

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第4643645号  
(P4643645)

(45) 発行日 平成23年3月2日 (2011.3.2)

(24) 登録日 平成22年12月10日 (2010.12.10)

|                        |               |
|------------------------|---------------|
| (51) Int. Cl.          | F I           |
| HO 4 J 14/00 (2006.01) | HO 4 B 9/00 E |
| HO 4 J 14/02 (2006.01) | HO 4 B 9/00 J |
| HO 4 B 10/16 (2006.01) |               |
| HO 4 B 10/17 (2006.01) |               |

請求項の数 19 (全 14 頁)

|               |                               |           |                     |
|---------------|-------------------------------|-----------|---------------------|
| (21) 出願番号     | 特願2007-525803 (P2007-525803)  | (73) 特許権者 | 502101180           |
| (86) (22) 出願日 | 平成17年8月11日 (2005.8.11)        |           | タイコ エレクトロニクス サブシー コ |
| (65) 公表番号     | 特表2008-510388 (P2008-510388A) |           | ミュニケーションズ エルエルシー    |
| (43) 公表日      | 平成20年4月3日 (2008.4.3)          |           | アメリカ合衆国 07960 ニュージャ |
| (86) 国際出願番号   | PCT/US2005/028643             |           | ージー州 モリスタウン マウント ケン |
| (87) 国際公開番号   | W02006/031340                 |           | ブル アヴェニュー 412 スイート  |
| (87) 国際公開日    | 平成18年3月23日 (2006.3.23)        |           | 100エス               |
| 審査請求日         | 平成20年7月11日 (2008.7.11)        | (74) 代理人  | 100073184           |
| (31) 優先権主張番号  | 60/600,533                    |           | 弁理士 柳田 征史           |
| (32) 優先日      | 平成16年8月11日 (2004.8.11)        | (74) 代理人  | 100090468           |
| (33) 優先権主張国   | 米国 (US)                       |           | 弁理士 佐久間 剛           |
|               |                               | (72) 発明者  | マンナ, マッシーモ          |
|               |                               |           | アメリカ合衆国 ニュージャージー州 0 |
|               |                               |           | 7724 イートンタウン イートン ク |
|               |                               |           | レスト ドライブ 209ビー      |
|               |                               |           | 最終頁に続く              |

(54) 【発明の名称】 光伝送システムにスペクトル負荷を与えるシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長分割多重 (WDM) システムの複数のチャネルと関連付けられた複数のシステム波長の帯域内のそれぞれ異なる個々の信号波長で複数の情報信号を送信するよう構成された複数の送信器と、

前記複数のシステム波長の帯域内の複数の負荷波長であって、前記WDMシステムの複数の不使用チャネルの一部のみと関連付けられ、部分的に負荷された前記WDMシステムの所望の利得スペクトルを提供するよう選択され離間された前記複数の負荷波長で、複数のダミートーンを生成するよう構成された光学負荷発生器と、

前記WDMシステムの複数の使用チャネル上の前記複数の情報信号と前記WDMシステムの前記複数の不使用チャネルの一部上の前記複数のダミートーンとを含む出力を供給するために、前記複数の情報信号と前記複数のダミートーンとを結合するよう構成された少なくとも1つの結合器と、

該少なくとも1つの結合器に結合された伝送路と、

該伝送路上で伝送される前記出力を光学的に増幅する光増幅器と、を備えるシステムであって、

前記複数の負荷波長が、部分的に負荷されたWDMシステムの利得スペクトルにおける、スペクトルホールバーニング (SHB) によって生じた歪みに基づき選択され離間され、

前記ダミートーンの過半数が、前記複数のシステム波長の帯域の下半分の範囲内の波長

で生成されることを特徴とするシステム。

【請求項 2】

前記光学負荷発生器が、少なくとも 3 つのダミートーンを生成するよう構成されることを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

【請求項 3】

前記複数のシステム波長の帯域が、約 1 5 3 7 . 6 n m ~ 1 5 6 3 . 2 n m ( 波長は真空中のものである ) であり、前記ダミートーンの過半数が、約 1 5 5 0 n m より低い波長で生成されることを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

【請求項 4】

前記ダミートーンの 1 つが、前記複数のシステム波長の帯域の中央の波長で発生されることを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

10

【請求項 5】

少なくとも前記光学負荷発生器に結合され、前記伝送中の 1 チャンネル当たりの適切なパワーレベルを維持するために、前記ダミートーンのパワーレベルを減衰するように調節する少なくとも 1 つのパワー調節装置を更に備えることを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

【請求項 6】

前記光学負荷発生器が、前記複数の負荷波長で動作するよう前記少なくとも 1 つの結合器に向けて出力する連続波レーザ源を含むことを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

【請求項 7】

20

前記光学負荷発生器が、前記レーザ源に結合され、該レーザ源の出力を前記少なくとも 1 つの結合器に出力する少なくとも 1 つの偏光変換器を更に含むことを特徴とする請求項 6 記載のシステム。

【請求項 8】

前記光学負荷発生器が、  
光学ノイズを生成するよう構成された広帯域ノイズ源と、  
前記ダミートーンを生成するために前記光学ノイズをフィルタリングして前記少なくとも 1 つの結合器に向けて出力する少なくとも 1 つのフィルタと、  
を含むことを特徴とする請求項 1 記載のシステム。

【請求項 9】

30

前記ノイズ源が自然放射増幅光 ( A S E ) ノイズ源を含むことを特徴とする請求項 8 記載のシステム。

【請求項 10】

光伝送路上で W D M 信号を伝送する方法であって、  
部分的に負荷された W D M システムの複数のチャンネルと関連付けられた複数のシステム波長の帯域内のそれぞれ異なる個々の信号波長で複数の情報信号を生成する工程と、  
前記複数のシステム波長の帯域内の複数の負荷波長であって、前記 W D M システムの複数の不使用チャンネルの一部のみと関連付けられ、前記部分的に負荷された W D M システムの所望の利得スペクトルを提供するよう選択され離間された前記複数の負荷波長で、複数のダミートーンを生成する工程と、

