

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-26296

(P2010-26296A)

(43) 公開日 平成22年2月4日(2010.2.4)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)
G02F	1/01	(2006.01)	G02F	1/01	C	2H079
G02B	6/02	(2006.01)	G02B	6/10	C	2H150
H04B	10/02	(2006.01)	H04B	9/00	M	5K102
H04B	10/18	(2006.01)				

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2008-188365 (P2008-188365)	(71) 出願人	000006013
(22) 出願日	平成20年7月22日 (2008.7.22)		三菱電機株式会社
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
		(74) 代理人	100113077
			弁理士 高橋 省吾
		(74) 代理人	100112210
			弁理士 稲葉 忠彦
		(74) 代理人	100108431
			弁理士 村上 加奈子
		(74) 代理人	100128060
			弁理士 中鶴 一隆
		(72) 発明者	島倉 泰久
			東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三
			菱電機株式会社内

最終頁に続く

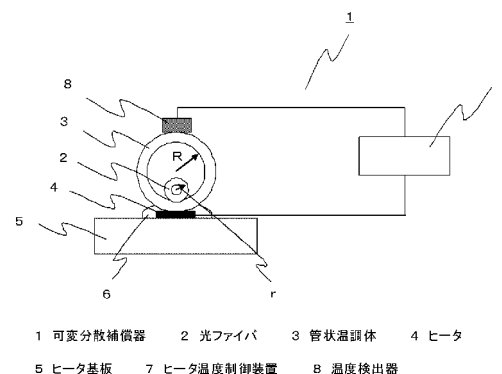
(54) 【発明の名称】 可変分散補償器

(57) 【要約】

【課題】光ファイバ通信システムにおける光信号の波長分散特性を補償する可変分散補償器を提供することを目的としている。

【解決手段】チャープグレーティングが形成された光ファイバ2と、光ファイバ2を載置する温調体3と、表面に光ファイバ2の光軸2a方向に沿って複数のヒータ4が配設され、複数のヒータ4上に温調体3を載置するヒータ基板5と、複数のヒータ4に電力を供給し、複数のヒータ4の温度を個別に制御するヒータ温度制御装置7と、を備えたもので、効率良く光ファイバ伝送路の分散特性を補償することができる。

【選択図】 図1



1 可変分散補償器 2 光ファイバ 3 管状温調体 4 ヒータ
5 ヒータ基板 7 ヒータ温度制御装置 8 温度検出器

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

チャープグレーティングが形成された光ファイバと、
前記光ファイバを載置する温調体と、
表面に前記光ファイバの光軸方向に沿って複数のヒータが配設され、前記複数のヒータ上に前記温調体を載置するヒータ基板と、
前記複数のヒータに電力を供給し、前記複数のヒータの温度を個別に制御するヒータ温度制御装置と、
を備えたことを特徴とする可変分散補償器。

【請求項 2】

温調体が、内壁が曲面を持つ管状もしくは樋状温調体で構成され、前記光ファイバを前記内壁に載置するものであることを特徴とする請求項 1 に記載の可変分散補償器。

【請求項 3】

光ファイバの光軸方向に対応する温調体の熱抵抗が、前記光ファイバの光軸方向に対応するヒータ基板の熱抵抗よりも大きいことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の可変分散補償器。

【請求項 4】

光ファイバの分散特性を調整するように複数のヒータの温度を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の可変分散補償器。

【請求項 5】

温調体に温度検知器設け、前記温度検知器からの信号により複数のヒータの温度を制御することを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれかに記載の可変分散補償器。

【請求項 6】

ヒータ基板のヒータ面の反対面にはヒートスプレッドが取り付けられ、また、前記ヒートスプレッドには温調素子取り付けられており、前記温調素子により前記ヒータ基板の温度を室温よりも高く設定することを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれかに記載の可変分散補償器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光ファイバ通信システムにおける光信号の波長分散特性を補償する可変分散補償器に関するものである。

【背景技術】

【0002】

光ファイバ伝送路に用いた光通信システムでは、光ファイバの持つ波長分散特性（以下、分散特性と称する）により光パルスの波形が歪むため、信号の劣化を生じる。これは、波長の異なる光パルスの波束の群速度が異なるためで、光パルスの波束が一定距離を伝搬するのに要する時間、すなわち群速度遅延（単位 ps ）が異なるためである。この群遅延時間の波長に対する傾きが分散（単位 ps/nm ）である。通常的光ファイバ伝送路に用いられるシングルモードファイバ（SMF）では、波長 $1,550\text{nm}$ 近辺では、伝送路 1km 当たり、約 $16\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ の分散値を有する。これは、波長が 1nm 異なる光パルスが 1km の SMF を伝搬するのに要する群遅延時間の差が 16ps という意味であり、例えば、波長が 1nm 異なる光パルスが 100km の光ファイバを伝搬した場合の群遅延時間は、 100 倍の $1,600\text{ps}$ となる。

【0003】

一方、変調された光パルスは、変調方式やビットレートにより決まるいくつかの線スペクトルの広がりを持ち、その包絡線はガウス分布型となる。例えば、RZ（Return to Zero）方式では、ビットレート（伝送速度） 10Gbps の場合には、それぞれの線スペクトルの間隔は、 0.08nm であるが、ビットレート 40Gbps の場合 0.32nm となる。すなわち、線スペクトルの広がりビットレートに比例して増大す

