

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4030763号
(P4030763)

(45) 発行日 平成20年1月9日(2008.1.9)

(24) 登録日 平成19年10月26日(2007.10.26)

(51) Int. Cl. F I
GO 2 B 5/28 (2006.01)
GO 2 B 5/22 (2006.01)

GO 2 B 5/28
 GO 2 B 5/22

請求項の数 5 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2002-6824 (P2002-6824)	(73) 特許権者	000005223
(22) 出願日	平成14年1月16日(2002.1.16)		富士通株式会社
(65) 公開番号	特開2003-207618 (P2003-207618A)		神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(43) 公開日	平成15年7月25日(2003.7.25)	(74) 代理人	100074099
審査請求日	平成16年12月24日(2004.12.24)		弁理士 大菅 義之
		(74) 代理人	100067987
			弁理士 久木元 彰
		(72) 発明者	川幡 雄一
			神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号 富士通株式会社内
		(72) 発明者	三田村 宣明
			北海道札幌市北区北七条西四丁目3番地1
			富士通東日本デジタル・テクノロジー株式会社内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 透過帯域平坦化された分散補償器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力光を波長毎に異なる方向に出射する V I P A素子を用いた角度分散手段と、

該角度分散手段から出射された光を反射して、再び該角度分散手段に入射するミラー手段とを有する波長分散補償手段と、

前記角度分散手段と前記ミラー手段との間に配置され、前記角度分散手段により角度分散された光が入射する面内において2次元的に変化する反射損失特性または透過損失特性を有し、該波長分散補償手段の挿入損失波長特性を最適化する最適化手段と、を備えることを特徴とする分散補償器。

【請求項2】

前記最適化手段は、2次元的に変化する透過損失特性を有する空間フィルタであることを特徴とする請求項1に記載の分散補償器。

【請求項3】

前記最適化手段は、前記ミラー手段の反射面の反射率を2次元的に変化させることによって、該ミラー手段と一体化されていることを特徴とする請求項1に記載の分散補償器。

【請求項4】

前記最適化手段は、前記分散補償器が含まれる周辺機器、光通信システムあるいは、光通信ネットワークの透過チャンネル帯域のイコライジングあるいは挿入損失波長特性の最適化も含めて最適化を行うことを特徴とする請求項1に記載の分散補償器。

【請求項5】

10

20

前記最適化手段は、エタロンフィルタであることを特徴とする請求項1に記載の分散補償器。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光通信技術の分散補償器に関する。

【0002】

【従来の技術】

最近、VIPA素子と呼ばれる光素子を利用して、光通信における波長分散を補償する波長分散補償器が研究開発されている。

10

【0003】

図17は、VIPA素子を用いた波長分散補償器の基本構成を示す図である。

VIPA素子は、ガラスなどの平行平板の両面に反射面を形成し、反射面の一部に光を入射するための照射窓を設けたものである。典型的な構成においては、反射面は、一方は反射率が約100%であり、他方が100%以下、典型的には95%などである。

【0004】

光通信に使用される光信号は、シングルモードファイバからラインフォーカサに入力される。ラインフォーカサでは、シングルモードファイバから広がって出てくる光を一旦平行光にし、その後、シリンドリカルレンズなどによって、線状に集光するものである。ラインフォーカサによって集光された光は、VIPA素子の照射窓を通過して、VIPA素子の内部に集光する。

20

【0005】

VIPA素子にラインフォーカサされた光を入射すると、反対面から出射される光は、透過型グレーティングやプリズムのように角度分散を持った出射特性を持つ。すなわち、VIPA素子に入った光は、VIPA素子の反射面で反射され、VIPA素子内で多重反射を起こす。このとき、一方の反射面が反射率が100%より小さいことから、多重反射している光がすこしずつこの反射面から出力される。そして、出力された光が干渉を起こすことによって、波長によって進行方向の異なるビームを生成する。ここで、VIPA素子の出力側から見ると、反射する毎に出射される光は、それぞれ、異なった虚像VIから出力されているように見える。

30

【0006】

このビームをフォーカシングレンズで集光し、ミラーに反射させ、フォーカシングレンズ、VIPA素子を通り、ラインフォーカサを形成する、シングルモードファイバに結合する。すなわち、ミラーから反射され、フォーカシングレンズを通過して、再びVIPA素子に光が入力される場合、1つの光線に着目したとき、この光線が出てきた虚像VIとVIPA素子に再び入射した、この光線が至る虚像VIとが光線の波長によって異なるようにすると、図17から分かるように、虚像VI間には、光学的距離の差分が生じているので、波長によって、光線が進む光学的距離が異なることになる。すなわち、光線の進む距離が波長によって異なるので、波長によって、光線がVIPA素子から出力される場合に、伝搬遅延が与えられて出力されることになる。よって、波長の異なる光線は異なる波長分散（色分散）を受けて、VIPA素子から出力されるようになる。この現象を利用して、波長分散補償器を構成しようとするのが、VIPA素子を利用した波長分散補償器である。

