 1 0 0 のブロック構成図である。

【図 5】第 2 の実施形態に係る波長多重回路 5 0 0 から出力された波長多重光信号のスペクトラムの一例である。

【図 6】第 2 の実施形態に係る波長多重光信号送信装置 1 0 0 が第 2 光送信機 3 0 0 の占有帯域を特定する時の動作フローである。

【図 7】第 2 の実施形態に係る波長多重光信号送信装置 1 0 0 が第 2 光送信機 3 0 0 の占有帯域を特定する手順を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 4 】

< 第 1 の実施形態 >

本発明の第 1 の実施形態について説明する。本実施形態に係る帯域特定回路のブロック構成図を図 1 に示す。図 1 において、帯域特定回路 1 0 は、光強度制御手段 2 0、スペクトラム取得手段 3 0 および帯域特定手段 4 0 を備え、 $n$  台の光送信機 6 1、6 2 ... 6  $n$  のうち、所定の光送信機 6  $k$  が占有する帯域を特定する。

【 0 0 1 5 】

光強度制御手段 20 は、複数の光送信機 6 1、6 2 ... 6 n からそれぞれ出力された光信号のうち、特定対象の光送信機 6 k から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させる。複数の光送信機 6 1、6 2 ... 6 n からそれぞれ出力された光信号は、光強度制御手段 20 を通過した後、波長多重され、波長多重光信号として出力される。

【0016】

スペクトラム取得手段 30 には、光送信機 6 1、6 2 ... 6 n からそれぞれ出力された光信号が波長多重された波長多重光信号の一部が入力する。スペクトラム取得手段 30 は、入力された波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力する。

【0017】

帯域特定手段 40 は、スペクトラム取得手段 30 から出力されたスペクトラムの変化量に基づいて、特定対象の光送信機 6 k が占有する帯域を特定する。

10

【0018】

具体的には、本実施形態に係る光強度制御手段 20 は、特定対象の光送信機 6 k から出力された光信号の光強度を、制御しない時のレベルから P 増加させる。ここで、P は、光信号の復調に影響を与えない微量とする。帯域特定手段 40 は、光強度制御手段 20 の動作と同期させて、光強度を P 増加させた後のスペクトラムと光強度を制御しない時のスペクトラム（光強度を P 増加させる前のスペクトラム）との差分を演算する。そして、帯域特定手段 40 は、演算結果が P である帯域を特定対象の光送信機 6 k が占有する帯域として特定する。

【0019】

20

帯域特定手段 40 と光強度変調手段 20 は図 1 に点線で示される信号線により共有される、共通のタイミング信号により動作する。信号線の実現手段は任意である。タイミング信号の生成元は測定を行う帯域特定手段 40 側であることが望ましい。すなわち、光強度変調手段 20 はタイミング信号に合わせて光信号の光強度を交互に P 変化させると共に、帯域特定手段 40 は同じタイミング信号を基準に前回取得したスペクトラムとの変化量を算出する。タイミング信号を共有することによって光強度を P 変化させた後で確実にスペクトラムの取得を行うことができるため、P の差分を正確に算出できる。

【0020】

ここで、光強度制御手段 20 が、特定対象の光送信機 6 k から出力された光信号の光強度を P 増加させた後、さらに、特定対象の光送信機 6 k から出力された光信号の光強度を制御しない時のレベルから P 減少させることもできる。この場合、帯域特定手段 40 は、光強度を P 増加させた時のスペクトラムと光強度を P 減少させた時のスペクトラムとの差分を演算する。そして、帯域特定手段 40 は、演算結果が  $P \times 2$  である帯域を特定対象の光送信機 6 k が占有する帯域として特定する。

30

【0021】

上記のように構成された帯域特定回路 10 は、デジタル技術やスーパーチャネル等が適用されることによって波長多重光信号を構成する複数の光信号が波長単位に等間隔で並んでいない場合であっても、所定の光送信機 6 k についての占有帯域を高精度に特定できる。

【0022】

40

ここで、上記の帯域特定回路 10 を波長多重光信号送信装置に配置することもできる。帯域特定回路 10 が配置された波長多重光信号送信装置のブロック構成図を図 2 に示す。図 2 の波長多重光信号送信装置 50 は、n 台の光送信機 6 1、6 2 ... 6 n、上述した帯域特定回路 10 および多重化手段 70 によって構成される。