10

20

30

40

50

る。また、NRZ (Non Return to Zero) 変調方式では、RZ 変調方式における線スペクトルの半分の広がりとなる。このようにビットレートが高くなるに従い、光パルスの成分である線スペクトルの間隔が広がるため、光ファイバ伝送路を伝搬したときの群遅延時間の差が大きくなり光パルスの歪みが増大する。また、光パルスが受ける光ファイバ伝送路の分散特性の影響はビットレートの二乗に比例して大きくなる。このため、光ファイバ伝送路の分散特性を相殺する分散特性を有するデバイスを伝送路に挿入し、全体として分散を零に近づける、すなわち、分散補償することが求められ、いくつかの分散補償器が提案されている。

【0004】

特許文献 1 による可変分散補償器では、基板上に保持され、入力される所定波長の光信号をブラッグ反射するグレーティングが形成されている光導波路 (光ファイバ) と、基板上にグレーティングに近接して設けられたヒータと、ヒータを制御してグレーティングに所定の温度分布を付与する温度制御装置とを備え、基板の熱伝導率 k は $5 \text{ W} / (\text{K} \cdot \text{m})$ 以下であり、基板の厚みは $(0.018 \times k) \text{ mm}$ 以上であって、 $(0.46 \times k) \text{ mm}$ 以下の範囲内とされている。各ヒータに印加する電圧を制御することにより屈折率が変化し、チャープグレーティングでのブラッグ反射波長を変化させることにより分散値を可変にできる可変分散補償器が提案されている。

10

【0005】

また、特許文献 2 による可変分散補償モジュールでは、チャープグレーティングが形成されたグレーティング部を含む少なくとも 1 つの光ファイバと、光ファイバのグレーティング部の光軸方向温度分布を調節する温度制御機構を備えている。温度制御機構は、光ファイバの光軸方向に沿って配列された複数の発熱 / 吸熱素子と、発熱 / 吸熱素子の各々と光ファイバのグレーティング部の外周面との間に配置された熱伝導手段 (複数の金属リング) とを有しており、複数の金属リングを用いて温度調整を行うことにより分散特性を補償する可変分散補償モジュールが提案されている。

20

【特許文献 1】特開 2004 - 258462 号公報

【特許文献 2】特開 2004 - 334052 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の可変分散補償方法においては、光ファイバのチャープグレーティング部のブラッグ反射波長を調整するため、離間させて配置された加熱源で直接光ファイバを加熱しているため、チャープグレーティング部の光軸方向に要求される線形の温度プロファイルを形成する際、階段状の温度リップルを発生させてしまう。この温度リップルは、光学特性を劣化させ、その結果、光信号の大幅な劣化を引き起こすという問題点があった。

30

【0007】

本発明は、上述のような問題点を解決するためになされたものであり、光ファイバのチャープグレーティング部に線形の温度プロファイルを与え、光信号の劣化を引き起こさない可変分散補償器を提供することを目的としている。

40

【課題を解決するための手段】

【0008】

上記課題を解決するために、本発明に係る可変分散補償器は、チャープグレーティングが形成された光ファイバと、光ファイバを載置する温調体と、表面に光ファイバの光軸方向に沿って複数のヒータが配設され、複数のヒータ上に温調体を載置するヒータ基板と、複数のヒータに電力を供給し、複数のヒータの温度を個別に制御するヒータ温度制御装置と、を備えたことを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、光ファイバとヒータとの間に温度をなだらかにする温調体を設け、加

50

熱する光ファイバのチャープグレーティング部の温度プロファイルを線形に維持することにより、光学特性の劣化がなく、光信号の劣化を引き起こさない可変分散補償器を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、図面を参照して本発明の実施の形態に係る可変分散補償器について説明する。
実施の形態 1 .

図 1 は、本発明の実施の形態 1 における可変分散補償器を示す概略断面図である。図 2 は、実施の形態 1 における可変分散補償器を示す概略斜視図である。

図 1 および図 2 に示すように、可変分散補償器 1 のチャープグレーティング部を持つ光ファイバ 2 は、温調体である管状温調体 3 の内壁に接した状態で載置され、管状温調体 3 は表面に光ファイバ 2 の光軸方向 2 a に沿って離間して配設された複数のヒータ 4 を持つヒータ基板 5 上に載置され、また、接着剤 6 により管状温調体 3 はヒータ基板 5 に接着固定され、これら複数のヒータ 4 には、電力を供給し、温度を個別に制御するヒータ温度制御装置 7 が接続され、さらに、管状温調体 3 にはその温度を検出する温度検出器 8 が取り付けられ、温度検出器 8 で検出された温度情報からヒータ温度制御装置 7 によって個々のヒータ 4 - 1 ~ 4 - n に印加する電圧が調整される（なお、図 2 においては、ヒータ 4 とヒータ温度制御装置 7 間の配線の一部が省略されている）。

【0011】

次に、図 1 から図 5 を用いて実施の形態 1 における可変分散補償器 1 の構成と動作について説明する。

前述したように、光ファイバ伝送路は固有の波長分散特性を持っており、伝送距離とともに光パルスが歪み、信号が劣化する。これを補償するために、波長分散特性と逆の分散特性を与えて相殺させ、光パルスの劣化を抑えるものが（波長）分散補償器である。これは、光ファイバ伝送路の長さや光波長に依存するため、これらの状況に応じて補償分散特性を変化させる必要がある。本発明は光ファイバのチャープグレーティングとヒータとにより高性能な可変分散補償器を実現しようとするものである。