40

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、この波長分散補償器への光の結合損失を最小にすると、VIPA素子有する挿入損失透過特性は平坦ではないため、波長多重光のような光信号に、このような波長分散補償器を使用した場合、波長によって、光信号のレベルが異なって出力されてしまうという問題がある。

【0008】

50

特に、近年実用化されつつある波長多重光通信システムにおいては、各波長の光は所定の光レベルを維持して伝送されることが望ましいので、光素子の透過チャネル帯域挿入損失波長特性の平坦化など最適化、ひいては、分散補償器周囲、システム及びネットワーク全体の透過チャネル帯域挿入損失平坦化などの最適化を行う必要がある。

【0009】

本発明の課題は、光の透過帯域を平坦化、あるいは、所望の特性とすることのできる分散補償器を提供することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】

本発明の分散補償器は、入力光を波長毎に異なる方向に出射する角度分散手段と、該角度分散手段から出射された光を反射して、再び該角度分散手段に入射するミラー手段とからなる波長分散補償手段と、該波長分散補償手段の挿入損失波長特性を最適化する最適化手段とを備えることを特徴とする。

10

【0011】

本発明によれば、分散補償器の挿入損失波長特性を所望の特性に、特に、急峻な波長依存性を有する挿入損失波長特性を容易に平坦化することができる。また、分散補償器のみではなく、分散補償器を含む周辺装置や、これを含む光通信システム、光通信ネットワークなどの挿入損失波長特性も最適化手段によって所望の特性とすることができる。

【0012】

従って、分散補償器、これの周辺機器、光通信システム、光通信ネットワークなどの挿入損失波長特性が、光信号の伝搬する帯域に渡って急峻に変化していても、光信号の伝搬に適した特性に補正することができる。

20

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態においては、以下のような構成とその作用を提供する。

VIPA板（あるいはVIPAS素子）とフォーカシングレンズ又はフォーカシングレンズとミラーとの間に透過率が2次元的に分布している空間フィルタを挿入する。あるいは、ミラー表面に、2次元の反射率を分布させる。更に、あるいは、ラインフォーカサにエタロンフィルタなどの透過損失特性が周期性を有している周期特性フィルタを挿入する。

【0014】

30

空間フィルタあるいは、周期特性フィルタを挿入することにより、分散補償器挿入損失特性と空間フィルタあるいは周期特性フィルタの透過損失特性が重畳され、最適化された、透過チャネル帯域挿入損失波長特性が得られる。

【0015】

また、ミラー反射率を2次元に分布させることにより、ミラー反射率特性と、本来の波長分散補償器挿入損失特性が重畳され、最適化された、透過チャネル帯域挿入損失波長特性が得られる。

【0016】

更に、周期的な透過特性が得られるエタロンフィルタを挿入することにより、分散補償器挿入損失特性とエタロンフィルタの透過損失特性が重畳された最適化された、透過チャネル帯域挿入損失波長特性が得られる。

40

【0017】

従って、波長分散補償器周囲、システム及びネットワーク全体の透過チャネル帯域挿入損失波長特性を平坦化等最適化が行える。

また、空間フィルタあるいは、ミラー反射率の制御は、以下のように行う。

【0018】

光吸収性のある元素、イオンまたは化合物が、光を吸収するので、その濃度を2次元に分布させることにより、透過率が2次元に分布した空間フィルタを得る。なお、光の透過率が小さくなる原理が光の吸収なので、反射光は問題とならない。

【0019】

50

金属反射膜は膜厚が薄いとき、膜厚によって反射率が変わるため、金属反射膜に２次元の膜厚分布を持たせることにより２次元の反射率分布を有するミラーを形成する。

【００２０】

金属反射膜に２次元の膜厚分布を持たせると、ミラー表面の形状が設計された形状と異なってしまう、分散や群遅延などの光学特性が劣化することがある。そこで、ミラー基板の形状を金属膜の膜厚分布を見込んで形成し、所望のミラー形状を得るようにすることにより、光学特性の劣化を防ぐ。

【００２１】

金属反射膜に２次元の膜厚分布を持たせると、ミラー表面の形状が設計された形状と異なってしまう、波長分散や群遅延などの光学特性が劣化することがある。

10

【００２２】

そこで、２次元の膜厚分布を有する金属反射膜を２層（以上）とし、光の入射側第１層の金属反射膜に２次元の膜厚分布を持たせることにより反射率分布を生じさせると共に、金属反射膜全体の膜厚が一定となるように、光の入射側第２層の金属膜または誘電体膜が該第１層の金属膜とは逆の膜厚分布を持たせることにより、ミラー基板の表面形状を、設計値のまま保持することができ、光学特性の劣化を防ぐ。