【0023】

光送信機 6 1、6 2 ... 6 n は、互いに波長が異なる光信号をそれぞれ出力する。

【0024】

帯域特定回路 10 において、光強度制御手段 20 は、光送信機 6 1、6 2 ... 6 n からそれぞれ出力された複数の光信号のうち、特定対象の光送信機 6 k から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させる。

50

## 【 0 0 2 5 】

多重化手段 7 0 は、光送信機 6 1、6 2 ... 6 n から出力され、光強度制御手段 2 0 を通過した光信号を波長多重し、波長多重光信号として出力する。

## 【 0 0 2 6 】

そして、帯域特定回路 1 0 において、スペクトラム取得手段 3 0 は、多重化手段 7 0 から出力された波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力し、帯域特定手段 4 0 は、スペクトラム取得手段 3 0 から出力されたスペクトラムの変化量に基づいて、特定対象の光送信機 6 k が占有する帯域を特定する。

## 【 0 0 2 7 】

上記の波長多重光信号送信装置 5 0 は、帯域特定回路 1 0 が配置されることにより、デジタル技術やスーパーチャネル等が適用されることによって波長多重光信号を構成する複数の光信号が波長単位に等間隔で並んでいない場合であっても、所定の光送信機 6 k についての占有帯域を高精度に特定できる。

10

## 【 0 0 2 8 】

さらに、図 1 の帯域特定回路 1 0 の機能を、波長多重光信号送信装置と波長多重光信号受信装置とに持たせることもできる。この場合の波長多重光信号伝送システムのシステム構成図を図 3 に示す。図 3 の波長多重光信号伝送システム 8 0 は、波長多重光信号送信装置 5 0 B および波長多重光信号受信装置 9 0 によって構成される。

## 【 0 0 2 9 】

波長多重光信号送信装置 5 0 B は、n 台の光送信機 6 1、6 2 ... 6 n、光強度制御手段 2 0 および多重化手段 7 0 を備える。波長多重光信号送信装置 5 0 B は、特定対象の光送信機 6 k から出力された光信号の光強度を所定レベルだけ変化させると共に、光送信機 6 1、6 2 ... 6 n から出力された複数の光信号を多重化手段 7 0 において波長多重して波長多重光信号を送信する。

20

## 【 0 0 3 0 】

波長多重光信号受信装置 9 0 は、受信手段 9 1、スペクトラム取得手段 3 0 および帯域特定手段 4 0 を備える。ここで、波長多重光信号受信装置 9 0 として、例えば、海底中継器を適用することができる。波長多重光信号受信装置 9 0 は、受信手段 9 1 において波長多重光信号を受信し、スペクトラム取得手段 3 0 において受信した波長多重光信号の波長ごとの光強度を計測してスペクトラムとして出力する。帯域特定手段 4 0 は、波長多重光信号送信装置 5 0 B の光強度制御手段 2 0 の動作と同期させてスペクトラムの変化量を取得し、該取得したスペクトラムの変化量に基づいて、特定対象の光送信機 6 k が占有する帯域を特定する。

30

## 【 0 0 3 1 】

図 3 における帯域特定手段 4 0 の動作と光強度制御手段 2 0 の動作との同期は、図 1 と同様に行うことができる。

## 【 0 0 3 2 】

図 3 の波長多重光信号伝送システム 8 0 においても、デジタル技術やスーパーチャネル等が適用されることによって波長多重光信号を構成する複数の光信号が波長単位に等間隔で並んでいない場合であっても、所定の光送信機 6 k についての占有帯域を高精度に特定できる。

40

## 【 0 0 3 3 】

< 第 2 の実施形態 >

第 2 の実施形態について説明する。本実施形態に係る波長多重光信号送信装置のブロック構成図を図 4 に示す。図 4 において、波長多重光信号送信装置 1 0 0 は、4 台の第 1 光送信機 2 0 0 A - 2 0 0 D、1 台の第 2 光送信機 3 0 0、光信号レベル制御回路 4 0 0、波長多重回路 5 0 0、波長多重信号モニタ回路 6 0 0 および監視回路 7 0 0 を備える。図 4 の波長多重光信号送信装置 1 0 0 は、第 1 光送信機 2 0 0 A - 2 0 0 D および第 2 光送信機 3 0 0 から出力される複数の光信号を波長多重し、一つの波長多重光信号を伝送路へ送信する。

