

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5827379号
(P5827379)

(45) 発行日 平成27年12月2日(2015.12.2)

(24) 登録日 平成27年10月23日(2015.10.23)

| | | | | | |
|--------------|--------|-----------|------|------|-----|
| (51) Int.Cl. | | F I | | | |
| HO4B | 10/077 | (2013.01) | HO4B | 9/00 | 177 |
| HO4J | 14/00 | (2006.01) | HO4B | 9/00 | F |
| HO4J | 14/04 | (2006.01) | HO4B | 9/00 | 293 |
| HO4J | 14/06 | (2006.01) | | | |
| HO4B | 10/293 | (2013.01) | | | |

請求項の数 5 (全 13 頁)

| | | | |
|------------|-------------------------------------|-----------|-----------------------------------|
| (21) 出願番号 | 特願2014-133630 (P2014-133630) | (73) 特許権者 | 000004226 |
| (22) 出願日 | 平成26年6月30日(2014.6.30) | | 日本電信電話株式会社 |
| (62) 分割の表示 | 特願2010-135607 (P2010-135607) の分割 | | 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 |
| 原出願日 | 平成22年6月14日(2010.6.14) | (74) 代理人 | 100127535 |
| (65) 公開番号 | 特開2014-220822 (P2014-220822A) | | 弁理士 豊田 義元 |
| (43) 公開日 | 平成26年11月20日(2014.11.20) | (74) 代理人 | 100159190 |
| 審査請求日 | 平成26年6月30日(2014.6.30) | | 弁理士 渡部 比呂志 |
| | | (72) 発明者 | 高良 秀彦 |
| | | | 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内 |
| | | (72) 発明者 | 米永 一茂 |
| | | | 東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日 本電信電話株式会社内 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 偏波多重光伝送システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

光ネットワークにおいて、同一波長の2つの光信号を互いに直交する偏波で多重して伝送する偏波多重光伝送システムであって、

送信系は、

異なる周波数の2つのトーン変調信号を発生するトーン信号発生部と、

前記2つの光信号それぞれに異なるトーン変調信号を重畳させる2つの光変調器と、

を有し、

中継系、または、光ノードは、

入力された偏波多重光信号から2つのトーン変調信号成分を抽出するトーン変調信号抽出部と、

前記2つのトーン変調信号成分から偏波間レベル比を求める偏波間レベル比検出部と、

を有し、

前記中継系、または、前記光ノードは、

検出した偏波間レベル比を基に該2つの光信号のレベル比を制御する偏波間レベル比制御部を備え、

前記偏波間レベル比制御部は、

偏波多重光信号を該2つの光信号に分離する偏波分離部と、

各偏光の光信号レベルを可変する光可変減衰部と、

2つの光信号を再び直交する偏波で多重する偏波多重部と、

10

20

を備え、

偏波間レベル比監視装置が検出した偏波間レベル比を1にするように該光可変減衰部で光信号レベルを制御することを特徴とする偏波多重光伝送システム。

【請求項2】

前記光変調器は、
光信号の強度または位相または偏波を変調する
請求項1記載の偏波多重光伝送システム。

【請求項3】

前記送信系は、
電気段で主信号にトーン変調信号を重畳するトーン変調信号重畳部を備え、
前記トーン変調信号を重畳した電気主信号で前記光変調器を変調する
請求項1記載の偏波多重光伝送システム。

10

【請求項4】

前記トーン変調信号抽出部は、
光信号を電気信号へ変換する光電変換部と、
トーン変調周波数成分を抽出する電気フィルタと、
からなる請求項1記載の偏波多重光伝送システム。

【請求項5】

前記トーン変調信号抽出部は、
光信号を電気信号へ変換する光電変換部と、
電気信号処理によりトーン変調周波数成分を抽出する電気信号処理部と、
からなる請求項1記載の偏波多重光伝送システム。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、偏波多重光伝送システムに係り、特に、トランスペアレント光ネットワークにおいて、光伝送路もしくは光ノードに存在する偏波依存性損失 (Polarization Dependent Loss: PDL) の偏波多重光伝送への影響を監視するための偏波多重光伝送システムに関する。

30

【背景技術】

【0002】

従来のトランスペアレント光ネットワークにおいては、光信号は、単一偏波で伝送されてきた。

【0003】

実際の光伝送路においては、偏波依存性損失 (Polarization Dependent Loss: PDL) が存在し、信号光の偏波状態によって信号光が過剰に減衰することが知られている。これまでの光伝送システムでは、単一偏波のみ用いているため、このPDLにより過剰に減衰した分を光ノードで監視して補償することができ、支障が生じることはなかった。

【0004】

40

一方、近年伝送速度の高速化や帯域使用率の高効率化のために偏波多重方式の導入が検討されている。この偏波多重方式は、同一の波長に、互いに直交する二つの偏波状態が存在することを利用して、これらの二つの偏波状態に独立な二つの信号を対応させて伝送し、受信側で偏波分離を行うことにより2つの信号を得る。

【0005】

図10に従来の偏波多重光伝送システムの送信系の構成を示す。同図に示すように、一般的にはCW光源1、分波器2、電気変調信号発生部3、X偏波用の光変調器4、Y偏波用の光変調器5、及び偏波合波器6から構成される。

