

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003 年 1 月 9 日 (09.01.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/003104 A1

(51) 国際特許分類: G02F 1/01

(21) 国際出願番号: PCT/JP01/05635

(22) 国際出願日: 2001 年 6 月 29 日 (29.06.2001)

(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 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 高林正和 (TAKABAYASHI, Masakazu) [JP/JP]. 松本貞行 (MATSUMOTO, Sadayuki) [JP/JP]. 大平卓也 (OHIRA, Takuya) [JP/JP]. 吉新喜市 (YOSHIARA, Kiichi)

[JP/JP]. 星崎潤一郎 (HOSHIZAKI, Junichiro) [JP/JP]. 竹谷 元 (TAKEYA, Hajime) [JP/JP]. 松野 繁 (MAT-SUNO, Shigeru) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 青山 葆, 外 (AOYAMA, Tamotsu et al.); 〒540-0001 大阪府大阪市中央区城見1丁目3番7号 IMPビル 青山特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (国内): JP, US.

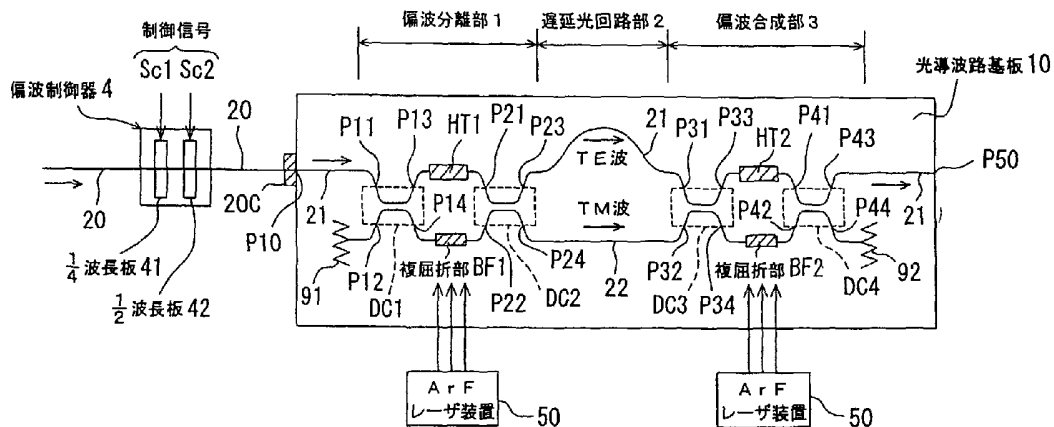
(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

添付公開書類:
— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: POLARIZATION DISPERSION COMPENSATING APPARATUS

(54) 発明の名称: 偏波分散補償装置



4...POLARIZATION CONTROLLER
Sc1...CONTROL SIGNAL
Sc2...CONTROL SIGNAL
41...QUARTER-WAVE PLATE
42...HALF-WAVE PLATE
1...POLARIZATION SEPARATION UNIT
2...DELAY OPTICAL CIRCUIT UNIT

3...POLARIZATION SYNTHESIZATION UNIT
10...OPTICAL WAVEGUIDE SUBSTRATE
21...TE WAVE
22...TM WAVE
BF1...DOUBLE-REFRACTION UNIT
BF2...DOUBLE-REFRACTION UNIT
50...ArF LASER DEVICE

(57) Abstract: A polarization-dispersion compensating apparatus is constructed to include a polarization controller (4), a polarization separation unit (1), a delay optical circuit unit (2) and a polarization synthesization unit (3). The polarization controller (4) controls the polarization of an optical signal inputted so that the polarization axis of the input signal may be substantially aligned with the optical axis of an optical transmission line, and the polarization separation unit (1) separates optical signals of two polarization components perpendicular to each other from the optical signal outputted

[続葉有]



from the polarization controller (4) and outputs the optical signals separated. The delay optical circuit unit (2) causes a delay difference between the optical signals of the two polarization components outputted from the polarization separation unit (1), and the polarization synthesization unit (3) combines the optical signals of the two polarization components outputted from the delay optical circuit unit (2) and outputs the synthesized optical signal. The polarization separation unit (1) and the polarization synthesization unit (3) each have a symmetric Mach-Zehnder interferometer having optical transmission lines of two arm parts, each of which is provided with a temperature control section (HT1) and a double refraction section (BF1), so that it can compensate for the polarization dispersion between the optical signals of the two polarization components.

(57) 要約:

本発明に係る偏波分散補償装置は、偏波制御器 4 と、偏波分離部 1 と、遅延光回路部 2 と、偏波合成部 3 とを備えて構成される。偏波制御器 4 は入力される光信号の偏波軸が光伝送線路の光軸に実質的に一致するように光信号の偏波状態を制御し、偏波分離部 1 は偏波制御器 4 から出力される光信号から互いに直交する 2 つの偏波成分の光信号を分離して出力する。遅延光回路部 2 は偏波分離部 1 から出力される 2 つの偏波成分の光信号に対して互いに遅延差を生じさせ、偏波合成部 3 は遅延光回路部 2 から出力される 2 つの偏波成分の光信号を合波して出力する。ここで、偏波分離部 1 及び偏波合成部 3 はそれぞれ 2 つのアーム部の光伝送線路を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、各アーム部はそれぞれ温度制御部 HT 1 と複屈折部 BF 1 とを備え、これにより、2 つの偏波成分の光信号間の偏波分散を補償することができる。

明 細 書

偏波分散補償装置

技術分野

本発明は、超高速光通信システムの光ファイバケーブルにおける伝送速度又は
5 伝送距離の制限要因となり得る偏波分散を補償するための偏波分散補償装置に関する。

背景技術

40 Gbps 以上の超高速光通信システムの光ファイバケーブルにおいては、
比較的大きな偏波分散が生じ、これが伝送速度又は伝送距離の制限要因となる。
10 この偏波分散は、以下のように発生する。すなわち、伝送用光ファイバケーブル
100のコアの偏心や、コアに対して非軸対称な応力が印加されることにより、
基底モードの縮退が解け、互いに直交したTE波とTM波である2つの偏波成分
の光信号の伝搬速度の違いにより、図23に示すように、TE波とTM波の間で
群遅延差が生じる。その結果、光パルス信号において時間軸方向で広がりが生じ
15 るために、通信システムにおける伝送速度や伝送距離を制限する。このような問
題点を解決するために、受信端局において偏波状態を制御し、光ファイバケーブ
ルで発生される群遅延差とは逆の群遅延差を発生することにより、2つの偏波成
分間で群遅延差が生じないように偏波を補償する必要がある。

図24は、従来技術である偏波保存光ファイバケーブル101による偏波補償
20 を示す斜視図であり、図25は、図24の偏光保持光ファイバケーブル101の
構成を示す縦断面図である。

図24に図示された従来技術の例では、偏波保存光ファイバケーブル101を
用いて偏波分散を補償することを開示している。この偏波保存光ファイバケーブ
ル101は、図25に示すように、コア102の回りのクラッド103の部分に
25 において、コア102の両側にBa₂O₃をドープしたシリカガラス104、10
5を挿入することによりコア102に対して非軸対称な応力を印加して所定の複
屈折を有しており、この偏光保持光ファイバケーブル103では、互いに直交す
る偏波成分間の伝搬速度が異なるため、これを利用して光ファイバケーブルの偏

波分散を補償することができる。実際には、偏光保持光ファイバケーブル 101 の偏光軸に入射光の偏光軸を合わせる必要があるために、1/2 波長板や 1/4 波長板から構成される偏波制御器を偏光保持光ファイバケーブル 101 の前段に設ける必要がある。

- 5 図 26 は、従来技術文献 1 「Teruhiko Kudou et al., "Theoretical Basis of Polarization Mode Dispersion Equalization up to the Second Order", Journal of Lightwave Technology, Vol.18, No.4, pp.614-617, April 2000」の図 3 において開示された偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。上述のように、光ファイバケーブルにおいては環境変化により偏波分散が変動する
- 10 ため、偏波分散値を調整できる偏波分散補償器が必要になる。

- 図 26 の従来技術においては、入力される光信号を伝搬させる光伝送線路 110 の終段に偏波分離器 111 を設け、次いで、2 個の可変移相器 PS1, PS2 と、方向性結合器 DC101 と、2 個の可変移相器 PS3, PS4 と、2 個の可変遅延光回路 113, 114 とを備えるとともに、さらに、当該偏波分散補償装置の終段に偏波合成器 112 を設けて構成される。この従来技術の偏波分散補償装置では、光処理回路を用いて偏波分散を変化させることにより、偏波分散を補償している。しかしながら、この従来例では、バルク型の偏波分離器や偏波合波器を使用するために、装置の大きさは比較的大きく、また、伝送損失も大きくなるという問題点があった。

- 20 図 27 は、従来技術文献 2 である米国特許第 5,930,414 号の明細書において開示された偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

- 図 27 の従来技術においては、初段に、1/4 波長板 121 と 1/2 波長板 122 を備えて構成される偏波制御器 120 を設け、次段において、入力される光信号の 2 つの偏波成分を分離するための偏波分離器 123 を設ける一方、終段においてこれら 2 つの偏波成分を合成するための偏波合成器 124 を設ける。また、偏波分離器 123 と偏波合成器 124 との間には、2 つの偏波成分間で可変遅延時間を生じさせるために、調整自在の結合係数を有する方向性結合器 140 乃至 143 を介して、縦続に接続された複数の非対称であり光導波路にてなるマッ

ハツェンダ干渉計 1 3 0 乃至 1 3 2 が設けられる。さらに、各マッハツェンダ干渉計 1 3 0 乃至 1 3 2 における相対的な光位相を、各マッハツェンダ干渉計 1 3 0 乃至 1 3 2 の 2 本のアーム部から出力された後、後段の方向性結合器 1 4 1 乃至 1 4 3 に入力される 2 つの光信号の構造的な同相干渉に対して切り換える必要がある。このため、各マッハツェンダ干渉計 1 3 0 乃至 1 3 2 のそれぞれに可変移相器 1 5 0 乃至 1 5 2 を設けている。従って、この従来例においては、方向性結合器 1 4 0 乃至 1 4 3 と、マッハツェンダ構造を有する光処理回路とを組み合わせることにより、偏波分散を補償している。しかしながら、この従来例においても、装置の大きさが比較的大きくなるという問題点があった。従って、偏波分散補償器においては、低損失化、小型化、さらには高速化、低消費電力化が必要である。

図 2 8 は、従来技術文献 3 「日本国特許出願公開 2 0 0 1 - 4 2 2 7 2 号公報」において開示された偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図 2 8 の従来技術においては、シリコン基板 2 1 0 上には、入力用チャネル光導波路 2 1 1、光導波路型偏光分離素子 2 1 2、一対の光導波路 2 1 3 a、2 1 3 b、分岐比可変光カプラ 2 1 4、一対の光遅延線 2 1 5 a、2 1 5 b、光導波路型偏光合成素子 2 1 6、出力用チャネル光導波路 2 1 7 a が順次形成され、さらに一対の光導波路 2 1 3 a、2 1 3 b 及び一対の光遅延線 2 1 5 a、2 1 5 b の各一方に偏光入れ替え手段 2 1 8 a、2 1 8 b が形成される。また、一対の光導波路 2 1 3 a、2 1 3 b には、相対的な位相差を調整する位相調整手段 2 1 9 a、2 1 9 b が形成される。ここで、光導波路型偏光分離素子 2 1 2 の 1 つの入力ポートは入力用チャネル光導波路 2 1 1 に光学的に接続され、光導波路型偏光分離素子 2 1 2 の 2 つの出力ポートに一対の光導波路 2 1 3 a、2 1 3 b を介して分岐比可変光カプラ 2 1 4 の 2 つの入力ポートがそれぞれ光学的に接続される。また、分岐比可変光カプラ 2 1 4 の 2 つの出力ポートには、一対の光遅延線 2 1 5 a、2 1 5 b の各一端が光学的に接続され、その各他端に光導波路型偏光合成素子 2 1 6 の 2 つの入力ポートがそれぞれ光学的に接続される。光導波路型偏光合成素子 2 1 6 の 1 つの出力ポートは出力用チャネル光導波路 2 1 7 a に光学

的に接続される。

以上のように構成された偏波分散補償装置において、位相調整手段 2 1 9 a ,
2 1 9 b と分岐比可変光カップラ 2 1 4 は偏光コントローラ 3 0 0 として動作し、
光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b が可変遅延線として動作し、全体として偏波分散補
償回路を構成している。これにより、この偏波分散補償回路は、光伝送路におけ
る 1 次の偏波分散を補償できる。

この偏波分散補償装置においては、偏光コントローラ 3 0 0 が偏光分離素子 2
1 2 と、光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b との間にある。偏光分離素子 2 1 2 に入力
された光信号は、T E 波及び T E 波に分離される。その後、光信号は、位相調整
手段 2 1 9 a 及び分岐比可変カップラ 2 1 4 により構成される偏光コントローラ 3
0 0 により偏波がコントロールされた後、一対の光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b に
入力され、光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b により光信号の遅延量が調整され偏波分
散が補償される。しかしながら、この偏波分散補償装置においては、位相調整手
段 2 1 9 a , 2 1 9 b と、分岐比可変光カップラ 2 1 4 と、光遅延線 2 1 5 a , 2
1 5 b の 3 ケ所の構成要素を調整する必要があるために、偏波分散を補償する制
御が極めて難しいという問題点があった。

本発明の目的は、以上の問題点を解決し、従来技術に比較して小型・軽量であ
って、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供するこ
とにある。

また、本発明の別の目的は、以上の問題点を解決し、従来技術に比較して簡単
に偏波分散を補償する制御調整を行うことができる偏波分散補償装置を提供する
ことにある。

発明の開示

本発明の 1 つの態様に係る偏波分散補償装置は、入力される光信号の偏波軸が
光伝送線路の光軸に実質的に一致するように上記光信号の偏波状態を制御する偏
波制御手段と、

上記偏波制御手段から出力される光信号から互いに直交する 2 つの偏波成分の
光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

互いに異なる長さを有する 2 つの光伝送線路を備えて構成され、上記偏波分離手段から出力される 2 つの偏波成分の光信号に対して互いに遅延差を生じさせる光遅延手段と、

上記光遅延手段から出力される 2 つの偏波成分の光信号を合波して出力する偏波合成手段とを備えた偏波分散補償装置であって、

上記偏波分離手段は、第 1 と第 2 のアーム部の光伝送線路を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、上記第 1 と第 2 のアーム部のうちの少なくとも一方は、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第 1 の屈折率制御手段と、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第 1 の複屈折手段とを備え、

上記偏波合成手段は、第 3 と第 4 のアーム部の光伝送線路を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、上記第 3 と第 4 のアーム部のうちの少なくとも一方は、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第 2 の屈折率制御手段と、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第 2 の複屈折手段とを備えたことを特徴とする。

上記偏波分散補償装置において、上記偏波分離手段は、

入力される光信号を 2 分配して 2 つの光信号を出力する第 1 の方向性結合器と、

上記第 1 の方向性結合器によって 2 分配された 2 つの光信号のうちの一方の光信号を伝搬させる第 1 のアーム部の光伝送線路と、

上記第 1 の方向性結合器によって 2 分配された 2 つの光信号のうちの他方の光信号を伝搬させる第 2 のアーム部の光伝送線路と、

上記第 1 のアーム部の光伝送線路を伝搬した光信号と、上記第 2 のアーム部の光伝送線路を伝搬した光信号とを合成した後、2 分配して 2 つの光信号を出力する第 2 の方向性結合器とを備え、

上記偏波合成手段は、

入力される 2 つの光信号を合成した後、2 分配して 2 つの光信号を出力する第 3 の方向性結合器と、

上記第3の方向性結合器によって2分配された2つの光信号のうちの一方の光信号を伝搬させる第3のアーム部の光伝送線路と、

上記第3の方向性結合器によって2分配された2つの光信号のうちの他方の光信号を伝搬させる第4のアーム部の光伝送線路と、

- 5 上記第3のアーム部の光伝送線路を伝搬した光信号と、上記第4のアーム部の光伝送線路を伝搬した光信号とを合成して光信号を出力する第4の方向性結合器とを備えたことを特徴とする。

- また、上記偏波分散補償装置において、上記第1の屈折率制御手段は、上記第1の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路における温度を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御し、
- 10

上記第2の屈折率制御手段は、上記第2の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路における温度を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御することを特徴とする。