50

## 【0034】

第1光送信機200A - 200Dはそれぞれ、光送信回路210A - 210Dおよび可変損失回路220A - 220Dを備え、単一波長の光信号を生成して出力する。ここで、第1光送信機200Aは図5の光信号1を、第1光送信機200Bは図5の光信号2を、第1光送信機200Cは図5の光信号3を、第1光送信機200Dは図5の光信号5を出力する。

## 【0035】

光送信回路210A - 210Dはそれぞれ、光キャリアを符号化することによって光信号を生成する。

## 【0036】

可変損失回路220A - 220Dはそれぞれ、光信号レベル制御回路400からの制御により、光送信回路210A - 210Dから入力された光信号の光出力レベルを調整する。可変損失回路220A - 220Dを通過した光信号は、波長多重回路500へ出力される。

## 【0037】

第2光送信機300は、多波長光送信回路310および4つの可変損失回路321 - 324を備え、4つのサブキャリアを含む1回線の光信号を生成して出力する。ここで、第2光送信機300は図5の光信号4を出力する。

## 【0038】

多波長光送信回路310は、互いに異なる波長の4つのサブキャリアを符号化することによって、互いに異なる波長の4つの光信号を生成し、可変損失回路321 - 324へ出力する。本実施形態において、多波長光送信回路310から出力された4つの光信号によって、1回線の光信号が形成される。

## 【0039】

可変損失回路321 - 324はそれぞれ、光信号レベル制御回路400からの制御により、多波長光送信回路310から入力された光信号の光出力レベルを調整する。可変損失回路321 - 324を通過した光信号は、波長多重回路500へ出力される。

## 【0040】

光信号レベル制御回路400は、監視回路700から入力された制御信号に基づいて、特定の第1光送信機200A - 200D、第2光送信機300の、可変損失回路220A - 220D、321 - 324を制御する。光信号レベル制御回路400が制御信号に基づいて特定の可変損失回路220A - 220D、321 - 324を制御することにより、制御された可変損失回路220A - 220D、321 - 324から、光出力レベルが $\pm P$ 間でレベル変動する光信号が出力される。

## 【0041】

波長多重回路500は、第1光送信機200A - 200Dおよび第2光送信機300から出力された単一波長の光信号および4つのサブキャリアを含む1回線の光信号を波長多重化して、波長多重光信号を出力する。本実施形態に係る波長多重回路500は、異なる帯域の光信号が波長方向に詰めて配置され、連続した光スペクトラムを有する波長多重光信号を出力する。

## 【0042】

波長多重回路500から出力された波長多重光信号のスペクトラムの一例を図5に示す。図5に示した波長多重光信号においては光信号ごとに波長間隔が異なっている。これは、光信号ごとにビットレートや変調方式が異なり、占有する波長帯域が異なるからである。図5に示した波長多重光信号において、第1光送信機200Bから出力された光信号2の帯域幅を1(基準幅)とした場合、第1光送信機200Aから出力された光信号1は1/4帯域、第1光送信機200C、200Dから出力された光信号3、5は1/2帯域となっている。一方、第2光送信機300から出力された光信号4は、光信号2と同じ帯域の4波のサブキャリアで構成されるが、高密度化によって波長間隔が狭められ、帯域は光信号2の4倍弱となっている。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 4 3 】

そして、波長多重回路 5 0 0 から出力された図 5 の波長多重光信号は 2 分岐され、一方の波長多重光信号は波長多重信号モニタ回路 6 0 0 へ出力されると共に、他方の波長多重光信号は波長多重光信号送信装置 1 0 0 から外部へ送信される。