【0006】

偏波多重方式は、同一波長の光信号を偏波が直交する状態 (図11ではX偏波及びY偏

50

波)で、送信元で偏波多重して伝送する方式である。ここで例えば、X偏波の方向と光伝送路のPDLの損失軸(図では水平軸)が一致したとすると、図11(b)のように伝搬後にX偏波が減衰することになる。PDLが大きいほど、X偏波が大きく減衰する。

【0007】

図12において、ノードAからノードCに光信号を伝送する場合を考える。図12のように単一偏波方式で非偏波多重の場合、偏波でチャンネルが規定されているわけではなく、単一偏波状態であるため、たとえ、光伝送路(図ではBC間)のPDLにより過剰に減衰を受けても光ノードの光増幅器で所定のレベルに回復させることができ(図ではDの位置)、その後次のノード送られる。ただ、受信端(図ではFの位置)では最後のリンク(図ではDE間)でのPDLの影響を受ける可能性はある。

10

【0008】

一方、図13のように偏波多重方式の場合、現状の光ノードでは、二つの異なる偏波状態の光信号のパワーの和を一定とすることになるため、どちらかのチャンネルのパワーがPDLにより過剰に減衰して小さくなっていても十分にパワーが回復しないまま(図ではDの位置)、次のノードに送られていることになる(図ではX偏波が回復していないことを示す)。さらにその信号光(図ではX偏波)が再び過剰な減衰を被った場合(図ではDE間)、受信端ではその光信号のレベルが極端に小さくなり、必要な光信号対雑音比(OSNR)が得られなくなる可能性がある(例えば、非特許文献1参照)。

【0009】

また、このように二つの信号間のレベル偏差が大きい場合、最近開発が進められている

20

デジタルコヒーレント方式においては、コヒーレントレシーバでの偏波分離が困難になることが予想される(例えば、非特許文献2参照)。

【0010】

このように、偏波多重方式をトランスペアレント光ネットワークに導入する場合、現状の技術だけでは、光伝送路のPDLにより伝送特性が劣化する恐れがある。また、光ノードを構成する部品自体にも多少ともPDLが存在するため、光信号が多くの光ノードを通過する場合はその影響は無視できない。

【0011】

上記のPDLによる伝送特性への影響を知るには、チャンネル(波長)毎にPDLによって生じた偏波間レベル比を監視する必要がある。また、監視した偏波間レベル比の情報に基づいて、各偏波成分のレベルが等しくなるよう制御(すなわちPDL補償)することが望まれる

30

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献1】T. Duuthel et al., "Impact of polarization dependent loss on coherent POLMUX-NRZ-DQPSK", OthU5, OFC/NFOEC2008, 2008.

【非特許文献2】菊池和朗,「デジタルコヒーレント光受信機を用いた偏波多重分離及び偏波分散補償技術の基礎」、OCS2009-T01、OCS第二種研究会第1回「デジタル信号処理による新しい光伝送技術」、2009年7月。

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

上記のように、偏波多重方式の場合、二つの光信号のうち、どちらかが受信端で大きくレベルが下がり、良好な伝送特性が得られない恐れがある。

【0014】

本発明は、上記の点に鑑みなされたもので、PDLによる偏波間レベル比を監視できる偏波間レベル比監視と偏波間レベル比制御を可能とする偏波多重光伝送システム及びネットワーク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】

50

【0015】

上記の課題を解決するために、本発明（請求項1）は、光ネットワークにおいて、同一波長の2つの光信号を互いに直交する偏波で多重して伝送する偏波多重光伝送システムであって、

送信系は、

異なる周波数の2つのトーン変調信号を発生するトーン信号発生部と、

前記2つの光信号それぞれに異なるトーン変調信号を重畳させる2つの光変調器と、を有し、

中継系、または、光ノードは、

入力された偏波多重光信号から2つのトーン変調信号成分を抽出するトーン変調信号抽出部と、

前記2つのトーン変調信号成分から偏波間レベル比を求める偏波間レベル比検出部と、を有し、

前記中継系、または、前記光ノードは、

検出した偏波間レベル比を基に該2つの光信号のレベル比を制御する偏波間レベル比制御部を備え、

前記偏波間レベル比制御部は、

偏波多重光信号を該2つの光信号に分離する偏波分離部と、

各偏光の光信号レベルを可変する光可変減衰部と、

2つの光信号を再び直交する偏波で多重する偏波多重部と、を備え、

偏波間レベル比監視装置が検出した偏波間レベル比を1にするように該光可変減衰部で光信号レベルを制御する。

10

20

【0016】

また、本発明（請求項2）は、前記光変調器において、光信号の強度または位相または偏波を変調する。

【0017】

また、本発明（請求項3）は、前記送信系が、

電気段で主信号にトーン変調信号を重畳するトーン変調信号重畳部を備え、

前記トーン変調信号を重畳した電気主信号で前記光変調器を変調する。

30

【0018】

また、本発明（請求項4）は、前記トーン変調信号抽出部が、

光信号を電気信号へ変換する光電変換部と、

トーン変調周波数成分を抽出する電気フィルタと、からなる。

【0019】

また、本発明（請求項5）は、前記トーン変調信号抽出部が、

光信号を電気信号へ変換する光電変換部と、

電気信号処理によりトーン変調周波数成分を抽出する電気信号処理部と、からなる。

【発明の効果】

40

【0020】

上記のように、本発明は、送信側で光信号に異なる周波数のトーン変調信号を重畳し、受信側で抽出した2種類のトーン変調信号に基づいて、偏波間のレベル比を監視し、偏波依存性損失（PDL）を補償することにより、PDLの伝送特性への影響を低減し、緩和できる偏波多重光伝送システムを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の第1の実施の形態における偏波多重光伝送システムの送信系の構成図である。