- さらに、上記偏波分散補償装置において、上記第1の屈折率制御手段は、所定のポーリング処理が施され、上記第1の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して印加する電界を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御し、
- 15

- 上記第2の屈折率制御手段は、所定のポーリング処理が施され、上記第2の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して印加する電界を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御することを特徴とする。
- 20

- またさらに、上記偏波分散補償装置において、上記第1の複屈折手段は、上記第1の複屈折手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して紫外線を照射することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせ、
- 25

上記第2の複屈折手段は、上記第2の複屈折手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して紫外線を照射することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせることを特徴とする。

また、上記偏波分散補償装置において、上記光遅延手段の2つの光伝送線路のうち一方の光伝送線路における温度を制御することにより当該一方の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第3の屈折率制御手段をさらに備えたことを特徴とする。

- 5 さらに、上記偏波分散補償装置において、上記光遅延手段の2つの光伝送線路のうち一方の光伝送線路には所定のポーリング処理が施され、当該一方の光伝送線路に対して印加される電界を制御することにより当該一方の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第4の屈折率制御手段をさらに備えたことを特徴とする。

- 10 また、上記偏波分散補償装置において、上記光伝送線路は、基板上に形成された光導波路であることを特徴とする。

さらに、上記偏波分散補償装置において、上記光伝送線路は、光ファイバケーブルであることを特徴とする。

- 15 また、本発明のもう1つの態様に係る偏波分散補償装置は、入力される光信号の偏波軸が光伝送線路の光軸に実質的に一致するように光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

上記偏波制御手段から出力される光信号から互いに直交する2つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

- 20 互いに異なる長さを有する2つの光伝送線路を備えて構成され、上記偏波分離手段から出力される2つの偏波成分の光信号に対して互いに遅延差を生じさせる光遅延手段と、

上記光遅延手段から出力される2つの偏波成分の光信号を合波して出力する偏波合成手段とを備えた偏波分散補償装置であって、

- 25 上記偏波分離手段は、互いに近接した2本の光伝送線路を有し、入力される光信号を2分配して2つの光信号を出力する第5の方向性結合器を備え、

上記第5の方向性結合器の互いに近接した2本の光伝送線路は、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第4の屈折率制御手段と、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第3の複屈折手段

とを備え、

上記偏波合成手段は、互いに近接した2本の光伝送線路を有し、入力される光信号を2分配して2つの光信号を出力する第6の方向性結合器を備え、

5 上記第6の方向性結合器の互いに近接した2本の光伝送線路は、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第5の屈折率制御手段と、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第4の複屈折手段とを備えたことを特徴とする。

さらに、本発明に係る別の態様に係る偏波分散補償装置は、互いに直交する2つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

10 位相調整手段と分岐比可変カップラとを備え、上記光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

偏波分離された光信号を遅延させるための一対の光遅延手段と、

第1と第2の出力ポートを有し、上記光遅延手段から出力される2つの偏波成分の光信号を合波して第1の出力ポートから出力する偏波合成手段を備え、

15 上記偏波分離手段及び偏波合成手段は、少なくとも一方のアーム部に複屈折を有する対称マッハツェンダ干渉計により構成された偏波分散補償装置であって、

上記偏波合成手段の第1の出力ポートから出力される信号レベルが最大となるように、もしくは上記偏波合成手段の第2の出力ポートから出力される信号レベルが最小となるように、上記位相調整手段と上記分岐比可変カップラとを制御
20 するように設定したことを特徴とする。

図面の簡単な説明

図1は、本発明に係る第1の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図2は、図1の偏波分離部1の詳細構成を示す平面図である。

25 図3は、図1の複屈折部BF1による屈折率変化 Δn に対する偏波分離部1の出力ポートP23及びP24における出力光信号の強度を示すグラフである。

図4は、図1の温度制御部HT1の印加電力に対する出力ポートP23の直後の光導波路21を通過する光信号の強度を示すグラフである。

図 5 は、図 1 の温度制御部 H T 1 の印加電力に対する T E 波及び T M 波間の群遅延時間差 [psec] を示すグラフである。

図 6 は、本発明に係る第 2 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

5 図 7 は、図 6 の偏波制御器 4 a の詳細構成を示す平面図である。

図 8 は、本発明に係る第 3 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図 9 は、図 8 の電界制御部 E F 1 の詳細構成を示す平面図である。

図 10 は、図 8 の電界制御部 E F 1 の詳細構成を示す縦断面図である。

10 図 11 は、本発明に係る第 4 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図 12 は、本発明に係る第 5 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

15 図 13 は、本発明に係る第 6 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図 14 は、本発明に係る第 7 の好ましい実施形態である光ファイバケーブル型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図 15 は、本発明に係る第 8 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

20 図 16 は、本発明に係る第 9 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図 17 は、本発明に係る第 1 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波分離部 1 の一部の構成を示す平面図である。

25 図 18 は、本発明に係る第 2 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波分離部 1 の一部の構成を示す平面図である。

図 19 は、本発明に係る第 3 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波分離部 1 の一部の構成を示す平面図である。

図 20 は、本発明に係る第 4 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置の

ための偏波合成部 3 の一部の構成を示す平面図である。

図 2 1 は、本発明に係る第 5 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置の
ための偏波合成部 3 の一部の構成を示す平面図である。

図 2 2 は、本発明に係る第 6 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置の
5 ための偏波合成部 3 の一部の構成を示す平面図である。

図 2 3 は、従来技術である伝送用光ファイバケーブル 1 0 0 における偏波分散
を示す斜視図である。

図 2 4 は、従来技術である偏波保存光ファイバケーブル 1 0 1 による偏波補償
を示す斜視図である。

10 図 2 5 は、図 2 4 の偏光保持光ファイバケーブル 1 0 1 の構成を示す縦断面図
である。

図 2 6 は、従来技術文献 1 において開示された偏波分散補償装置の構成を示す
平面図である。

図 2 7 は、従来技術文献 2 において開示された偏波分散補償装置の構成を示す
15 平面図である。

図 2 8 は、従来技術文献 3 において開示された偏波分散補償装置の構成を示す
平面図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、添付の図面を参照して本発明に係る実施形態について説明する。以下の
20 図面において、同様の構成要素については同一の符号を付している。

第 1 の好ましい実施形態.

図 1 は、本発明に係る第 1 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補
償装置の構成を示す平面図である。この好ましい実施形態の偏波分散補償装置は、
偏波制御器 4 と、偏波分離部 1 と、遅延光回路部 2 と、偏波合成部 3 とが縦続に
25 接続されて構成され、偏波分離部 1 及び偏波合成部 3 とはそれぞれ、2つのア
ーム部を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、偏波分離部 1 において、2つの
アーム部のうち一方のアーム部はその光導波路 2 1 を伝搬する光信号の屈折率を
制御する温度制御部 H T 1 を備え、他方のアーム部はその光導波路 2 2 を伝搬す

る光信号に対して複屈折を生じさせる複屈折部BF1を備え、また、偏波合成部3において、2つのアーム部のうち一方のアーム部はその光導波路21を伝搬する光信号の屈折率を制御する温度制御部HT2を備え、他方のアーム部はその光導波路22を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる複屈折部BF2を備えたことを特徴としている。

図1において、入力される光信号を伝搬させる光ファイバケーブル20には、公知の偏波制御器4が設けられ、この偏波制御器4は1/4波長板41と1/2波長板42を備えて構成され、1/4波長板41に印加される制御信号Sc1と1/2波長板42に印加される制御信号Sc2の各レベルを調整することにより各波長板41、42を伝搬する光信号の偏波の回転角度を調整し、これにより、光ファイバケーブル20を伝搬する光信号の偏波軸が光導波路基板10上に形成された光導波路21の光軸に実質的に一致するように上記光信号の偏波状態を制御する。そして、光ファイバケーブル20の終端部は光ファイバコネクタ20Cを介して光導波路基板10上に形成された光導波路21に接続される。

光導波路基板10において、シリコン基板上にCVD法を用いて石英膜をアンダークラッドとして形成した後、石英膜に所定の不純物をドーピングすることによりコアを形成し、その後、オーバークラッドを形成し、2本の光導波路21、22を形成する。ここで、2本の光導波路21、22は、4つの部分で光信号が結合するように、互いに近接して形成され、この4つの部分が3dB方向性結合器DC1、DC2、DC3、DC4となる。ここで、方向性結合器DC1は2つの入力ポートP11、P12及び2つの出力ポートP13、P14を有し、方向性結合器DC2は2つの入力ポートP21、P22及び2つの出力ポートP23、P24を有し、方向性結合器DC3は2つの入力ポートP31、P32及び2つの出力ポートP33、P34を有し、方向性結合器DC4は2つの入力ポートP41、P42及び2つの出力ポートP43、P44を有する。

2つの方向性結合器DC1とDC2の間には2本の光導波路21、22により2本のアーム部が形成され、2つの方向性結合器DC2とDC3の間には2本の光導波路21、22により2本のアーム部が形成され、2つの方向性結合器DC

3とDC4の間には2本の光導波路21, 22により2本のアーム部が形成される。なお、方向性結合器DC1の入力ポートP12には無反射終端器91が接続され、方向性結合器DC4の出力ポートP44には無反射終端器92が接続される。また、光導波路21の入力端に符号P10を付し、その出力端に符号P50
5 を付している。

偏波分離部1は、方向性結合器DC1と、一方のアーム部である光導波路21上に形成されたヒータを備えた温度制御部HT1と、他方のアーム部である光導波路22に形成された複屈折部BF1と、方向性結合器DC2とを備えて構成される。温度制御部HT1は、光導波路21を加熱してその温度を制御することにより当該光導波路21を伝搬する光信号の屈折率を制御するために設けられる。
10 また、他方のアーム部である光導波路22に対して、ArFエキシマレーザを備えたArFレーザ装置50を用いて50mJ/cm²のエネルギーを有し、60Hzでパルス強度変調された波長193nmの紫外線を5分間照射することにより、複屈折部BF1を形成する。この複屈折部BF1は、他方のアーム部である
15 光導波路22を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる。

このように形成された温度制御部HT1と複屈折部BF1を備えて、対称マッハツェンダ干渉計を有する偏波分離部1を構成しており、この動作原理について以下に詳述する。図2には、偏波分離部1の詳細構成を示しており、他方のアーム部の光導波路22には複屈折部BF1が形成されているので、偏波分離部1により、入力された光信号を互いに直交する偏波成分であるTE波とTM波とに分離することができる。
20

図3は、図1の複屈折部BF1による屈折率変化 Δn に対する偏波分離部1の出力ポートP23及びP24における出力光信号の強度を示すグラフであり、図4は、図1の温度制御部HT1の印加電力に対する出力ポートP23の直後の光導波路21を通過する光信号の強度を示すグラフである。対称マッハツェンダ干渉計を有する偏波分離部1において、一方のアーム部における屈折率が変化すると、その光導波路22を伝搬する光信号の位相が変化するために、出力ポートP23及びP24からの光信号の強度は図3のように変化する。一方のアーム部に
25

複屈折が生じると言うことは、TE波とTM波でそれぞれの屈折率変化が異なることであり、そのため、TE波の最大点でTE波に対しては Δn_1 の屈折率変化が生じ、TM波の最大点でTM波に対しては Δn_2 の屈折率変化が生じ得る。従って、図4に示すように、温度制御部HT1の印加電力を調整して光信号に対する屈折率を変化することにより、出力ポートP23からTE波が出力される一方、出力ポートP24からTM波が出力される。

図1の遅延光回路部2は、互いに異なる長さを有する光導波路21, 22を有して構成され、光導波路21の長さは光導波路22の長さよりも長くなるように設定され、光導波路21を伝搬するTE波は、光導波路22を伝搬するTM波に比較して時間的に遅延される。この遅延差によりTE波とTM波の間に偏波分散が生じる。

さらに、偏波合成部3は、偏波分離部1と同様の形成方法により形成され、方向性結合器DC3と、一方のアーム部である光導波路21上に形成されたヒータを備えた温度制御部HT2と、他方のアーム部である光導波路22に形成された複屈折部BF2と、方向性結合器DC4とを備える。

この偏波分散補償装置の出力端において、偏波分離部1と同一の構成を有する偏波合成部3が設けられている。この装置構成において、温度制御部1に印加される電力を変化することにより、光導波路21, 22を伝搬する光信号に対する屈折率が変化し、これにより、図4に示すように、TE波とTM波の伝搬経路が変化し、各偏波の伝搬経路を切り替えることができる。その結果、TE波とTM波間の群遅延時間差[psec]（これは偏波分散値に対応する。）を図5に示すように制御することができる。さらに、偏波合成部3の温度制御部HT2に印加する電力の調整を、偏波分離部1の温度制御部HT1に印加する電力の調整方法と同様に実行することにより、光信号を常に出力ポートP43から出力させるように制御できる。

以上説明したように、この偏波分散補償装置の前段に接続される伝送用光ファイバケーブルにおける環境変化に伴うTE波とTM波との間の偏波分散を、温度制御部HT1及びHT2を同様に調整することにより常に補償するように調整す

ることができる。

従来例と比較すると、偏波分離器 1 及び偏波合成部 3 において他方のアーム部に複屈折を有するマッハツェンダー構造の光導波路 2 1, 2 2 を用い、さらにその一方のアーム部の屈折率制御を行う構成としたことで、装置を構成する素子を
5 小型化しかつ低損失化を行うことができる。従って、本実施形態によれば、従来技術に比較して小型・軽量であって、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供することができる。さらには、可動部がなくなったので経年劣化を小さくすることができ、信頼性を向上できる。

以上の好ましい実施形態においては、温度制御部 HT 1, HT 2 においてヒータを用いて光導波路を加熱しているが、本発明はこれに限らず、ペルチェ素子などの冷却素子を用いて光導波路を冷却して温度を制御し、これにより、光導波路における屈折率を変化させてもよい。

第 2 の好ましい実施形態.

図 6 は、本発明に係る第 2 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図であり、図 7 は、図 6 の偏波制御器 4 a の詳細構成を示す平面図である。この実施形態の偏波分散補償装置は、図 1 に図示された第 1
15 の好ましい実施形態に比較して、バルク型の偏波制御器 4 に代えて、図 7 に図示された光導波路 2 1 上に形成された偏波制御器 4 a を備えたことを特徴としており、以下、この相違点について説明する。

図 7 において、偏波制御器 4 a は公知の装置であって、 $1/4$ 波長板 4 3 と、 $1/2$ 波長板 4 4 とを備えて構成される。光導波路基板 1 0 上の光導波路 2 1 上に、 $1/4$ 波長板 4 3 及び $1/2$ 波長板 4 4 の光信号伝搬方向の長さにあわせて、ストリップ形状の接地電極 6 0 が形成される。また、 $1/4$ 波長板 4 3 において、光導波路 2 1 の水平方向の両側に、それぞれ $1/4$ 波長の長さを有する 1 対の電
20 極 6 1, 6 2 が光導波路基板 1 0 上に形成され、1 対の電極 6 1, 6 2 に対して印加する直流電圧を調整することにより、光導波路 2 1 を伝搬する光信号の偏光角度を回転させることができる。さらに、 $1/2$ 波長板 4 4 において、光導波路 2 1 の水平方向の両側に、それぞれ $1/2$ 波長の長さを有する 1 対の電極 6 3,

6 4が光導波路基板10上に形成され、1対の電極63, 64に対して印加する直流電圧を調整することにより、光導波路21を伝搬する光信号の偏光角度を回転させることができる。

5 以上のように構成された偏波制御器4aにおいては、偏波制御器4と同様に、
1/4波長板43の電極61, 62に印加される直流電圧と、1/2波長板44
の電極63, 64に印加される直流電圧の各レベルを調整することにより各波長
板43, 44を伝搬する光信号の偏波の回転角度を調整し、これにより、光導波
路21を伝搬する光信号の偏波軸が光導波路21の光軸に実質的に一致するよう
に上記光信号の偏波状態を制御する。偏波制御器4に代えて偏波制御器4aを用
10 いることにより、すべての素子を光導波路基板10上に形成することができ、さ
らに小型化することができる。

また、第1の好ましい実施形態と同様に、偏波制御器4aと、偏波分離部1と、
遅延光回路部2と、偏波合成部3とを備えて偏波分散補償装置を構成することが
できる。すなわち、この偏波分散補償装置の前段に接続される伝送用光ファイバ
15 ケーブルにおける環境変化に伴うTE波とTM波との間の偏波分散を、温度制御
部HT1及びHT2を同様に調整することにより常に補償するように調整するこ
とができる。従って、本実施形態によれば、従来技術に比較して小型・軽量であ
って、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供するこ
とができる。さらには、可動部がなくなったので経年劣化を小さくすることがで
20 き、信頼性を向上できる。

第3の好ましい実施形態.