40

前記複数の情報信号が前記 W D M システムの複数の使用チャンネルに供給され、前記複数のダミートーンが前記 W D M システムの前記複数の不使用チャンネルの一部に供給されるように、前記光伝送路上に前記複数の情報信号及び前記複数のダミートーンを伝える工程と、

前記光伝送路上の前記複数の情報信号及び前記複数のダミートーンを光学的に増幅する工程と、

前記部分的に負荷された W D M システムの利得スペクトルにおける、スペクトルホールバーニング ( S H B ) によって生じた歪みに基づき前記複数の負荷波長を選択する工程と、  
を備え、

前記複数のダミートーンを生成する前記工程が、前記ダミートーンの過半数を前記複数

50

のシステム波長の帯域の下半分の範囲内の波長で生成することを特徴とするWDM信号伝送方法。

【請求項 1 1】

前記複数のダミートーンを生成する前記工程が、少なくとも3つのダミートーンを生成することを特徴とする請求項 1 0 記載のWDM信号伝送方法。

【請求項 1 2】

前記複数のシステム波長の帯域が、約 1 5 3 7 . 6 n m ~ 1 5 6 3 . 2 n m ( 波長は真空中のものである ) であり、前記複数のダミートーンを生成する前記工程が、前記ダミートーンの過半数を約 1 5 5 0 n m より低い波長で生成することを特徴とする請求項 1 0 記載のWDM信号伝送方法。

10

【請求項 1 3】

前記複数のダミートーンを生成する前記工程が、少なくとも3つのノイズトーンを生成することを特徴とする請求項 1 0 記載のWDM信号伝送方法。

【請求項 1 4】

前記複数のダミートーンを生成する前記工程が、自然放射増幅光 ( A S E ) ノイズ源をフィルタリングして少なくとも3つのノイズトーンを生成することを特徴とする請求項 1 0 記載のWDM信号伝送方法。

【請求項 1 5】

スペクトルホールバーニングを抑えるためのスペクトル負荷方法であって、  
複数のシステム波長の帯域にわたる複数の使用チャネル及び複数の不使用チャネルを含む部分的に負荷されたWDMシステムのWDM信号を光学的に増幅する工程と、  
前記WDMシステムの利得スペクトルにおける、スペクトルホールバーニング ( S H B )によって生じた歪みを識別する工程と、

20

前記WDMシステムの前記利得スペクトルの前記歪みに基づき、前記複数のシステム波長の帯域内で、前記WDMシステムの前記複数の不使用チャネルの一部と関連付けられた複数の負荷波長を選択する工程と、

前記歪みを変えて、前記部分的に負荷されたWDMシステムの所望の利得スペクトルを提供するために、前記WDMシステムの前記複数の不使用チャネルの一部に、前記複数の負荷波長でダミートーンを与える工程と、を備えるスペクトル負荷方法であって、

前記複数の負荷波長を選択する前記工程が、前記複数の負荷波長の過半数を前記複数のシステム波長の帯域の下半分の範囲で選択することを特徴とするスペクトル負荷方法。

30

【請求項 1 6】

前記複数の波長を選択する前記工程が、少なくとも3つのダミートーンを生成するための少なくとも3つの波長を選択することを特徴とする請求項 1 5 記載のスペクトル負荷方法。

【請求項 1 7】

前記複数の波長を選択する前記工程が、前記複数のシステム波長の帯域にわたって不均等に離間された複数の負荷波長を選択することを特徴とする請求項 1 5 記載のスペクトル負荷方法。

【請求項 1 8】

前記複数の負荷波長を選択する前記工程が、前記複数の負荷波長の1つを前記複数のシステム波長の帯域の中央で選択することを特徴とする請求項 1 5 記載のスペクトル負荷方法。

40

【請求項 1 9】

前記複数のシステム波長の帯域が、約 1 5 3 7 . 6 n m ~ 1 5 6 3 . 2 n m ( 波長は真空中のものである ) であり、前記複数の負荷波長を選択する前記工程が、前記複数の負荷波長の過半数を約 1 5 5 0 n m より低い範囲で選択することを特徴とする請求項 1 5 記載のスペクトル負荷方法。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の説明】

50

## 【 0 0 0 1 】

本願は、ここに全てを引用する、2004年8月11日に出願された米国仮特許出願第60/600533号の恩恵を主張するものである。

## 【技術分野】

## 【 0 0 0 2 】

本発明は光伝送システムに関し、具体的には、スペクトルホールバーニング (SHB) を抑えるために、不使用システムチャンネルにダミー負荷トーンでスペクトル負荷を与えるシステム及び方法に関する。

## 【背景技術】

## 【 0 0 0 3 】

光ファイバ伝送システムの伝送容量を最大化するために、いわゆる波長分割多重システム (以降、WDMシステム) では、単一の光ファイバを用いて複数の光信号を搬送し得る。最新のWDMシステムは、高いトラフィック容量 (例えば、10ギガバイト/秒 (以降、Gb/s) の64個のチャンネルを搬送する容量) を有する。しかし、光リンクの初期展開時には、リンクが部分的にのみ負荷される場合がある (例えば、8チャンネル)。初期には、使用可能なチャンネルの合計数のうち僅かなチャンネルのみが、情報信号の搬送に用いられ得る。

## 【 0 0 0 4 】

情報信号が長距離をわたって又は光ファイバケーブルのリンク間を伝送される際には、信号の減衰を補償するための1つ以上の増幅器が設けられ得る。一部のWDMシステムで用いられる増幅器は、容易に修正できず、完全に負荷されたリンク (例えば、各チャンネルが10Gb/sを搬送する64個のチャンネル) をサポートする初期サイズを有し得る。1チャンネル当たりのパワーは、増幅器からの自然放射増幅光 (ASE) ノイズの存在下で適切な信号対ノイズ比を提供するのに十分でなければならず、完全負荷容量が高いシステムでは、増幅器の合計出力パワーが高い必要がある。従って、増幅器は、公称の光パワーで光出力信号を提供するよう構成される。公称出力パワーレベルは、増幅器の入力におけるパワーに影響されない。増幅器の入力パワーが広範囲に変化しても、出力パワーは、この公称出力パワーレベルの前後でほとんど変化しない。従って、光リンクが完全に負荷されている場合には、各チャンネルは略等しい光出力パワーに増幅される。初期展開時のシステムが僅かな情報チャンネルのみを用いる場合には、これらのチャンネルが全増幅器出力パワーを分け合う。更なるチャンネルが追加されると、1チャンネル当たりの光出力パワーは減少する。