【0012】

ヒータ基板 5 の表面には光ファイバ 2 の光軸方向 2 a に沿って、複数のヒータ 4 が配置されている。ヒータ温度制御装置 7 から個々のヒータ 4 - 1 ~ 4 - n に独立に要求される分散補償電圧 9 を印加することにより、管状温調体 3 を介して光ファイバ 2 のチャープグレーティング部（管状温調体 3 の長さにはほぼ相当する光ファイバ 2 の部分に形成されている）に所定の温度プロファイルを与えることができる。例えば、図 3 では、各ヒータ 4 - 1 ~ 4 - n 毎に階段状に少しずつ増加する電圧を印加する場合を示す。ここで、温度検出器 8 は、グレーティング部の中央部 10 の位置に設置されている。図 4 は、ヒータ 4 に図 3（a）に示す電圧を印加した場合の光ファイバ 2 のチャープグレーティング部の温度プロファイルを示す。ここでは、60 mm 長のチャープグレーティング部に対して 24 個のヒータ 4 を配した場合である。図 4 によると光ファイバ 2 とヒータ 4 との間に温度をなだらかにする管状温調体 3 がある場合には、温度プロファイル 12 にリップルが少なく、ほぼ直線的に変化するのに対して、管状温調体 3 がなく光ファイバ 2 を直接ヒータ 4 で加熱する場合には、温度プロファイル 13 は階段状に大きなリップルが生じる。ヒータ 4 の数が少なくなれば、さらにリップルの変化は大きくなる。このことから、管状温調体 3 により離散的に配置されたヒータ 4 の温度をなだらかにし、光ファイバ 2 に与えられる温度プロファイルでのリップルを抑制する働きをしていることが分かる。

【0013】

次に、図 4 に示す温度プロファイルを光ファイバ 2 のチャープグレーティング部に与えた場合の光波長（nm）に対する群遅延時間（ps）の関係を図 5 に示す。リップルの大きい温度プロファイル 13 をチャープグレーティング部に与えた場合、群遅延特性 15 にリップルが生じる。これに対して、リップルの小さい温度プロファイル 12 の場合には、群遅延特性 14 にリップルがほとんど現れない。群遅延リップルがあると、光信号の伝送

10

20

30

40

50

特性を大きく劣化させる要因となる。実際に伝送シミュレータで計算すると上述のリップルのある温度プロファイル 13 では、約 3 dB のペナルティが発生する。これに対して、リップルの少ない温度プロファイル 12 の場合では、ペナルティが 0.5 dB 以下と良好な群遅延特性 14 を示すことが明らかになった。

【0014】

例えば、管状温調体 3 として熱伝導率が高く、肉厚のものを使用した場合、光ファイバ 2 の光軸方向 2a の熱伝導性が高く、ヒータ 4 で形成した温度プロファイルが管状温調体 3 によって平坦化されてしまうため、分散特性の可変幅が小さくなってしまう。また、同じ分散特性の可変幅を得るためにはヒータ 4 の消費電力の増大につながる。そこで、可変分散補償器 1 として良好な光学特性を得るために管状温調体 3 に要求される特性としては、材質、肉厚が所定の値である必要がある。そこで、次に、熱抵抗の考え方をを用いて図 6 と図 7 により温調体 3 に要求される条件を導く。熱抵抗は、熱の伝わり難さを抵抗値として表したもので、値が大きいほど熱が伝わり難い。電気抵抗と同じ考え方である。

【0015】

図 6 に管状温調体 3 とヒータ基板 5 の略断面図を示す。管状温調体 3 の熱抵抗を R_3 、ヒータ基板 5 の熱抵抗を R_5 とした場合、 R_3 が R_5 より十分大きければ、つまり、光ファイバ 2 の光軸方向 2a への管状温調体 3 の熱の伝わり方が、ヒータ基板 5 の光軸方向 2a への熱の伝わり方より十分小さければ、ヒータ基板 5 で形成される温度プロファイルに影響されることがない。

【0016】

次に、管状温調体 3 とヒータ基板 5 に要求される条件について検討する。図 7 に、管状温調体 3 とヒータ基板 5 の寸法を記載した。管状温調体 3 の内半径を r_{3a} 、外半径を r_{3b} 、長さを L_3 、熱伝導率を γ_3 とし、ヒータ基板 5 の幅を W_5 、厚さ T_5 、長さ L_5 、熱伝導率 γ_5 とする。ヒータ 4 は、薄膜ヒータを使用した場合を想定し、熱容量が非常に小さいため計算上は無視した。

このとき、管状温調体 3 の熱抵抗 R_3 は以下の式で求めることができる。

$$R_3 = L_3 / ((r_{3b}^2 - r_{3a}^2) \times \pi \times \gamma_3) \quad (1)$$

また、同様にヒータ基板 5 の熱抵抗 R_5 は以下の式で求めることができる。

$$R_5 = L_5 / (W_5 \times T_5 \times \gamma_5) \quad (2)$$

式 (1)、式 (2) で求めた R_3 と R_5 に関し、

$$R_3 \gg R_5 \quad (3)$$

が成立する条件を満たす形状が必要である。

【0017】

一例として、管状温調体 3 の内半径 r_{3a} を 0.51 mm、外半径 r_{3b} を 0.81 mm、長さ L_3 を 75 mm、熱伝導率 γ_3 を $16.3 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ とし、また、ヒータ基板 5 の幅 W_5 を 3 mm、厚さ T_5 を 1 mm、長さ L_5 を 75 mm、熱伝導率 γ_5 を $1.35 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ とし、計算した。その結果、式 (1) より、 R_3 は $3,698 \text{ k}\Omega$ 、式 (2) より R_5 は $18 \text{ k}\Omega$ となる。 R_3 の方が 2 桁以上大きいことから、上記条件の寸法、材料は式 (3) を満足し、適用可能である。