【００２３】

金属反射膜はスパッタや蒸着などの成膜手法により形成可能であるが、成膜粒子の進行を妨げるマスクを用いて、基板への成膜粒子の付着確率を変えることにより膜厚分布を形成する。

20

【００２４】

図１は、本発明の実施形態の空間フィルタを用いた第１の構成例を示す図である。

図１に示されるように、本実施形態においては、図１７で説明した角度分散補償器のＶＩＰＡ素子１０と、フォーカシングレンズ１１の間、あるいは、フォーカシングレンズ１１とミラー１２の間に空間フィルタ１３を設ける。

【００２５】

ここで、ミラー１２は一端が凹面で中央部が平面で他端が凸面に連続的に局面が変化するミラーである。

このミラー１２を紙面方向（ＶＩＰＡで角度分散を与えた方向）と直交する方向に曲面を連続的に変化させることで、波長分散量を任意の値に調整できる。

30

【００２６】

このとき、空間フィルタ１３はミラー１２に対応させて移動する。

図２は、空間フィルタの透過損失分布とミラーの関係を示す図である。

図２においては、透過損失はＬ０からＬ５に行くに従って、大きくなっている。これは、ＶＩＰＡ素子あるいは、波長分散補償器全体の挿入損失特性が、透過帯域の中心付近で小さい損失であり、中心から離れるに従い急激に損失が大きくなる場合を想定している。この場合、透過帯域の中心付近に対応する空間フィルタの中心付近のＬ５領域で最も損失が大きく、空間フィルタの周辺に行くに従い、次第に損失の量が小さくなっている。

【００２７】

ここで、空間フィルタ１３は、ミラー１２に対応させて移動するため、透過損失の分布は楕円形状に紙面左右方向に損失分布が集束するようにフィルタが構成されている。

40

【００２８】

これは、ミラー１２の移動した位置（矢印の方向に分散量に合わせて移動する）により角度分散を与えた光（ＶＩＰＡ素子からのビーム）に対して空間フィルタを通過する光の損失分布が異なるためである。

【００２９】

すなわち、ミラー１２の移動方向の端部は凸面及び凹面になっており、損失の分布がビームの角度分散する方向の外側に大きく分布しているため、空間フィルタ１３はミラー１２の曲面に対応して、ミラー１２の移動方向に対して、楕円の損失分布を有している。

【００３０】

50

損失の分布はミラーの曲面形状に対応して任意な損失の分布構成をとることができる。

図3は、本発明の実施形態の第2の構成例を示した図である。

【0031】

図3の構成例においては、ミラー12aの表面の反射率を2次元的に変化させ、強い光が照射する面では損失を大きく、弱い光が照射する面では損失を小さくする。

【0032】

図3においても、ミラー12aは、図2と同様に紙面垂直方向に凹面から凸面に反射面が連続的に変化するミラーを移動させる。

図4は、2次元反射率分布ミラーの反射率分布を示している。

【0033】

図4においては、反射率は、R5からR0に行くに従い、次第に大きくなるように構成されている。図4の場合も、想定しているVIPA素子あるいは波長分散補償器の挿入損失特性は、図3の場合と同様である。従って、入射する光の強度が最も大きい透過帯域の中心付近であるR5領域で反射率が最も小さく、入射する光の強度が最も小さくなるR0領域で反射率は最大となっている。

【0034】

この反射率は図2の空間フィルタ13の透過損失の分布と同様に、反射面の曲面形状に対応して反射率の分布が構成される。

図5及び図6は、図1～図4の実施形態の構成例の効果を説明する図である。

【0035】

図5は、空間フィルタを使った場合の最適化された挿入損失波長特性を示している。波長分散補償器の挿入損失波長特性は、図5に示すように、波長分散補償器の挿入損失波長特性が、空間フィルタ透過損失波長特性と重畳することにより最適化され、最適化された挿入損失波長特性になる。ここで、最適化とは、波長分散補償器の挿入損失波長特性において、平坦化された透過チャンネル帯域が拡大できることに限らず、空間フィルタの透過率を調整することにより、波長分散補償器周囲（波長分散補償器を含む周辺機器）、これを含む光通信システム及びこれを含む光通信ネットワーク全体の透過チャンネル帯域のイコライジング及び挿入損失波長特性最適化を行うことである。