## 【 0 0 0 5 】

一部のチャンネルのパワーが他のチャンネルのパワーと比べて増加すると、スペクトルホールバーニング (SHB) として知られる効果によって問題が生じ得る。エルビウムドープファイバ増幅器 (EDFA) 等の希土類がドープされたファイバ増幅器を用いた光通信ネットワークでは、ドープされたファイバ媒質における、信号によって誘発される飽和が、SHBを生じ得る。SHBの結果、WDMシステムの利得スペクトルにおいて、飽和したチャンネルのスペクトルの近傍に、利得の窪み、即ち「ホール」が生じ得る。例えば、初期展開時に、少ないチャンネルカウントでWDMシステムが負荷されると、システムは、チャンネルにおけるパワーの展開 (power evolution) がシステムに沿ってより高くなるような、かなり歪んだ利得形状を示す場合がある。

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【 0 0 0 6 】

本発明の課題は、スペクトルホールバーニング (SHB) を抑えるために、不使用システムチャンネルにダミー負荷トーンでスペクトル負荷を与えるシステム及び方法の提供である。

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 0 7 】

一実施形態によれば、システムは、波長分割多重（WDM）システムの複数のチャンネルと関連付けられた複数のシステム波長の帯域内のそれぞれ異なる個々の信号波長で複数の情報信号を送信するよう構成された少なくとも1つの送信器を備える。本システムは、複数のシステム波長の帯域内の複数の負荷波長で複数のダミートーンを生成するよう構成された光学負荷発生器も備え、この複数の負荷波長は、WDMシステムの複数の不使用チャンネルの一部と関連付けられる。少なくとも1つの結合器は、複数の情報信号と複数のダミートーンとを結合して、WDMシステムの複数の使用チャンネル上の複数の情報信号とWDMシステムの複数の不使用チャンネルの一部上の複数のダミートーンとを含む出力を供給するよう構成される。

【0008】

10

別の実施形態によれば、光伝送路上でWDM信号を伝送する方法が提供される。本方法は、部分的に負荷されたWDMシステムの複数のチャンネルと関連付けられた複数のシステム波長の帯域内のそれぞれ異なる個々の信号波長で複数の情報信号を生成する工程を備える。複数のシステム波長の帯域内の複数の負荷波長でダミートーンが生成され、この負荷波長は、WDMシステムの複数の不使用チャンネルの一部と関連付けられる。複数の情報信号がWDMシステムの複数の使用チャンネルに供給され、複数のダミートーンがWDMシステムの複数の不使用チャンネルの一部に供給されるように、光伝送路上に複数の情報信号及び複数のダミートーンが伝えられる。

【0009】

20

更に別の実施形態によれば、スペクトルホールバーニングを抑えるためのスペクトル負荷方法が提供される。本方法は、複数のシステム波長の帯域にわたる複数の使用チャンネル及び複数の不使用チャンネルを含む部分的に負荷されたWDMシステムの利得スペクトルの歪みを識別する工程を備える。WDMシステムの利得スペクトルの歪みに基づき、複数のシステム波長の帯域内で複数の負荷波長が選択される。これらの負荷波長は、WDMシステムの不使用チャンネルの一部に対応する。歪みを変えて、部分的に負荷されたWDMシステムの所望の利得スペクトルを提供するために、WDMシステムの複数の不使用チャンネルに、複数の負荷波長でダミートーンが与えられる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

添付の図面と共に、以下の詳細な説明を参照する。図面中、類似の要素は類似の参照番号で示される。

30

【0011】

図1を参照すると、本発明による例示的な光通信システム100が示されている。説明を容易にするために、システム100は非常に単純化されたポイント・ツー・ポイントシステムとして示されていることが、当業者には認識されよう。光通信システム100は、光ケーブル106、108に結合されたターミナル120、130を含む。光ケーブル106、108は、光信号を搬送するための複数のファイバ対を含んでよく、ターミナル120、130間における光信号の双方向通信のための伝送路を設けるために、複数の中継器110（光増幅器を含む）及び連結している光ケーブル107を介してリンクされてよい。

40

【0012】

システム100は、水域104をわたって延びるよう利用され得る。例えば大洋等の水域にわたるように利用される場合には、中継器110は海底102に敷設されてよく、伝送路は陸揚げ地点間をわたって延びてよい。複数の中継器及び光学媒質リンクが水の下及び/又は陸上に配設され得ることが理解されよう。

【0013】

システム（例えばシステム100）がWDMシステムとして構成され、不使用チャンネルがある状態で初期展開される場合には、使用チャンネル上の情報信号は、負荷構成の関数として、利得形状の歪みを生じ得る。本願明細書で用いられる「使用チャンネル」とは、WDMシステム上でトラフィック又は情報信号を搬送しているシステムチャンネル位置を指すも

50

のであり、「不使用チャンネル」とは、トラフィック又は情報担持信号を含まないWDMシステムチャンネル位置を指すものである。

【0014】

利得形状の歪みを生じ得る1つの効果は、スペクトルホールバーニング(SHB)である。図2A~図2Cは、6,650kmのリンクを含む例示的なシステムにおける複数の異なる負荷構成に対する利得スペクトルの例を示している。図2Aは、システム帯域にわたって離間された複数の使用チャンネル上の情報信号を示している。図2Bは、システム帯域の中央部に集中した複数の使用チャンネル上の情報信号を示している。図2Cは、システム帯域の一端側に集中した複数の使用チャンネル上の情報信号を示している。図2A~図2Cに示されるように、SHBによって生じたホール、即ち利得の窪みは、利得スペクトルの歪みを生じて、完全に負荷されたWDMシステムの比較的平坦な利得スペクトルから変化した利得スペクトルを生じ得る。