上記条件では、管状温調体 3 を SUS 管（ステンレス管）と想定し、熱伝導率を $16.3 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ とした。また、ヒータ基板 5 は石英製を想定した。管状温調体 3 は熱抵抗を大きくする方が望ましい。そのため、なるべく外径が小さく、内径が大きく、熱伝導率の低いものが望ましい。しかし、熱伝導率の低い樹脂などでは、加工精度に限界があり、極細管を製造するのが難しくなる。

【0018】

温調体の材質としては、強度や製造の容易さの点で、金属管が適しているといえる。しかし、金属は熱伝導率が高い。そのため、熱伝導率が比較的小さい金属が望ましい。その点、SUS 管は、熱伝導率が $16.3 \text{ W} / (\text{m} \cdot \text{K})$ と金属の中では比較的に小さく、加工性にも優れており、また、注射針などの用途で大量生産されているため、製造コストも安いというメリットがあるため、最適な材料といえる。ただし、ヒータ基板の寸法、材質

によっては、他の材料でも可能であり、ＳＵＳ管に限定されるものではない。

【００１９】

また、管状温調体３として石英製の管を用いた場合、肉厚が薄く、強度的に弱く破損しやすくなるが、ヒータ基板５にも石英製を用いる場合には、管状温調体３とヒータ基板５の線膨張係数が一致するため、両者に応力が発生せず長期的に接着強度が安定するというメリットもある。したがって、十分な強度が確保できる寸法であれば石英製管状温調体も上記熱伝導条件を満たす限りにおいて、適している材料のひとつである。

【００２０】

複数のヒータ４を配設したヒータ基板５では、具体的には、例えば石英基板上に窒化タングステン（ Ta_N 、 Ta_2N ）やクロム（ Cr ）などで薄膜ヒータを形成したものを用いることができる。薄膜ヒータは、 PLC （ $Planer\ lightwave\ Circuits$ ）型光スイッチやアレイ導波路型合分波器などで広く使用されており、信頼性が高く安価に製造が可能である。

【００２１】

実施の形態１では、光ファイバ２のチャープグレーティング部は管状温調体３に挿入、載置されているのみで、光ファイバ２と管状温調体３とは接着剤で接合されていないが、光ファイバ２は管状温調体３の内壁底面の曲面により動きが抑制された状態で保持されるので、接着剤を使用した場合に生じる接着剤の硬化に伴う収縮応力やヒータ４の熱による接着剤の膨張に伴う応力が光ファイバ２にかからず、チャープグレーティングの分散特性に影響を与えることがないという特長を持っている。光ファイバ２が温調体でより安定して保持されるよう、管状温調体３や樋状温調体３a、３bの内壁の半径 R と光ファイバの半径 r の比（ R/r ）は２から５であることが望ましい。

【００２２】

光ファイバ２のチャープグレーティング部を管状温調体３にしっかりと固定するため、接着剤を使用してもよいが、ヒータ４での発熱が高い効率でチャープグレーティング部に伝わるため、消費電力の低減や温度の安定化を図ることができる。しかし、接着剤は、硬化する際に大きな収縮を伴う。この収縮に伴う応力がチャープグレーティング部に加わり、接着前と接着後では光学特性に変化を生じさせる。すなわち、分散特性に変化を生じさせてしまう。そこで、接着前と接着後のチャープグレーティングの分散特性の変化を予め評価しておき、このことを考慮して予め光学設計しておくことよい。また、光ファイバの温度上昇に伴う接着剤の膨張によっても光学特性の変化が生じる。これは、光ファイバが純度の高い石英でできており、線膨張係数が 0.5×10^{-6} と極めて小さいのに対して、接着剤の線膨張係数は、例えばシリコン系の接着剤でも通常約 2.0×10^{-4} 程度であり、２桁の差があるためである。従って、可変分散補償器は、常に温度をかけた状態で動作しているため、接着剤が大きく膨張し、この膨張に伴って応力が常にチャープグレーティング部に加わることを考慮しておく必要がある。

【００２３】

温度検出器８を一箇所設置する場合には、温度検出器８の位置をチャープグレーティング部の中央部１０に配置することにより、図３（b）で示すような特性の異なる分散補償電圧１１が必要な場合に対しても、印加電圧変更の際に、個々のヒータに印加する電圧（図示せず）の変化を最小に抑えることができ、分散特性の変化に対して速い応答を実現することができる。

【００２４】

このように、実施の形態１の可変分散補償器によると、温度を緩和する温調体を介して滑らかな温度プロファイルを光ファイバのチャープグレーティング部に加えることにより温度リップルがなく、優れた分散補償特性を実現することができ、また、ヒータに印加する電圧を変えることにより温度プロファイルを自由に变化させることができるので、光ファイバの分散特性に応じて、調整することができる可変分散補償特性を実現することができる。

【００２５】

なお、上記実施の形態 1 では、温調体に管状温調体 3 を使用する場合について述べたが、図 8 に示すように内壁に曲面を持つ樋状温調体 3 a , 3 b であってもよい。例えば、図 8 (a) に示す管の側面の一部が開放されたものであってもよい (図 8 では、ヒータ温度制御装置および温度検出器は図示せず。) 。また、図 8 (b) に示す外面が方形で、内壁が曲面を持つものであってもよく、これによれば、樋状温調体 3 b とヒータ 4 との接触性が向上し、固定安定性にも優れ、ヒータ 4 の熱を樋状温調体 3 b に効率よく伝えることができる。また、温調体 3 の内壁は必ずしも円弧である必要はなく、光ファイバを安定的に載置できる曲面であればよい。さらに、温調体は、必ずしも管状や樋状でなくてもよく、板状であってもよい。この場合は、チャープグレーティング部と温調体は管状温調体の場合の説明で述べたように接着剤で固定すればよく、接着剤による応力の影響による分散特性を考慮した設計をしておけばよい。

10

【 0 0 2 6 】

実施の形態 2 .