【0036】

図6は、ミラーの反射率を2次元的に変化させた場合の最適化された挿入損失波長特性を示す。

波長分散補償器の挿入損失波長特性は、図6に示すように、分散補償器の挿入損失波長特性が、2次元反射率分布ミラー反射率波長特性と重畳することにより最適化され、最適化された挿入損失波長特性になる。ここで、最適化とは、波長分散補償器の挿入損失波長特性において、平坦化された透過チャンネル帯域が拡大できることに限らず、空間フィルタの透過率を調整することにより、波長分散補償器周囲（波長分散補償器を含む周辺機器）、これを含む光通信システム及びこれを含む光通信ネットワーク全体の透過チャンネル帯域のイコライジング及び挿入損失特性最適化を行うことである。

【0037】

以上のように、適切な透過損失特性を有する空間フィルタ、あるいは、適切な反射率を有するミラーによって、波長分散補償器の挿入損失波長特性を平坦化できる。なお、上記したように、本実施形態によれば、空間フィルタの透過損失あるいはミラーの反射率を変化させることによって、さまざまに波長分散補償器の挿入損失波長特性を制御することができ、必ずしも透過帯域の平坦化のみに限定されるものではない。

【0038】

また、本実施形態の応用例としては、以下のようなものが考えられる。

(1) 挿入損失－波長特性の波長周期特性を利用した光合分波器

米国特許5,809,190などの公知技術にあるような、図5に示す空間フィルタ透過損失波長特性が波長次元で周期的に繰り返す波長特性を有するデバイスを直列に接続し、図5に示す、最適化された挿入損失波長特性を実現することが可能である。

10

20

30

40

50

(2) 波長透過率制御デバイス(エタロンなど)を用いた光信号波形劣化補償装置
特開平11-72756などの公知技術にあるような、エタロンなどによる、波長特性が波長次元で周期的に繰り返す波長特性を有するデバイスを直列に接続し、図5に示す、最適化された挿入損失波長特性を実現することが可能である。

【0039】

図7は、2次元透過率分布空間フィルタの説明をする図である。

図2のような2次元の透過率分布を有する空間フィルタは、図7に断面図を示すように、透明な材質、例えばガラスからなる板の中に、光吸収のある元素として、例えば、遷移金属であるCoを分散させ、その濃度を2次元に分布させることにより得ることができる。なお、ガラスの代わりにプラスチックなどの透明な材質を用いたり、Co以外の遷移金属元素であるCr、Cu、Fe、Ni、Mn、Vなどや、そのイオン、または酸化物や有機金属などの化合物、典型金属元素であるAl、希土類元素であるEr、Ndなどを用いても良い。

10

【0040】

こうして得られた2次元の透過率分布を有する空間フィルタを図1のように分散補償器のVIPA素子とミラーとの間に設置することにより、図5に示すような最適化された挿入損失波長特性を実現することが可能である。また、このとき、光ビームは空間フィルタを2回透過するので、その透過特性は2回の透過で図5の透過特性となるように設計しておく必要がある。なお、VIPA型分散補償器の原理上、図1のフォーカシングレンズ11とミラー12の間の位置で、なるべくミラー付近に該空間フィルタを設置した方が、波長によって空間フィルタを通過する位置が大きく異なるので、望ましい。

20

【0041】

なお、光の透過率が小さくなる原理が光の吸収なので、反射光が生じず、反射光が分散補償器の光学特性を劣化させることはない。また、本実施形態では、ガラスなどの透明基板に光吸収のある物質を2次元的に分布させた例を説明したが、このような光吸収のある物質の濃度を2次元的に分布させた吸収率分布膜や、光吸収のある膜の膜厚を2次元的に分布させた吸収分布膜としても良い。

【0042】

図8は、本発明の実施形態のエタロンフィルタを使用した別の構成例を示した図である。図8に示すように、波長分散補償器のラインフォーカサ15のコリメートレンズ16とシリンドリカルレンズ17の間を往復するコリメートビーム中に周期的な透過特性を有するエタロンフィルタを挿入しても、図5に示すような最適化された挿入損失波長特性を実現することが可能である。このとき、ビームは、シングルモードファイバから入射して、ミラーで反射した後再びシングルモードファイバに入射する間に、エタロンフィルタを2回透過するので、その透過特性は2回の透過で図5の透過特性となるように設計しておく必要がある。

30

【0043】

ここで、例えば、図5のような分散補償器の挿入損失波長特性を平坦化する場合には、エタロンフィルタの透過率の低い部分を分散補償器の挿入損失波長特性の損失の小さいところに来るように調節する。