図8は、本発明に係る第3の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補
償装置の構成を示す平面図である。この第3の好ましい実施形態の偏波分散補償
装置は、図6に図示された偏波分散補償装置に比較して、以下の点が異なる。

25 (a) 温度制御部HT1を備えた偏波分離部1に代えて、電界制御部EF1を備
えた偏波分離部1aを備える。

(b) 温度制御部HT2を備えた偏波合成部3に代えて、電界制御部EF2を備
えた偏波合成部3aを備える。

以下、この相違点について説明する。図9は、図8の電界制御部E F 1の詳細構成を示す平面図であり、図10は、図8の電界制御部E F 1の詳細構成を示す縦断面図である。図10において、シリコン基板11上に石英膜12を形成することにより光導波路基板10を形成し、石英膜12中に不純物をドーピングすることにより光導波路21のコア21cを形成する。シリコン基板11の表面に写真製版法を用いてクロムマスクパターンを形成した後、コア21cの直下のシリコン基板11に対して弗酸：硝酸：酢酸＝1：4：3の容量比のエッチング液を用いてエッチングすることにより溝15を形成した後、金属細線である電極74を石英膜12に接触するようにかつコア21cの長手方向に沿って挿入する。一方、コア21cの直上部に金属細線である電極73をコア21cの長手方向に沿って接着して載置する。さらに、石英膜12の表面に写真製版法を用いてクロムマスクパターンを形成した後、コア21cの水平方向の両側に対して、石英膜12の厚さ方向に対して反応性イオンエッチング法を用いてエッチングすることにより溝13、14を形成した後、金属細線である電極71、72をコア21cの水平方向の両側に位置するようにかつコア21cの長手方向に沿って挿入して載置する。

さらに、当該電界制御部E F 1の光導波路21のコア21cに対して、例えばA r Fエキシマレーザを備えたA r Fレーザ装置50を用いて紫外線を照射することにより、紫外光励起のポーリング処理を行う。この紫外光励起ポーリングでは、アース電極成膜前の光導波路21に対して $50\text{ mJ}/\text{cm}^2$ のエネルギーを有し、波長 193 nm のA r Fエキシマレーザの紫外光を照射しながら、電極71、72、73、74に対して、光導波路21のコア21c上の電界強度が $105\text{ V}/\text{cm}$ 程度になるように直流電圧を印加し、その後アース電極を成膜して光導波路型偏波制御器である電圧制御部E F 1を形成した。ここで、コア21cのガラス材料は、中心対称性を有するため本来、電気光学効果を有していない。しかしながら、ポーリング処理を行った場合には屈折率の電界制御が可能となり、偏波制御を行うことができる。なお、この実施形態では、紫外線光励起のポーリング処理を行っているが、光導波路21を加熱しながら電界を印加する熱励起ポ

ーリングを行ってもよい。

ポーリング処理を行った後に、電極 7 1, 7 2, 7 3, 7 4 に対して直流電圧を印加すると、TE 波と TM 波に対してそれぞれ異なる屈折率変化が生じる。これは複屈折を制御できるために、 $1/4$ 波長板や $1/2$ 波長板に相当した光導波路型の素子となり、制御信号により印加する直流電圧値を調整することが、第 1
5 の好ましい実施形態での偏波制御器 4 の偏光回転角を調整することに相当する。従って、電界制御部 EF 1 は、温度制御部 HT 1 と同様に、光導波路 2 1 に設けられた電極 7 1 - 7 4 に印加される直流電圧を制御することにより当該光導波路 2 1 を伝搬する光信号の屈折率を制御する。また、偏波合成部 3 の電界制御部 EF
10 EF 2 は、電界制御部 EF 1 と同様に形成される。

以上のように構成された偏波制御器 4 a においては、この偏波分散補償装置の前段に接続される伝送用光ファイバケーブルにおける環境変化に伴う TE 波と TM 波との間の偏波分散を、電界制御部 EF 1 及び EF 2 を同様に調整することにより常に補償するように調整することができる。従って、本実施形態によれば、
15 従来技術に比較して小型・軽量であって、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供することができる。さらには、可動部がなくなったので経年劣化を小さくすることができ、信頼性を向上できる。また、電界制御部 EF 1 及び EF 2 を用いて屈折率を制御するので、スイッチング特性を高速化できる。

20 第 4 の好ましい実施形態.

図 1 1 は、本発明に係る第 4 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。この第 4 の好ましい実施形態の偏波分散補償装置は、図 1 に図示された第 1 の好ましい実施形態に比較して、遅延光回路部 2 の光導波路 2 2 において温度制御部 HT 3 を設けることにより、遅延光回路部
25 2 a を構成したことを特徴としている。以下、この相違点について説明する。

温度制御部 HT 3 は、温度制御部 HT 1, HT 2 と同様に形成され、温度制御部 HT 3 のヒータに印加する電力を変化して当該光導波路 2 2 における屈折率を微調整することにより TE 波と TM 波との間の群遅延時間差に対応する偏波分散

値を微調整することができる。

以上のように構成された第4の好ましい実施形態によれば、第1の好ましい実施形態の作用効果に加えて、光導波路22における屈折率を微調整することによりTE波とTM波との間の群遅延時間差に対応する偏波分散値を微調整することができるという特有の効果を有する。

第5の好ましい実施形態。

図12は、本発明に係る第5の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。この第5の好ましい実施形態の偏波分散補償装置は、図8に図示された第3の好ましい実施形態に比較して、遅延光回路部2の光導波路22において電界制御部EF3を設けることにより、遅延光回路部2bを構成したことを特徴としている。以下、この相違点について説明する。

電界制御部EF3は、電界制御部EF1、EF2と同様に形成され、電界制御部EF3の電極に印加する直流電圧を変化して当該光導波路22における屈折率を微調整することによりTE波とTM波との間の群遅延時間差に対応する偏波分散値を微調整することができる。

以上のように構成された第5の好ましい実施形態によれば、第3の好ましい実施形態の作用効果に加えて、光導波路22における屈折率を微調整することによりTE波とTM波との間の群遅延時間差に対応する偏波分散値を微調整することができるという特有の効果を有する。

第6の好ましい実施形態。

図13は、本発明に係る第6の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。この第6の好ましい実施形態の偏波分散補償装置は、図1に図示された第1の好ましい実施形態に比較して、以下の点が異なる。

(a) 偏波分離部1に代えて、方向性結合器DC11の互いに近接した2つの光導波路21、22の部分に複屈折部BF11を形成するとともに、温度制御部HT1を形成して構成される偏波分離部1cを備える。

(b) 偏波合成部3に代えて、方向性結合器DC12の互いに近接した2つの光

導波路 2 1, 2 2 の部分に複屈折部 B F 1 2 を形成するとともに、温度制御部 H T 1 2 を形成して構成される偏波合成部 3 c を備える。

以下、これらの相違点について説明する。この好ましい実施形態の偏波分散補償装置は、偏波制御器 4 と、偏波分離部 1 c と、遅延光回路部 2 と、偏波合成部 3 c とを備えて構成される。

光導波路基板 1 0 において、2 本の光導波路 2 1, 2 2 は、2 つの部分で光信号が結合するように、互いに近接して形成され、この 2 つの部分が 3 d B 方向性結合器 D C 1 1, D C 1 2 となる。ここで、方向性結合器 D C 1 1 は 2 つの入力ポート P 5 1, P 5 2 及び 2 つの出力ポート P 5 3, P 5 4 を有し、方向性結合器 D C 1 2 は 2 つの入力ポート P 6 1, P 6 2 及び 2 つの出力ポート P 6 3, P 6 4 を有する。

偏波分離部 1 c において、その方向性結合器 D C 1 1 の互いに近接した 2 本の光導波路 2 1, 2 2 の部分に対して、A r F エキシマレーザを備えた A r F レーザ装置 5 0 を用いて $50 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ のエネルギーを有し、60 Hz でパルス強度変調された波長 193 nm の紫外線を 5 分間照射することにより、複屈折部 B F 1 1 を形成する。この複屈折部 B F 1 1 は、他方のアーム部である光導波路 2 2 を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる。さらに、この複屈折部 B F 1 1 の形成位置において、温度制御部 H T 1 を形成する。温度制御部 H T 1 は、光導波路 2 1, 2 2 を加熱してその温度を制御することにより当該光導波路 2 1, 2 2 を伝搬する光信号の屈折率を制御するために設けられる。

このように形成された温度制御部 H T 1 と複屈折部 B F 1 1 を備えて、偏波分離部 1 c を構成しており、偏波分離部 1 c により、偏波分離部 1 と同様に、入力された光信号を互いに直交する偏波成分である T E 波と T M 波とに分離することができる。すなわち、出力ポート P 5 3 から T E 波が出力される一方、出力ポート P 5 4 から T M 波が出力される。

また、偏波分離部 1 c と同様に、遅延光回路部 2 の後段において、複屈折部 B F 1 2 及び温度制御部 H T 2 を備えた偏波合成部 3 c を形成する。この偏波合成部 3 c により、偏波分離部 1 c により分離された T E 波と T M 波を合成して、合

成後の光信号を出力ポート P 6 3 から出力する。

以上説明したように、この偏波分散補償装置の前段に接続される伝送用光ファイバケーブルにおける環境変化に伴う T E 波と T M 波との間の偏波分散を、温度制御部 H T 1 及び H T 2 を同様に調整することにより常に補償するように調整することができる。

従来例と比較すると、偏波分離器 1 c 及び偏波合成部 3 c において複屈折を有する光導波路 2 1, 2 2 を用い、さらに屈折率制御を行う構成としたことで、装置を構成する素子をさらに小型化しかつ低損失化を行うことができる。従って、本実施形態によれば、従来技術に比較して小型・軽量であって、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供することができる。さらには、可動部がなくなったので経年劣化を小さくすることができ、信頼性を向上できる。

以上の第 6 の好ましい実施形態においては、温度制御部 H T 1, H T 2 を形成しているが、本発明はこれに限らず、温度制御部 H T 1, H T 2 に代えて、電界制御部 E F 1, E F 2 を形成してもよい。

第 7 の好ましい実施形態。

図 1 4 は、本発明に係る第 7 の好ましい実施形態である光ファイバケーブル型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。この第 7 の好ましい実施形態の偏波分散補償装置は、図 1 に図示された第 1 の好ましい実施形態に比較して、偏波分離部 1、遅延光回路部 2 及び偏波合成部 3 における光導波路 2 1, 2 2 を、光ファイバケーブル 2 3, 2 4, 2 5, 2 6, 2 7, 2 8 で構成したことを特徴としている。

図 1 4 において、この好ましい実施形態の偏波分散補償装置は、偏波制御器 4 と、偏波分離部 1 d と、遅延光回路部 2 d と、偏波合成部 3 d とを備えて構成される。偏波制御器 4 が設けられた入力側の光ファイバケーブル 2 0 は光ファイバコネクタ 2 0 C A を介して偏波分離部 1 d の光ファイバケーブル 2 3 に接続される。

偏波分離部 1 d の 2 本の光ファイバケーブル 2 3 と 2 4 は互いに 2 箇所近接

して形成され、各近接した箇所が3 dB方向性結合器DC 1 1, DC 1 2を構成する。方向性結合器DC 1 1の光ファイバケーブル2 4の入力端には、無反射終端器9 3が接続される。また、2つの方向性結合器DC 1 1, DC 1 2の間の2本の光ファイバケーブル2 3, 2 4はそれぞれ、対称マッハツェンダ干渉計の2本のアーム部を構成しており、一方のアーム部において温度制御部HT 1 1が形成される一方、他方のアーム部においてA r Fレーザ装置5 0により形成された複屈折部BF 1 1が設けられる。

さらに、方向性結合器DC 1 2の出力側の光ファイバケーブル2 3は光ファイバコネクタ2 3 Cを介して遅延光回路部2 dの光ファイバケーブル2 5に接続され、また、方向性結合器DC 1 2の出力側の光ファイバケーブル2 4は光ファイバコネクタ2 4 Cを介して遅延光回路部2 dの光ファイバケーブル2 6に接続される。ここで、光ファイバケーブル2 5と光ファイバケーブル2 6の各長さは互いに異なるように形成される。またさらに、光ファイバケーブル2 5の終端は光ファイバコネクタ2 5 Cを介して偏波合成部3 dの光ファイバケーブル2 7に接続され、また、光ファイバケーブル2 6の終端は光ファイバコネクタ2 6 Cを介して偏波合成部3 dの光ファイバケーブル2 8に接続される。なお、光ファイバケーブル2 8の終端には、無反射終端器2 8が設けられる。

偏波合成部3 dの2本の光ファイバケーブル2 7と2 8は互いに2箇所近接して形成され、各近接した箇所が3 dB方向性結合器DC 1 3, DC 1 4を構成する。2つの方向性結合器DC 1 3, DC 1 4の間の2本の光ファイバケーブル2 7, 2 8はそれぞれ、対称マッハツェンダ干渉計の2本のアーム部を構成しており、一方のアーム部において温度制御部HT 1 2が形成される一方、他方のアーム部においてA r Fレーザ装置5 0により形成された複屈折部BF 1 2が設けられる。

以上のように構成された偏波分散補償装置において、偏波合成部3 dの温度制御部HT 1 2に印加する電力の調整を、偏波分離部1 dの温度制御部HT 1 1に印加する電力の調整方法と同様に実行することにより、光信号を常に光ファイバケーブル2 7の終端部から出力させるように制御できる。従って、この偏波分散

補償装置の前段に接続される伝送用光ファイバケーブルにおける環境変化に伴う T E 波と T M 波との間の偏波分散を、温度制御部 H T 1 1 及び H T 1 2 を同様に調整することにより常に補償するように調整することができる。

従来例と比較すると、偏波分離器 1 d 及び偏波合成部 3 d において他方のアーム部に複屈折を有するマツハツェンダー構造の光ファイバケーブルを用い、さらにその一方のアーム部の屈折率制御を行う構成としたことで、装置を構成する素子を小型化しかつ低損失化を行うことができる。従って、本実施形態によれば、従来技術に比較して小型・軽量であって、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供することができる。さらには、可動部がなくなったので経年劣化を小さくすることができ、信頼性を向上できる。

以上の第 7 の好ましい実施形態においては、温度制御部 H T 1 1, H T 1 2 を形成しているが、本発明はこれに限らず、温度制御部 H T 1 1, H T 1 2 に代えて、電界制御部 E F 1, E F 2 を形成してもよい。

第 8 の好ましい実施形態.