【図2】本発明の第1の実施の形態における偏波多重光伝送システムのPDL監視部の構

50

成例である。

【図3】本発明の第2の実施の形態におけるWDM光送信系の構成図である。

【図4】本発明の第2の実施の形態における多チャンネルの場合のPDL監視部の構成図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態における波長多重光伝送システムのPDL補償部の構成図である。

【図6】本発明の第3の実施の形態における偏波レベル調整部の構成例である。

【図7】本発明の第4の実施の形態における多チャンネルの場合の偏波レベル調整部の構成例である。

【図8】本発明の第4の実施の形態における多チャンネルの場合の偏波制御部の構成例である。

10

【図9】本発明の第5の実施の形態における波長多重光伝送システムのデジタルコヒーレント受信部の構成例である。

【図10】従来の偏波多重光伝送システムの送信系の構成図である。

【図11】PDLの偏波多重光信号への影響である。

【図12】単一偏波光伝送の場合のパワーレベルの変化である。

【図13】偏波多重光伝送の場合のパワーレベルの変化である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下図面と共に、本発明の実施の形態を説明する。

20

【0023】

[第1の実施の形態]

図1は、本発明の第1の実施の形態における偏波多重光伝送システムの送信系の構成を示す。同図において、図10の構成と同一部分には同一符号を付し、その説明を省略する。

【0024】

図10の従来の偏波多重光伝送システムの送信系の構成に対し、本発明の偏波多重光伝送システムでは、図1に示すような送信系を有する。

【0025】

同図(a)に示す送信系は、図10の構成にトーン変調信号発生器10を付加した構成である。トーン変調信号発生器10は、異なる周波数のトーン変調信号(f_{1x} , f_{1y})をそれぞれX偏波用光変調器4とY偏波用光変調器5に重畳している。トーン変調は光信号の強度または位相または偏波を変調する。同図(a)のトーン変調信号発生器10は、データである電気変調信号とは別の端子から変調器へトーン変調信号を入力している。例えば、トーン変調信号の周波数を数Hz~数100kHzと低周波数領域とすることで、変調器4, 5の直流バイアス電圧と重畳して直流バイアス端子へ入力すればよい。

30

【0026】

図1(b)では、電気変調信号とトーン変調信号を変調信号合波部11により重畳した後に変調器4, 5へ入力している構成例である。この場合、例えばトーン変調信号の周波数を数100kHz以上とすることも可能である。

40

【0027】

図2は、本発明の第1の実施の形態における偏波多重伝送システムのPDL監視部の構成を示す。PDL監視部20は、線形光中継系や光ノードにおいては、同図に示したように、光分岐器21、トーン変調信号抽出部22及びPDL抽出部23を備えている。光分岐器21で一部のパワーを分岐し、トーン変調信号抽出部22で光電変換した後に電気信号からトーン変調信号成分出力 $P_e(f_{1x})$ 、 $P_e(f_{1y})$ を抽出する。そして、PDL検出部23において、これら抽出した $P_e(f_{1x})$ 、 $P_e(f_{1y})$ はそれぞれX偏波強度とY偏波強度に相当するため、これらの値の比から光信号のX偏波強度(P_{ox})とY偏波強度(P_{oy})の比を求めることができる。例えば、トーン変調信号成分出力 $P_e(f_{1x})$ 、 $P_e(f_{1y})$ が電力値である場合は、光信号のX偏波とY偏波のレベル比は以下の式となる。

50

【 0 0 2 8 】

$$P_{ox} / P_{oy} = \{P_e(f_{1x}) / P_e(f_{1y})\}^{1/2} \quad (1)$$

具体的には、トーン変調信号抽出部 2 2 としては、アバランシェフォトダイオード (APD) や PIN フォトダイオード等の受光器などを用いることができる。また、PDL 抽出部 2 3 としては電気のバンドパスフィルタと電気増幅器の組み合わせや、AD 変換器とデジタル信号処理回路の組み合わせなどがある。後者の場合は、デジタル信号処理回路においてフーリエ変換により入力信号からトーン変調周波数成分を抽出することができる。

【 0 0 2 9 】

トーン変調信号 (f_{1x} , f_{1y}) の周波数差は、用いるトーン変調信号抽出部 2 2 の周波数分解能によって決定すればよい。例えば、電気のバンドパスフィルタのバンド幅が 1 kHz であれば、周波数 f_{1x} , f_{1y} の差を 1 kHz 以上にすればよい。デジタル信号の処理回路において、フーリエ変換の周波数分解能が 100 Hz であれば、周波数 f_{1x} , f_{1y} の差を 100 Hz 以上にすればよい。

【 0 0 3 0 】

上記述べたように、送信系で異なる周波数のトーン変調信号 (f_{1x} , f_{1y}) をそれぞれ X 偏波用光変調器 4 と Y 偏波用光変調器 5 に重畳して、線形光中継系や光ノードにおいてトーン変調信号成分出力 $P_e(f_{1x})$ 、 $P_e(f_{1y})$ を抽出することで、PDL による偏波レベル比を監視することができる。

【 0 0 3 1 】

[第 2 の実施の形態]