## 【 0 0 4 4 】

波長多重信号モニタ回路 6 0 0 は、監視回路 7 0 0 から入力された制御信号により、入力された波長多重光信号の全帯域における波長ごとの光信号の光出力レベル（スペクトラム）の測定を実施する。波長多重信号モニタ回路 6 0 0 は、波長多重光信号を波長掃引し、波長掃引によって得られた波長多重光信号のスペクトラムを、モニタ結果として監視回路 7 0 0 へ出力する。

10

## 【 0 0 4 5 】

監視回路 7 0 0 は、所望の第 1 光送信機 2 0 0 A - 2 0 0 D、第 2 光送信機 3 0 0 において占有されている帯域を特定する。監視回路 7 0 0 は、例えば、第 1 光送信機 2 0 0 k が占有している帯域を特定する場合、第 1 光送信機 2 0 0 k から出力される光信号の光出力レベルを制御するための制御信号を生成して光信号レベル制御回路 4 0 0 へ出力する。そして、監視回路 7 0 0 は、波長多重信号モニタ回路 6 0 0 から入力されたモニタ結果の変化量を演算することによって、第 1 光送信機 2 0 0 k が占有している帯域を特定する。ここで、本実施形態に係る監視回路 7 0 0 は、制御信号の出力と同期させて、モニタ結果の変化量を演算する。

## 【 0 0 4 6 】

20

図 4 では、監視回路 7 0 0 がタイミング信号を生成し、光信号レベル制御回路 4 0 0 を経由して第 1 光送信機 2 0 0 A - 2 0 0 D 及び第 2 光送信機 3 0 0 内の可変損失回路 2 2 0 A - 2 2 0 D、3 2 1 - 3 2 4 にタイミング信号を渡す。タイミング信号は光送信機毎に分かれているため、任意の光送信機の光出力を制御できる。第 1 光送信機 2 0 0 A - 2 0 0 D 及び第 2 光送信機 3 0 0 は、光信号レベル制御回路によりこのタイミング信号に合わせて光信号 1 - 5 の光強度を  $P$  変化させる。監視回路 7 0 0 は光強度の変化と同時に波長多重信号モニタ回路 6 0 0 から波長多重光信号のスペクトラムを取り込む。監視回路 7 0 0 のタイミング信号に合わせてスペクトラムの取り込みを行い、前回取り込んだスペクトラムと光強度を比較することで、 $P$  の変化が生じている帯域が特定される。その結果、各光送信機が占有している帯域が特定される。

30

## 【 0 0 4 7 】

波長多重光信号送信装置 1 0 0 における帯域の特定手順について、図 6、図 7 を用いて詳細に説明する。以下では、波長多重光信号送信装置 1 0 0 が、第 2 光送信機 3 0 0 が占有している帯域を特定する時の手順について説明する。

## 【 0 0 4 8 】

監視回路 7 0 0 は、第 2 光送信機 3 0 0 から出力された光信号 4 によって占有されている帯域を特定する場合、先ず、第 2 光送信機 3 0 0 から出力される光信号 4 の光出力レベルを  $+P$  レベルだけ変化させるための制御信号 1 を生成して光信号レベル制御回路 4 0 0 へ出力する（S 1 0 1）。

## 【 0 0 4 9 】

40

光信号レベル制御回路 4 0 0 は、入力された制御信号 1 に基づいて第 2 光送信機 3 0 0 の可変損失回路 3 2 1 - 3 2 4 を制御し、多波長光送信回路 3 1 0 から出力された 4 つの光信号の光出力レベルをそれぞれ、制御しない時の光出力レベルから  $+P$  レベル変化させる（S 1 0 2）。これにより、多波長光送信回路 3 1 0 から出力された光信号 4 の光出力レベルが  $+P$  レベル変化する。光出力レベルが  $+P$  レベル変化した光信号 4 は、波長多重回路 5 0 0 において光送信回路 2 1 0 A - 2 1 0 D から出力された光信号 1 - 3、5 と波長多重され、波長多重光信号として出力される。

## 【 0 0 5 0 】

波長多重信号モニタ回路 6 0 0 には、波長多重回路 5 0 0 から出力された波長多重光信号の一部が入力される。すなわち、波長多重信号モニタ回路 6 0 0 には、光出力レベルが

50



+ Pレベル変化した光信号4を含む波長多重光信号が入力される。波長多重信号モニタ回路600は、入力された波長多重光信号の全帯域のスペクトラムを取得し、第1モニタ結果として監視回路700へ出力する。第1モニタ結果の一例を図7(a)に示す。