10

【0015】

一般的に、本発明によるシステム及び方法は、システムを、送信器における初期の情報信号に加えて、複数のダミートーンで負荷することにより、この問題に対処するものである。本願明細書で用いられる「ダミートーン」(アイドルトーンとも称する)とは、情報又はトラフィックを搬送しない、特定の波長に集中した光エネルギーである。詳細は後述するが、ダミートーンは、自然放射増幅光(ASE)ノイズ等のノイズをフィルタリングすることによって、又は、非変調連続波レーザ源を用いることによって生成され得る。システムの初期負荷時に、スペクトル利得の平坦化を制御すると共に、トラフィックを搬送する使用チャンネルのパワーを制御するために、ダミートーンが負荷され得る。

20

【0016】

図3を参照し、スペクトル負荷システム300の一実施形態をより詳細に説明する。一般的に、システム300は、情報信号及びダミートーンを供給し、光伝送路(例えば、光通信システム100(図1)のファイバ)上を搬送されるように情報信号とダミートーンとを結合する。光伝送路は、1つ以上の光増幅器、利得平坦化フィルタ、及び/又は他の光伝送装置も含み得る。システム300は、当業者に公知の任意のWDMシステムで用いられてよく、WDMシステムの使用チャンネルに情報信号が供給され、WDMシステムの不使用(又はアイドル)チャンネルにダミートーンが供給される。

【0017】

30

システム300は、複数のシステム波長の帯域内の複数の異なる信号波長( $\lambda_{s1}$ 、... $\lambda_{sn}$ )の情報信号304-1~304-nを供給する1つ以上の送信器302-1~302-nを含んでよい。複数のシステム波長は、一般的に、WDMシステムの個別のWDMチャンネルと関連付けられ、複数の信号波長は、WDMシステムの複数の使用WDMチャンネルと関連付けられる。各送信器302-1~302-nは、例えば、レーザ源、変調器及び増幅器等といった当業者に公知の光伝送装置を含んでよい。

【0018】

システム300は、複数のシステム波長の帯域内の複数の異なる負荷波長( $\lambda_{11}$ 、 $\lambda_{12}$ 、... $\lambda_{1n}$ )のダミートーン312-1~312-nを生成する光学負荷発生器310も含んでよい。負荷波長は、一般的に、システム内の不使用WDMチャンネルの一部に対応する。詳細は後述するが、部分的に負荷されたWDMシステムのスペクトルにおける利得の歪みに基づき、所望の負荷波長が選択されてよい。光学負荷発生器310は、連続波レーザ源、又はフィルタリングされたノイズ源を含んでもよい(詳細は後述する)。

40

【0019】

システム300は、情報信号304-1~304-nとダミートーン312-1~312-nとを結合して出力322を供給する少なくとも1つの光結合器320を更に含んでよい。出力322は光学的に増幅された伝送路に供給されてよく、WDMシステムの使用チャンネル上に情報信号304-1~304-nが供給され、不使用チャンネル上にダミートーン312-1~312-nが供給される。単一の光結合器が図示されているが、更なる光結合器及び/又はその他の類似の光学装置を用いて、情報信号とダミートーンとを結合

50

してもよい。

【 0 0 2 0 】

図 4 に示されているスペクトル負荷システム 4 0 0 の別の実施形態によれば、複数の非変調連続波レーザ源 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n を用いて、所望の負荷波長のダミートーン 3 1 2 - 1 ~ 3 1 2 - n を生成する。スペクトル負荷システム 4 0 0 は、偏光解消されたアイドラートーン即ちダミートーンを生成するために、レーザ源 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n に続く 1 つ以上の偏光変換器 4 1 4 - 1 ~ 4 1 4 - n も含んでもよい。或いは、偏光変換器を用いずに、非変調連続波レーザ源 4 1 0 - 1 ~ 4 1 0 - n を用いてもよい。当業者に公知のレーザ源及び偏光変換器を用いてよい。

【 0 0 2 1 】

スペクトル負荷システム 4 0 0 のこの実施形態では、第 1 の光結合器 4 2 0 が情報信号 3 0 4 - 1 ~ 3 0 4 - n を結合して WDM 信号 4 0 4 を生じる。次に、第 2 の光結合器 4 2 2 が WDM 信号 4 0 4 とダミートーン 3 1 2 - 1 ~ 3 1 2 - n とを結合して、出力 3 2 2 を提供してもよい。光結合器は様々な構成をとり得るものであり、各入力を少なくとも部分的に結合して 1 つの共通の出力を生じるよう構成された受動素子及び / 又は能動素子を含み得ることが、当業者には認識されよう。

【 0 0 2 2 】

図 5 に示されているスペクトル負荷システム 5 0 0 の更に別の実施形態によれば、広帯域ノイズ源 5 1 0 及びフィルタ 5 3 0 を用いて、所望の負荷波長のダミーノイズトーンを生成する。この実施形態では、送信器 5 0 2 は、使用チャネル上に、情報信号を含む WDM 信号 5 0 4 を生成する。WDM 信号 5 0 4 は、送信器の増幅器 5 2 0 に結合されて、光学的に増幅された伝送路 5 2 2 (例えば、伝送線路ファイバ対のファイバ) 上に送信され得る。例示的なシステム 5 0 0 では、WDM 信号 5 0 4 の不使用チャネルに所望の負荷波長のノイズトーンが付加されるように、ダミーノイズトーンと WDM 信号 5 0 4 とが結合される。

【 0 0 2 3 】

ノイズ源 5 1 0 は、ASE ノイズ源等の広帯域ノイズ源を含んでよい。EDFA 等の光増幅器に低い入力パワーを供給することにより、増幅器を ASE 源として構成し得ることが、当業者には認識されよう。また、システム内の任意の不使用ファイバ対、又は安定動作するのに十分な使用チャネルを有するファイバ対を、広帯域ノイズ源として用いてもよい。