図 1 5 は、本発明に係る第 8 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。

図 1 5 において、シリコン基板 2 1 0 上には、入力用チャネル光導波路 2 1 1、光導波路型偏光分離素子 2 1 2、一对の光導波路 2 1 3 a, 2 1 3 b、分岐比可変光カップラ 2 1 4、一对の光遅延線 2 1 5 a, 2 1 5 b、光導波路型偏光合成素子 2 1 6、出力用チャネル光導波路 2 1 7 a, 2 1 7 b が順次形成され、さらに一对の光導波路 2 1 3 a, 2 1 3 b 及び一对の光遅延線 2 1 5 a, 2 1 5 b の各一方に偏光入れ替え手段 2 1 8 a, 2 1 8 b が形成される。また、一对の光導波路 2 1 3 a, 2 1 3 b には、相対的な位相差を調整する位相調整手段 2 1 9 a, 2 1 9 b が形成される。ここで、光導波路型偏光分離素子 2 1 2 の 1 つの入力ポートは入力用チャネル光導波路 2 1 1 に光学的に接続され、光導波路型偏光分離素子 2 1 2 の 2 つの出力ポートに一对の光導波路 2 1 3 a, 2 1 3 b を介して分岐比可変光カップラ 2 1 4 の 2 つの入力ポートがそれぞれ光学的に接続される。また、分岐比可変光カップラ 2 1 4 の 2 つの出力ポートには、一对の光遅延線 2 1

5 a, 2 1 5 b の各一端が光学的に接続され、その各他端に光導波路型偏光合成素子 2 1 6 の 2 つの入力ポートがそれぞれ光学的に接続される。光導波路型偏光合成素子 2 1 6 の 2 つの出力ポートはそれぞれ出力用チャネル光導波路 2 1 7 a, 2 1 7 b に光学的に接続される。

- 5 ここで、光導波路型偏光分離素子 2 1 2 は、偏波分離部 1, 1 a, 1 c と同様に構成され、光導波路型偏光合成素子 2 1 6 は、偏波合成部 3, 3 a, 3 c と同様に構成される。光導波路型偏光合成素子 2 1 6 はいわゆる 90 度ハイブリッド回路であって、光導波路型偏光合成素子 2 1 6 の 2 つの出力ポートに光学的にそれぞれ接続された出力用チャネル光導波路 2 1 7 a, 2 1 7 b の各端部をそれぞれ、合波光信号を出力するための第 1 の出力ポート 2 1 7 a p と、合波光信号を出力しない第 2 の出力ポート 2 1 7 b という。

- 10 また、偏光入れ替え手段 2 1 8 a, 2 1 8 b は、光導波路に半波長板を挿入して構成され、位相調整手段 2 1 9 a, 2 1 9 b は、光導波路に薄膜ヒータなどの温度制御部を形成して構成される。さらに、分岐比可変光カプラ 2 1 4 は、2 入力 2 出力の 2 つの光カプラと、それらを接続する 2 本のアーム光導波路によりマッハツェンダ型干渉計を構成し、一方のアーム光導波路上に薄膜ヒータなどの温度制御部を形成することにより構成できる。ここで、温度制御部を制御して 2 本のアーム光導波路の光路長差を調整すれば、一方の光カプラの 2 入力から他方の光カプラの 2 出力への分岐比を変化させることができる。

- 20 この好ましい実施形態において、偏光入れ替え手段 2 1 8 a を光導波路 2 1 3 a に形成しているが、光導波路 2 1 3 b に形成してもよい。位相調整手段 2 1 9 a, 2 1 9 b は、それぞれ光導波路 2 1 3 a, 2 1 3 b に形成しているが、光導波路 2 1 3 a, 2 1 3 b のいずれか一方にあってもよい。また、偏光入れ替え手段 2 1 8 a と位相調整手段 2 1 9 a の位置を入れ替えてもよい。さらに、偏光入れ替え手段 2 1 8 b は、ここでは光遅延線 2 1 5 b に形成しているが、光遅延線 2 1 5 a に形成してもよい。また、偏光入れ替え手段 2 1 8 b と光遅延線 2 1 5 b の位置を入れ替えてもよい。

以上のように構成された偏波分散補償装置において、位相調整手段 2 1 9 a,

219bと分岐比可変光カップラ214は偏光コントローラ300として動作し、光遅延線215a, 215bが可変遅延線として動作し、全体として偏波分散補償回路を構成している。これにより、この偏波分散補償回路は、光伝送路における1次の偏波分散を補償できる。

- 5 この偏波分散補償装置において、本発明に係る偏波分散補償の制御方法について以下に説明する。

上述したように、光遅延線215a, 215bではそれぞれTM波やTE波の直線偏波が入射される。よって光導波路型偏波合成素子216では互いに直交する直線偏波が合波され、すべての出力光信号は第1の出力ポート217apに出力されるべきである。従って、位相調整手段219a, 219b及び分岐比可変カップラ214は、第1の出力ポート217apから出力される光信号の信号レベルが最大となるように、もしくは、第2の出力ポート217bpから出力される光信号の信号レベルが最小となるように制御することにより、光遅延線215a, 215bにおける偏波を最適な状態に調整できる。光遅延線215a, 215bにおける遅延量は、第1の出力ポート217apで受信された光信号を復調した受信信号中からビットレートの周波数の1/2の周波数の信号成分を抽出し、この信号成分の信号レベルが最大となるように制御すれば最適な状態が得られる。このような方法を用いることにより、偏光コントローラ300と光遅延線215a, 215bを別個に調整できるため、現実的な制御が可能となる。

- 20 本実施形態においては、第1の出力ポートから光信号が出力される設定となっているが、第2の出力ポートから光信号を出力する設定とすることも可能である。例えば、マッハツェンダ干渉計から構成される光導波路型偏光合成素子216のアーム部の屈折率をヒータにより調整し、光信号の位相を180度だけシフトさせれば、第2の出力ポートから光信号が出力される設定となる。この場合には、
25 第2の出力ポートから出力される光信号の信号レベルが最大となるように、もしくは、第1の出力ポートから出力される光信号の信号レベルが最小となるように偏光コントローラを制御することにより、光遅延線での偏波を最適な状態に調整できる。

以上説明したように、従来技術文献 3 で開示された従来技術では、偏波分散を補償するための制御が難しかったが、本実施形態によれば、従来技術に比較して偏波分散を補償するための制御を大幅に簡単化にすることができる。

第 9 の好ましい実施形態.

5 図 1 6 は、本発明に係る第 9 の好ましい実施形態である光導波路型の偏波分散補償装置の構成を示す平面図である。この実施形態に係る偏波分散補償装置は、図 1 5 に図示された第 8 の好ましい実施形態に比較して、偏光コントローラ 3 0 0 と光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b との間に、別の偏光コントローラ 3 0 1 を挿入したことを特徴としている。この相違点について以下に詳述する。

10 別の偏光コントローラ 3 0 1 は、分岐比可変光カプラ 2 1 4 の 2 つの出力ポートに光学的に接続されたアーム部光導波路 2 2 3 a , 2 2 3 b に形成された位相調整手段 2 2 9 a , 2 2 9 b と、その後段に光学的に接続された分岐比可変光カプラ 2 2 4 とを備えて構成される。このように構成された偏波分散補償装置においては、1 つの偏光コントローラ 3 0 0 のみを有する第 8 の好ましい実施形態に
15 比較して、調整できる位相量の制限を緩和することができる。

この偏波分散補償装置においても、第 8 の好ましい実施形態と同様に、位相調整手段 2 1 9 a , 2 1 9 b , 2 2 9 a , 2 2 9 b 及び分岐比可変カプラ 2 1 4 は、第 1 の出力ポート 2 1 7 a p から出力される光信号の信号レベルが最大となるように、もしくは、第 2 の出力ポート 2 1 7 b p から出力される光信号の信号レベルが最小となるように制御することにより、光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b における偏波を最適な状態に調整できる。それ故、偏光コントローラ 3 0 0 , 3 0 1 での制御の難しさは緩和される。

以上説明したように、従来技術文献 3 で開示された従来技術では、偏波分散を補償するための制御が難しかったが、本実施形態によれば、従来技術に比較して
25 偏波分散を補償するための制御を大幅に簡単化にすることができる。

以上の第 8 と第 9 の好ましい実施形態においては、光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b の遅延量を変化することにより偏波分散補償量を制御する方法を示している。例えば、遅延量は固定で光遅延線 2 1 5 a , 2 1 5 b よりも前段の分岐比可変カ

プラ 2 1 4, 2 2 4 等により、光遅延線 2 1 5 a, 2 1 5 b での光信号の分岐比を調整することで遅延量を変化させるタイプの偏波分散補償装置においても、第 1 の出力ポート 2 1 7 a p から出力される光信号の信号レベルが最大となるように、もしくは、第 2 の出力ポート 2 1 7 b p から出力される光信号の信号レベルが最小となるように制御する方法は極めて有用である。

変形例.

図 1 7 は、本発明に係る第 1 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波分離部 1 の一部の構成を示す平面図である。図 1 の偏波分離部 1 では、各アーム部において、温度制御部 H T 1 と複屈折部 B F 1 を形成しているが、図 1 7 に示すように、偏波分離部 1 の一方のアーム部において、温度制御部 H T 1 と複屈折部 B F 1 を縦続に形成してもよい。

図 1 8 は、本発明に係る第 2 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波分離部 1 の一部の構成を示す平面図である。また、図 1 8 に示すように、偏波分離部 1 の一方のアーム部において、温度制御部 H T 1 と複屈折部 B F 1 とを互いに重畳するように形成してもよい。

図 1 9 は、本発明に係る第 3 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波分離部 1 の一部の構成を示す平面図である。さらに、図 1 9 に示すように、偏波分離部 1 の一方のアーム部において複屈折部 B F 1 を形成する一方、他方のアーム部において温度制御部 H T 1 を形成してもよい。

図 2 0 は、本発明に係る第 4 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波合成部 3 の一部の構成を示す平面図である。図 1 の偏波合成部 3 では、各アーム部において、温度制御部 H T 2 と複屈折部 B F 2 を形成しているが、図 2 0 に示すように、偏波合成部 3 の一方のアーム部において、温度制御部 H T 2 と複屈折部 B F 2 を縦続に形成してもよい。

図 2 1 は、本発明に係る第 5 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波合成部 3 の一部の構成を示す平面図である。また、図 2 1 に示すように、偏波合成部 3 の一方のアーム部において、温度制御部 H T 2 と複屈折部 B F 2 とを互いに重畳するように形成してもよい。

図 2 2 は、本発明に係る第 6 の変形例である光導波路型の偏波分散補償装置のための偏波合成部 3 の一部の構成を示す平面図である。さらに、図 2 2 に示すように、偏波合成部 3 の一方のアーム部において複屈折部 B F 2 を形成する一方、他方のアーム部において温度制御部 H T 2 を形成してもよい。

- 5 すなわち、図 1 7 乃至図 2 2 に示すように、偏波分離部 1 又は偏波合波部 3 においては、同一のアーム部上に温度制御部と複屈折部が存在しても、同一のアーム部上で重なっていても、温度制御部と複屈折部の位置が入れ替わっていてもよい。

- 10 以上の好ましい実施形態においては、光導波路上に複屈折部を形成しているが、光導波路基板上に形成した光導波路は、光導波路基板と光導波路との間の熱膨張差が原因で、本来複屈折を有する。その場合でも、A r F エキシマレーザを照射する等の手段により、複屈折を変化させることにより、偏波分離部や偏波合波部を形成してもよい。

産業上の利用の可能性

- 15 以上詳述したように、本発明の 1 つの態様に係る偏波分散補償装置によれば、入力される光信号の偏波軸が光伝送線路の光軸に実質的に一致するように上記光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

上記偏波制御手段から出力される光信号から互いに直交する 2 つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

- 20 互いに異なる長さを有する 2 つの光伝送線路を備えて構成され、上記偏波分離手段から出力される 2 つの偏波成分の光信号に対して互いに遅延差を生じさせる光遅延手段と、

上記光遅延手段から出力される 2 つの偏波成分の光信号を合波して出力する偏波合成手段とを備えた偏波分散補償装置であって、

- 25 上記偏波分離手段は、第 1 と第 2 のアーム部の光伝送線路を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、上記第 1 と第 2 のアーム部のうちの少なくとも一方は、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第 1 の屈折率制御手段と、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさ

せる第1の複屈折手段とを備え、

上記偏波合成手段は、第3と第4のアーム部の光伝送線路を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、上記第3と第4のアーム部のうちの少なくとも一方は、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第2の屈折率制御手段と、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第2の複屈折手段とを備える。

従って、この偏波分散補償装置の前段に接続される伝送用光ファイバケーブルにおける環境変化に伴うTE波とTM波との間の偏波分散を、第1と第2の屈折率制御手段を同様に調整することにより常に補償するように調整することができる。従来例と比較すると、偏波分離手段及び偏波合成手段において他方のアーム部に複屈折を有するマッハツェンダ構造の光伝送線路を用い、さらにその一方のアーム部の屈折率制御を行う構成としたことで、装置を構成する素子を小型化しかつ低損失化を行うことができる。従って、本発明によれば、従来技術に比較して小型・軽量であって、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供することができる。さらには、可動部がなくなったので経年劣化を小さくすることができ、信頼性を向上できる。

また、本発明のもう1つの態様に係る偏波分散補償装置によれば、入力される光信号の偏波軸が光伝送線路の光軸に実質的に一致するように上記光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

上記偏波制御手段から出力される光信号から互いに直交する2つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

互いに異なる長さを有する2つの光伝送線路を備えて構成され、上記偏波分離手段から出力される2つの偏波成分の光信号に対して互いに遅延差を生じさせる光遅延手段と、

上記光遅延手段から出力される2つの偏波成分の光信号を合波して出力する偏波合成手段とを備えた偏波分散補償装置であって、

上記偏波分離手段は、互いに近接した2本の光伝送線路を有し、入力される光信号を2分配して2つの光信号を出力する第5の方向性結合器を備え、

上記第5の方向性結合器の互いに近接した2本の光伝送線路は、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第4の屈折率制御手段と、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第3の複屈折手段とを備え、

- 5 上記偏波合成手段は、互いに近接した2本の光伝送線路を有し、入力される光信号を2分配して2つの光信号を出力する第6の方向性結合器を備え、

上記第6の方向性結合器の互いに近接した2本の光伝送線路は、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第5の屈折率制御手段と、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第4の複屈折手段
10 とを備える。

従って、この偏波分散補償装置の前段に接続される伝送用光ファイバケーブルにおける環境変化に伴うTE波とTM波との間の偏波分散を、第1と第2の屈折率制御手段を同様に調整することにより常に補償するように調整することができる。従来例と比較すると、偏波分離手段及び偏波合成手段において複屈折を有する光伝送線路を用い、さらに屈折率制御を行う構成としたことで、装置を構成する素子をさらに小型化しかつ低損失化を行うことができる。従って、本発明によれば、従来技術に比較して小型・軽量であって、低損失で偏波分散を補償することができる偏波分散補償装置を提供することができる。さらには、可動部がなくなったので経年劣化を小さくすることができ、信頼性を向上できる。

- 15 さらに、本発明に係る別の態様に係る偏波分散補償装置は、互いに直交する2つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

位相調整手段と分岐比可変カップラとを備え、上記光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

偏波分離された光信号を遅延させるための一対の光遅延手段と、

- 25 第1と第2の出力ポートを有し、上記光遅延手段から出力される2つの偏波成分の光信号を合波して第1の出力ポートから出力する偏波合成手段を備え、

上記偏波分離手段及び偏波合成手段は、少なくとも一方のアーム部に複屈折を有する対称マッハツェンダ干渉計により構成された偏波分散補償装置であって、

上記偏波合成手段の第 1 の出力ポートから出力される信号レベルが最大となるように、もしくは上記上記偏波合成手段の第 2 の出力ポートから出力される信号レベルが最小となるように、上記位相調整手段と上記分岐比可変カップラとを制御するように設定する。

- 5 従来技術では、偏波分散を補償するための制御が難しかったが、本発明によれば、従来技術に比較して偏波分散を補償するための制御を大幅に簡単化にすることができる。

請 求 の 範 囲

1. 入力される光信号の偏波軸が光伝送線路の光軸に実質的に一致するように上記光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

5 上記偏波制御手段から出力される光信号から互いに直交する2つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

互いに異なる長さを有する2つの光伝送線路を備えて構成され、上記偏波分離手段から出力される2つの偏波成分の光信号に対して互いに遅延差を生じさせる光遅延手段と、

10 上記光遅延手段から出力される2つの偏波成分の光信号を合波して出力する偏波合成手段とを備えた偏波分散補償装置であって、

上記偏波分離手段は、第1と第2のアーム部の光伝送線路を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、上記第1と第2のアーム部のうちの少なくとも一方は、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第1の屈折率制御手段と、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第1の複屈折手段とを備え、

15

上記偏波合成手段は、第3と第4のアーム部の光伝送線路を有する対称マッハツェンダ干渉計を有し、上記第3と第4のアーム部のうちの少なくとも一方は、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第2の屈折率制御手段と、当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第2の複屈折手段とを備えたことを特徴とする偏波分散補償装置。

20

2. 上記偏波分離手段は、

入力される光信号を2分配して2つの光信号を出力する第1の方向性結合器と、

25 上記第1の方向性結合器によって2分配された2つの光信号のうちの一方の光信号を伝搬させる第1のアーム部の光伝送線路と、

上記第1の方向性結合器によって2分配された2つの光信号のうちの他方の光信号を伝搬させる第2のアーム部の光伝送線路と、

上記第1のアーム部の光伝送線路を伝搬した光信号と、上記第2のアーム部の

光伝送線路を伝搬した光信号とを合成した後、2分配して2つの光信号を出力する第2の方向性結合器とを備え、

上記偏波合成手段は、

5 入力される2つの光信号を合成した後、2分配して2つの光信号を出力する第3の方向性結合器と、

上記第3の方向性結合器によって2分配された2つの光信号のうちの一方の光信号を伝搬させる第3のアーム部の光伝送線路と、

上記第3の方向性結合器によって2分配された2つの光信号のうちの他方の光信号を伝搬させる第4のアーム部の光伝送線路と、

10 上記第3のアーム部の光伝送線路を伝搬した光信号と、上記第4のアーム部の光伝送線路を伝搬した光信号とを合成して光信号を出力する第4の方向性結合器とを備えたことを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