【0051】

監視回路700は、入力された第1モニタ結果を記憶する(S103)。監視回路700は、第1モニタ結果を記憶した後、第2光送信機300から出力される光信号4の光出力レベルを-Pレベルだけ変化させるための制御信号2を生成して光信号レベル制御回路400へ出力する(S104)。

【0052】

光信号レベル制御回路400は、入力された制御信号2に基づいて第2光送信機300の可変損失回路321-324を制御し、多波長光送信回路310から出力された4つの光信号の光出力レベルをそれぞれ、制御しない時の光出力レベルから-Pレベル変化させる(S105)。これにより、多波長光送信回路310から出力された光信号4の光出力レベルが-Pレベル変化する。光出力レベルが-Pレベル変化した光信号4は、波長多重回路500において光送信回路210A-210Dから出力された光信号1-3、5と波長多重され、波長多重光信号として出力される。

【0053】

波長多重信号モニタ回路600には、波長多重回路500から出力された波長多重光信号の一部が入力される。すなわち、波長多重信号モニタ回路600には、光出力レベルが-Pレベル変化した光信号4を含む波長多重光信号が入力される。波長多重信号モニタ回路600は、入力された波長多重光信号の全帯域のスペクトラムを取得し、第2モニタ結果として監視回路700へ出力する。第2モニタ結果の一例を図7(b)に示す。

【0054】

監視回路700は、第2モニタ結果を取得した後、記憶している第1モニタ結果と、新たに取得した第2モニタ結果との差分を演算する(S106)。図7(a)に示した第1モニタ結果と図7(b)に示した第2モニタ結果との差分を図7(c)に示す。

【0055】

図7(c)から分かるように、第2光送信機300から出力される光信号4の光出力レベルを+Pレベルと-Pレベルとに変化させ、この時のスペクトラムの差分を演算する場合、光信号4の光出力レベルの差分は、略 $P \times 2$ となる。一方、光出力レベルの制御を行っていない光信号1-3、5の光出力レベルの差分は、相殺されて略ゼロとなる。従って、本実施形態に係る監視回路700は、スペクトラムの差分が $P \times 2$ である帯域を、第2光送信機300から出力された光信号4によって占有されている帯域として特定する(S107)。

【0056】

以上のように、本実施形態に係る波長多重光信号送信装置100は、所望の第1光送信機200A-200D、第2光送信機300の可変損失回路220A-220D、321-324を制御することによって所望の第1光送信機200A-200D、第2光送信機300から出力される光信号の光出力レベルを $\pm P$ レベル変化させる。そして、+Pレベル変化させた時の第1モニタ結果と、-Pレベル変化させた時の第2モニタ結果との差分を演算し、光出力レベルの差分が $P \times 2$ となった帯域を、所望の第1光送信機200A-200D、第2光送信機300から出力された光信号によって占有されている帯域として特定する。

【0057】

すなわち、監視回路700において、制御信号の生成とモニタ結果の取得との同期を取り、モニタ開始前のタイミングにおいて帯域測定対象の第1光送信機200A-200D、300から出力される光出力レベルを $\pm P$ 変化させてスペクトラムの差分を演算することにより、所望の第1光送信機200A-200D、第2光送信機300が占有している帯域を容易に且つ高精度に特定することができる。

【0058】

10

20

30

40

50

ここで、本実施形態においては、波長多重光信号送信装置 100 が、4 台の第 1 光送信機 200A - 200D と 1 台の第 2 光送信機 300 を備える場合について説明したが、それぞれの台数はこれらに限定されない。また、波長多重光信号送信装置に、単一波長の光信号を出力する光送信機のみを配置したり、複数のサブキャリアを含む 1 回線の光信号を出力する光送信機のみを配置したりすることもできる。