図 9 は、本発明の実施の形態 2 における可変分散補償器を示す概略斜視図である。図 1 0 は、ヒータの抵抗値変化と温度との関係を示す図である。図 1 1 は、ヒータ番号と印加電圧の関係を示すものである。

図 9 に示すように、可変分散補償器 1 においては、管状温調体 3 の温度を検出する温度検出器 8 a , 8 b が管状温調体 3 の両端部に取り付けられ、温度検出器 8 a , 8 b で検出された温度 (図 1 1 の 1 6 , 1 7 の位置に相当) からヒータ温度制御装置 7 によって個々のヒータ 4 - 1 ~ 4 - n に印加する電圧が調整される (図 9 では、ヒータ 4 とヒータ温度制御装置 7 間の配線の一部を省略している) 点を除いて、図 2 の実施の形態 1 で示すものと同様であるので説明を省略する。なお、図 2 と同一符号は、同一または相当部分を示す。

20

【 0 0 2 7 】

次に、実施の形態 2 の可変分散補償器の動作について説明する。図 1 0 に示すようにヒータ 4 の抵抗値は温度が上昇するに従って、25 °C での抵抗値を 1 0 0 % とすると、25 0 °C では抵抗値が 9 6 % までに減少する。この例は、薄膜ヒータとして、窒化タンタル (T a N) を用いた場合を示す。このように 2 5 °C での測定値を元に発熱量を計算し、ヒータに所定の電圧を印加しても、所望の温度にならない。また、管状温調体 3 の中央部 1 0 一箇所で温度を測定して制御をかけた場合、温度によりヒータ 4 の抵抗値が変わることにより、中央部 1 0 で合わせても、正確に分散特性を補償する温度プロファイルを形成することは困難である。そこで、実施の形態 2 では、図 9 に示すように、管状温調体 3 の 2 箇所の温度を測定することにより、分散特性を補償する方法を採用し、光ファイバ 2 のチャープグレーティング部の両端に対応する管状温調体 3 の両端部 1 6 , 1 7 に設けられた温度検出器 8 a , 8 b で測定された温度から分散特性を補償するのに必要なヒータ 4 の印加電圧 9 を決定し、個々のヒータ 4 - 1 ~ 4 - n に印加する電圧を調整することができるので、光ファイバ 2 のチャープグレーティング部に分散特性を補償するのに必要な温度プロファイルが形成されるように精度よく加熱することができる (図 1 1) 。これにより、光ファイバ伝送路で伝送される光信号の分散特性を相殺し、歪みの少ない高速光パルス伝送を実現することができる。

30

40

【 0 0 2 8 】

このように、実施の形態 2 の可変分散補償器によると、温度を緩和する温調体を介して滑らかな温度プロファイルを光ファイバのチャープグレーティング部に加えることにより温度リップルがなく優れた分散補償特性を実現することができ、また、ヒータに印加する電圧を変えることにより温度プロファイルを自由に变化させることができるので、光ファイバの分散特性に応じて、調整する可変の分散補償特性を実現することができるという実施の形態 1 の効果の他に、さらに、温調体の両端部の 2 箇所に温度検出器を設けたことにより、チャープグレーティングによる分散特性の補償に必要な温度プロファイルに精度よく合わせることができ、優れた分散補償特性を実現することができるといった従来にない顕著な効果を得ることができる。

50

【 0 0 2 9 】

実施の形態 3 .

図 1 2 は、本発明の実施の形態 3 における可変分散補償器を示す概略断面図である。図 1 3 は、実施の形態 3 における可変分散補償器を示す概略斜視図である。

図 1 2 および図 1 3 に示すように、可変分散補償器 1 のチャープグレーティング部を持つ光ファイバ 2 は、温調体である管状温調体 3 内に載置され、管状温調体 3 は光ファイバ 2 の光軸方向 2 a に沿って離間して配設された複数のヒータ 4 を持つヒータ基板 5 上に載置され、さらに、接着剤 6 により接着固定され、これら複数のヒータ 4 は、電圧を印加し、温度を個別に制御するヒータ温度制御装置 7 に接続され、また、管状温調体 3 にはその温度を検出する温度検出器 8 が取り付けられ、温度検出器 8 で検出された温度情報からヒータ温度制御装置 7 によって個々のヒータ 4 - 1 ~ 4 - n に印加する電圧が調整される（なお、図 1 3 では、ヒータ 4 とヒータ温度制御装置 7 間の配線の一部を省略している）。さらに、ヒータ基板 5 の管状温調体 3 の載置面の反対面にはヒートスプレッド 1 8 が配設され、ヒートスプレッド 1 8 には温調素子 1 9 が取り付けられており、温度検出器 2 0 により検出された温度情報によりヒートスプレッド 1 8 の温度を制御するヒートスプレッド温度制御装置 2 1 に接続されている。なお、図 1 及び図 2 と同一符号は、同一または相当部分を示す。

