

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4945062号
(P4945062)

(45) 発行日 平成24年6月6日 (2012.6.6)

(24) 登録日 平成24年3月9日 (2012.3.9)

(51) Int. Cl.	F 1
GO2F 1/31 (2006.01)	GO2F 1/31
GO2B 27/28 (2006.01)	GO2B 27/28 Z
GO2F 1/13 (2006.01)	GO2F 1/13 505

請求項の数 36 (全 32 頁)

(21) 出願番号	特願2003-584786 (P2003-584786)	(73) 特許権者	311004821
(86) (22) 出願日	平成15年3月28日 (2003.3.28)		オクラロ (ニュージャージー) インコーポ レイテッド
(65) 公表番号	特表2005-522731 (P2005-522731A)		アメリカ合衆国 19801 デラウェア 州 ウィルミントン オレンジ ストリー ト 1209 コーポレート トラスト センター
(43) 公表日	平成17年7月28日 (2005.7.28)		
(86) 国際出願番号	PCT/US2003/009582	(74) 代理人	100070024
(87) 国際公開番号	W02003/087902		弁理士 松永 宣行
(87) 国際公開日	平成15年10月23日 (2003.10.23)	(74) 代理人	100125081
審査請求日	平成18年2月6日 (2006.2.6)		弁理士 小合 宗一
(31) 優先権主張番号	10/120,562	(74) 代理人	100125092
(32) 優先日	平成14年4月12日 (2002.4.12)		弁理士 佐藤 玲太郎
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 同調型光学フィルタ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

入射光学ビームを受け入れるための第1の光学組立体と、
フィルタリングされた光学ビームを出力するための第2の光学組立体と、
少なくとも3つの独立に同調可能であるフィルタエレメントとを含み、

前記エレメントが前記光学ビームの1つの前記光学路に沿って配置され、前記フィルタ
エレメントの少なくとも2つが異なる波長に調整され、また、前記光学ビームの空間的に
個別の部分の前記第2の光学組立体で合成されるときに前記フィルタリングされた光学ビ
ームが形成されるように、前記フィルタエレメントのそれぞれが前記光学ビームの空間的
に異なる個別部分をフィルタリングし、

前記第1の光学組立体は、入力エレメントからの前記光学ビームを前記フィルタエレメ
ントに向けるための第1のレンズエレメントを含み、前記第2の光学組立体は前記フィル
タエレメントからのフィルタリングされた光学ビームを出力エレメントに向けるための第
2のレンズエレメントを含む、同調型光学フィルタ。

【請求項 2】

前記フィルタエレメントの少なくとも1つが、反射モード、透過モード及びこれらの同
時組み合わせからなるグループから選ばれた1つのモードで動作可能である、請求項1に
記載のフィルタ。

【請求項 3】

前記第1の光学組立体及び前記第2の光学組立体は、二重ファイバコリメータを含む合

成組立体を形成する、請求項 1 に記載のフィルタ。

【請求項 4】

前記第 1 の光学組立体は、さらに前記光学ビームを第 1 の偏光成分と第 2 の偏光成分とに分けるための第 1 のビームウオーク・オフ結晶を含み、

前記第 1 の偏光成分が前記フィルタリングエレメントの第 1 のセットを通過して進行し、また前記第 2 の偏光成分が前記フィルタリングエレメントの第 2 のセットを通過して進行し、前記第 1 のセット及び前記第 2 のセットがそれぞれ少なくとも 2 つの前記フィルタリングエレメントを含む、請求項 1 に記載のフィルタ。

【請求項 5】

フィルタエレメントの前記第 1 のセット及び第 2 のセットは実質的に同一のフィルタリング作用をなす、請求項 4 に記載のフィルタ。

10

【請求項 6】

前記フィルタリング作用は本質的に波長に関して同一である、請求項 5 に記載のフィルタ。

【請求項 7】

前記第 2 の光学組立体は、前記成分がフィルタエレメントの前記セットを通過して進行した後に前記第 1 の偏光成分の少なくとも一つの部分と前記第 2 の偏光成分の一つの部分とを合成するための第 2 のビームウオーク・オフ結晶を含む、請求項 4 に記載のフィルタ。

【請求項 8】

20

前記複数のフィルタエレメントは複数のファブリ・ペローフィルタエレメントを含む、請求項 1 に記載のフィルタ。

【請求項 9】

前記フィルタエレメントのそれぞれは、

第 1 の実質的に平坦な反射器と、

第 2 の実質的に平坦な反射器であって前記第 1 の反射器に実質的に平行でありまた前記反射器間に隙間を形成し、また前記反射器のそれぞれが予め定められたスペクトルバンドにわたって実質的に同一の反射率を有し、前記隙間が厚さを有する第 2 の反射器と、

前記隙間に配置された液晶と、

前記液晶の反対側に配置された一对の電極とを含む、請求項 8 に記載のフィルタ。

30

【請求項 10】

前記フィルタエレメントのそれぞれは、少なくとも前記予め定められたスペクトルバンドと同じ幅であるFSRを有する、請求項 9 に記載のフィルタ。

【請求項 11】

任意の前記対の電極に電位差が与えられないとき、前記フィルタが前記スペクトルバンドの外側にある波長に同調され、また前記バンド内の全ての波長が実質的に反射される、請求項 9 に記載のフィルタ。

【請求項 12】

前記フィルタはスペクトル形状を有し、前記複数のフィルタエレメントは多数のフィルタエレメントを含み、前記数及び前記反射率は前記形状を選択するように選ばれる、請求項 10 に記載のフィルタ。

40

【請求項 13】

前記反射器及び前記電極は同一である、請求項 9 に記載のフィルタ。

【請求項 14】

前記複数のフィルタエレメントは複数のジル・トルヌイフィルタエレメントを含む、請求項 1 に記載のフィルタ。

【請求項 15】

前記フィルタエレメントのそれぞれは、

予め定められたスペクトルバンドにわたって 1.0 より小さい第 1 の反射係数を有する第 1 の実質的に平坦な反射器と、

50

前記予め定められたスペクトルバンドにわたって約1.0である第2の反射係数を有する第2の実質的に平坦な反射器であってこれらの反射器が互いに実質的に平行をなしこれらの間に厚さを有する隙間を形成する第2の反射器と、