40

【0044】

この実施形態に於いては、先の実施形態のように、ミラー12の移動に対応してエタロンフィルタは移動せず固定である。

図9～図13は、反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図である。

【0045】

ミラーの金属反射膜に用いる金属としては、例えば、Auを用いることができるが、図9のようにAuの膜厚が80nm以下と薄い場合、膜厚と反射率に正の相関がある。よって、図10のように80nm以下の薄い範囲内でAuの膜厚分布を調整すれば、空間的に反射率が分布されたミラーとなる。図10の例では、ミラー基板の上に、中央の膜厚が薄い

50

Auの金属反射膜が取り付けられている。この場合、図10の上段に示すように、Auの金属膜が80nm以内で膜厚の変化を示している場合には、ミラーの反射率に影響を与える。すなわち、A膜の薄い中央付近の反射ロスが大きく、従って、反射率が小さく設定できる。更に、図11のようにAuの膜厚分布を2次元的に分布させることにより、図4のように反射率を2次元に分布させることが可能である。

【0046】

図10のような膜厚分布は、例えば、図12のように、成膜粒子（Auの微粒子あるいは原子など）の進行を妨げるマスクを用いて、基板への成膜粒子の付着確率を変えることにより形成する事ができる。更に、図13のような2次元のマスクを用いることにより、図11のような2次元の膜厚分布を持たせることが可能である。

10

【0047】

なお、本実施形態ではAuを用いた場合を説明したが、Ag、Al、Crなど他の金属を用いても良く、特に限定されるものではない。

こうして得られた2次元の反射率を有するミラーを図3のように波長分散補償器に用いることにより、図6に示すような最適化された挿入損失波長特性を実現することが可能である。

【0048】

図14は、反射率が2次元分布しているミラーの別の製造方法を説明する図である。

図9～図13のように金属膜を1層とした場合では、厳密に言えば、図10のように、ミラーの形状が実質的に金属膜の表面となるため、金属膜の膜厚分布により、本来のミラー基板の表面形状と異なってしまうおそれがある。VIPA素子を使った波長分散補償器では、ミラーの形状で波長分散補償器が光に与える波長分散や群遅延などの光学特性が決まるので、本来のミラー基板の形状と異なることにより、波長分散や、群遅延などの光学特性が劣化することがある。

20

【0049】

そこで、図14に示すように、予め膜厚分布を見込んでミラーの形状を作っておくことにより、所望のミラー形状を得ることができ、光学特性の劣化を防ぐことができる。

【0050】

図15及び図16は、反射率が2次元分布しているミラーの更に別の製造方法を説明する図である。

30

図14の製造方法でも膜厚分布による光学特性の劣化を防ぐことができるが、ミラーの加工が複雑となるという問題がある。

【0051】

そこで、図15に示すように、2次元の膜厚分布を有する金属反射膜を2層とし、光の入射側第1層の金属反射膜に2次元の膜厚分布を持たせることにより反射率分布を生じさせると共に、金属反射膜全体の膜厚が一定となるように、光の入射側第2層の膜に該第1層の金属膜とは逆の膜厚分布を持たせても良い。これにより、ミラー基板の表面形状を、設計値のまま保持するようにすることができ、光学特性の劣化を防ぐことができる。

【0052】

ここで、光の入射側第1層の金属反射膜として、反射率の高いAuを用いた場合、光の入射側第2層の膜としては反射率が低い（＜4％）SiO₂膜面からの反射は無視できるので、図9とほぼ同様のAu膜厚と反射率の相関が得られる。なお、SiO₂以外にもAl₂O₃、MgF₂、La₂O₃など他の誘電体膜も用いることができる。

40

【0053】

また、光の入射側第2層の膜として、反射率がやや高い（約68％）Crなどの十分に厚い金属膜を用いることもできる。その場合、Cr膜面から反射が無視できないが、図16のようにAu膜厚と反射率には正の相関があり、設計することは可能である。

【0054】

また、逆に、入射側第2層の膜として、反射率の高いAuを用い、光の入射側第1層として、反射率がやや低いCrなどの金属膜を用いて、1層目のCrに膜厚分布を持たせるこ

50

とにより、反射率分布を形成することも可能である。

【0055】

なお、金属反射膜の上に SiO_2 などの誘電体膜の保護膜や、金属反射膜の下にCrやNiなどのアンダーコートなどを付け足しても良く、層数が2層以上となってもかまわない。

【0056】

なお、上述した空間フィルタの透過損失、エタロンフィルタ、あるいは、ミラーの反射率の設計は、VIPA素子を使用した波長分散補償器の挿入損失特性と共に、コンピュータシミュレーションによって行うことができることは、当業者によれば容易に理解されるであろう。