【 0 0 2 4 】

フィルタ 5 3 0 は、ノイズ源 5 1 0 によって供給される広帯域ノイズを、不使用チャネルに対応する所望の負荷波長の別個のノイズトーンに分離するよう構成されてよい。フィルタ 5 3 0 は、入力光信号をフィルタリングして複数の個々のスペクトル帯域を含む 1 つ以上の出力を生成する 1 つ以上の光フィルタ要素を含む光学インターリーピングフィルタであってもよい。光学インターリーピングフィルタの 1 つの出力 5 3 2 を終端させてもよく、光学インターリーピングフィルタの他方の出力 5 3 4 が複数のノイズトーンを供給してもよい。当業者には様々な光学インターリーピングフィルタ構成が知られている。例えば、共通の WDM チャネル分離で 1 つ以上の出力を供給するための広帯域単一コンポーネントの光学インターリーピングフィルタ構成が知られており、市販されている。個々のフィルタ要素をスタックして光学インターリーピングフィルタを構築してもよいことが、当業者には認識されよう。

【 0 0 2 5 】

フィルタ 5 3 0 から出力されるノイズトーンのパワーレベルの調節を可能にするために、フィルタ 5 3 0 の出力 5 3 4 はパワー調節装置 5 4 0 に結合されてよい。パワー調節装置 5 4 0 の出力を、送信器 5 0 2 によって生成された使用チャネル及び不使用チャネルを含む WDM 信号 5 0 4 を搬送する経路に結合するために、光結合器 5 1 8 を用いてよい。このように、WDM 信号 5 0 4 の不使用チャネルに、所望の負荷波長のダミーノイズトーンが付加される。光結合器 5 1 8 は、光伝送システムの他の伝送路にも結合され得る。従

10

20

30

40

50

って、単一の広帯域ノイズ源 510 が、光伝送システムの複数の伝送路（例えば、複数の線路対）にノイズを供給してもよい。

【0026】

パワー調節装置 540 は、可変光減衰器（VOA）又はダイナミック利得等化器を含んでよい。パワー調節装置 540 は、更に、又は代わりに、1 つ以上の特定のノイズトーン又はノイズトーン帯域のパワーレベルを制御するための損失フィルタとして構成されてもよい。パワー調節装置 540 は、例えば、1 対のアレイ導波路回折格子（AWG）を含んでもよい。一方の AWG は、複数のノイズトーンをそれぞれ異なる経路上に物理的に分離してもよく、各経路には、各経路上のトーンを特に減衰するための関連付けられた減衰器が結合される。他方の AWG は、減衰されたノイズトーンを結合して共通の経路上に戻してもよい。パワー調節装置 540 は、光学的に増幅された経路 522 を通して伝送中の 1 チャンネル当たりの適切なパワーレベルを維持するために、1 つ以上のノイズトーンを減衰するよう調節されてよい。パワー調節装置 540 によって与えられる減衰のレベルは、増幅器構成及び光学インターリーピングフィルタ構成を含むシステム特性に依存し得る。

【0027】

ノイズトーンの特性を制御するために、他のトーン制御装置（例えば、分光フィルタ、増幅器等）を用いてもよいことが、当業者には認識されよう。用いられ得るトーン制御装置の一例としては、伝送中のノイズトーンの広がりを制限するための 1 つ以上のドロップフィルタ又は帯域通過フィルタ（例えば、高フィネスのファブリー・ペローフィルタ）が含まれる。

【0028】

ノイズトーンを生成するために他のノイズ源及び構成を用いてもよいことが、当業者には認識されよう。WDM システムの不使用チャンネルを負荷するためのノイズ源及びノイズトーンを提供するために用いられ得る異なる構成の例は、2004 年 6 月 25 日に出願された米国特許出願第 10/877,059 号により詳細に記載されており、これを参照することにより本願明細書に組み込む。

【0029】

SHB を抑えるためにスペクトル負荷を与える 1 つの方法によれば、部分的に負荷された WDM システムの利得スペクトルにおける、SHB によって生じた歪みが識別される。この歪みは、一般的に、完全に負荷された WDM システムの比較的平坦な利得形状が変化したものである。図 2A ~ 図 2C に示されるように、歪みは、部分的に負荷された WDM システムの負荷構成に依存する。

【0030】

ダミートーンの所望の負荷波長は、部分的に負荷された WDM システムの利得スペクトルにおいて識別された歪みに基づいて選択されてよい。一実施形態では、不使用 WDM チャンネルと関連付けられた 3 つ以上の負荷波長が選択される。部分的に負荷された WDM システムにおける SHB の影響を抑えるために、負荷波長は、システム波長（又は WDM システムチャンネル）の帯域内で離間されてよい。ダミートーンは、ダミートーンによって SHB を介して生じる複数のホールの組み合わせが比較的平坦なパワースペクトルを生じるような周波数で、光学帯域内に配置されてよい。比較的平坦なパワースペクトルは、密に変調されたチャンネル（例えば、10Gb/s の 64 チャンネル）がシステムの増幅器の全光学帯域をカバーする完全負荷構成で得られるパワースペクトルに近い。

【0031】

次に、歪みを変えて WDM システムの所望の利得スペクトル（例えば、完全に負荷されたシステムのスペクトルにより近い利得スペクトル）を提供するために、WDM システムの選択された不使用チャンネルにダミートーンが与えられてよい。ダミートーンのパワー又は比率（即ち、個々のチャンネルのパワーで割った個々のダミートーンのパワー）を同等に調節することにより、トラフィック搬送チャンネル、即ち使用チャンネルの性能又はビット誤り率（BER）を最適化してもよい。