前記隙間内に配置された液晶と、

前記液晶の反対側に配置された一对の電極とを含む、請求項14に記載のフィルタ。

【請求項16】

前記フィルタエレメントのそれぞれは、前記予め定められたスペクトルバンドと少なくとも同じ幅であるFSRを有する、請求項15に記載のフィルタ。

【請求項17】

任意の前記対をなす電極に電位差が与えられていないとき、前記フィルタが、前記スペクトルバンドの外側にある波長に同調され、前記バンド内の全ての波長実質的に反射される、請求項15に記載のフィルタ。

【請求項18】

前記フィルタがスペクトル形状を有し、前記複数のフィルタエレメントが多数のフィルタエレメントを含み、また前記数及び前記反射率が前記形状を選ぶように選択される、請求項17に記載のフィルタ。

【請求項19】

前記反射器と前記電極とは同一である、請求項15に記載のフィルタ。

【請求項20】

前記フィルタは、異なるフィルタエレメントから反射する前記入射光学ビームの一部分間で干渉を変化させることにより同調可能である、請求項15に記載のフィルタ。

【請求項21】

前記干渉を変化させることは、少なくとも第2の前記フィルタエレメントの第2の位相に関して第1の前記フィルタエレメントの第1の位相を変えることにより達成される、請求項20に記載のフィルタ。

【請求項22】

入力ファイバにより供給される入射光学ビームであって該光学ビームは空間的に分けられた複数の部分から成り、また該各部分のそれぞれが前記入力ファイバから発して出力ファイバで終わる入射光学ビームをフィルタリングするための同調型光学フィルタであって、

二次元配列の独立に同調可能であるフィルタエレメントを含み、前記フィルタエレメントの少なくとも2つは異なる波長に調整され、該フィルタエレメントのそれぞれが、

フィルタリングされた光学信号が前記出力ファイバに形成されるように、前記光学ビームの前記空間的に分離された部分の少なくとも1つの光学経路に沿って配置されている、エタロンと、

入力ファイバからの前記光学ビームを前記エタロンに向けるための第1のレンズエレメント及び前記エタロンからのフィルタリングされた光学ビームを前記出力ファイバに向けるための第2のレンズエレメントとを含む、フィルタ。

【請求項23】

前記フィルタエレメントの少なくとも1つが、反射モード、透過モード及びこれらの同時組み合わせからなるグループから選ばれた1つのモードで動作可能である、請求項22に記載のフィルタ。

【請求項24】

さらに、前記光学信号を第1の偏光成分と第2の偏光成分とに分けるための第1のビームウオーク・オフ結晶を含み、

前記第1の偏光成分が前記フィルタリングエレメントの第1のセットを通過して進行し、また前記第2の偏光成分が前記フィルタリングエレメントの第2のセット通過して進行し、前記第1のセット及び前記第2のセットがそれぞれ少なくとも2つの前記フィルタリングエレメントを含む、請求項22に記載のフィルタ。

【請求項25】

前記フィルタエレメントの第1のセットと前記フィルタエレメントの第2のセットは実質的に同一のフィルタリング作用をなす、請求項24に記載のフィルタ。

【請求項26】

前記フィルタエレメントの第1のセットと前記フィルタエレメントの第2のセットは同一のセットである、請求項25に記載のフィルタ。

【請求項27】

さらに、前記成分が前記セットへ進行した後に少なくとも一つの成分の第1の部分と前記第2の成分の一つの部分とを合成するための第2のビームウオーク・オフ結晶を含む第2の光学組立体を含む、請求項24に記載のフィルタ。

【請求項28】

前記複数のフィルタエレメントは複数のファブリ・ペローフィルタエレメントを含む、請求項22に記載のフィルタ。

【請求項29】

前記フィルタエレメントのそれぞれは、

第1の実質的に平坦な反射器と、

第2の実質的に平坦な反射器であって前記第1の反射器に実質的に平行でありまた前記第1の反射器と前記第2の反射器との間に隙間を形成し、前記反射器のそれぞれが予め定められたスペクトルバンドにわたって実質的に同一の反射率を有し、前記隙間が厚さを有する第2の反射器と、

前記隙間に配置された液晶とを含む、請求項28に記載のフィルタ。

【請求項30】

前記フィルタエレメントのそれぞれは、少なくとも前記予め定められたスペクトルバンドと同じ幅であるFSRを有する、請求項29に記載のフィルタ。

【請求項31】

前記フィルタはスペクトル形状を有し、前記複数のフィルタエレメントは多数のフィルタエレメントを含み、また前記数及び反射率は前記形状を選択するように選ばれる、請求項30に記載のフィルタ。

【請求項32】

前記複数のフィルタエレメントは複数のジル・トルヌイフィルタエレメントを含む、請求項22に記載のフィルタ。

【請求項33】

前記フィルタエレメントのそれぞれは、

予め定められたスペクトルバンドにわたって1.0より小さい第1の反射係数を有する第1の実質的に平坦な反射器と、

第2の実質的に平坦な反射器であって前記予め定められたスペクトルバンドにわたって約1.0である第2の反射係数を有し、前記反射板相互は実質的に平行でありまた間に厚さを有する隙間を形成する第2の反射器と、

前記隙間に配置された液晶とを含む、請求項32に記載のフィルタ。

【請求項34】

前記フィルタのそれぞれは、少なくとも前記予め定められたスペクトルバンドと同じ幅であるFSRを有する、請求項33に記載のフィルタ。

【請求項35】

前記フィルタは、異なるフィルタエレメントから反射する前記入射ビームの一部分間で干渉を変化させることにより同調させることができる、請求項33に記載のフィルタ。

【請求項36】

前記干渉を変化させることは、少なくとも第2の前記フィルタエレメントの第2の位相に関して第1の前記フィルタエレメントの第1の位相を変えることにより行われる、請求項35に記載のフィルタ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本発明は、同調形光学フィルタ、より詳細には分光反射係数及び透過率の可変機能を有するフィルタ、更に詳細には多波長光通信システム及び高密度波長分割多重化ネットワークシステムに関する。