10

【0057】

(付記1) 入力光を波長毎に異なる方向に出射する角度分散手段と、該角度分散手段から出射された光を反射して、再び該角度分散手段に入射するミラー手段とからなる波長分散補償手段と、
該波長分散補償手段の挿入損失波長特性を最適化する最適化手段と、
を備えることを特徴とする分散補償器。

【0058】

(付記2) 前記最適化手段は、2次元的に変化する透過損失特性を有する空間フィルタであることを特徴とする付記1に記載の分散補償器。

(付記3) 前記最適化手段は、前記ミラー手段の反射面の反射率を2次元的に変化させることによって、該ミラー手段と一体化されていることを特徴とする付記1に記載の分散補償器。

20

【0059】

(付記4) 前記最適化手段は、前記分散補償器が含まれる周辺機器、光通信システムあるいは、光通信ネットワークの透過チャネル帯域のイコライジングあるいは挿入損失波長特性の最適化も含めて最適化を行うことを特徴とする付記1に記載の分散補償器。

【0060】

(付記5) 前記最適化手段は、エタロンフィルタであることを特徴とする付記1に記載の分散補償器。

(付記6) 前記空間フィルタは、光吸収性のある元素、イオンまたは化合物の濃度が2次元的に変化するようにならされていることを特徴とする付記2に記載の分散補償器。

30

【0061】

(付記7) 前記ミラーは、膜厚分布が2次元的に変化する反射膜からなることを特徴とする付記3に記載の分散補償器。

(付記8) 前記ミラーは、前記反射膜と、該反射膜を搭載するミラー基板とからなり、該ミラー基板は、該反射膜の膜厚の変化による反射面の形状のゆがみを補償するように構成されていることを特徴とする付記7に記載の分散補償器。

【0062】

(付記9) 前記反射膜は、少なくとも2層からなり、ある層が所望の反射率分布を提供するような膜厚を有し、他の層が該反射膜の全体の膜厚を一定にするように構成されていることを特徴とする付記7に記載の分散補償器。

40

【0063】

(付記10) 前記他の層の膜厚分布は、前記ある層の膜厚分布の逆の分布をしていることを特徴とする付記9に記載の分散補償器。

(付記11) 前記反射膜は、少なくとも2層からなり、ある層の反射率分布と、他の層の反射率分布を合成することによって所望の反射率分布を得るように構成されていることを特徴とする付記7に記載の分散補償器。

【0064】

(付記12) 前記反射膜の2次元的に変化する膜厚分布は、基板への成膜粒子の付着確率を変化させることにより形成されることを特徴とする付記7に記載の分散補償器。

50

【0065】

【発明の効果】

波長分散補償器の挿入損失特性を最適化することによって、超高速、超大容量及び超長距離光波長多重伝送装置の特性改善が行える。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態の空間フィルタを用いた第1の構成例を示す図である。

【図2】空間フィルタの透過損失分布のミラーの関係を示した図である。

【図3】本発明の実施形態の第2の構成例を示した図である。

【図4】2次元反射率分布ミラーの反射率分布を示した図である。

【図5】空間フィルタを使った場合の最適化された挿入損失波長特性を示している。

10

【図6】ミラーの反射率を2次元的に変化させた場合の最適化された挿入損失波長特性を示す図である。

【図7】2次元透過率分布空間フィルタの説明をする図である。

【図8】本発明の実施形態のエタロンフィルタを使用した別の構成例を示した図である。

【図9】反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図（その1）である。

【図10】反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図（その2）である。

【図11】反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図（その3）である。

20

【図12】反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図（その4）である。

【図13】反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図（その5）である。

【図14】反射率が2次元分布しているミラーの別の製造方法を説明する図である。

【図15】反射率が2次元分布しているミラーの更に別の製造方法を説明する図（その1）である。

【図16】反射率が2次元分布しているミラーの更に別の製造方法を説明する図（その2）である。

【図17】VIP A素子を用いた波長分散補償器の基本構成を示す図である。

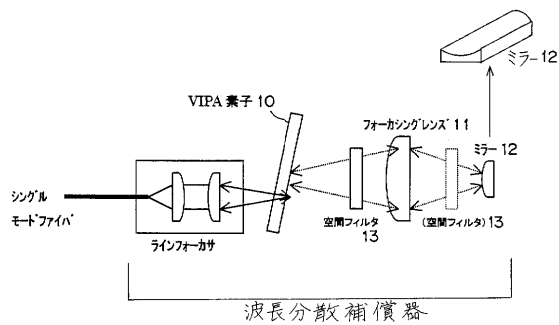
30

【符号の説明】

- 10 V I P A 素子
- 11 フォーカシングレンズ
- 12、12 a ミラー
- 13 空間フィルタ
- 15 ラインフォーカサ
- 16 コリメートレンズ
- 17 シリンドリカルレンズ