【0032】

図 6 には、スペクトル負荷の一例による受信光スペクトル 600 が示されている。この例によれば、8 つの変調されたチャネル、即ち使用チャネル 602 - 1 ~ 602 - 8 のパワースペクトルを等化するために、WDM システムに 4 つのアイドラートン、即ちダミートン 612 - 1 ~ 612 - 4 が負荷される。例示的な WDM システムは、CRZ 変調形式を用い、7.6 dB の SBS 及び +0.75 rad の PM を有し、-3.1 dBm の発射 (launched) データチャネルパワーを有する Tyco Global Network (TGN) 等の海底光通信システムであり得る。例示的な WDM システムの帯域幅は 1537.6 nm ~ 1563.2 nm である (波長は真空中のものである)。この例示的なスペクトル負荷構成によれば、4 つのダミートン 612 - 1 ~ 612 - 4 は、それぞれ 1541 nm、1545.3 nm、1550.1 nm 及び 1557.4 nm の中心波長を用いる。

10

#### 【0033】

図 6 に示されている例では、ダミートンの過半数は、約 1550 nm より低い波長のものが用いられる。これは、波長が低くなるほど SHB 効果によって生じるホールの幅が減少するからである。図 7 は、各飽和トーンに同じパワーを用いた場合の、複数の特定の波長の飽和トーンによって生じるホールの幅及び深さを示している。図示されるように、入力における全てのパワーが飽和トーンの波長である場合、SHB 効果によって生じるホールの幅及び深さは、飽和トーンの波長の関数として変化する。波長が短いほど、ホール即ち利得の窪みは深くなり、その幅は小さくなる。

#### 【0034】

20

全体的な利得 / ノイズスペクトルは、個々の各ダミートンの寄与の組み合わせである複数のホールを反映する。従って、SHB 効果を抑えてパワースペクトルを変えるために、ダミートンの過半数がより短い波長のものになるように、ダミートンが配置されてよい。

#### 【0035】

図 8 及び図 9 には、例示的な WDM システムにおける、ダミートンを用いたスペクトル負荷の 2 通りの異なる例についての利得 / ノイズスペクトル 800、900 が示されている。これらのスペクトル負荷の例における WDM システムは 200 個の増幅器を有し、中継器利得は 10.6 dB であり、各中継器は利得平坦化フィルタを含む。この例示的な WDM システム (即ち、エンド・ツー・エンド) の利得は、例えば、1537 nm ~ 1564 nm の範囲の 0.1 nm ずつ等間隔に離間された 270 個のチャネルのような高密度の完全負荷状態において、公称で平坦である。しかし図示されるように、例示的な WDM システムは、8 つの使用チャネル、即ち変調されたチャネルのみで部分的に負荷されている。

30

#### 【0036】

図 8 に示されている例では、4 つのダミートン 812 - 1 ~ 812 - 4 が、例示的な WDM システムの 8 個の使用チャネル 802 の帯域外に配置されている。このスペクトル負荷の例は、SHB 効果を幾分抑え得るが、システムの端部におけるノイズパワーを、対象の帯域 (即ち、1538 nm ~ 1563 nm) にわたって適切に制御するものではない。

40

#### 【0037】

図 9 に示されている例では、4 つのダミートン 912 - 1 ~ 912 - 4 が、例示的な WDM システムの 8 個の使用チャネル 902 - 1 ~ 902 - 8 の帯域にわたって不均等に配置されており、ノイズパワースペクトル及び利得スペクトルがより良好に制御されている。この例では、1 つのダミートン 912 - 3 が通過帯域又はシステム波長の帯域の中央に配置され、2 つのダミートン 912 - 1、912 - 2 が中央のダミートン 912 - 3 より低い波長に配置され、1 つのダミートン 912 - 4 が中央のダミートン 912 - 3 より高い波長に配置されている。その結果、一番外側のダミートンの間の範囲、即ち、1540 nm ~ 1558 nm におけるスペクトルが変わり、改善されている。

#### 【0038】

50

従って、スペクトル負荷の1つの方法では、通過帯域の中央で1つの負荷波長が選択される。次に、少なくとも2つの他の負荷波長が、ダミートーンによってS H Bを介して生じるホールの組み合わせが、完全に負荷されたW D Mシステムと比較して比較的平坦なパワースペクトルを生じるように配置され得る。例示的な実施形態は、完全に負荷されたシステムのスペクトルに近い（例えば、比較的平坦な）所望の利得スペクトルを提供するものであるが、本スペクトル負荷システム及び方法は、他の所望の利得スペクトルを達成するために用いられてもよい。

#### 【0039】

要求される容量の増加に対応するために、W D Mシステムのチャンネルカウント（即ち、使用チャンネル数）は増加され得る。システムに使用チャンネルが追加された際には、ダミートーンを用いたスペクトル負荷は、使用チャンネルの新たな負荷構成に基づき変更されてよい。例えば、ダミートーンを追加又は削除してもよく、それに加えて／或いは、ダミートーンの負荷波長を、新たな負荷構成の新たな利得スペクトルに応じて変更してもよい。

#### 【0040】

このように、本スペクトル負荷システム及び方法は、部分的に負荷されたW D MシステムにおけるS H B効果を抑えるために用いられ得る。このように、本スペクトル負荷システム及び方法は、利得形状の歪みを変えて、所望の（例えば、完全に負荷されたW D Mシステムにより近い）利得スペクトルを提供するために用いられ得る。

#### 【0041】

一実施形態によれば、システムは、波長分割多重（W D M）システムの複数のチャンネルと関連付けられた複数のシステム波長の帯域内のそれぞれ異なる個々の信号波長で複数の情報信号を送信するよう構成された少なくとも1つの送信器を備える。本システムは、複数のシステム波長の帯域内の複数の負荷波長で複数のダミートーンを生成するよう構成された光学負荷発生器も備え、この複数の負荷波長は、W D Mシステムの複数の不使用チャンネルの一部と関連付けられる。少なくとも1つの結合器は、複数の情報信号と複数のダミートーンとを結合して、W D Mシステムの複数の使用チャンネル上の複数の情報信号とW D Mシステムの複数の不使用チャンネルの一部上の複数のダミートーンとを含む出力を供給するよう構成される。