本実施の形態では、WDM (Wavelength Division Multiplexing) 信号を用いる場合について説明する。

【 0 0 3 2 】

図 3 は、本発明の第 2 の実施の形態における WDM 光送信系の構成を示し、図 4 は、本発明の第 2 の実施の形態における多チャンネルの場合の PDL 監視部の構成を示す。

【 0 0 3 3 】

WDM 信号の場合は多チャンネルを伝送するため、トーン変調信号発生器 10 は、それぞれのチャンネルの変調器 4 1, ..., 4 n 及び 5 1, ..., 5 n へトーン変調信号を重畳する。図 4 (a) に示すように、PDL 監視部がチャンネル毎に設置される場合は、図 2 のように各チャンネルのトーン変調周波数は 2 種類あればよい

図 4 (b) に示したように、PDL 監視部 20 において、多チャンネルの PDL を一括して監視する場合は、各チャンネルのトーン変調周波数を異なるもの (f_{1X} , f_{2X} , ..., f_{nX} , f_{1Y} , f_{2Y} , ..., f_{nY}) を用いることで、どのチャンネルか、及びどの偏波なのかを識別することができる。この場合、PDL 検出部 33 として AD 変換器とデジタル信号処理回路の組み合わせを用いることで簡易に全てのトーン周波数成分を検出して各チャンネルの PDL による偏波間レベル比を求めることができる。

【 0 0 3 4 】

[第 3 の実施の形態]

図 5 は、本発明の第 3 の実施の形態における波長多重光伝送システムの PDL 補償部の構成を示す。

【 0 0 3 5 】

図 5 (a) は、単一チャンネルの PDL 補償部の構成の第 1 の例を示したものであり、図 2 の PDL 監視部に偏波レベル調整部 24 が追加されている。この例は主に、中継系やノード内の光増幅器、光スイッチ、分散補償器、及び伝送路などの PDL を発生するシステム構成要素 30 の後段に配置される。システム構成要素の出力光の一部を分岐して PDL 監視部により偏波間レベル比を検出し、偏波レベル調整部 24 により偏波間レベル比を 1 (X 偏波成分と Y 偏波成分が等しい状態) とするよう調整することで PDL の補償を行う。

【 0 0 3 6 】

図 6 は、本発明の第 3 の実施の形態における偏波レベル調整部の構成を示し、図 5 の PDL 補償で用いる偏波レベル調整部 24 の構成例であり、偏波制御部 241、偏波分離器 2

10

20

30

40

50

4 2、光分岐器 2 4 3、偏波多重器 2 4 5、第 2 のトーン変調信号抽出部 2 4 6、偏光状態検出部 2 4 7、及び光減衰量制御部 2 4 4 からなる。

【 0 0 3 7 】

図 6 に示す偏波分離器 2 4 2 で互いに直交する P 偏光と S 偏光に分離し、片方（図では P 偏光）の出力の一部から第 2 のトーン変調信号抽出部 2 4 6 によりトーン変調信号周波数（ f_{1X} 、 f_{1Y} ）の成分（ $P_e(f_{1x})$ 、 $P_e(f_{1y})$ ）を抽出して、偏光状態検出部 2 4 7 により上記の式（1）の偏波レベル比 P_{ox}/P_{oy} を求める。この偏波レベル比が最大（または最小）となるように偏波制御部 2 4 1 により偏波分離器 2 4 2 への偏波多重光信号の偏光状態を制御する。偏波レベル比を最大（または最小）とすることにより、X 成分（または Y 成分）を P 偏光、Y 成分（または X 成分）を S 偏光として分離することができる。S 偏光である Y 成分（または X 成分）のレベルを光減衰量制御部 2 4 4 で調整した後に、偏波多重器 2 4 5 により P 偏光と S 偏光を多重する。偏波レベル調整部 2 4 の出力の一部から第 1 のトーン変調信号抽出部 2 2 によりトーン変調信号周波数（ f_{1X} 、 f_{1Y} ）の成分（ $P_e(f_{1x})$ 、 $P_e(f_{1y})$ ）を抽出して、PDL 検出部 2 3 により式（1）の偏波レベル比 P_{ox}/P_{oy} を求める。偏波レベル比を 1（X 偏波成分と Y 偏波成分が等しい状態）とするように光減衰量制御部 2 4 4 で光信号のレベルを調整することで PDL の補償を行うことができる。

10

【 0 0 3 8 】

偏波制御部 2 4 1 として具体的には、1/2 波長板と 1/4 波長板の組み合わせ、セラミックや LiNbO_3 を用いた偏波制御器などを用いることができる。光減衰量制御部 2 4 4 として具体的には、マッハチェンダ干渉計型光減衰器、MEMS を用いた光減衰器などを用いることができる。

20

【 0 0 3 9 】

図 5（b）は、単一チャネルの PDL 補償部の第 2 の例を示したものであり、図 2 の PDL 監視部 2 0 の構成に偏波制御部 2 5 が追加されている。この構成例は主に、中継系やノード内の光増幅器、光スイッチ、分散補償器、及び伝送路などの PDL を発生するシステム構成要素 5 0 を中簡に配置する形態で使用される。システム構成要素 5 0 の出力光の一部を分岐して PDL 監視部 2 0 により偏波間レベル比を検出し、偏波間のレベル比を 1（X 偏波成分と Y 偏波成分が等しい状態）とするよう偏波制御部 2 4 1 において偏波多重光信号の偏光状態を制御することで PDL の補償を行う。