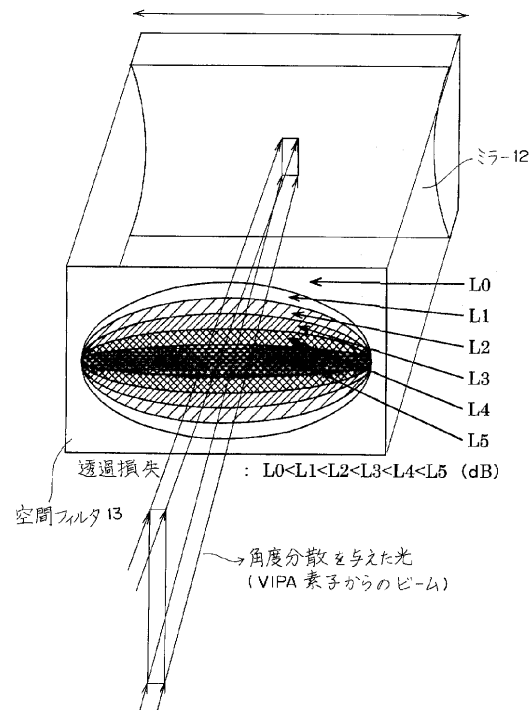
【図 1】

本発明の実施形態の空間フィルタを用いた
第1の構成例を示す図



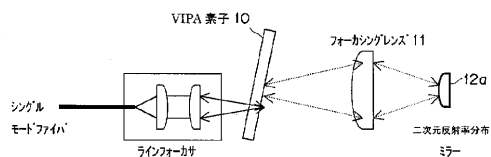
【図 2】

空間フィルタの透過損失分布ミラーの関係を示す図



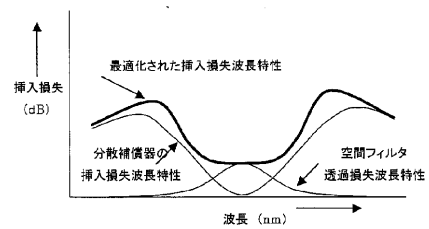
【図 3】

本発明の実施形態の第2の構成例を示した図



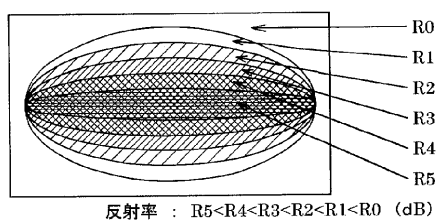
【図 5】

空間フィルタを使った場合の最適化された
挿入損失波長特性を示す。



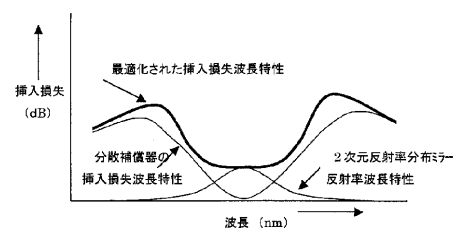
【図 4】

2次元反射率分布ミラーの反射率分布を示した図



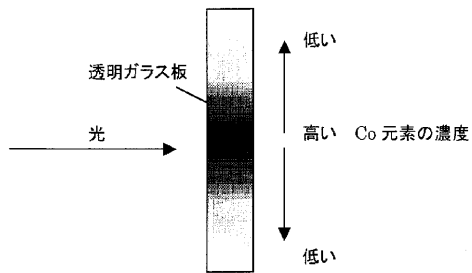
【図 6】

ミラーの反射率を2次元的に変化させた場合の
最適化された挿入損失波長特性を示す図



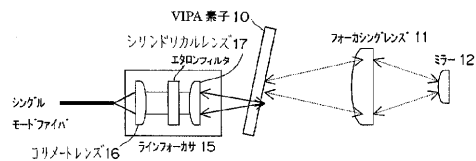
【図 7】

2次元透過率分布空間フィルタの説明をする図



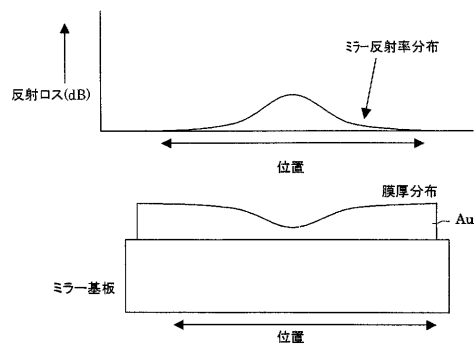
【図 8】

本発明の実施形態のエタロンフィルタを
使用した別の構成例を示した図



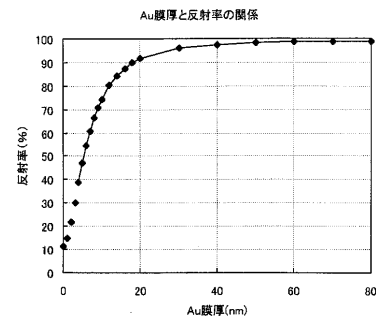
【図 10】

反射率が2次元的分布を示すミラーの
製造方法について説明する図(その2)