3. 上記第1の屈折率制御手段は、上記第1の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路における温度を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御し、

上記第2の屈折率制御手段は、上記第2の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路における温度を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御することを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

20 4. 上記第1の屈折率制御手段は、所定のポーリング処理が施され、上記第1の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して印加する電界を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御し、

上記第2の屈折率制御手段は、所定のポーリング処理が施され、上記第2の屈折率制御手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して印加する電界を制御することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御することを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

25 5. 上記第1の複屈折手段は、上記第1の複屈折手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して紫外線を照射することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬

する光信号に対して複屈折を生じさせ、

上記第2の複屈折手段は、上記第2の複屈折手段が設けられたアーム部の光伝送線路に対して紫外線を照射することにより当該アーム部の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせることを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

6. 上記光遅延手段の2つの光伝送線路のうち一方の光伝送線路における温度を制御することにより当該一方の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第3の屈折率制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

7. 上記光遅延手段の2つの光伝送線路のうち一方の光伝送線路には所定のポーリング処理が施され、当該一方の光伝送線路に対して印加される電界を制御することにより当該一方の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第4の屈折率制御手段をさらに備えたことを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

8. 上記光伝送線路は、基板上に形成された光導波路であることを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

9. 上記光伝送線路は、光ファイバケーブルであることを特徴とする請求項1記載の偏波分散補償装置。

10. 入力される光信号の偏波軸が光伝送線路の光軸に実質的に一致するように光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

上記偏波制御手段から出力される光信号から互いに直交する2つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

互いに異なる長さを有する2つの光伝送線路を備えて構成され、上記偏波分離手段から出力される2つの偏波成分の光信号に対して互いに遅延差を生じさせる光遅延手段と、

上記光遅延手段から出力される2つの偏波成分の光信号を合波して出力する偏波合成手段とを備えた偏波分散補償装置であって、

上記偏波分離手段は、互いに近接した2本の光伝送線路を有し、入力される光

信号を2分配して2つの光信号を出力する第5の方向性結合器を備え、

上記第5の方向性結合器の互いに近接した2本の光伝送線路は、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第4の屈折率制御手段と、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第3の複屈折手段とを備え、

上記偏波合成手段は、互いに近接した2本の光伝送線路を有し、入力される光信号を2分配して2つの光信号を出力する第6の方向性結合器を備え、

上記第6の方向性結合器の互いに近接した2本の光伝送線路は、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号の屈折率を制御する第5の屈折率制御手段と、当該2本の光伝送線路を伝搬する光信号に対して複屈折を生じさせる第4の複屈折手段とを備えたことを特徴とする偏波分散補償装置。

1.1. 互いに直交する2つの偏波成分の光信号を分離して出力する偏波分離手段と、

位相調整手段と分岐比可変カップラとを備え、上記光信号の偏波状態を制御する偏波制御手段と、

偏波分離された光信号を遅延させるための一対の光遅延手段と、

第1と第2の出力ポートを有し、上記光遅延手段から出力される2つの偏波成分の光信号を合波して第1の出力ポートから出力する偏波合成手段を備え、

上記偏波分離手段及び偏波合成手段は、少なくとも一方のアーム部に複屈折を有する対称マッハツェンダ干渉計により構成された偏波分散補償装置であって、

上記偏波合成手段の第1の出力ポートから出力される信号レベルが最大となるように、もしくは上記偏波合成手段の第2の出力ポートから出力される信号レベルが最小となるように、上記位相調整手段と上記分岐比可変カップラとを制御するように設定したことを特徴とする偏波分散補償装置。