【 0 0 4 0 】

30

PDL を発生するシステム構成要素が複数であっても、図 1 1 に示したように損失の異なる 2 つの偏光軸を持つ一つの構成要素とみなすことができる。従って、システム構成要素の偏光軸に対して 45° オフセットした偏光方向に一致するように、偏波制御部 2 4 により波長多重光信号の X 成分及び Y 成分の偏光方向を制御することにより、PDL の影響を低減することができる。

【 0 0 4 1 】

[第 4 の実施の形態]

第 3 の実施の形態では、単チャネルについて説明したが、本実施の形態では、多チャネルの場合について説明する。

【 0 0 4 2 】

40

図 7 は、本発明の第 4 の実施の形態における多チャネルの場合の偏波レベル調整部の構成例を示す。同図は、多チャネルの場合の図 5（a）の偏波レベル調整部 2 4 の構成例である。

【 0 0 4 3 】

WDM 信号は波長分波器 4 1 により各チャネル（波長）に分離される。各チャネルの偏波多重光信号は偏波レベル調整部 2 4 を通過して波長合波器 4 2 で波長多重される。偏波レベル調整部 2 4 の出力の一部からトーン変調信号抽出部 2 2 によりトーン変調信号周波数（ f_{1X} 、 f_{2X} 、...、 f_{nX} 、 f_{1Y} 、 f_{2Y} 、...、 f_{nY} ）の成分（ $P_e(f_{1x})$ 、 $P_e(f_{2x})$ 、... $P_e(f_{nx})$ 、 $P_e(f_{1y})$ 、 $P_e(f_{2y})$ 、... $P_e(f_{ny})$ ）を抽出して、PDL 検出部 2 3 により各チャネルの偏波レベル比を求める。各チャネルの偏波レベル調整部 2 4 において、各チャネルの偏波

50

レベル比を1 (X偏波成分とY偏波成分が等しい状態) とするように光減衰制御部244を調整することで全てのチャンネルのPDL補償を行うことができる。

【0044】

図8は、本発明の第4の実施の形態における多チャンネルの場合の偏波制御部の構成を示しており、多チャンネルの場合の図5(b)の偏波制御部25の例である。

【0045】

WDM信号は光サーキュレータ251を通過した後に、偏波分離器252でP偏光とS偏光に分離され、波長分波器253により各チャンネル(波長)に分離される。各チャンネルの偏波多重光信号は位相変調器アレイ254で位相変調を受けた後に再び波長多重及び偏波多重されて光サーキュレータにより出力ポートへ出力される。偏波制御部25の出力の一部からトーン変調信号抽出部22によりトーン変調信号周波数(f_{1X} , f_{2X} , ..., f_{nX} , f_{1Y} , f_{2Y} , ..., f_{nY})の成分($Pe(f_{1x})$, $Pe(f_{2x})$, ..., $Pe(f_{nx})$, $Pe(f_{1y})$, $Pe(f_{2y})$, ..., $Pe(f_{ny})$)を抽出して、PDL検出部23により各チャンネルの偏波レベル比を求める。位相変調アレイ254において、各チャンネル(各波長)のP偏光(またはS偏光)のみ位相変調を行うことで偏波合波器後の各チャンネルの偏光状態を独立に制御することができる。従って、各チャンネルの偏波レベル比を1 (X偏波成分とY偏波成分が等しい状態) とするように位相変調アレイを調整することで全てのチャンネルのPDL補償を行うことができる。

【0046】

位相変調アレイ254として具体的には、LCOS等の液晶型位相変調器などを用いることができる。また、LCOS等の液晶型位相変調器を内蔵した波長選択スイッチ(WSS)をノードで使用している場合、上記と同様に各チャンネルの偏波レベル比に基づいてP偏光(またはS偏光)のみに位相変調を行うことで、WSSに偏波制御部の機能を追加してPDL補償を行うことができる。

【0047】

[第5の実施の形態]

図9は、本発明の第5の実施の形態における波長多重光伝送システムのデジタルコヒーレント受信部の構成例を示す。

【0048】

従来技術で述べたデジタルコヒーレント方式の場合、デジタルコヒーレント受信部でデジタル信号処理により偏波分離が行なわれるが、偏波間レベル比が大きな場合にデジタル信号処理への負担が大きく処理に時間がかかる、光信号の伝送経路でのPDLが高速に変化する場合にデジタル信号処理での追従が困難になるなどの恐れがあった。その場合、図9に示したように、まず、デジタルコヒーレント受信部64前で光信号の一部を分岐して、トーン変調信号抽出部62でトーン変調信号を抽出して、PDL検出部63により偏波レベル比を求めて、デジタルコヒーレント受信部64に入力する。

【0049】

デジタルコヒーレント受信部64では、その情報を基にデジタル信号処理を行うためPDL補償に関する計算の負担が低減でき処理時間の削減が可能となる。また、本発明のPDL監視部は複雑な信号処理を行わないため高速なPDL変化にも対応して偏波間レベル比を求めることができる。デジタルコヒーレント受信部64では、偏波間レベル比を高速に処理する必要がなくなる。従って、本発明を用いることで、デジタルコヒーレント受信部のデジタル信号処理の負担を軽減し、高速なPDL変化にも対応する受信系を提供することができる。