【背景技術】

【0002】

同調型光学フィルタが液晶で構成されることが知られている。例えば、パテル (Patel) の米国特許第 5, 111, 321 号明細書 (以下「パテル」という。) は、ファブリ・ペロー (Fabry-Perot) 共振器内にネマチック液晶を含む二重偏光液晶エタロンフィルタを示す。結晶が 2 つの部分に分割され、これらの部分は、これらがこれらの表面と平行に前記液晶を整列させるように直交方向に磨かれる。偏光ビームダイバーシティ機構を用いて、入力ビームがその直交偏光成分に分離され、前記ファブリ・ペロー共振器の両部分が偏光独立フィルタを導入するように前記成分に等しい量で作用する。透過率のピークの最大スペクトル位置は、前記エタロンに印加される電圧を変化させることにより整調可能である。パテルは、前記共振器の両部分を横切る電位差を与えるための単一の電圧発生器を用いるところ、これは前記フィルタの整調可能性を不利に制限する。

10

【0003】

また、カーショウ (Kershaw) の米国特許第 6, 154, 591 号明細書 (以下「カーショウ」という。) は、同調型光学装置を示す。カーショウにより示されたこの装置は、ファブリ・ペロー共振空洞を形成するために整列層又は格子により方向付けられた液晶で満たされた空間により分離された多数の光導波路を含む。操作の間に前記空洞を横切る電圧を印加すると、前記液晶の屈折率が変化する。カーショウは、各フィルタの独立した整調を可能にする基板と積層板との間に配置された光ファイバを用いて構成可能であるフィルタ配列を示す。各フィルタは分離光信号を濾す又はフィルタリングするために用いられ、これらの信号は混合せず、整調可能性を制限する。

20

【0004】

ディンゲル等の米国特許第 6, 304, 689 号明細書 (以下「ディンゲル等」という。) は、マイケルソン・ジル・トルヌイ (Michelson-Gires-Tournois) 共振器を用いる一般的な多重機能フィルタを示す。ディンゲル等により示されたフィルタは、干渉計アーム長差及び反射係数に依存する、チャンネルパッシングフィルタ、チャンネルドロップングフィルタ及びバンドパスフィルタとして機能するという。ディンゲル等により用いられた共振器では、マイケルソン干渉計又はタイマン・グリーン (Tynman-Green) 干渉計の反射鏡の一つがジル・トルヌイ (Gires-Tornouis) 共振器に置き換えられ、これはチャンネルパッシングフィルタのための線幅を狭くしかつコントラストを大きくするのである。ディンゲル等により示された装置は大きく、製造するのに比較的高価である。

30

【0005】

加えて、同調型フィルタが、例えばディメア (Diemeer) の米国特許第 6, 285, 504 号明細書及びチェン等 (Cheng et al) の米国特許第 5, 481, 402 号明細書に記載されている。

【0006】

40

また、液晶は、電気光学式変調器に基礎付けられたファブリ・ペロー干渉計を形成するために使用されることが知られている。例えば、ソンダース (Saunders) の米国特許第 4, 779, 959 号明細書 (以下「ソンダース」という。) は、液晶が鏡層であって各層が、前記液晶の分子の均質な整列を提供する塗り付けられた各ポリイミド層を有する鏡層の間に配置された電気光学式変調器のようなものを示す。前記鏡は、屈折率感度のための閾値の上下 2 つの値間で変化し得る電気バイアスに接続される。ソンダースは、光学信号を変調するための単一の液晶変調器を使用する。ソンダースは、どのようにして任意の同調型変調器を構成するかを示していない。

【0007】

さらに、液晶が可変光減衰器を形成するために使用されることが知られている。例えば

50

、シンクレア等(Sinclair et al.)の米国特許第4, 364, 639号明細書(以下「シンクレア等」という。)は、印加される交流電界を変化させることにより光透過率が可変である動的散乱液晶セルを経る通過光を有する可変減衰電気光学式装置を示す。シンクレア等は、セルフロック(Selfoc)型レンズを使用する反射及び透過の実施例を示す。このレンズの長さを調整することにより、それは、光ビームについて焦点を合わせ、分岐させ、反転させ又は平行にするために使用することができ、端面が平坦である追加的利点を有する正規の球形光学部品と同じ機能を果たす。しかし、シンクレアにより示された減衰器は、比較的色覚的に変更できない。

【0008】

また、液晶が光ファイバをベースとした減衰器の形成に使用可能であることが知られている。例えば、ランバウ等(Rumbaugh et al.)の米国特許第5, 015, 057号(以下「ランバウ等」という。)には、減衰値の範囲を超える減衰を与えるためにポリマーが分散された液晶フィルムを用いる偏光無感応光減衰器が記載されている。ランバウ等は、光ファイバの近接するセクション間の液晶フィルムと、前記近接セクション間の液晶を保持するための管状ハウジングと、前記液晶に電界を与えるための電圧源とを示す。ランバウ等により示された装置は、常に、光ファイバのセクション間に単一の液晶セルを用いる。

【0009】

ハンソン(Hanson)の米国特許第4, 410, 238号明細書(以下「ハンソン」という。)は、複屈折材料からなる2つの板を含む光スイッチ減衰器を示し、前記複屈折材料は、前記板の間の制御要素として液晶偏光ロータを有する。前記ロータを電氣的に制御することにより、ハンソンは、透過一移動出力の光強度の可変の比を選択する。ハンソンは広範に調整可能な光スイッチを示していない。

【0010】

中性フィルタ(ニュートラルデンシティフィルタ)又は、光学路へ及び該光学路から移動可能であるか又は回転可能である円形グレーデッドハーフスライバード鏡(circularly graded half-silvered mirrors)を用いる減衰器のような他のタイプの減衰器が知られている。しかし、これらの機械的減衰器は、一般に高価であり、また嵩張る。

【0011】

マドセン(Madsen)の米国特許第5, 953, 467号明細書(以下「マドセン」という。)は、1の入力導波路、1若しくはそれ以上の出力導波路、及び多数の干渉計導波路に連結された光学スプリッタを含む切替可能な光学フィルタを示す。操作の間、多波長信号が前記干渉計の導波路に分割される。次に、連続した制御可能な移相器を用いて、特定の波長信号が各干渉計導波路から前記スプリッタ、次いで各出力導波路に反射される。マドセンは、出力ポートを変えるために各導波路における反射光のための相対移相差を変化させる。

【0012】

最後に、グレイシス等(Grasis et al.)の米国特許第6, 198, 857号明細書は、追加/ドロップ型(add/drop)光学多重化装置を示す。この装置は、共通ポートから第1のチャンネルポート及び第2のチャンネルポートを連続的に経て、最後に通過ポートを伸びる光路を規定するフィルタ組立体を含む。前記第1のポート及び前記第2のポートはそれぞれ実質的に同一の透過率及び反射係数を有する。グレイシス等により示された装置はフィルタエレメントを含むがこれらのエレメントは必ずしも調整可能でない。