#### 【0059】

さらに、本実施形態においては、帯域特定対象の第 1 光送信機 200A - 200D、第 2 光送信機 300 から出力される光出力レベルを  $\pm P$  変化させた時のスペクトラムの差分を演算したが、これに限定されない。例えば、光出力レベルを + 側にだけ  $P$  変化させ、図 7(a) に示したスペクトラムと、図 5 に示した光出力レベルを制御しない状態のスペクトラムとの差分を演算することもできる。この場合、監視回路 700 は、光出力レベルの差分が  $P$  となった帯域を、所望の第 1 光送信機 200A - 200D、第 2 光送信機 300 から出力された光信号によって占有されている帯域として特定する。

10

#### 【0060】

本願発明は上記実施形態に限定されるものではなく、この発明の要旨を逸脱しない範囲の設計の変更等があってもこの発明に含まれる。

#### 【0061】

この出願は、2016 年 2 月 2 日に出願された日本出願特願 2016 - 017632 を基礎とする優先権を主張し、その開示の全てをここに取り込む。

#### 【符号の説明】

20

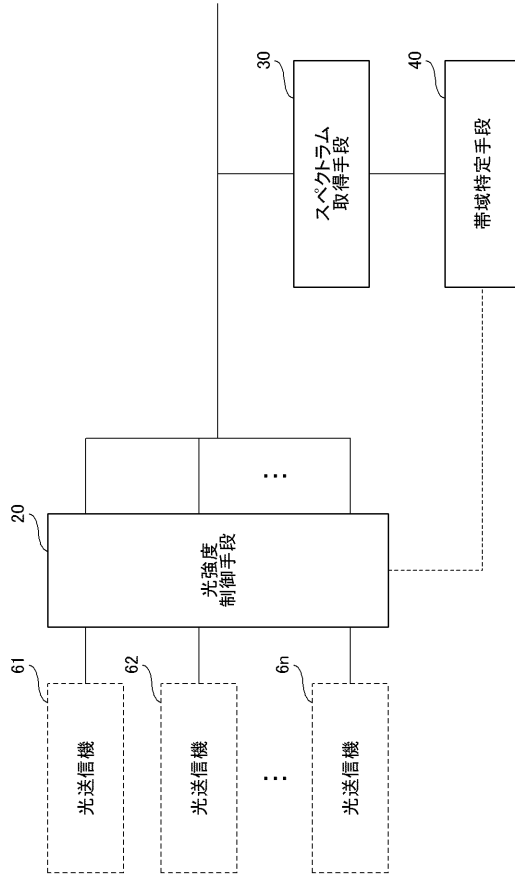
#### 【0062】

- 10 帯域特定回路
- 20 光強度制御手段
- 30 スペクトラム取得手段
- 40 帯域特定手段
- 50、50B 波長多重光信号送信装置
- 61、62...6n、6k 光送信機
- 70 多重化手段
- 80 波長多重光信号伝送システム
- 90 波長多重光信号受信装置
- 91 受信手段
- 100 波長多重光信号送信装置
- 200A - 200D 第 1 光送信機
- 210A - 210D 光送信回路
- 220A - 220D 可変損失回路
- 300 第 2 光送信機
- 310 多波長光送信回路
- 321 - 324 可変損失回路
- 400 光信号レベル制御回路
- 500 波長多重回路
- 600 波長多重信号モニタ回路
- 700 監視回路