【0050】

上記により、従来のデジタルコヒーレント方式では、偏波分離が困難であったが、本発明は、送信側において光信号に異なる周波数のトーン変調信号を重畳し、また、受信側において抽出した2種類のトーン変調信号に基づいて偏波間レベル比を監視し、監視した偏波間レベル比に基づいて、各偏波成分のレベルが等しくなるように補償することができる。

【0051】

10

20

30

40

50

なお、本発明は、上記の実施の形態に限定されることなく、特許請求の範囲内において、種々変更・応用が可能である。

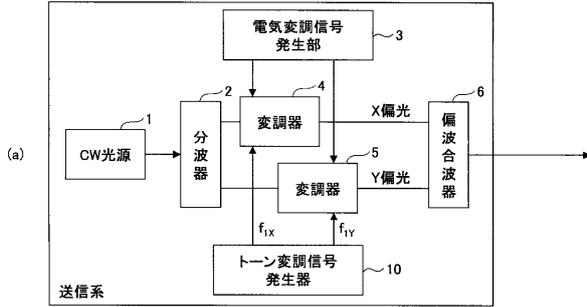
【符号の説明】

【 0 0 5 2 】

| | | |
|-----|--------------------------|----|
| 1 | C W (continuous Wave) 光源 | |
| 2 | 分波器 | |
| 3 | 電気変調信号発生部 | |
| 4、5 | 変調器 | |
| 6 | 偏波合波器 | |
| 7 | 波長多重手段 | 10 |
| 10 | トーン変調信号発生器 | |
| 20 | P D L 監視部 | |
| 21 | 分波器 (光カプラ) | |
| 22 | トーン変調信号抽出部 | |
| 23 | P D L 検出部 | |
| 24 | 偏波レベル調整部 | |
| 25 | 偏波制御部 | |
| 31 | 分波器 | |
| 32 | トーン変調信号抽出部 | |
| 33 | P D L 検出部 | 20 |
| 34 | 波長分波手段 | |
| 35 | 主信号受信器 | |
| 41 | 波長分波器 | |
| 42 | 波長合波器 | |
| 50 | P D L を発生する構成要素 | |
| 61 | 分波器 (光カプラ) | |
| 62 | トーン変調信号抽出部 | |
| 63 | P D L 検出部 | |
| 64 | デジタルコヒーレント受信部 | |
| 241 | 偏波制御部 | 30 |
| 242 | 偏波分離器 | |
| 243 | 分波器 (光カプラ) | |
| 244 | 光減衰量制御部 | |
| 245 | 偏波多重器 | |
| 251 | 光サーキュレータ | |
| 252 | 偏波分波器 | |
| 253 | 波長分波器 | |
| 254 | 位相変調器アレイ | |
| 255 | 位相変調器アレイ制御部 | |

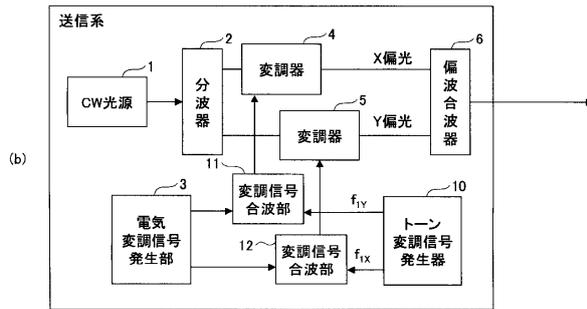
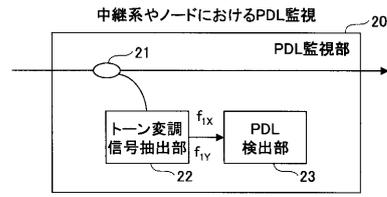
【図1】