10

【 0 0 3 0 】

次に、実施の形態 3 の可変分散補償器の動作について図 1 2 から図 1 4 を用いて説明する。分散特性を補償するために要求される光ファイバ 2 のチャープグレーティング部に加えられる温度プロファイルを生成するのに必要とされるヒータ 4 に印加される分散補償電圧 9 は、周囲温度によって変わる。これに対して、ヒートスプレッド 1 8 の温度を一定に制御しておくことにより、ヒータ 4 の印加電圧は一定となり安定し、制御し易くなる。そこで、ヒートスプレッド温度制御装置 2 1 を用いて、温調素子 1 9 によりヒートスプレッド 1 8 の温度を室温以上に設定することにより、光ファイバ 2 のチャープグレーティング部の温度を調節する際に必要とされるヒータ 4 の分散補償電圧 9 は、図 1 4 に示すように、温調素子 1 9 によるヒートスプレッド 1 8 の加温分 2 2 を除いた加熱追加分の電圧をヒータ 4 に印加するだけで済み、チャープグレーティング部の温度の変動が少なく、微調整が容易になるとともに、速い応答で、安定した制御を実現することができる。なお、管状温調体 3 の温度検出器 8 は中央部でなくてもよく、実施の形態 2 のように管状温調体 3 の両端部に設けてもよい。

20

30

【 0 0 3 1 】

ヒートスプレッド 1 8 としては、ヒータ基板 5 の温度を均一化する役割があるため、熱伝導率の高い材料が望ましい。具体的には銅（Cu：約 400 W / m · K）やアルミニウム（Al：約 240 W / m · K）などの金属が適している。温調素子 1 9 としては、例えばペルチェ素子が利用できる。ヒートスプレッド温度制御装置 2 1 は、温度検出器 2 0 によって検出された温度により温調素子 1 9 を制御し、ヒートスプレッド 1 8 の温度が常に一定となるように制御を行う。このため、周囲温度が変化してもヒートスプレッド 1 8 の温度は変化しない。したがって、温調素子 1 9 は、ヒータ基板 5 を室温以上に加温するだけでなく、一定の温度に安定させて、ヒータ 4 によるチャープグレーティング部の温度の調整を容易にしている。

40

【 0 0 3 2 】

このように、実施の形態 3 の可変分散補償器によると、温度を緩和する温調体を介して滑らかな温度プロファイルを光ファイバのチャープグレーティング部に加えることにより、温度リップルがなく優れた分散補償特性を実現することができ、また、ヒータに印加する電圧を変えることにより、温度プロファイルを自由に变化させることができるので、光ファイバの分散特性に応じて、調整する可変の分散補償特性を実現することができるという実施の形態 1 の効果の他に、さらに、温調素子により、室温以上に加温しておくことにより、ヒータによる温度の微調整が容易になるとともに速い応答特性が得られる効果も有する。

50

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 3 】

【図 1】実施の形態 1 における可変分散補償器を示す概略断面図である。

【図 2】実施の形態 1 における可変分散補償器を示す概略斜視図である。

【図 3】実施の形態 1 における可変分散補償器でのヒータ番号と印加電圧の関係を示す図である。

【図 4】実施の形態 1 における可変分散補償器でのチャープグレーティング部位置と温度プロファイルの関係を示す図である。

【図 5】実施の形態 1 における可変分散補償器での光波長と群遅延時間の関係を示す図である。

10

【図 6】実施の形態 1 における可変分散補償器での管状温調体とヒータ基板の熱抵抗を示す図である。

【図 7】実施の形態 1 における可変分散補償器での熱抵抗計算モデルを示す概略斜視図である。

【図 8】実施の形態 1 における可変分散補償器での樋状温調体を示す図である。

【図 9】実施の形態 2 における可変分散補償器を示す概略斜視図である。

【図 10】実施の形態 2 における可変分散補償器でのヒータの抵抗値の温度依存性を示す図である。

【図 11】実施の形態 2 における可変分散補償器でのヒータ番号と印加電圧の関係を示す図である。

20

【図 12】実施の形態 3 における可変分散補償器を示す概略断面図である。

【図 13】実施の形態 3 における可変分散補償器を示す概略斜視図である。

【図 14】実施の形態 3 における可変分散補償器でのヒータ番号と印加電圧の関係を示す図である。

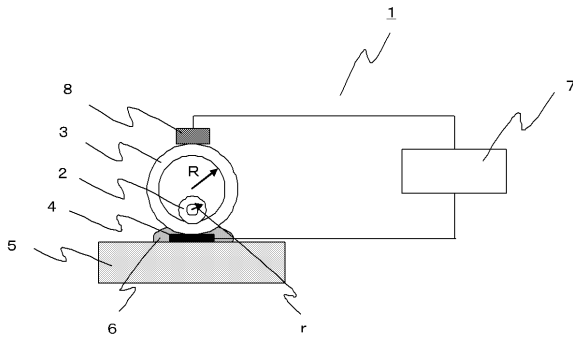
【符号の説明】

【 0 0 3 4 】

- 1 可変分散補償器
- 2 光ファイバ
- 2 a 光軸方向
- 3 管状温調体
- 3 a , 3 b 樋状温調体
- 4 , 4 - 1 , 4 - 2 , . . . , 4 - n ヒータ
- 5 ヒータ基板
- 7 ヒータ温度制御装置
- 8 , 8 a , 8 b , 2 0 温度検出器
- 1 8 ヒートスプレッタ
- 1 9 温調素子
- 2 1 ヒートスプレッタ温度制御装置