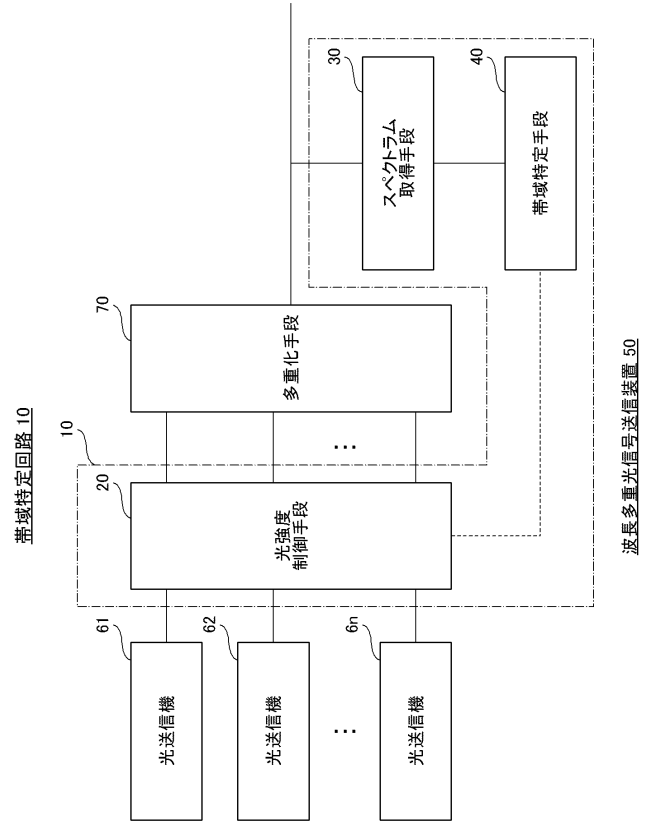
30

40

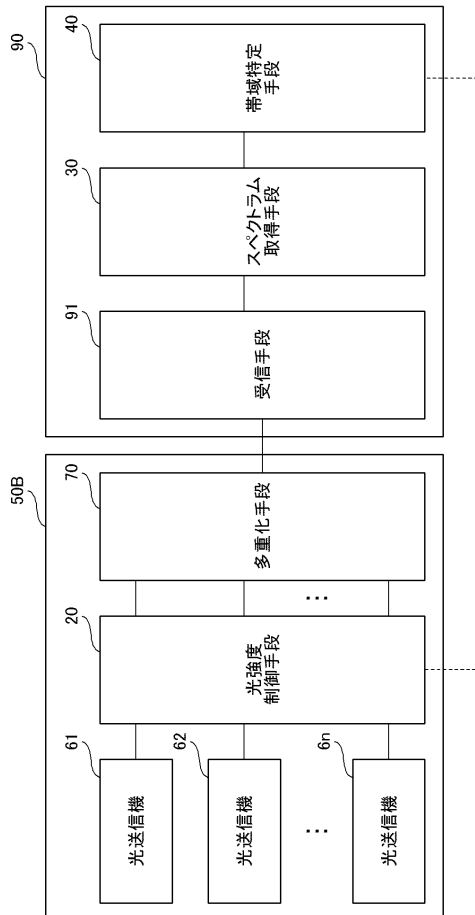
【図 1】



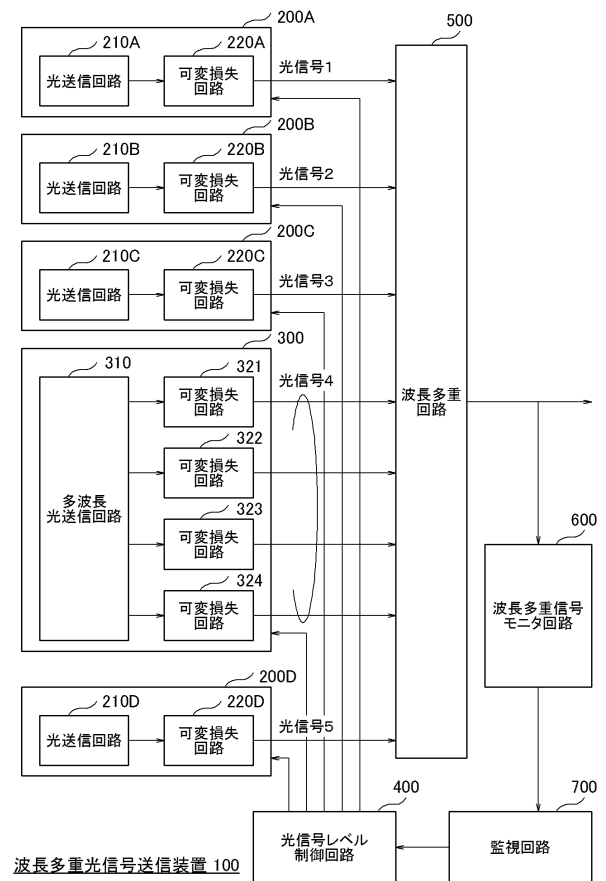
【図 2】



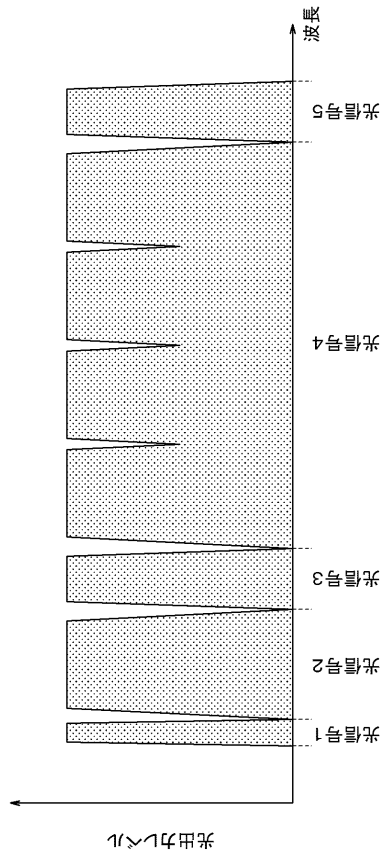
【図 3】



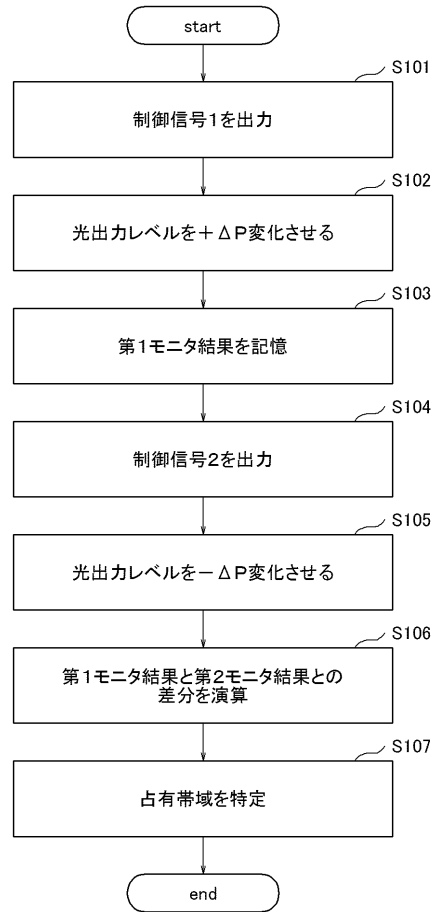
【図 4】