【特許文献1】米国特許第5, 111, 321号明細書

【特許文献2】米国特許第6, 154, 591号明細書

【特許文献3】米国特許第6, 304, 689号明細書

【特許文献4】米国特許第6, 285, 504号明細書

【特許文献5】米国特許第5, 481, 402号明細書

【特許文献6】米国特許第4, 364, 639号明細書

【特許文献7】米国特許第5, 015, 057号明細書

10

20

30

40

50

【特許文献 8】米国特許第 4, 410, 238 号明細書

【特許文献 9】米国特許第 5, 953, 467 号明細書

【特許文献 10】米国特許第 6, 198, 857 号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

したがって、信頼性のある、コンパクトで、廉価な同調型分光フィルタ方法及び装置の提供が望まれる。

【0014】

また、偏光独立同調型フィルタ方法及び装置の提供が望まれる。

10

【0015】

さらに、光チャンネルを多重化及び多重分離化するための方法及び装置の提供が望まれる。

【0016】

さらに、ダイナミック・ゲイン及び分光等価のための方法及び装置の提供が望まれる。

【0017】

さらに、同調型の光遮断、切替及び変調のための方法及び装置の提供が望まれる。

【0018】

したがって、本発明の目的は、信頼性のある、コンパクトで廉価な同調型分光フィルタ方法及び装置を提供することにある。

20

【0019】

また、本発明の目的は、偏光独立同調型フィルタ方法及び装置を提供することにある。

【0020】

さらに、本発明の目的は、光チャンネルを多重化及び多重分離化するための方法及び装置を提供することにある。

【0021】

さらに、本発明の目的は、ダイナミック・ゲイン及び分光等価のための方法及び装置を提供することにある。

【0022】

さらに、本発明の目的は、同調型の光遮断、切替及び変調のための方法及び装置を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0023】

本発明によれば、同調型光学フィルタが提供される。このフィルタは、入射光を受け入れるための光学組立体と、フィルタを通された光を与えるための光学組立体、複数の独立した同調型フィルタエレメントとを含む。前記エレメントは、それぞれ、異なる光路であってこれらの光路の全てが前記組立体を経る前記光路に沿って配置されている。また、前記フィルタエレメントは、それぞれ、入射光信号の異なる成分のフィルタリングを行い、これにより、前記成分が結合されるとき、フィルタリングされた光学信号が形成される。

【0024】

40

その最も簡単な形態において、本発明に係るフィルタは、入射信号及び反射及び／又は透過した、フィルタリングされた入射信号を受け入れるように適当に配置された多数の独立した同調型フィルタエレメントを含むことを必要とするのみである。したがって、本発明に係るフィルタは、反射モード、透過モード及びこれらのモードの同時組み合わせにおいて、機能しうる。

【0025】

また、本発明の他の側面によれば、同調型光学フィルタリングが提供される。この方法は、入射光を複数のビーム成分に分け、少なくとも 1 つの独立した同調型フィルタエレメントで前記成分をそれぞれフィルタリングし、またフィルタリング後にフィルタリングされた光学ビームを形成するように組み合わせられる。

50

【0026】

本発明の前記した及び他の目的並びに利点は、同様の参照符号が全体的に同様の部品に言及する添付図面に関連する次の詳細な説明を考慮に入れることによりさらに明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0027】

本発明に係るフィルタは、入射光学信号を受け入れるための光学組立体と、フィルタリングされた光学信号を提供するための光学組立体と、複数の独立した同調型フィルタエレメントとを含む。前記エレメントは、それぞれ、各光学路が少なくとも前記組立体において交差する異なった光学路に沿って配置されている。また、前記フィルタエレメントはそれぞれ、入射光学信号の異なる成分をフィルタリングし、その結果、前記成分が組み合わせられるとき、フィルタリングをされた光学信号が形成される。

10

【0028】

操作の間、1のビームが、少なくとも2つの前記フィルタエレメント（すなわちピクセル）に分離して向けられる少なくとも2つの異なる成分に分割される。ここで用いられるピクセルは、フィルタの最小で独立して制御可能のエレメントである。前記ピクセルは、それぞれ、特定の周波数バンド又周波数帯域を排除するように調整される同調型フィルタに似た働きをする。前記ピクセルは同時に前記ビームのフィルタ異成分であり、合成のフィルタリングされたビームは、個々のフィルタリングされた成分から形成される。

20

【0029】

本発明の1の実施例では、前記フィルタは2又はそれ以上のファブリ・ペローエタロンを含むことができる。ファブリ・ペローエタロンは、一般に、多層の狭帯域フィルタとして役立つ非吸収の多重反射装置である。ファブリ・ペローエタロンは、ギャップ又は隙間で分離された2つの実質的に平行で平坦な反射装置から形成することができ、前記ギャップは光学活性材料（例えば液晶層のような電気光学材料、ガラスやポリマーのような熱光学材料等）で満たすことができる。ファブリ・ペローエタロンの場合、前記2つの平坦な反射装置が実質的に同一の反射係数又は反射率を有し、反射モード又は透過モードの一方で機能することが可能である。それは、前記反射装置間の物理的距離、またしたがって光学路は、メムス（MEMS）、又は前記反射装置の少なくとも1つの位置を動かすことができる任意の他の機械的装置の使用により可変である。

30

【0030】

選択的に液晶のような光学活性層が使用されるとき、前記層の屈折率は前記反射装置のそれぞれに配置された電極間に電圧を印加することにより変化させることができる。前記反射装置は導電性があるものとすることができ、この場合、前記反射装置それ自体が電極として機能することができる。

【0031】

フィルタは、活性ピクセル領域の配列（すなわちフィルタエレメント）を形成するようにピクセレート（pixelated）された単一のファブリ・ペローエタロン構造から形成することができる。前記配列は、一次元、二次元又は三次元（すなわち、カスケード式であれば）とすることができる。前記フィルタは、各フィルタエレメントが予め定められたスペクトル帯域（すなわち制御される必要がある帯域）より広い各フィルタエレメントが重ならないスペクトル範囲（以下「FSR」という。）を有するように構成することができる。例えば、受け入れ可能なFSRは、1575 nmの中心におかれた約150 nmである。前記FSRが十分に広いときは、反射の不履行又は怠りすなわち前記エレメントの透過率スペクトルを実質的に平坦であるようにすることができる。この平坦な怠りのスペクトルは、特に、電圧源を制御することがうまくいかないときのように、不運な光学事象に対する保護に有用であるものとすることができる。