本発明の第1の実施の形態における
偏波多重光伝送システムの送信系の構成図



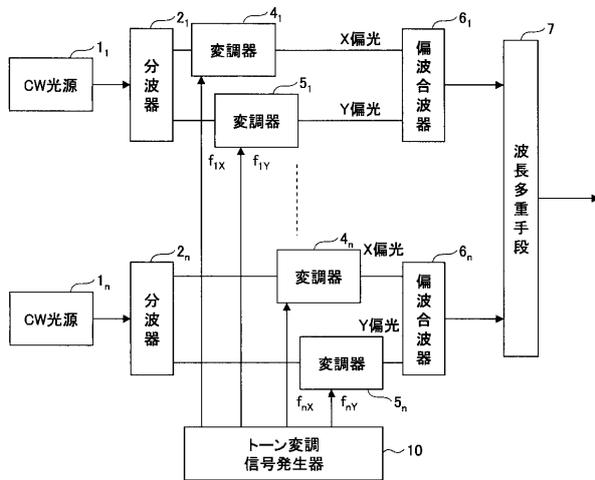
【図2】

本発明の第1の実施の形態における
偏波多重光伝送システムのPDL監視部の構成例



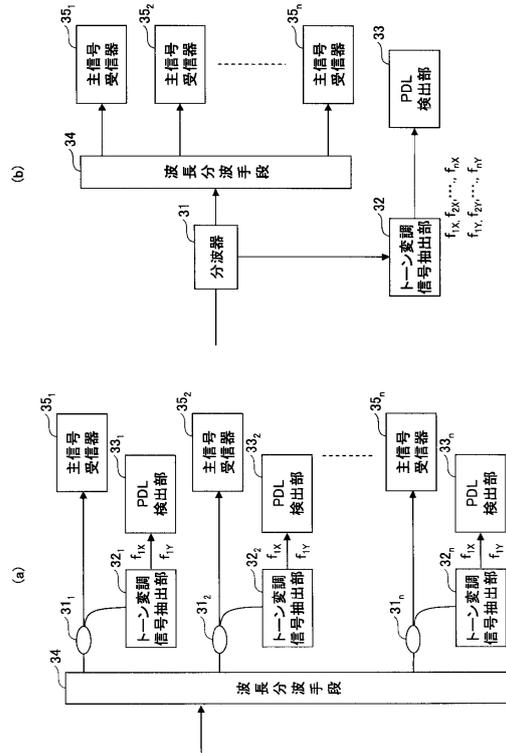
【図3】

本発明の第2の実施の形態におけるWDM光伝送系の構成図



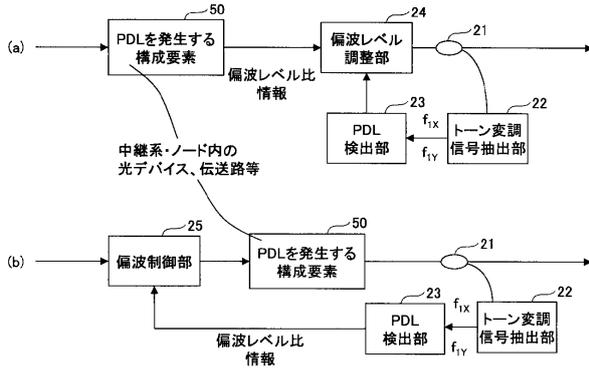
【図4】

本発明の第2の実施の形態における多チャンネルの場合のPDL監視部の構成図



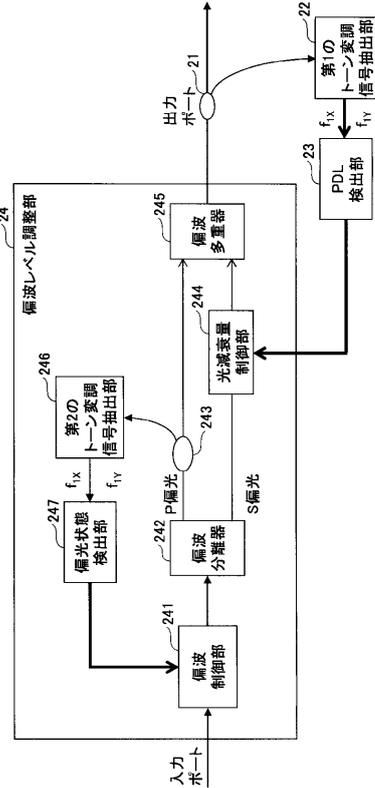
【図5】

本発明の第3の実施の形態における波長多重光伝送システムのPDL補償部の構成図



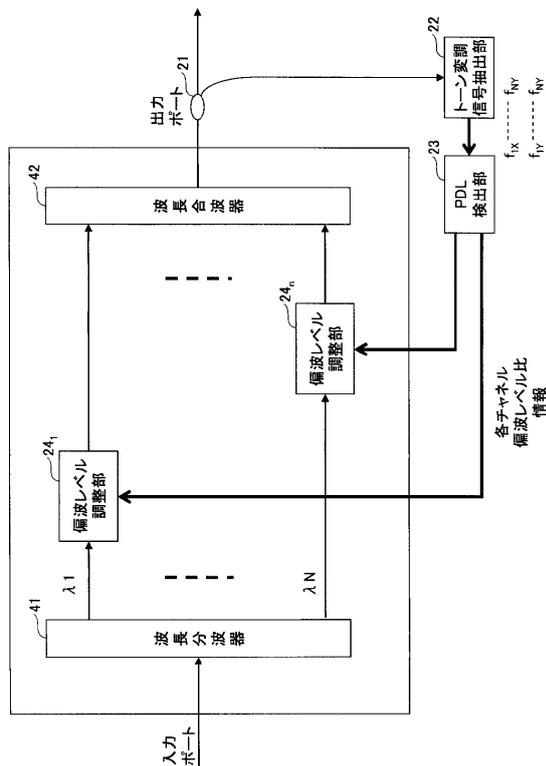
【図6】

本発明の第3の実施の形態における偏波レベル調整部の構成例



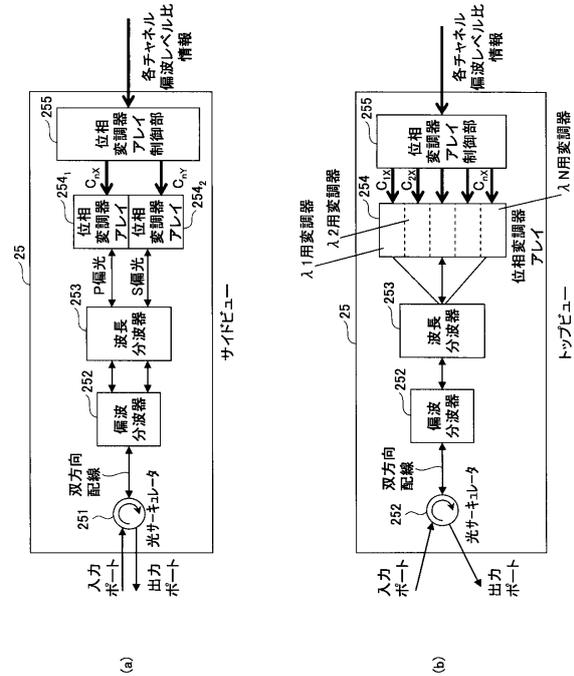
【図7】

本発明の第4の実施の形態における多チャネルの場合の偏波レベル調整部の構成例



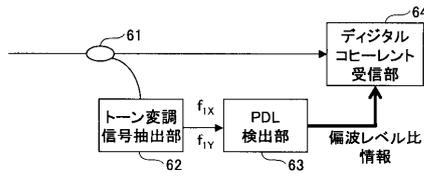
【図8】

本発明の第4の実施の形態における多チャネルの場合の偏波制御部の構成例



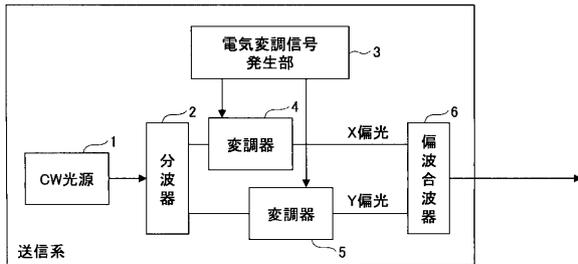
【図9】

本発明の第5の実施の形態における波長多重光伝送システムのデジタルコヒーレント受信部の構成例



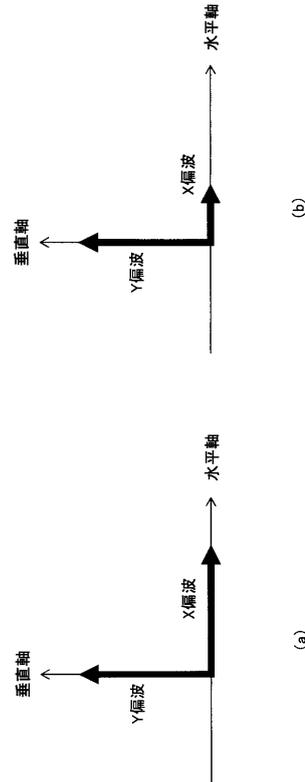
【図10】