図 1

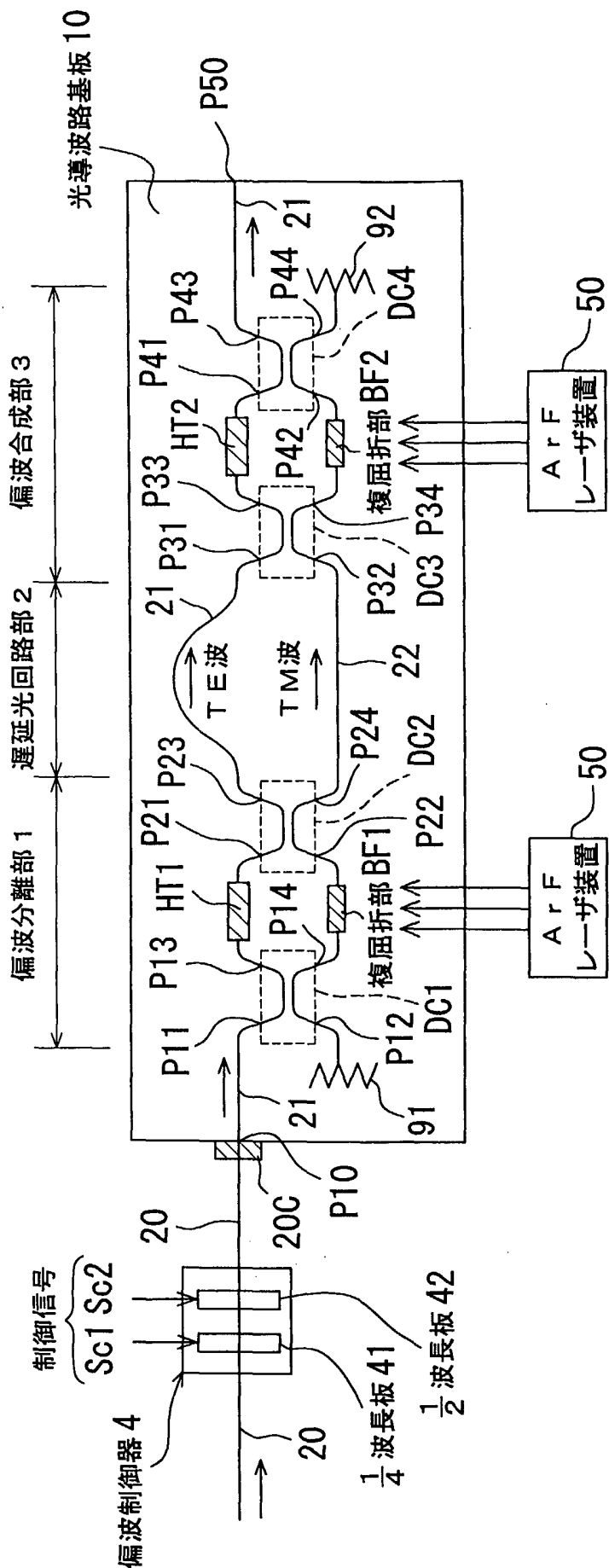


図 2

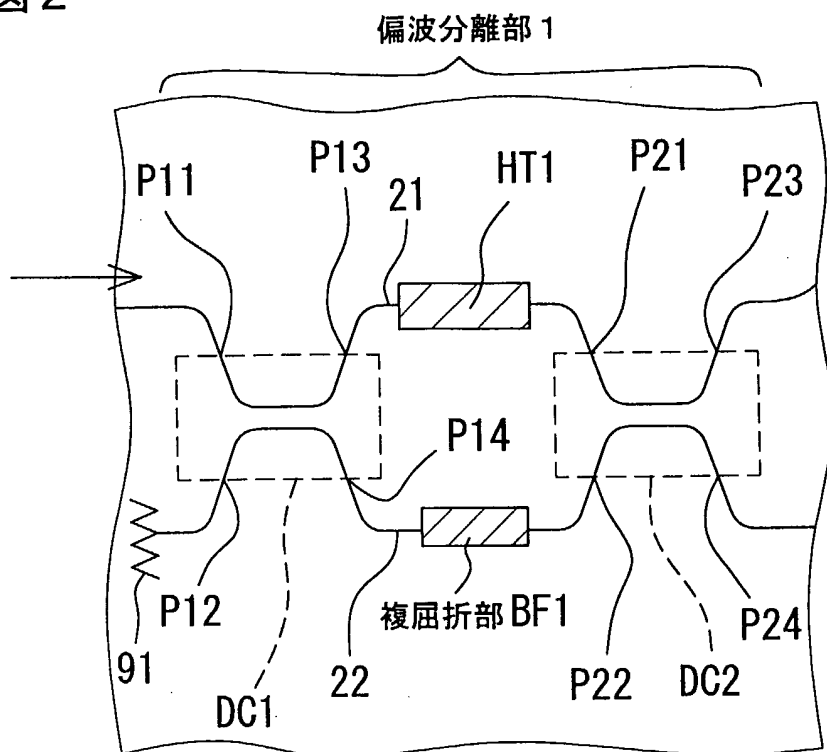


図 3

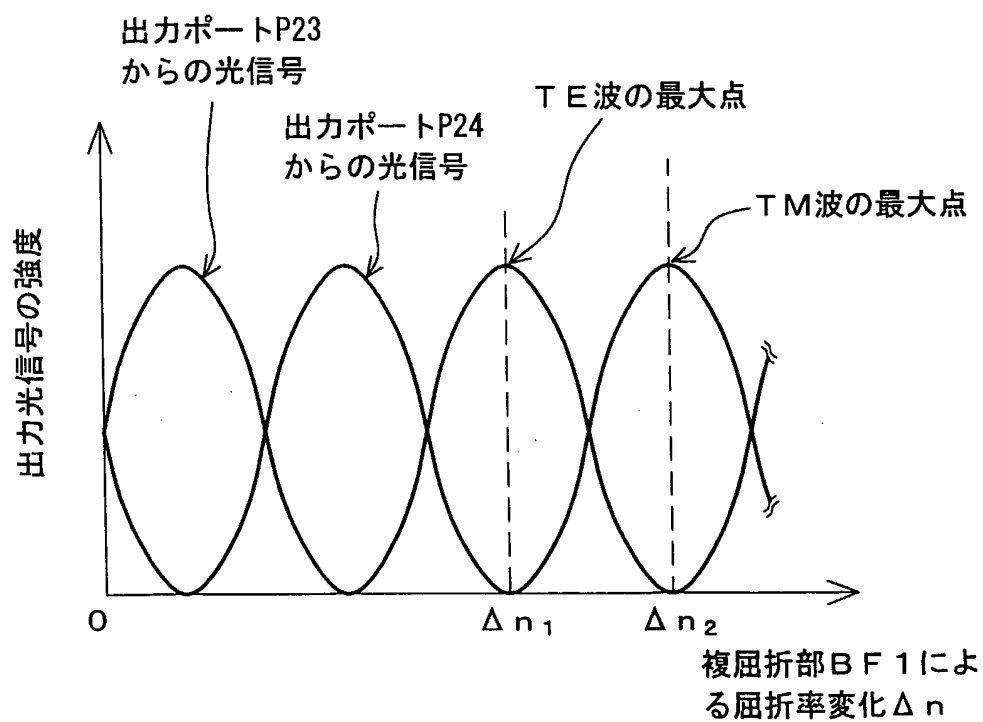


図 4

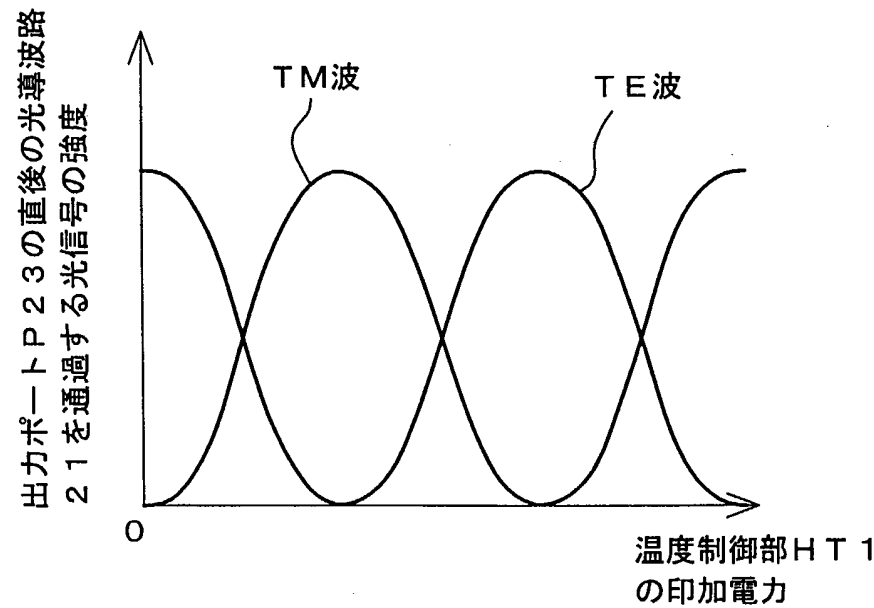


図 5

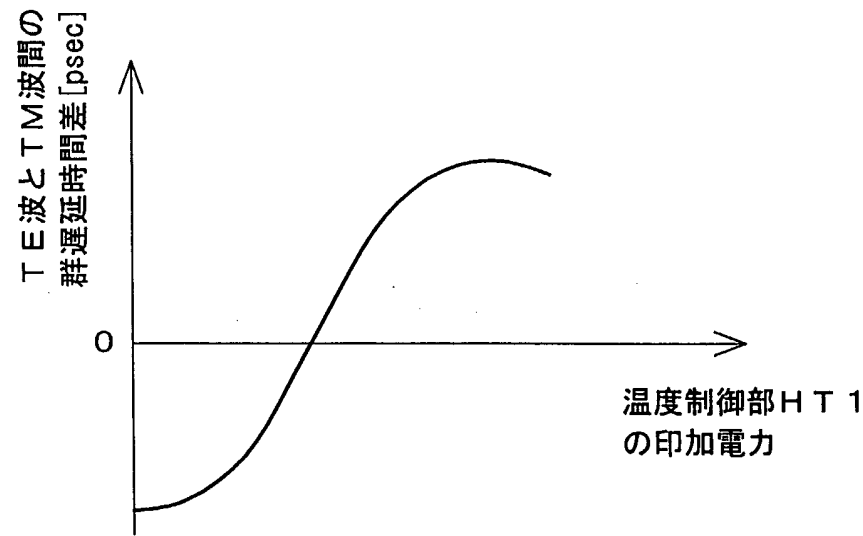


図 6

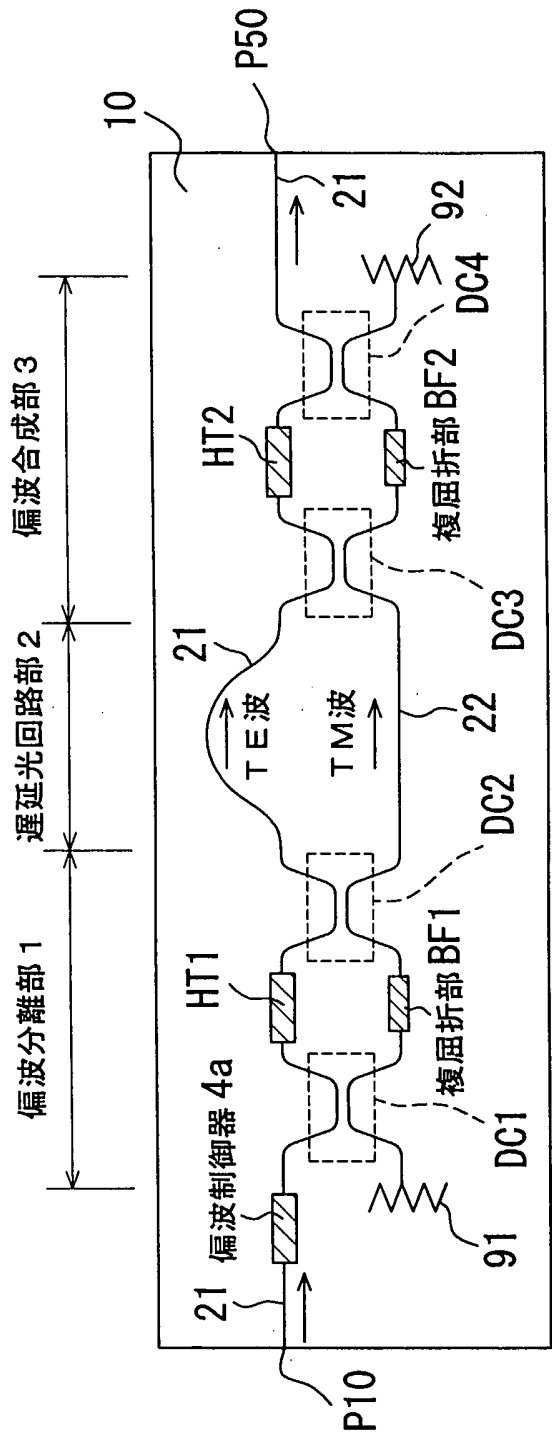


図 7

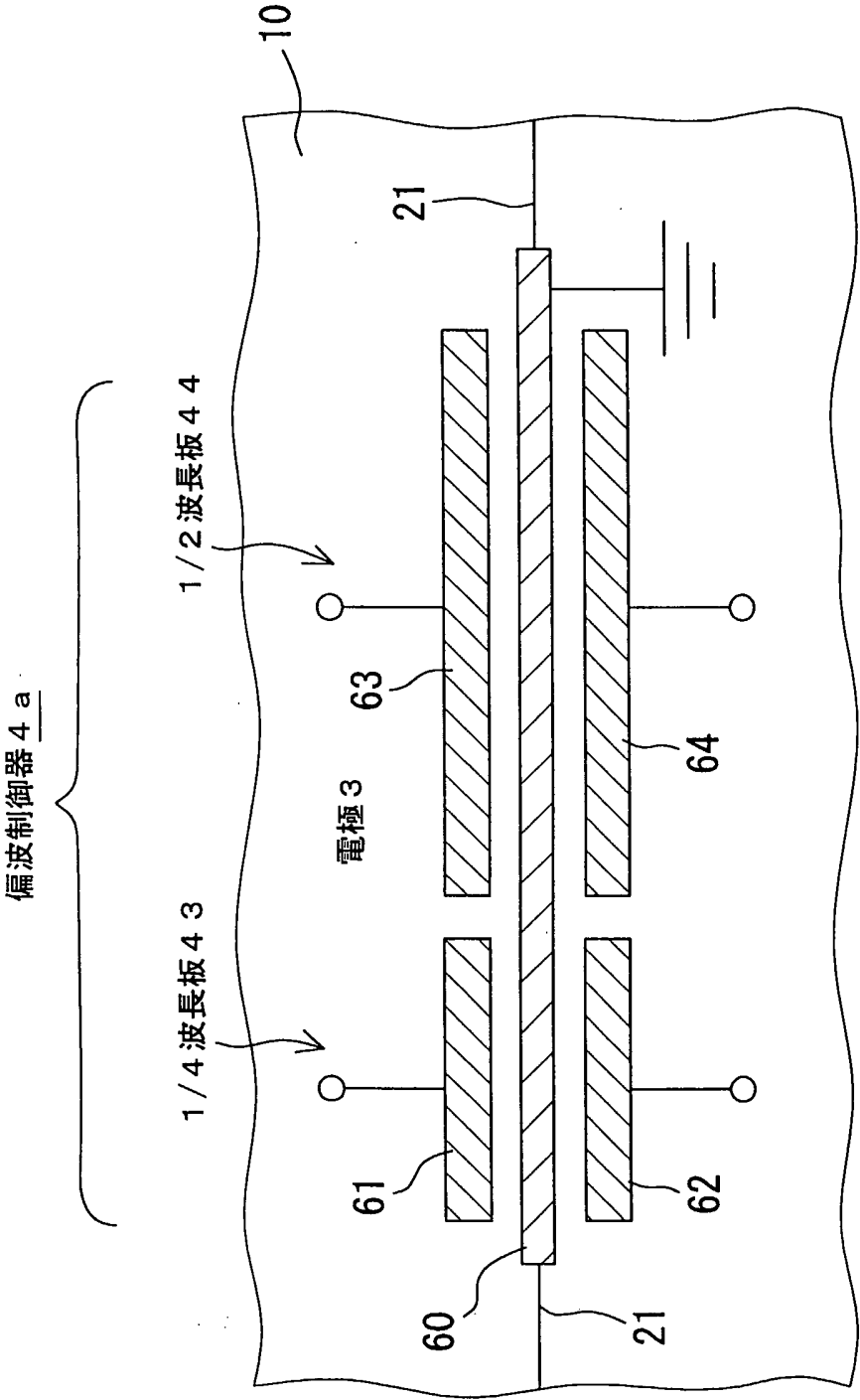


図 8

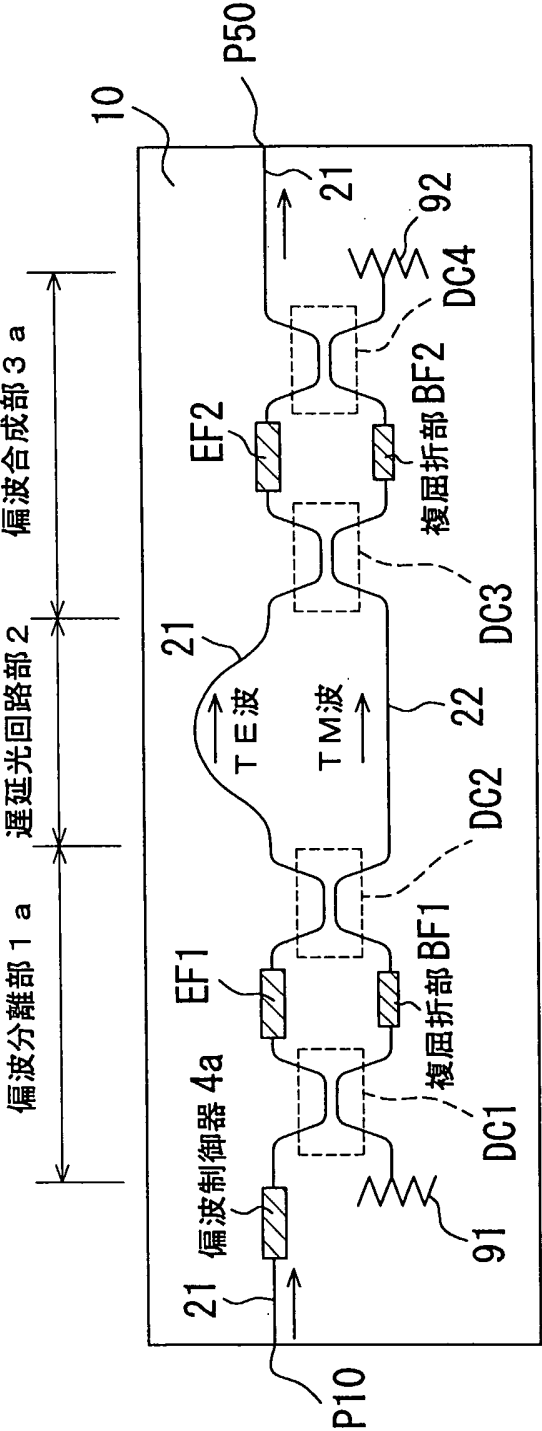


図 9

電界制御部 EF1