40

【0032】

さらに、前記フィルタは、電圧が個々のフィルタエレメントに印加されないときに個々のフィルタエレメント（及び全体としての前記フィルタ）が前記スペクトル帯域の外側に

50

ある透過波長を有するように調整されるように構成することができる。この場合、前記帯の内側の全ての波長は反射される。反射された光は、次に、集められ、出力ファイバに加えられる。

【0033】

前記帯域内の適当な波長 λ が減衰されることを必要とする場合、適当な電圧が前記1又はそれ以上のピクセルに印加され、 λ にされ、これにより、前記反射係数スペクトルを減衰させる。適正な1つのピクセルが使用されるとき、最小量の減衰のみが与えられることが期待される。この故に、減衰は前記ビームを多くの成分に分割し、またこれらの成分をそれぞれ1つの独立した同調可能なピクセルに向けることにより細かい増分に制御されることが可能である。前記スペクトルの減衰領域の形状は前記フィルタの細かさに依存し、これは前記対をなす反射装置の反射係数と前記エタロン空洞の厚さとにより決定される。ピクセルの細かさ及び数量は、好ましくは滑らかな同調可能なフィルタを構成するように選択される。

10

【0034】

個々のフィルタエレメントの正確な数及び正確な寸法は、フィルタの適用に大きく依存する。例えばゲインイコライザを組み立てるとき、10又はそれ以上のフィルタエレメントを用いることができるが、しかし50に満たないフィルタエレメント、特に約20のフィルタエレメントで申し分ないことが見出された。波長分割多重（以下「WDM」という。）フィルタの場合、フィルタエレメントの有効な数は2及び約20の間当たりの範囲に見出された。WDMフィルタの適用について、

20

【0035】

ファブリ・ペロー フィルタエレメントが使用されるとき、前記エレメントの反射装置の反射係数は0.3及びほぼ1.0未満間のものとしてすることができる。WDMフィルタの適用について、反射係数は、フィルタに通されたスペクトルに狭い通過域（又は「くぼみ」）を形成するために一般に大きく、約0.7と約1.0との間、好ましくは約0.9と約1.0との間、最も好ましくは約0.98と約1.0との間とすることができる。例えば、2つのフィルタエレメントが互いに0.25 nm離れるように調整されるとき、0.99の反射係数が、選択された波長において半値全幅（「FWHM」）の通過域の約0.5 nmを発生させるが、0.98の反射係数は約0.75 nmの通過域を発生させるに過ぎない。

30

【0036】

また、本発明に一致する多エレメントフィルタでは、実質的に平坦な頂部を有するフィルタの外形は、ピークの透過率を最小に犠牲にする間に形成することができる。したがって、本発明に一致するフィルタは、WDMフィルタ適用のためのような、フィルタの外形を適合させるための柔軟性のある方法を提供する。

【0037】

任意の特定の理論に縛られることは望まないが、ファブリ・ペローエタロンの位相及び振幅は通常反射モードにおける操作の間に影響を受けることが考えられる。

【0038】

【数1】

40

$$A = r \frac{\exp i\theta - 1}{1 - r^2 \exp i\theta}$$

【0039】

50

ここに、 A は反射された光学信号の振幅、 r は前記反射器のそれぞれの反射係数、また θ は前記反射器から反射されたビーム間の往復位相遅れである（すなわち、 $\theta = 2d/\lambda$ ）。

【0040】

ファブリ・ペローエタロンでは、全てのフィルタエレメントが所望の帯域外で共振を有するように変えられるとき、最大の透過率が達成される。特定の波長又は帯域における損失を誘起するため、1以上のフィルタエレメントが適宜にその波長又は狭帯域で反射するように変えられることがある。追加された各フィルタエレメントのため、前記フィルタの反射係数又は透過率が全体として減少又は増大される。1つのフィルタエレメントを特定の波長に変えることにより、透過率を $(1-1/N)^2 \sim 1-2/N$ に減少させることができる。

10

【0041】

本発明に係る同調型マルチエレメントフィルタの性能を評価するために簡単な数値モデルを用いることができる。前記エレメント上にレンズにより後方に像が作られた後、単一モードの形式上の領域が $F(x,y)$ であると仮定する。また、前記エレメント後に続く前記入力領域を $A(x,y)$ と仮定する。次に、前記ファイバへの透過率が実質的に次のように書かれる。

【0042】

【数2】

$$T = \frac{\left| \int A(x,y) F^*(x,y) dx dy \right|^2}{\int A A^* dx dy \int F F^* dx dy}$$

20

【0043】

この表現は、単に、前記2つの領域の所産により正規化された、前記形式上の領域との前記入力領域の重なりであることが分かるであろう。もし、前記領域が同一でありかつ重なりが最大であれば、完全な透過($T=1$)が生じる。対照的に、重なりが最小（すなわち零）であるとき、本質的に透過は生じない。

30

【0044】

前記エレメントに対する前記入力領域が完全に前記ファイバ領域に匹敵する場合には、前記エレメントは偏角又は位相変調を持たず、透過率は最大にされる（すなわち $T=1$ ）。さらに、領域 F が領域 S の開口にわたって均一であると仮定することにより、前記計算を簡単にすることができる。しかし、ガウスプロファイル(Gaussian profiles)を含むことによりより正確な計算を行うことができる。前記フィルタは、等領域 S/N の N セクションに分割することができ、個々で S は、全フィルタ領域であってこの上に前記入力領域が投射する全フィルタ領域である。次に、各フィルタエレメントが、 A_0 となるように前記エレメントに入射する前記入力領域を変える。

40

【0045】

これらの仮定の下、前記フィルタの透過率 T は実質的に次の式に等しい。

【0046】

【数 3】

$$T = \left| \frac{1}{N} \sum A_n \right|^2$$

10

【0047】

前記したように、又本発明の一の実施例によれば、前記フィルタエレメントのそれぞれは、個々に同調型の液晶ファブリ・ペロー共振器であるということができる。このケースでは、同調は各エレメントの入力領域の大きさ、各エレメントの位相又は大きさ及び位相の組み合わせを変化させることにより行うことができる。