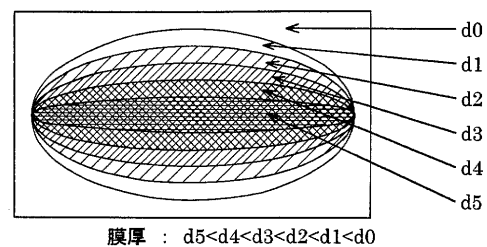
【図 9】

反射率が2次元的分布を示すミラーの
製造方法について説明する図(その1)



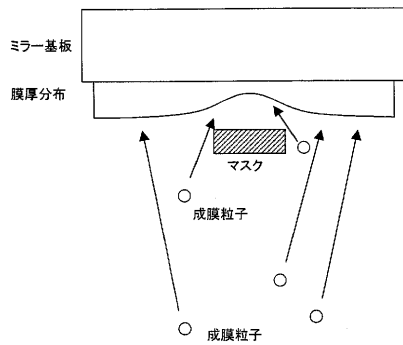
【図 11】

反射率が2次元的分布を示すミラーの
製造方法について説明する図(その3)



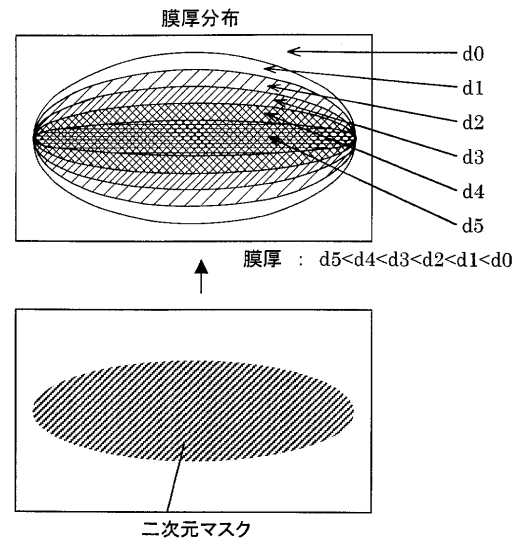
【図 1 2】

反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図(その4)



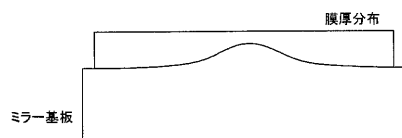
【図 1 3】

反射率が2次元的分布を示すミラーの製造方法について説明する図(その5)



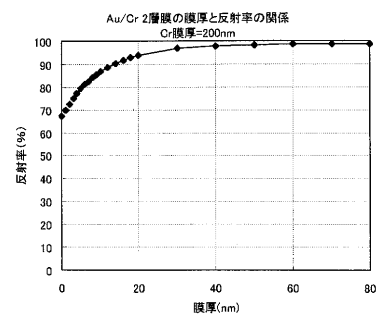
【図 1 4】

反射率が2次元分布しているミラーの別の製造方法を説明する図



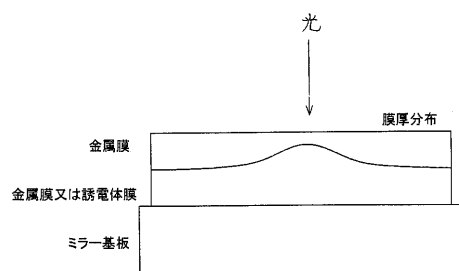
【図 1 6】

反射率が2次元分布しているミラーの更に別の製造方法を説明する図(その2)



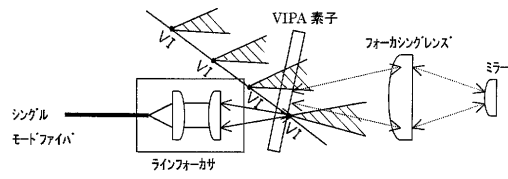
【図 1 5】

反射率が2次元分布しているミラーの更に別の製造方法を説明する図(その1)



【図 17】

VIPA素子を用いた波長分散補償器の基本構成を示す図



フロントページの続き

審査官 菅野 芳男

- (56)参考文献 特開平11-119030 (JP, A)
特表2000-511655 (JP, A)
国際公開第99/030445 (WO, A1)
米国特許第06668115 (US, B1)
特開平09-043057 (JP, A)
特開2003-202515 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 5/28

G02B 5/22