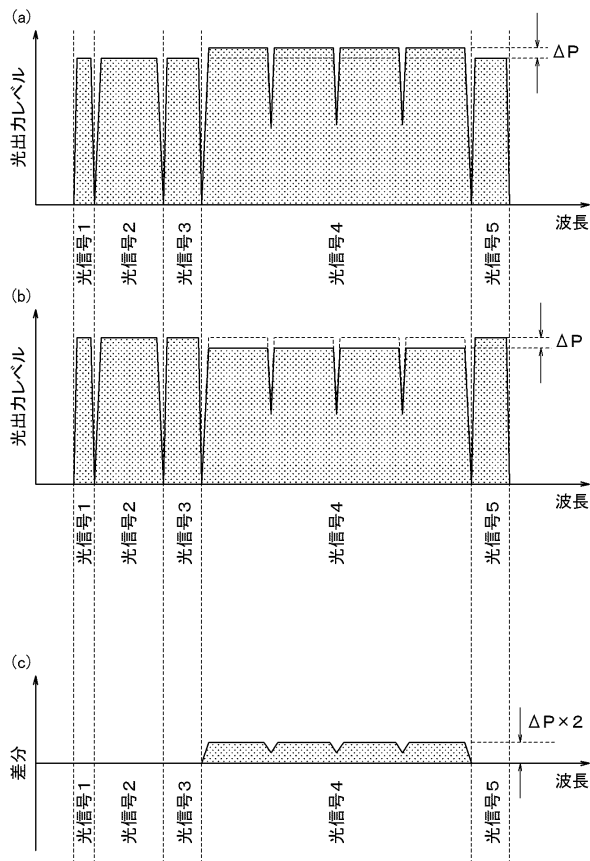
【図 5】



【図 6】



【図 7】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2007-104008(JP,A)  
特開2014-165751(JP,A)  
特開2015-220553(JP,A)  
特開2017-17705(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H04B 10/079  
H04J 14/02