【0048】

本発明に係る他の実施例では、前記フィルタエレメントをジル・トルヌイ(Gires-Tornøus)エタロンとすることができる。ファブリ・ペローエタロンのように、ジル・トルヌイエタロンは、多層の狭バンドパスフィルタとして働く実質的に非吸着の多重反射装置である。ファブリ・ペローエタロンと異なり、2つの平らな反射器が異なる反射係数を有し、その一つは約1.0の反射係数を有する。この理由のため、ジル・トルヌイエタロンは反射モードでの作動のみをすることができる。光学活性層（例えば液晶層）の屈折率を変化させるため、電極を前記反射器のそれぞれに配置することができ、あるいは前記反射器が電導性であるときは、前記反射器自体が前記電極として働く。

20

【0049】

ジル・トルヌイエタロンが同調されるとき、前記光の位相のみが、その振幅反射率ではなく（それは常に約1である）、変化する。しかし、2以上の異なるフィルタエレメントにより反射された調節可能に干渉する光により、減衰が誘起される。

【0050】

このため、振幅反射率は常に約1であるが、前記位相は次のように波長に依存する。

30

【0051】

【数 4】

$$A = \frac{\exp i\theta - r}{1 - r \exp i\theta}$$

40

【0052】

共振時の位相（すなわち $A = 1$ ）は反共振（すなわち $A = -1$ ）に関して逆転する。ファブリ・ペローエタロンの場合におけるように、エタロンは、共振が所望の予定帯域を超えて変えられるように、設計される。

【0053】

しかし、ファブリ・ペローエタロンと異なり、ジル・トルヌイエタロンは、位相が一定であるため、これらの共振波長において損失がない。フィルタエレメントを異なる波長に同調させることにより、透過率の変化がその波長及びもとの共振波長の双方において誘起される。これは両波長が均一でない位相面に応じるためである。この同調フィルタエレメ

50

ントは、現在のところ、背景の場に破壊的に干渉し、実質的に約 $(1-2/N)^2 \sim 1-4/N$ に等しい透過率に導く。

【0054】

図1ー図3は、本発明に係る個々のフィルタエレメントを同調させた結果を示す。

【0055】

図1は、ピクセレート(pixelated)されたファブリ・ペローエタロン及びピクセレートされたジル・トルヌイエタロンに関するシミュレーション反射スペクトル5及び7をそれぞれ示す。両スペクトルは、10個のフィルタエレメントと7ミクロンの隙間(ギャップ)厚さを用いてシミュレーションが行われた。ファブリ・ペローエタロンの場合においては、両反射器が0.8に等しい反射係数を有する。しかし、ジル・トルヌイエタロンの場合においては、前部反射器のみが0.8に等しい反射係数を有し、後部反射器は約1.0の反射係数を有する。いずれの場合においても、全10個のフィルタエレメントは1.50ミクロンに同調された。このため、ファブリ・ペロースペクトル5は1.5ミクロンにおいて反射係数の窪み6(すなわち最大となる透過率)を有する。スペクトル5の前記FSRが約0.1ミクロンであるように、同様の最大値すなわちピークが1.6ミクロンで生じることが理解されよう。ファブリ・ペロースペクトル5と対照的に、ジル・トルヌイスペクトル7は全フィルタエレメントが互いに同相にあるため、全スペクトルにわたって平坦である。

【0056】

図2は、10のフィルタのうちの4つが1.52ミクロン、1.53ミクロン、1.54ミクロン及び1.55ミクロンに同調されていることを除いて、図1において用いられた同様のファブリ・ペローエタロン及びジル・トルヌイエタロンに関してシミュレーションがなされた反射スペクトル9及び11を示す。今、両反射スペクトル9, 11は1.5ミクロンに大きい窪みを有し、また1.52ミクロン、1.53ミクロン、1.54ミクロン及び1.55ミクロンに4つの小さい窪みを有する。

【0057】

ファブリ・ペローエタロンの場合においては、10個のフィルタエレメントのうちの4つの同調の結果は、窪み13(図2に示す)が、1.50ミクロンにおける対応する窪み6(図1に示す)より浅い(すなわち、より反射する)ことである。また、1.52ミクロン、1.53ミクロン、1.54ミクロン及び1.55ミクロンにおける4つの小さい窪みは初めてあらわれ、約0.75の最小の反射係数を有する。

【0058】

ジル・トルヌイエタロンの場合においては、10個のフィルタエレメントのうちの4つの同調の結果は、大きい窪み14と、1.52ミクロン、1.53ミクロン、1.54ミクロン及び1.55ミクロンにおける4つの小さい窪みとが初めてあらわれることである。ジル・トルヌイスペクトル11における窪みがより狭くかつ深く、またファブリ・ペロースペクトル9における各窪みよりも低い挿入損を示すことが認められよう。

【0059】

図3は、前記フィルタエレメントの2つが1.52ミクロンに同調されかつ前記フィルタエレメントの2つが1.53ミクロンに同調されていることを除いて、図1及び図2において用いられたと同じファブリ・ペローエタロン及びジル・トルヌイエタロンについてシミュレーションがなされた反射スペクトル15及び17を示す。今、両反射スペクトル15, 17が1.5ミクロンにおける比較的大きい窪みと、1.52ミクロン及び1.53ミクロンにおける2つの小さい窪みとを有する。図2に示すスペクトルと同様、ジル・トルヌイスペクトル17における最小の反射係数は狭くかつ深く、ファブリ・ペロースペクトル15における各窪みより低い挿入損を示す。

【0060】

図2及び図4の比較は、どのように前記数のフィルタエレメントが本発明に係る反射スペクトルに影響を及ぼすかを示す。図4は、ピクセレートされたファブリ・ペローエタロン及びピクセレートされたジル・トルヌイエタロンについてシミュレーションされた反射

スペクトル 20 及び 22 をそれぞれ示す。10 個のフィルタエレメントについての反射スペクトルを含むのみである図 2 とは対照的に、図 4 のスペクトル 20 及び 22 は 20 個のフィルタエレメントを用いてシミュレーションがなされ、そのうちの 4 つが 1.52 ミクロン、1.53 ミクロン、1.54 ミクロン及び 1.55 ミクロンに同調され、そのうちの 16 個が 1.50 ミクロンに同調された。このため、図 4 に示すスペクトルのシミュレーションに用いられた前記エタロンは、図 2 に示すスペクトルのシミュレーションに用いられた前記エタロンと比較すると、1.50 ミクロンとは異なる波長に同調されるより少ないパーセンテージの表面領域を有する。図 2 及び図 4 に示すスペクトルの比較は、この小さい表面領域が 1.52 ミクロン、1.53 ミクロン、1.54 ミクロン及び 1.55 ミクロンにおける小さい窪みが深さをより小さくし、また 1.50 ミクロンにおける大きい窪みが深さをより大きくする。