#### 【0042】

別の実施形態によれば、光伝送路上でW D M信号を伝送する方法が提供される。本方法は、部分的に負荷されたW D Mシステムの複数のチャンネルと関連付けられた複数のシステム波長の帯域内のそれぞれ異なる個々の信号波長で複数の情報信号を生成する工程を備える。複数のシステム波長の帯域内の複数の負荷波長でダミートーンが生成され、この負荷波長は、W D Mシステムの複数の不使用チャンネルの一部と関連付けられる。複数の情報信号がW D Mシステムの複数の使用チャンネルに供給され、複数のダミートーンがW D Mシステムの複数の不使用チャンネルの一部に供給されるように、光伝送路上に複数の情報信号及び複数のダミートーンが伝えられる。

#### 【0043】

更に別の実施形態によれば、スペクトルホールバーニングを抑えるためのスペクトル負荷方法が提供される。本方法は、複数のシステム波長の帯域にわたる複数の使用チャンネル及び複数の不使用チャンネルを含む部分的に負荷されたW D Mシステムの利得スペクトルの歪みを識別する工程を備える。W D Mシステムの利得スペクトルの歪みに基づき、複数のシステム波長の帯域内で複数の負荷波長が選択される。これらの負荷波長は、W D Mシステムの不使用チャンネルの一部に対応する。歪みを変えて、部分的に負荷されたW D Mシステムの所望の利得スペクトルを提供するために、W D Mシステムの複数の不使用チャンネルに、複数の負荷波長でダミートーンが与えられる。

#### 【0044】

しかし、本願明細書に記載した実施形態は、本発明を利用した複数の実施形態の一部に過ぎず、本発明を例示する目的で説明されたものであり、本発明を限定するものではない。本発明によるシステムを構築するために、本願明細書に記載した任意の具体的な構成を

10

20

30

40

50

、本願明細書に記載した１つ以上の他の構成と組み合わせよう。本発明の精神及び添付の特許請求の範囲に定められた範囲を実質的に逸脱することなく、当業者にとって自明な他の多くの実施形態が考えられ得る。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 5 】

【図 1】本発明による光通信システムの模式図

【図 2 A】WDMシステムにおける或る負荷構成の利得スペクトルを示すグラフ

【図 2 B】WDMシステムにおける別の負荷構成の利得スペクトルを示すグラフ

【図 2 C】WDMシステムにおける別の負荷構成の利得スペクトルを示すグラフ

【図 3】本発明の一実施形態によるスペクトル負荷システムの模式図

10

【図 4】別の実施形態の、レーザ源を用いるスペクトル負荷システムの模式図

【図 5】更に別の実施形態の、フィルタリングされたノイズ源を用いるスペクトル負荷システムの模式図

【図 6】本発明の一実施形態による例示的なスペクトル負荷方法を用いた、８チャンネル負荷構成の受信光スペクトルを示すグラフ

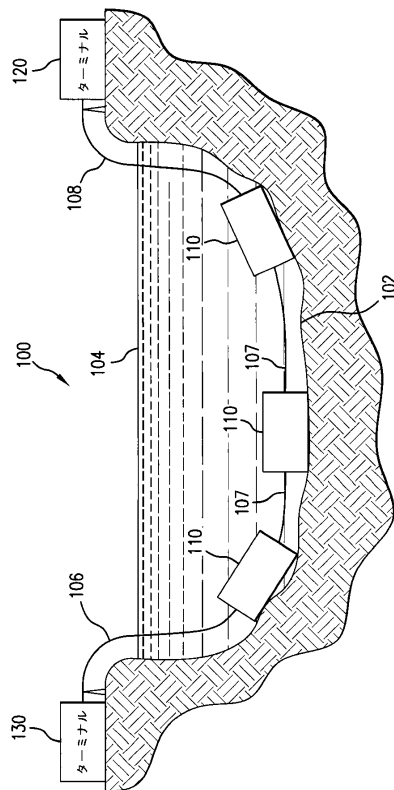
【図 7】単一の飽和トーンによって生じるスペクトルホールの、飽和トーンの波長の関数としての幅及び深さの変化を示すグラフ

【図 8】或るスペクトル負荷構成を用いた例示的なWDMシステムの利得／ノイズスペクトルを示すグラフ

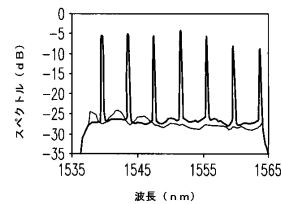
【図 9】別のスペクトル負荷構成を用いた例示的なWDMシステムの利得／ノイズスペクトルを示すグラフ