従来の偏波多重光伝送システムの送信系の構成図



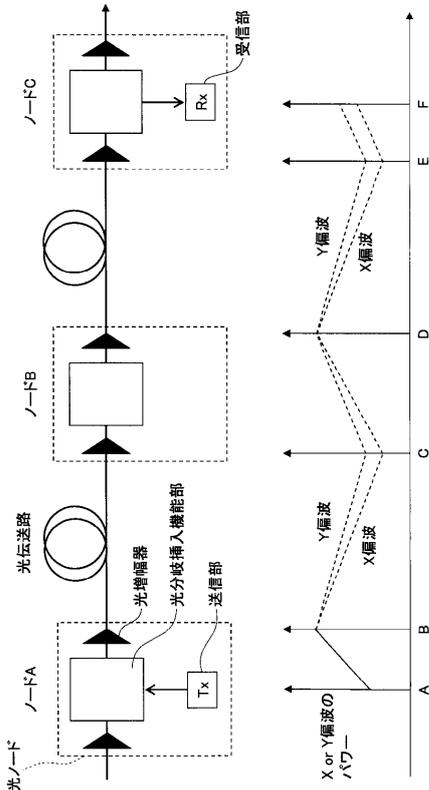
【図11】

PDLの偏波多重光信号への影響



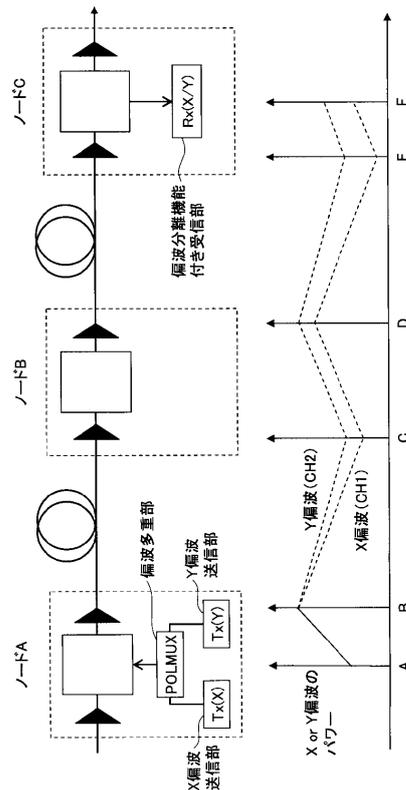
【図12】

単一偏波光伝送の場合のパワーレベルの変化



【図13】

偏波多重光伝送の場合のパワーレベルの変化



フロントページの続き

- (72)発明者 バルトロメル コシツキ
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 小向 哲郎
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 佐原 明夫
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 相馬 俊一
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内
- (72)発明者 森 邦彦
東京都千代田区大手町一丁目5番1号 日本電信電話株式会社内

審査官 高野 洋

- (56)参考文献 特開2008-263590(JP,A)
特開2009-278304(JP,A)
国際公開第2010/140289(WO,A1)
特開2010-081287(JP,A)
特開2010-135937(JP,A)
特開平06-284093(JP,A)
特開2002-016548(JP,A)
特開2002-026818(JP,A)
特開2005-203993(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H04B 10/00 - 10/90
H04J 14/00 - 14/08