10

【0061】

図 5－図 7 は、本発明に係る個々のフィルタエレメントの反射器の反射係数の結果を示す。

【0062】

図 5 は、ピクセレートされたファブリ・ペローエタロン及びピクセレートされたジル・トルヌイエタロンについてのシミュレーションされた反射スペクトル 25 及び 27 をそれぞれ示す。両スペクトルは 2 つのフィルタエレメントと 7 ミクロンの隙間厚さとを用いてシミュレーションがなされた。各エタロンの構造について、1 つのフィルタエレメントが 1.50 ミクロンに同調され、他のフィルタエレメントが 1.53 ミクロンに同調された。ファブリ・ペローエタロンの場合においては、両反射器が約 0.98 に等しい反射係数を有する。しかし、ジル・トルヌイエタロンの場合においては、前部反射器のみが 0.98 に等しい反射係数を有し、後部反射器は約 1.0 の反射係数を有する。

20

【0063】

図 6 及び図 7 は、個々のフィルタエレメントの反射係数が小さいことを除き、図 5 に似ている。図 6 においては、反射スペクトルのシミュレーションを行うために用いられたエタロンが 0.8 の係数を持っていた（しかし、ジル・トルヌイエタロンは約 1.0 の反射係数を有する。）。同様に、図 7 においては、反射スペクトルのシミュレーションを行うために用いられたエタロンが 0.64 の係数を持っていた（しかし、再度、ジル・トルヌイエタロンは約 1.0 の反射係数を有する。）。図 5－図 7 の検査は、前記反射器の反射係数が減少するとき、前記スペクトルにおける窪みの幅がほとんど深くないことを明示している。

30

【0064】

ファブリ・ペローフィルタエレメントについて、又は多数のフィルタエレメントを含むファブリ・ペローエタロンについて、吸収がないと仮定すると、反射係数及び透過率の合計は任意の特定の波長に関して 1 に等しい。したがって、図 8 に示すように、反射スペクトル 40（これは図 2 のスペクトル 9 と同じである。）と透過スペクトル 45 との和は 1 に等しい。しかし、ジル・トルヌイエタロンにおいては、任意の個々のフィルタエレメントの及びこのようなエレメントでできたフィルタの透過率は常に本質的に零（ゼロ）である。

40

【0065】

図 9－図 11 は、ファブリ・ペローフィルタエレメントで構成されたフィルタが、例えば WDM フィルタの適用に使用可能である所望の透過スペクトルを得るためにどのようにして同調され得るかを示す。図 9 は、約 0.99 の反射係数、0.1 ミクロンの FSR を有し、また 1.5200 ミクロンに同調された単一のファブリ・ペローフィルタエレメントについてのシミュレーションされた反射スペクトル 50 を示す。図 10 は、それぞれが約 0.99 の反射係数と 0.1 ミクロンの FSR とを有する 2 つのファブリ・ペローフィルタエレメントについてのシミュレーションされた反射係数 55 を示す。前記フィルタエレメントの 1 つが 1.5200 ミクロンに同調され、また他のフィルタエレメントが 1.52025 ミクロンに同調されている。個々のフィルタエレメントのスペクトルは別々に示され

50

ていないが、これらはスペクトル 55 のピークにおける窪み 53 のように明らかである。

【0066】

図 11 は、それぞれが約 0.98 の反射係数と 0.1 ミクロンの FSR とを有する 2 つのファブリ・ペローフィルタエレメントについてのシミュレーションされた反射スペクトル 60 を示す。図 10 におけるように、前記フィルタエレメントの 1 つが 1.52000 ミクロンに同調され、他のフィルタエレメントが 1.52025 ミクロンに同調されている。しかし、図 11 では、低反射係数値のために構成スペクトルがいくぶん広いため、スペクトル 60 のピークに窪みがあらわれない。

【0067】

図 12—図 26 は、種々の実例となる同調可能の光学フィルタと、本発明に係る、前記
10
フィルタで構成された装置とを示す。

【0068】

図 12 は、本発明に係る実施例となるフィルタ 100 の平面図を示す。図 12 に示すように、入射光学ビーム 102 をフィルタリングするフィルタ 100 を示し、それは透過モードにおいて入力ファイバ 104 により提供される。ビーム 102 は、異なる光学路 110 及び 112 に沿ってそれぞれ進行するように向けることができる 2 以上の光学成分 106 及び 108 に分割されることが可能である。各光学路は入力ファイバ 104 の端部に始まり、出力ファイバ 116 の端部 114 で終わる。

【0069】

1 の実施例において、フィルタ 100 は、独立に同調可能のフィルタエレメントの二次
20
元配列を含むエタロンとすることができ。図 13 は、図 12 の線 13—13 に沿って得られた、少なくともフィルタエレメント 101 及び 103 を含むフィルタ 100 の長手方向立面図を示す。図 12 に最もよく示すように、エレメント 101、103 はそれぞれ光学路 110、112 に沿って配置されている。光学成分 106、108 がフィルタ 100 を通して送られた後、それらの成分（またはそれらの一部）は光学路 110、112 をたどり、端部 114 で結合又は合同し、フィルタリングされた光学信号 119 を形成する。

【0070】

光学成分 106、108 がフィルタに入る前、これらが同一のビームの事実上の一部であることは認識されよう。これらの成分間の境界は、フィルタエレメント 101、103 間に存する境界によってのみ規定される。しかし、レンズ、マイクロ・レンズ、プリズム
30
、回折光学部品、又は偏光ビームスプリッタのような 1 以上の光学要素を、所望であれば、フィルタ 100 に入る前の入射光を平行にし、回折し、反射し、分割し、又は偏光させるために用いることができる。