20

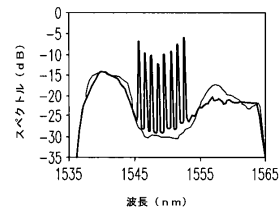
【図 1】



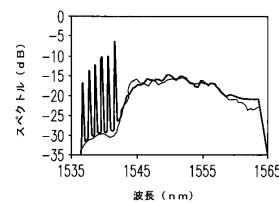
【図 2 A】



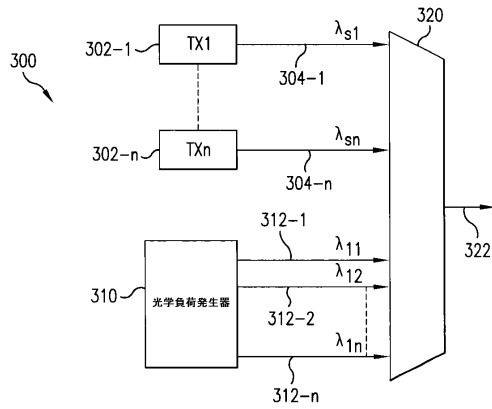
【図 2 B】



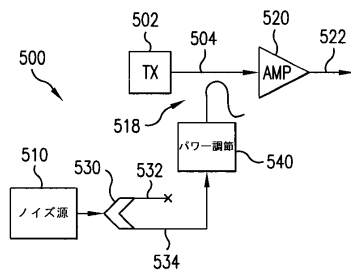
【図 2 C】



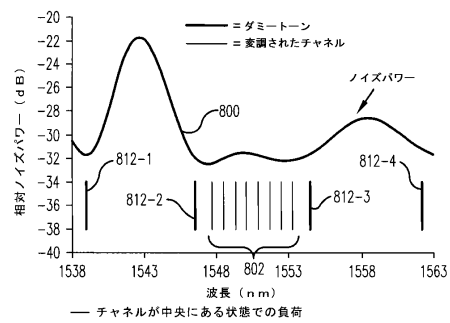
【図 3】



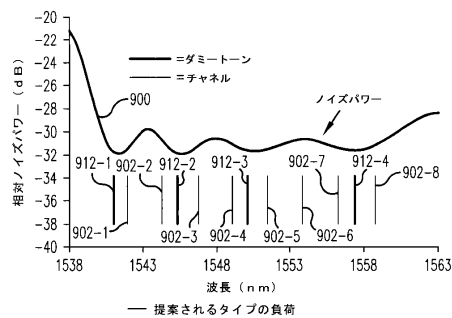
【図 5】



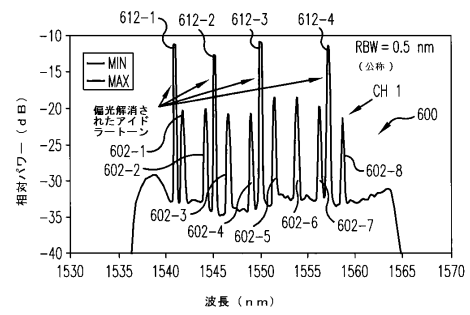
【図 8】



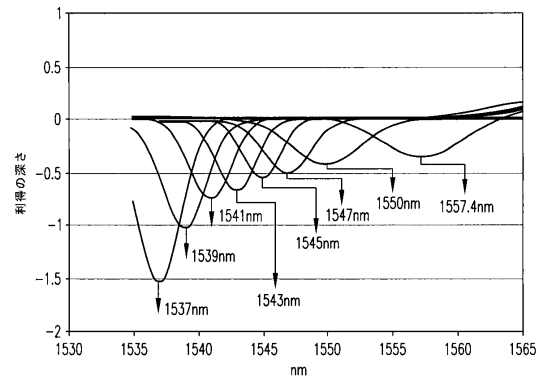
【図 9】



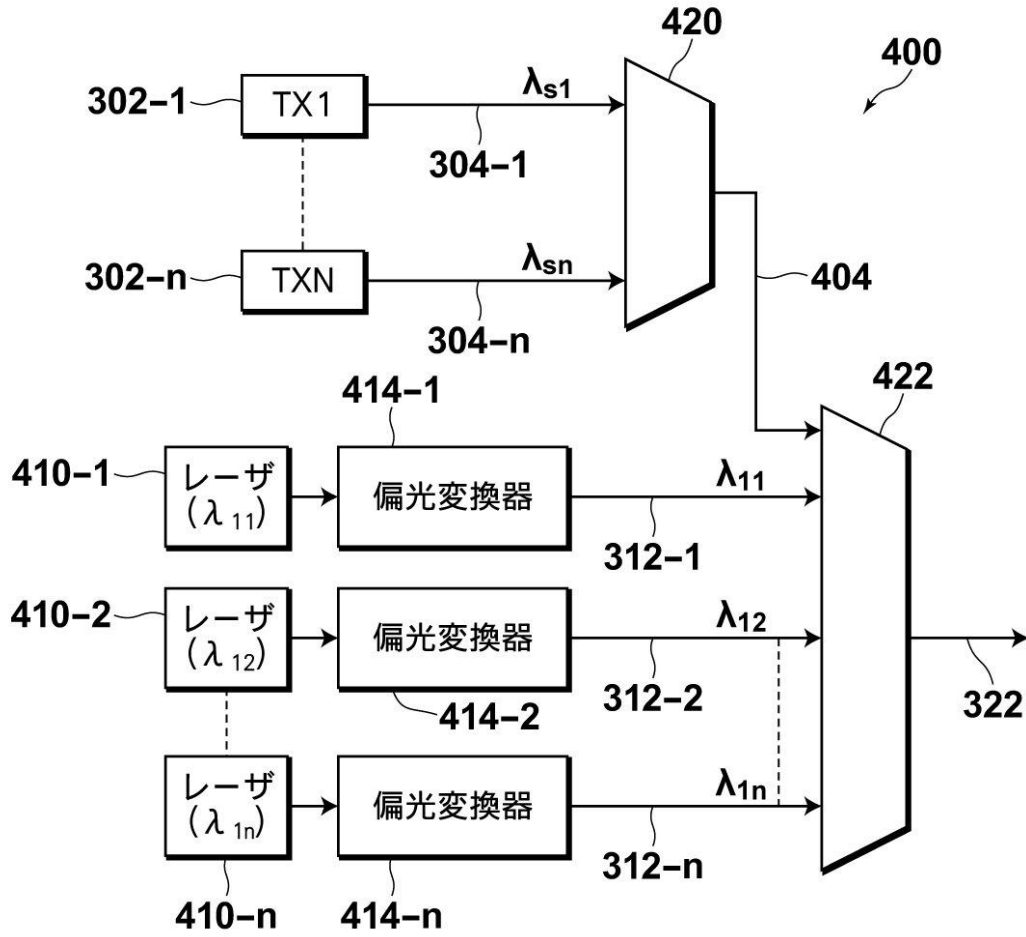
【図 6】



【図 7】



【 図 4 】



---

フロントページの続き

審査官 後澤 瑞征

(56)参考文献 国際公開第02/011338(WO, A1)

特開2002-051008(JP, A)

特開2002-198912(JP, A)

特開2000-151506(JP, A)

特開2002-353939(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B10/00-10/28

H04J14/00-14/08

IEEE Xplore