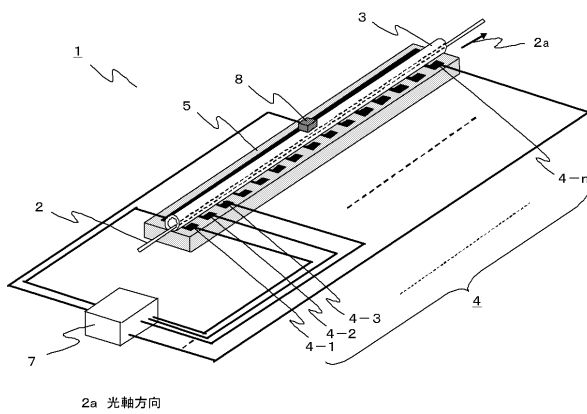
30

【図 1】



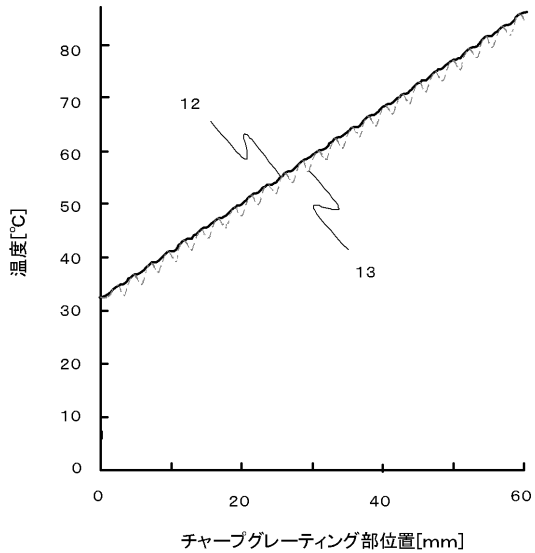
- 1 可変分散補償器 2 光ファイバ 3 管状温調体 4 ヒータ
5 ヒータ基板 7 ヒータ温度制御装置 8 温度検出器

【図 2】

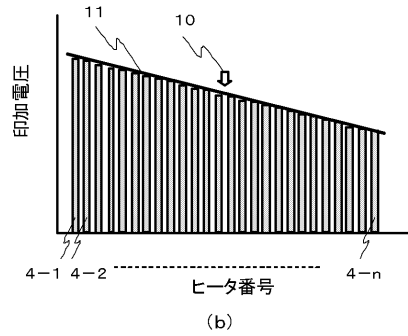
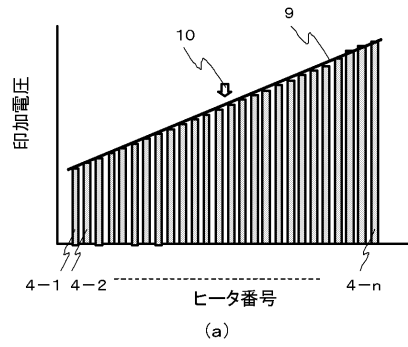