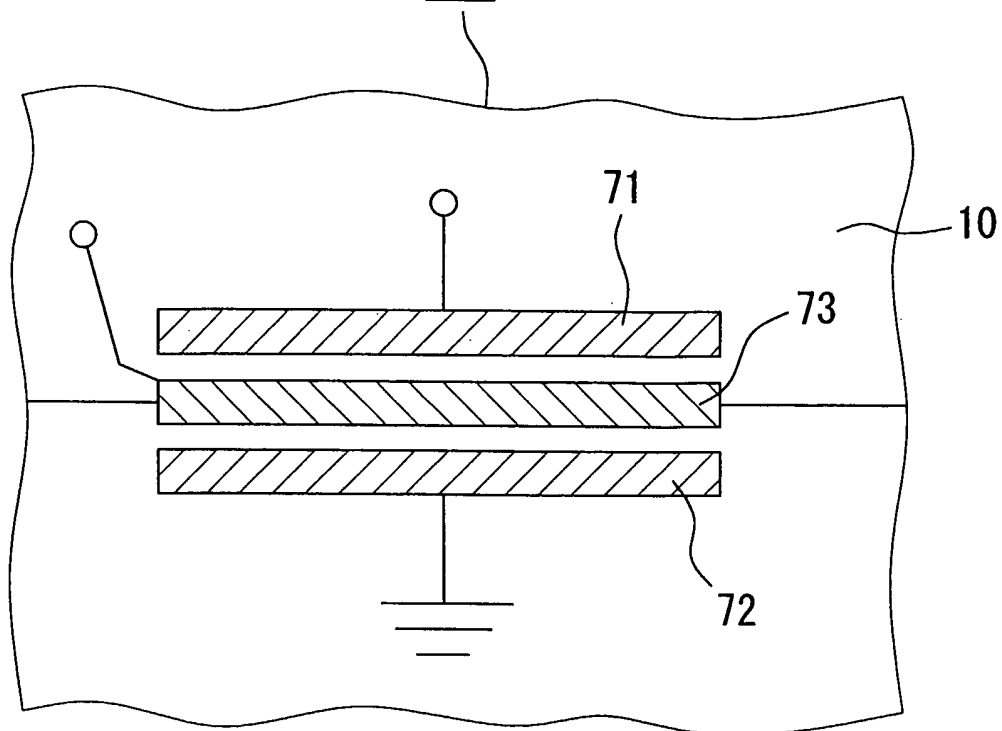


図 10

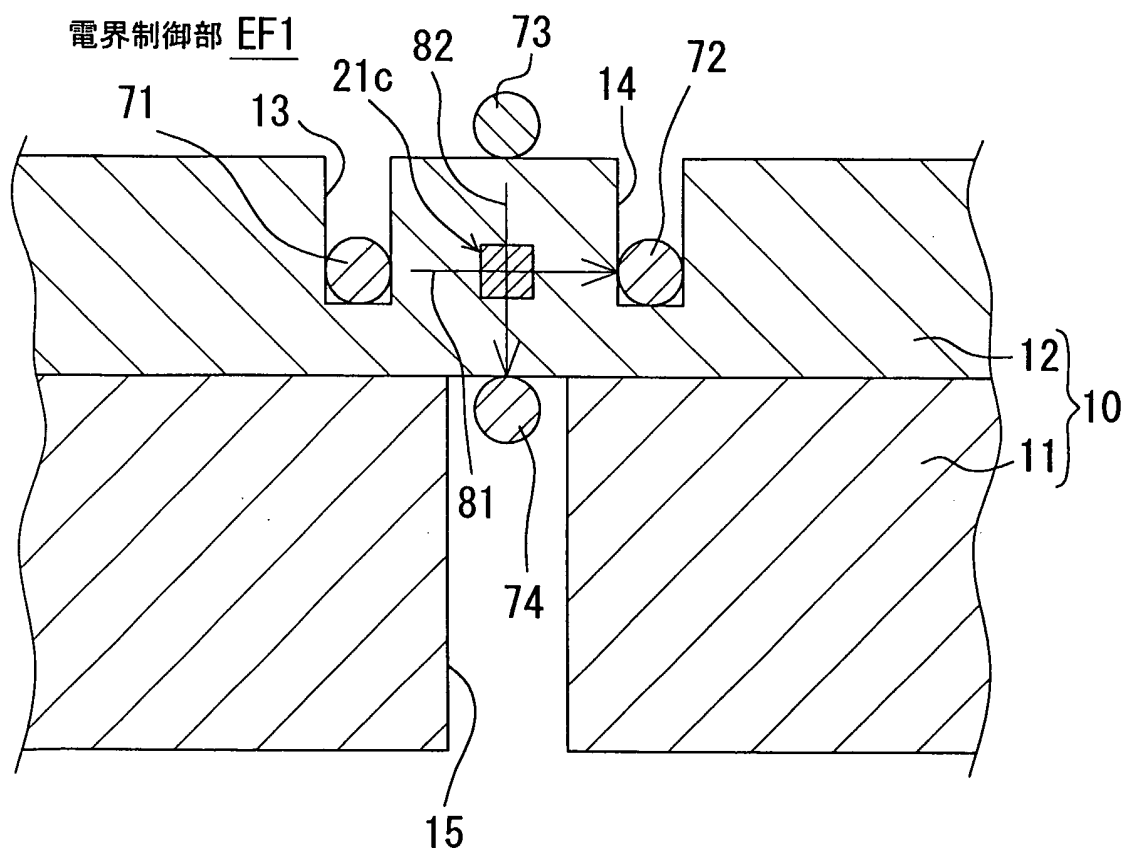


图 1 1

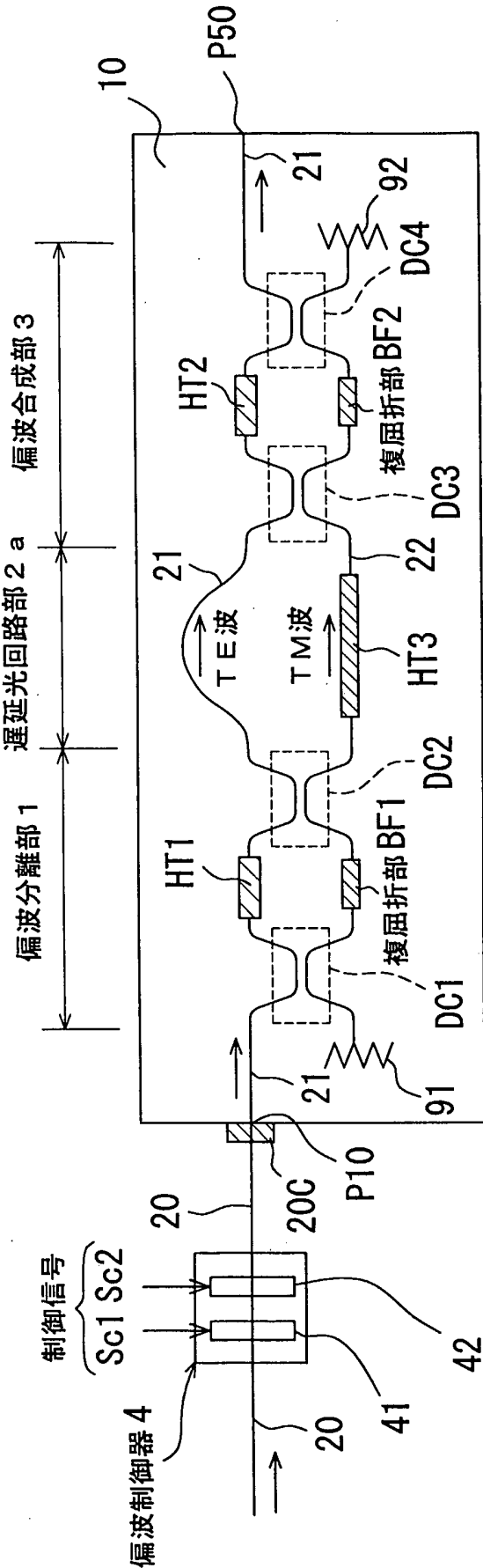


图 12

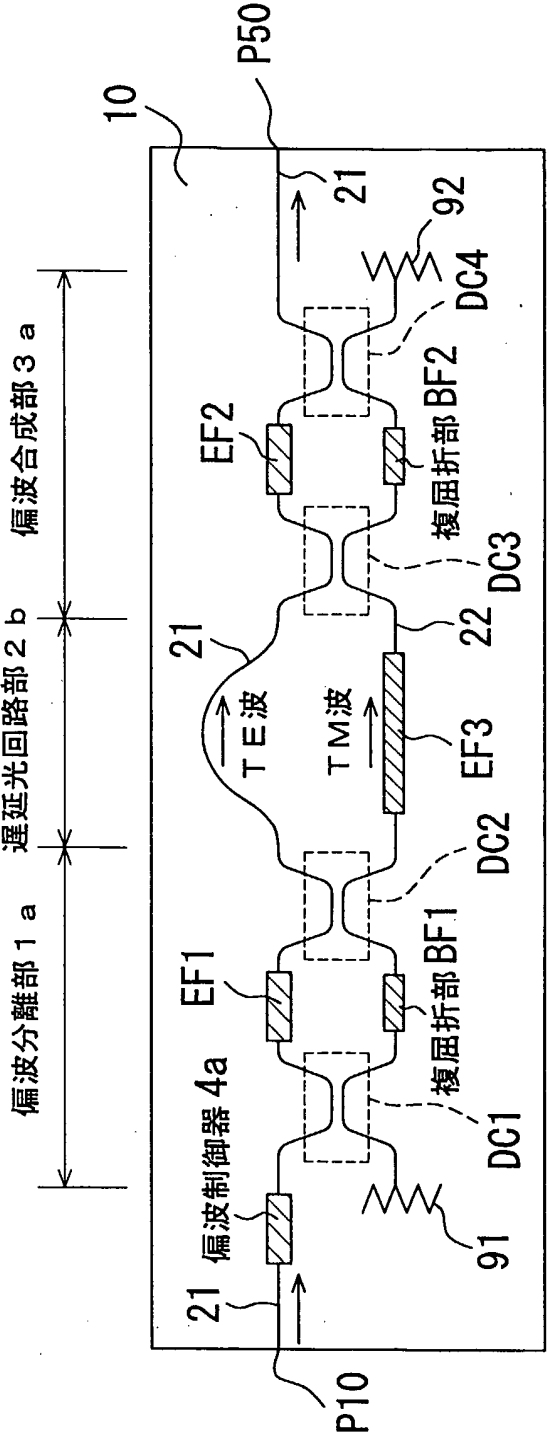


图 13

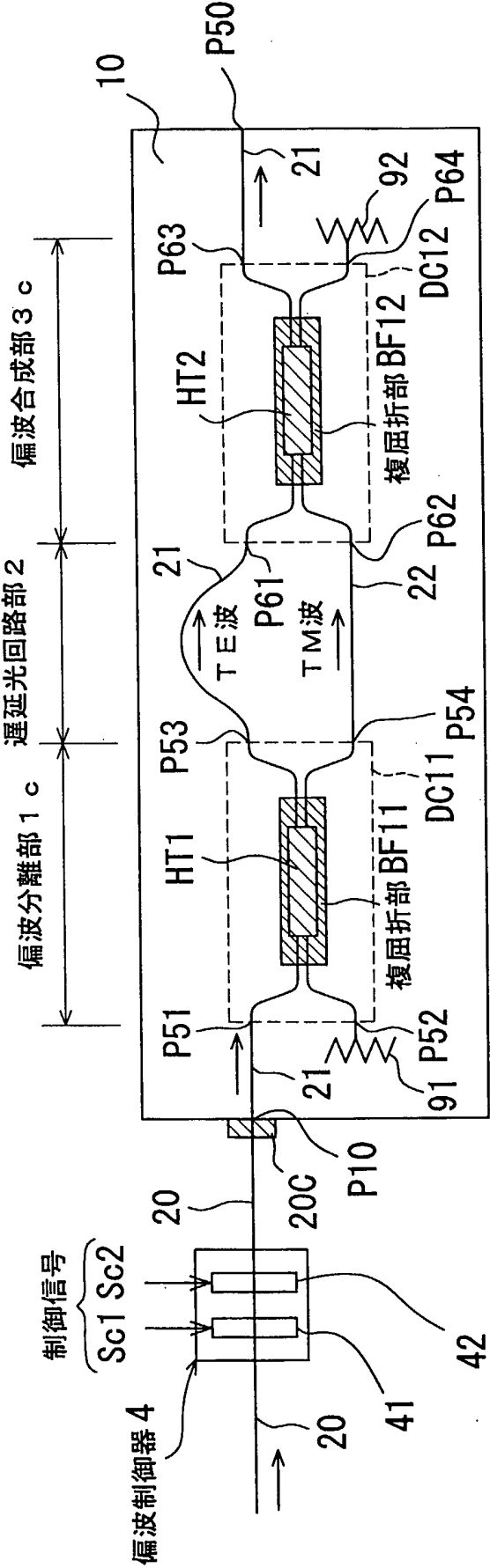


図 1 4

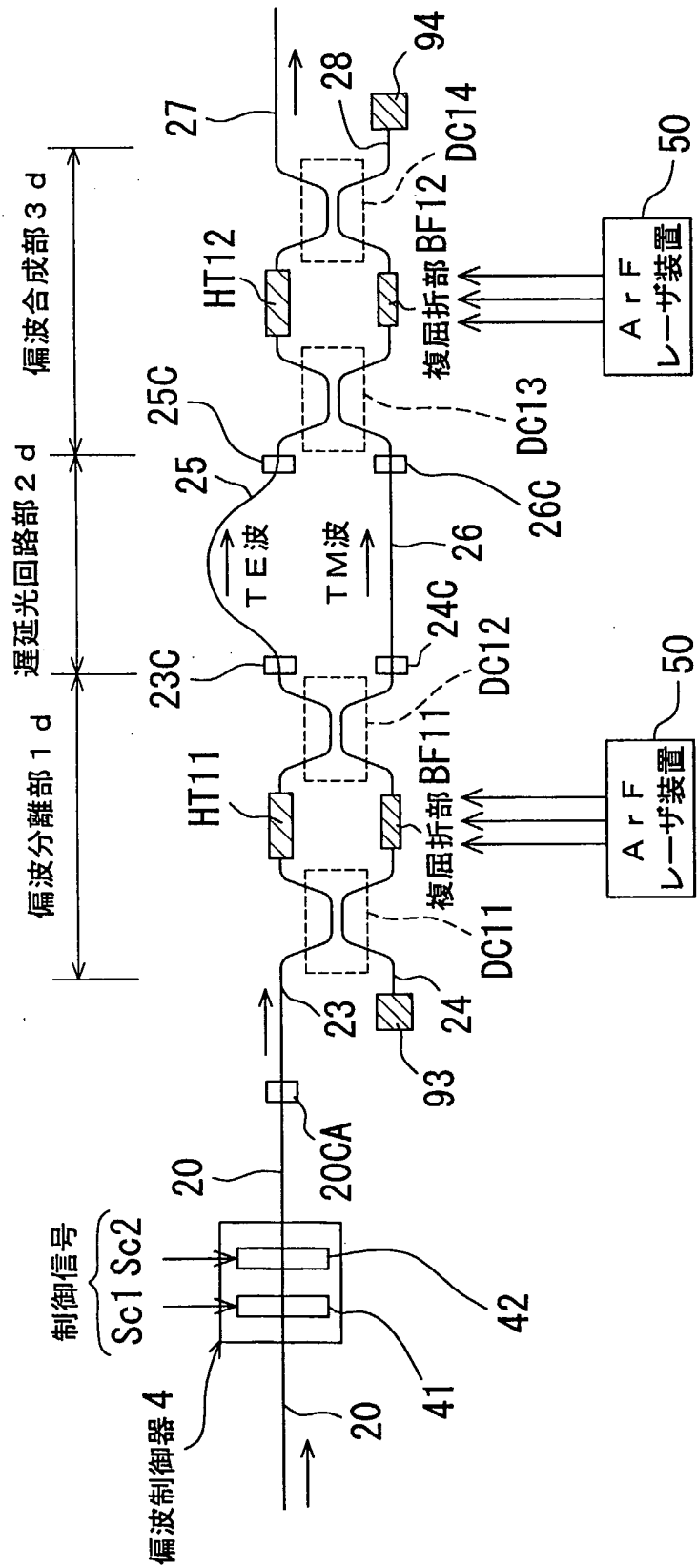


図15

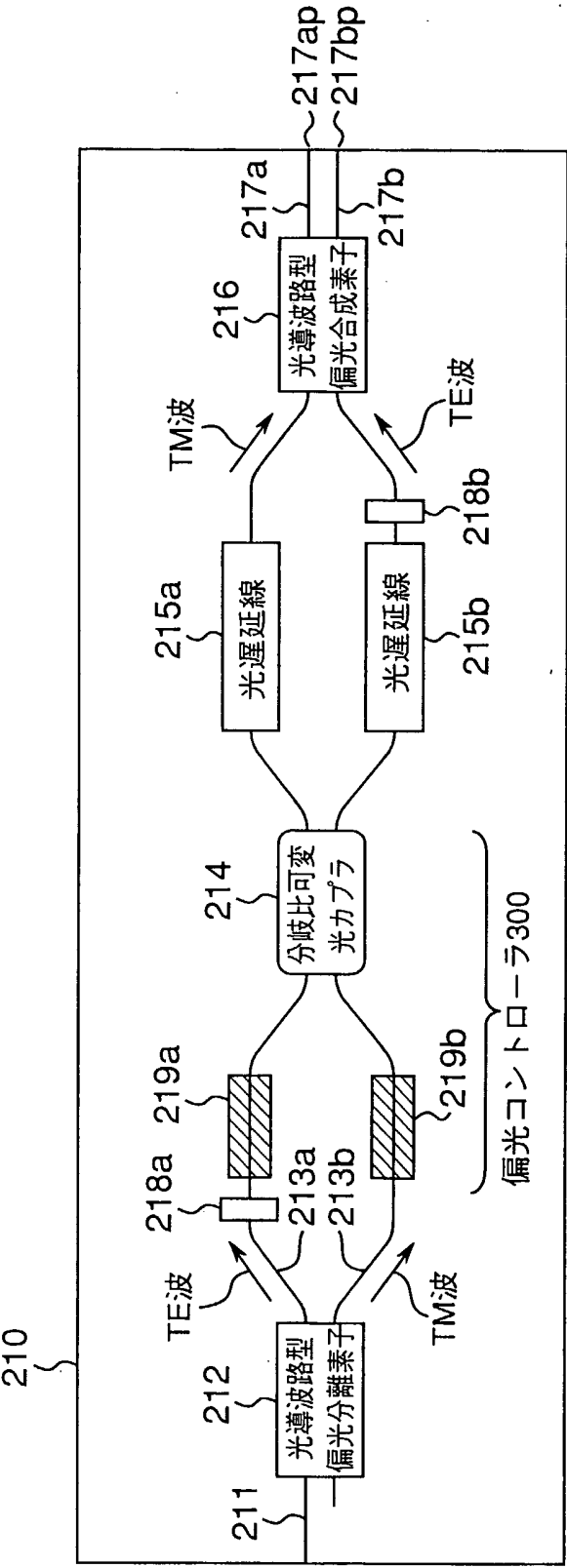


図16

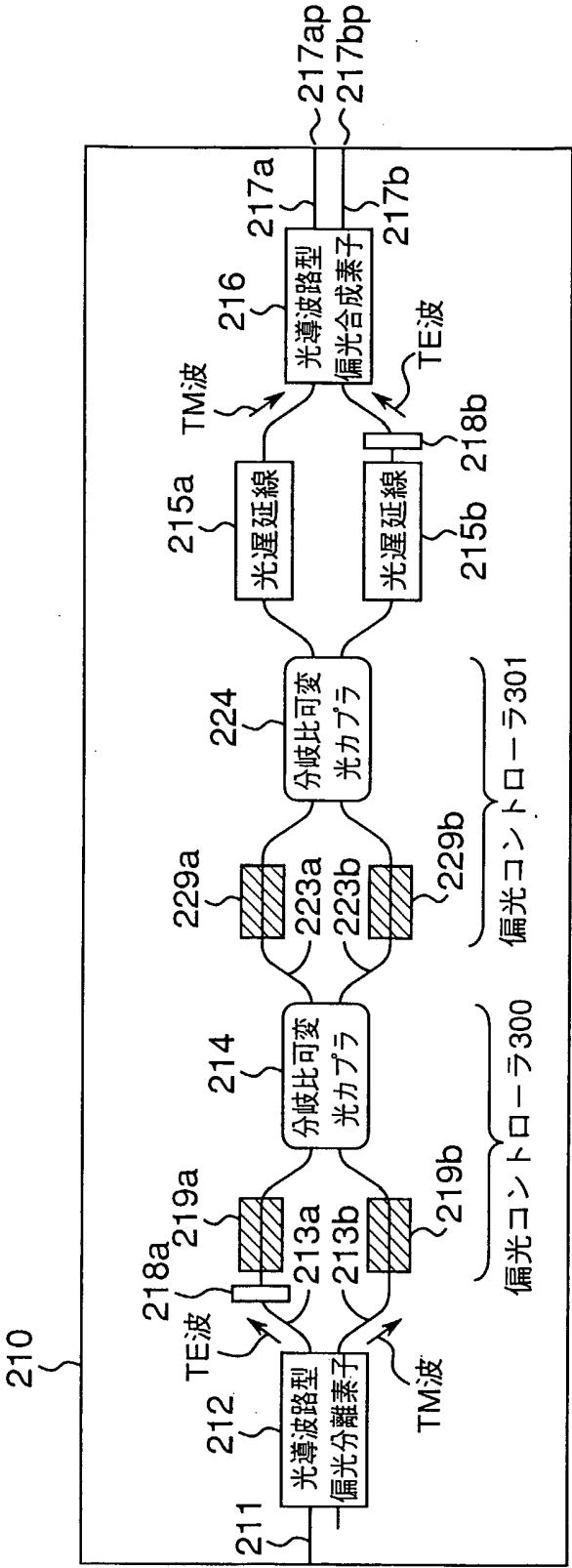


図17

偏波分離部1.