2a 光軸方向

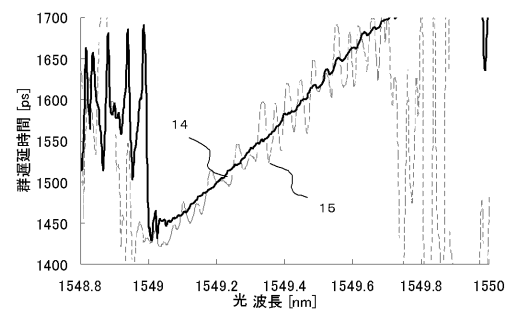
【図 4】



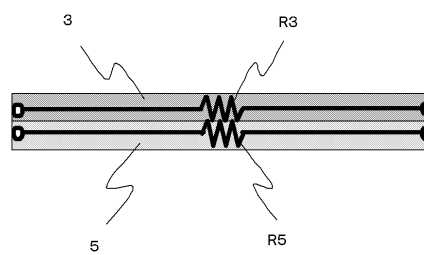
【図 3】



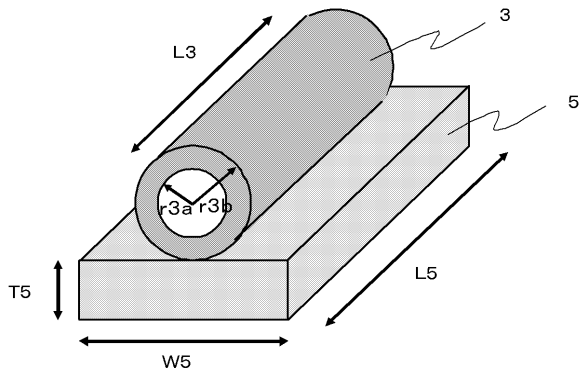
【図 5】



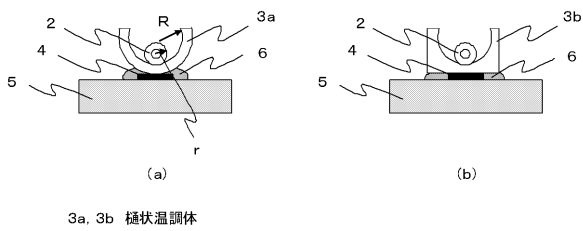
【図 6】



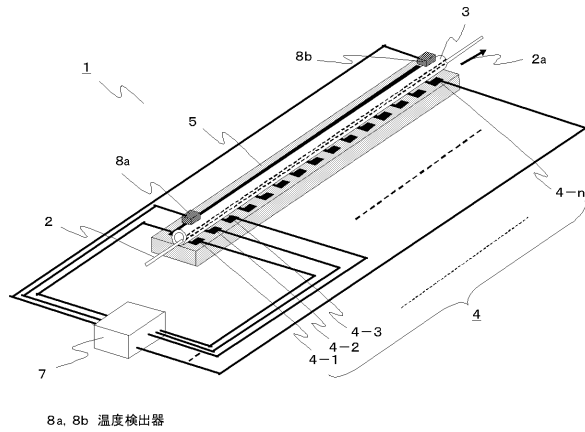
【図 7】



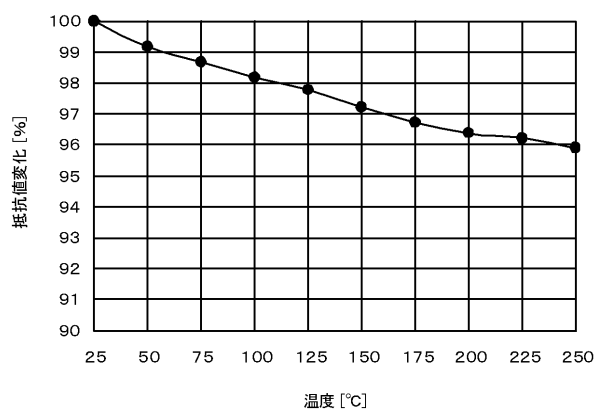
【図 8】



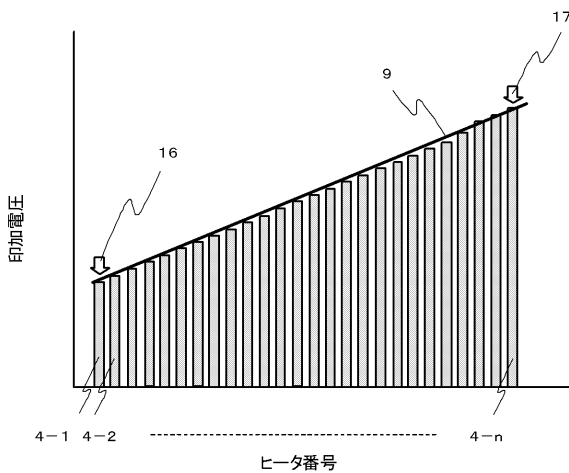
【図 9】



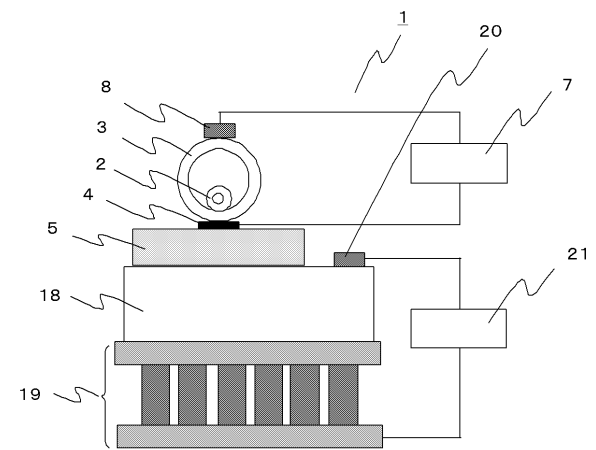
【図 10】



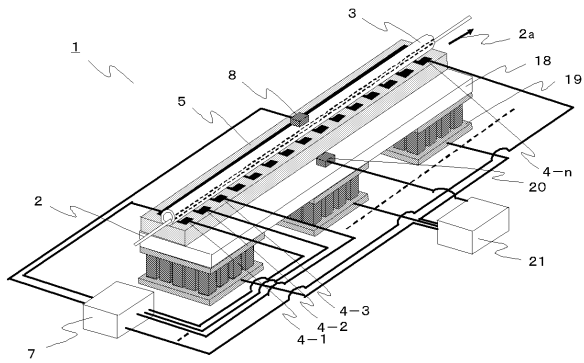
【図 11】



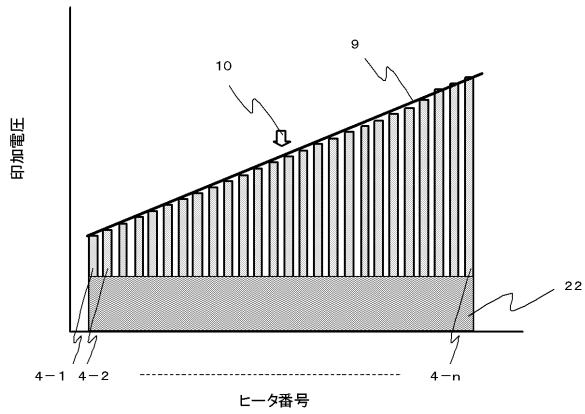
【図 12】



【図 1 3】



【図 1 4】



22 温調素子による加温分

フロントページの続き

(72)発明者 杉原 浩平
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 後藤田 光伸
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
(72)発明者 吉新 喜市
東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
Fターム(参考) 2H079 AA06 AA12 BA06 CA04 EA09 EB27 HA11
2H150 AG04 AG13 AG43
5K102 AA01 AH23 AH26 KA02 KA33 KA42 PH46