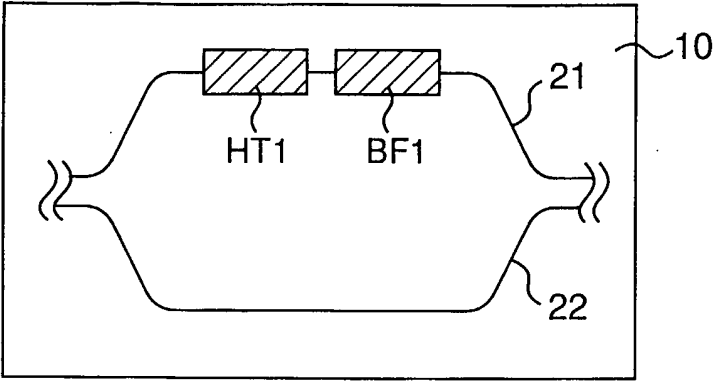


図18

偏波分離部1

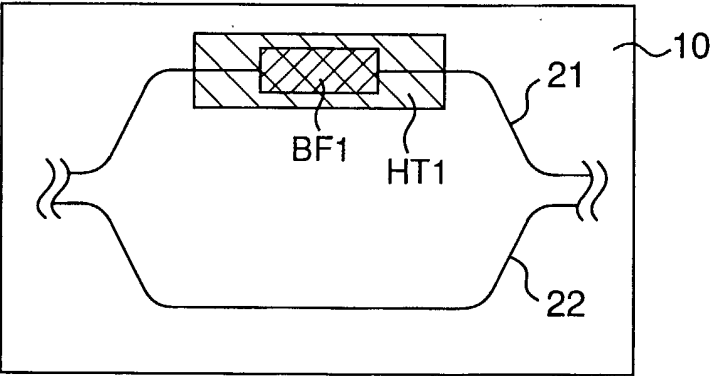


図19

偏波分離部1

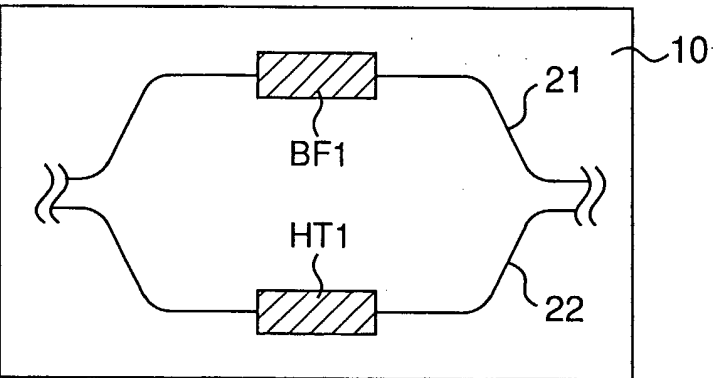


図20

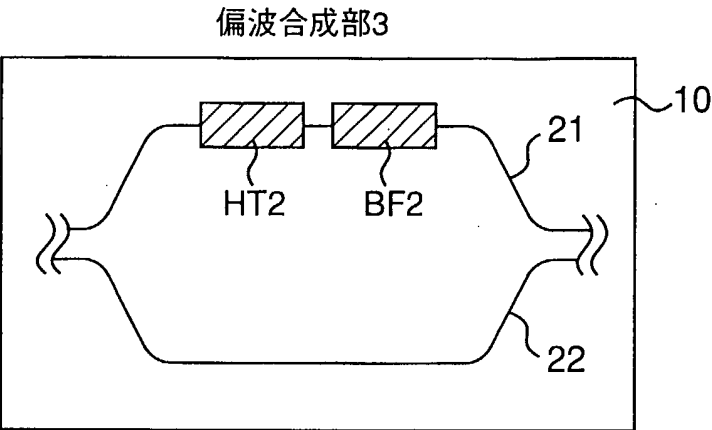


図21

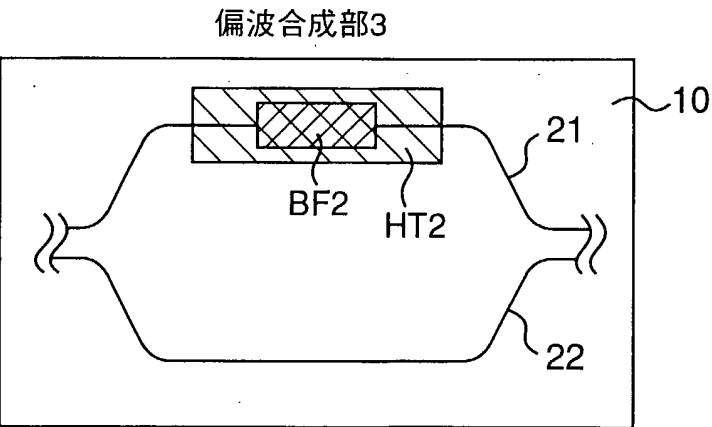


図22

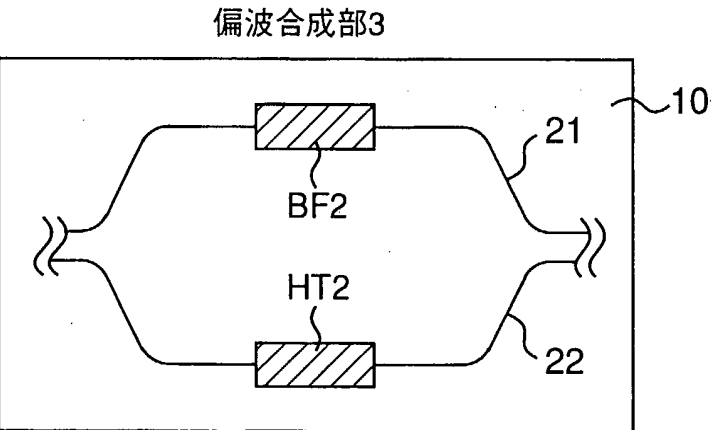


図 23

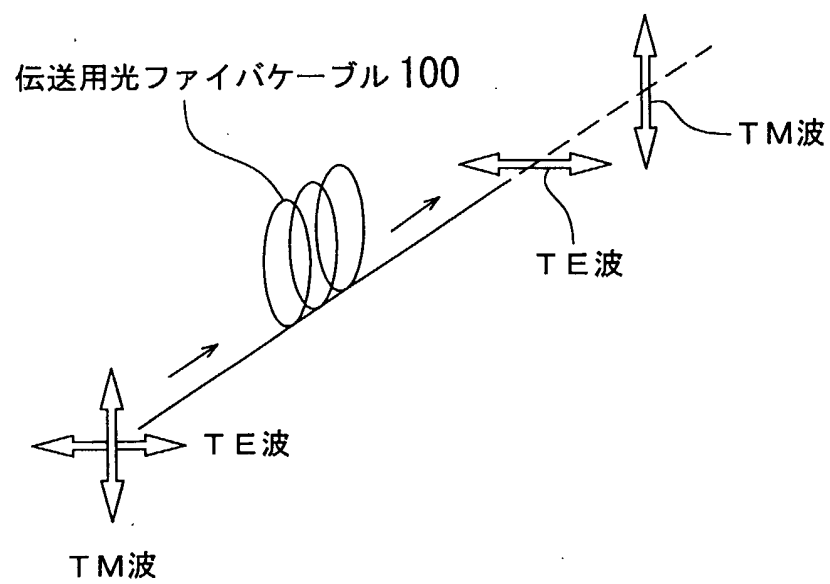


図 2 4

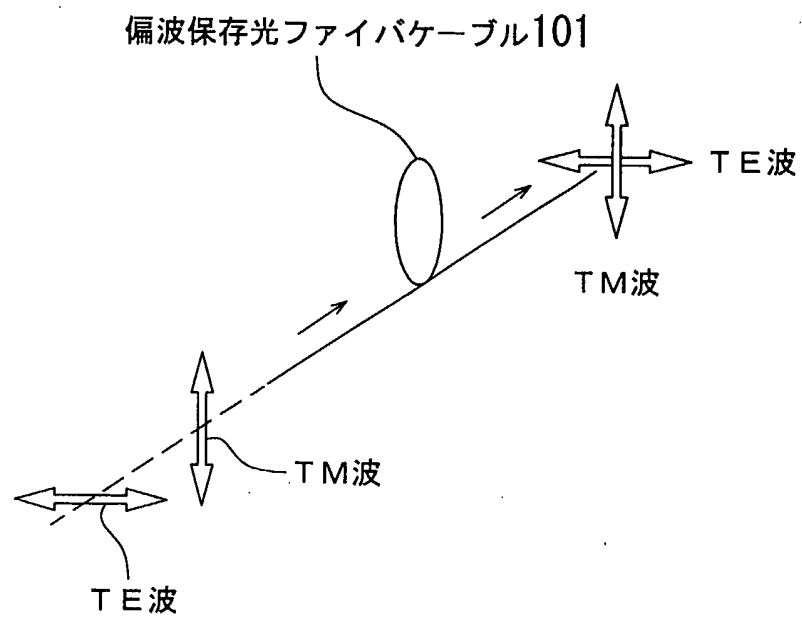


図 2 5

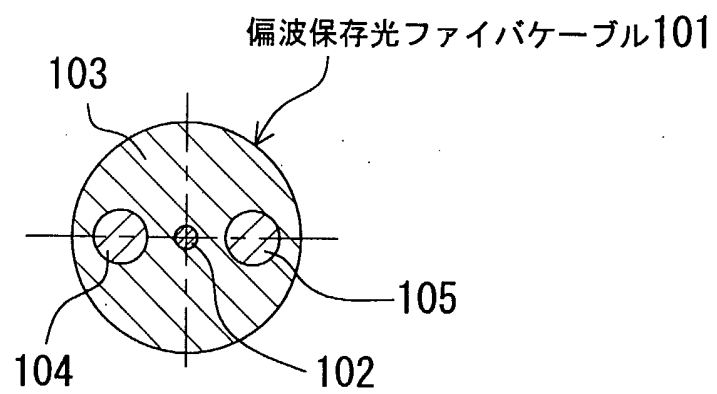


图 26

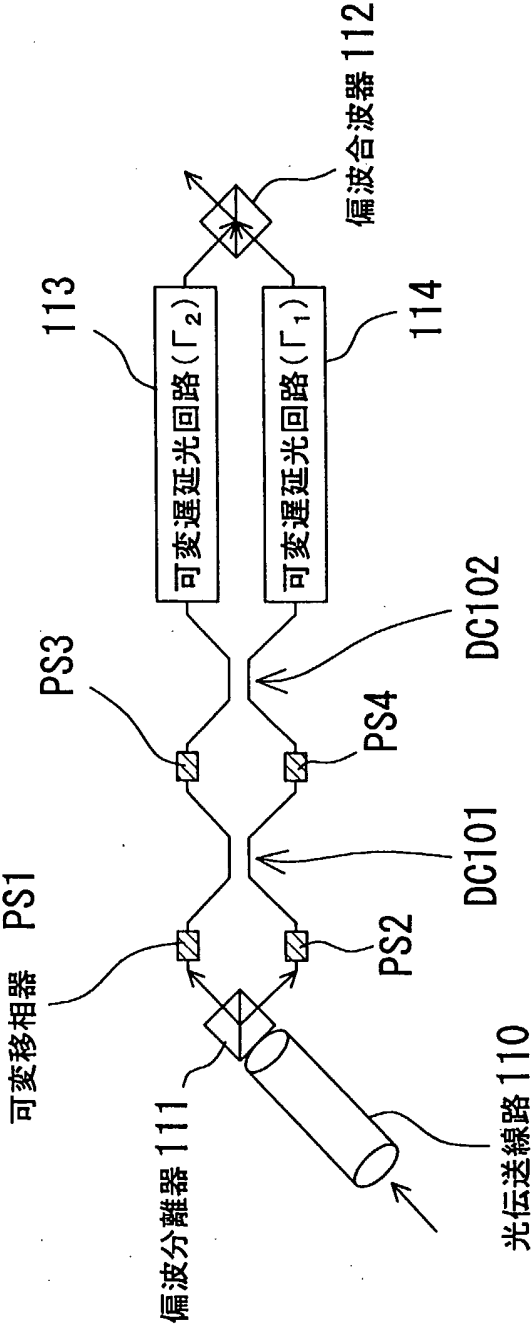


図 27

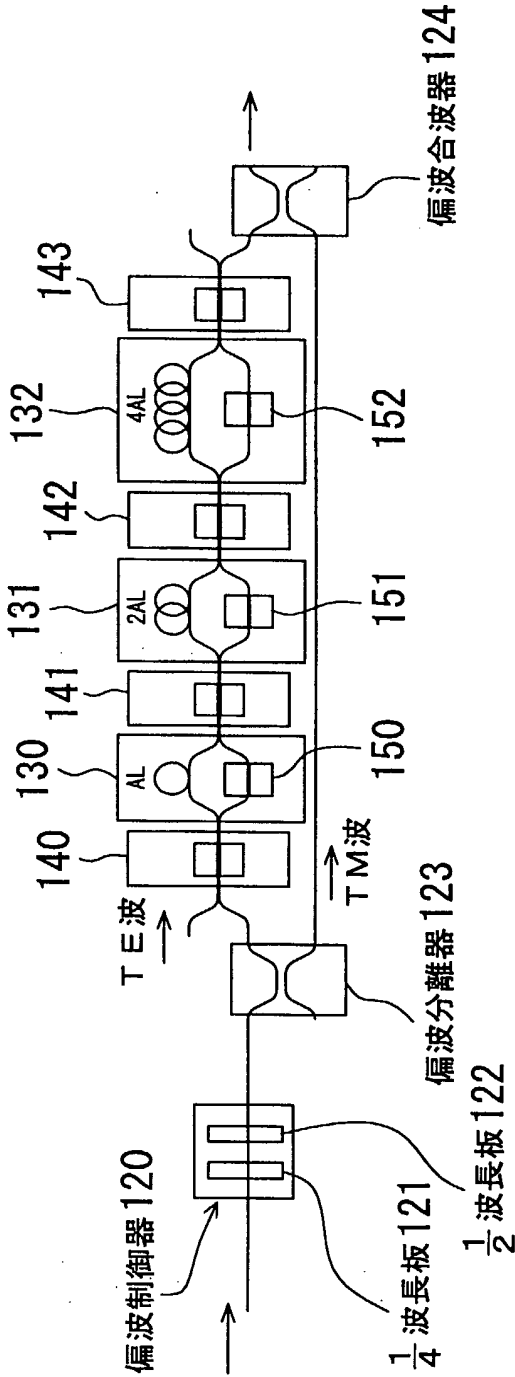
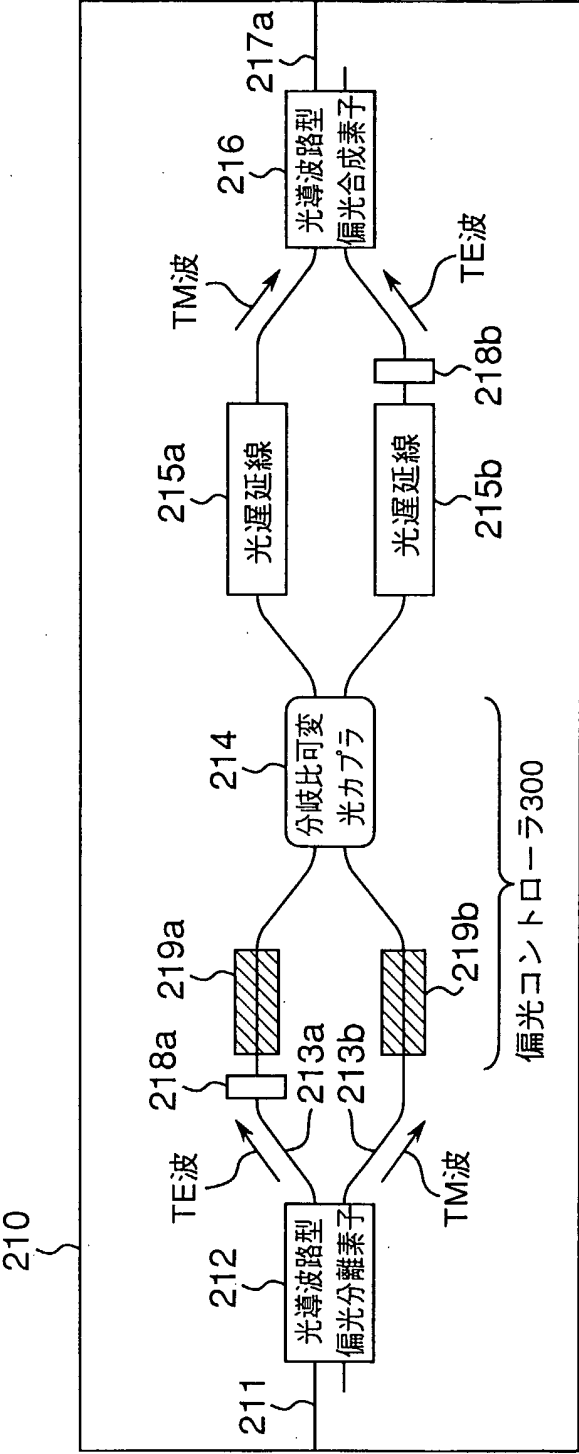


図28



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/05635

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ G02F 1/01

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ G02F 1/01, G02B 6/12, H04B 10/18

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
 Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2001
 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2001 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2001

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

JICST
 USPTO Web Patent Database
 WIPO

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-21848 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 26 January, 2001 (26.01.01), Full text; Figs. 1 to 6 (Family: none)	1-11
Y	JP 2001-42272 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 16 April, 2001 (16.04.01), Full text; Figs. 1 to 7 (Family: none)	1-11
Y	JP 06-51145 A (Nippon Telegr. & Teleph. Corp. <NTT>), 25 February, 1994 (25.02.94), Full text; Figs. 1 to 5 (Family: none)	5
A	M. Åslund, J. Canning, M. Bazylenko, "Tuning of integrated optical component using UV-induced negative index change", Electron. Lett., Vol.35, No.3, (04 February, 1999), pages 236 to 237	5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search
 25 September, 2001 (25.09.01)

Date of mailing of the international search report
 09 October, 2001 (09.10.01)

Name and mailing address of the ISA/
 Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))		
Int.Cl ¹ G02F 1/01		
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))		
Int.Cl ¹ G02F 1/01 G02B 6/12 H04B 10/18		
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 1971-2001年 日本国登録実用新案公報 1994-2001年 日本国実用新案登録公報 1996-2001年		
国際調査で利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)		
JICST USPTO Web Patent Database WIPO		
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 請求の範囲の番号
Y	JP 2001-21848 A(日本電信電話株式会社) 26.1月.2001(26.01.01) 全文, 第1-6図 (ファミリーなし)	1-11
Y	JP 2001-42272 A(日本電信電話株式会社) 16.2月.2001(16.02.01) 全文, 第1-7図 (ファミリーなし)	1-11
Y	JP 06-51145 A(日本電信電話株式会社) 25.2月.1994(25.02.94) 全文, 第1-5図 (ファミリーなし)	5
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ 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矛盾するものではなく、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	国際調査報告の発送日	
25.09.01	09.10.01	
国際調査機関の名称及びあて先	特許庁審査官 (権限のある職員)	2X 9316
日本国特許庁 (ISA/JP)	佐藤 宙子	印
郵便番号100-8915	電話番号 03-3581-1101	内線 3293
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		

C (続き) . 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 請求の範囲の番号
A	M. Åslund, J. Canning, M. Bazylenko, Tuning of integrated optical component using UV-induced negative index change, Electron. Lett., Vol. 35, No. 3 (4th February 1999), p. 236-237	5