【0071】

さらに、フィルタ 100 が厚さ 118 を有し、これを横切って光学成分 106、108 が伝わることは認識されよう。成分 106、108 がフィルタ 100 を経て伝わる時、
40
これらの成分は、ファイバの端部 114 により集められる光の量を低減するように発散する。このため、厚さ 118 が大きいと、ファイバの端部 114 により集められる（例えばレンズなしに）光の量は少ない。したがって、フィルタ 100 とファイバ端部 114 との間に収束させる光学エレメントを含まない実施例では、フィルタ 100 は好ましくは比較的薄い。もちろん、収束光学エレメントがフィルタ 100 とファイバ端部 114 との間に使用される場合には、集められる光の量は、前記エレメントを通過した後に増大する。

【0072】

図 14 は、本発明に係る実施例となるフィルタ 120 の平面図を示す。透過モードで動作するように設計されたフィルタ 100 とは対照的に、フィルタ 120 は、反射モードにおいて入力ファイバ 124 により提供された入射光学ビーム 122 をフィルタリングする。ビーム 102 のように、ビーム 122 は、異なる光学路 130 及び 132 に沿ってそれぞれ進むように向けることができる 2 以上の光学成分 126 及び 128 に分けられる。各光学路は、合同するときに成分 126、128 が出力ビーム 139 を形成するように、入力ファイバ 124 の端部に始まり、出力ファイバ 136 の端部 134 で終わる
50

【0073】

フィルタ100と同様、フィルタ120は、独立に同調可能のフィルタエレメントの一次元又は多次元の配列を含むエタロンとすることができる。図14は2つのフィルタエレメント121及び123を示すのみであるが、本発明に係るフィルタは所望レベルのフィルタ可同調を達成するために必要である任意の数のエレメントを含むものとしてすることができる。

【0074】

また、本発明に係るフィルタは、反射モード及び透過モードの双方において同時に作動し得る。このようなフィルタは、前記フィルタの入力側に反射出力ファイバを配置し（図14に示すように）かつ前記フィルタの入力側の反対側に透過出力ファイバを配置する（図12に示すように）ことにより構成することができる。以下により詳細に記載するように、追加の入力及び出力のポート（例えばファイバ）を本発明に係るフィルタに追加することができる。

10

【0075】

例えば、図15は、反射モード及び透過モードの双方において同時に作動し得る本発明に係る実施例となるフィルタ160を示す。フィルタ160は、複数の独立に同調可能のフィルタエレメント161及び162を含む。エレメント161、162はそれぞれ異なる光学路163及び164に沿って配置されているが、両光学路はファイバ165、191の端部の近傍で交差している。前記したように、各フィルタエレメントは、成分が合同するときにフィルタリングされた光学信号168が反射モードにおいて形成されかつフィルタリングされた光学信号169が透過モードで形成されるように、入射光学信号167の異なる成分のフィルタリングを行う。

20

【0076】

次に、図15に見られるように、入射ビームの第1の成分が光学路163に沿って進行する時間の間、前記ビームの一部がフィルタエレメント161により反射され、ファイバ191に向け直され、フィルタリングされたビーム168が部分的に形成される。同様に、前記第1の成分の異なる部分がエレメント161を経て進むことができ、また光学路193に沿って出力ファイバ192へ送信され、フィルタリングされたビーム169を部分的に形成する。

【0077】

同じ方法で、入射ビーム167の第2の成分が光学路164に沿って進行する時間の間に前記ビームの一部がフィルタエレメント162により反射され、ファイバ191に向け直され、フィルタリングされたビーム168を部分的に形成する。前記第2の成分の異なる部分は、前記フィルタの状態に応じて、エレメント162を経て進むことができ、また光学路194に沿って出力ファイバ192に伝送され、フィルタリングされたビーム169を部分的に形成する。

30

【0078】

図16は実施例となるフィルタ140を示す。フィルタ140は、入力ファイバ143から入射光学信号141を受け取る光学組立体142と、フィルタリングされた光学信号146をファイバ148に与えるための光学組立体144と、独立に同調可能のフィルタエレメント151及び153の複数150とを含む。エレメント151、153はそれぞれ異なる光学路155及び157に沿って配置されているが、前記した組立体の一部たり得る両光学路はファイバ143、148の端部の近傍で交差する。前記したように、前記フィルタエレメントのそれぞれは、前記成分が合同されるときにフィルタリングされた光学信号146が形成されるように、入射光学信号141の異なる成分のフィルタリングを行う。

40

【0079】

したがって、本発明に係る光学組立体は、入力ファイバ又は出力ファイバとフィルタエレメントとの間に光学信号を向ける1以上のビーム成形又は方向エレメント（すなわち、レンズ、プリズム、回折光学部品等）を含むことができる。しかし、レンズが、一般に、

50

カスケードのフィルタエレメント間であっても、任意の光学ビームを方向付け、向け直し、一点に集め、分岐させ、又は平行にするように用いることができることは認識されている。

【0080】

したがって、本発明に係る操作の間、ビームを空間に少なくとも2つの異なる成分に分散させ、少なくとも2つのそれぞれのフィルタエレメント（例えばピクセル）に向けることができる。前記ピクセルのそれぞれの、特定の帯域の周波数を除くように同調させることができる同調型フィルタのように動作する。

【0081】

図17は、他の実施例となるフィルタ170を示す。フィルタ170は、フィルタ140が透過モードで動作する間にフィルタ170が反射モードで動作することを除いて、フィルタ140に似ている。フィルタ170は、入力ファイバ173からの入射光学信号171を受け入れる光学組立体172と、フィルタリングされた光学信号176をファイバ178に与えるための光学組立体174と、独立に同調可能のフィルタエレメント181及び182の複数180とを含む。エレメント181、183は、両光学路がファイバ173、178の近傍で交差するが、異なる光学路185及び187に沿ってそれぞれ配置されている。ファイバ173、178が前記した組立体の一部を形成することができることは認識されよう。前記したように、成分が合同されるときにフィルタリングされた光学信号がファイバ178の端部に形成されるように、前記フィルタエレメントのそれぞれの、入射光学信号171の異なる成分のフィルタリングを行う。

【0082】

図18は、本発明に係る他の実施例となるフィルタ200を示す。フィルタ200は、入力ファイバ204からの入射光学信号202を受け取り、フィルタリングされた光学信号206をファイバ208に与える二重ファイバコリメータ210と、独立に同調可能のフィルタエレメント212及び214の複数211とを含む。エレメント212、214は、両光学路がファイバの端部220及び222の近傍で交差するが、異なる光学路216及び218に沿って配置されている。前記したように、フィルタエレメント212、214のそれぞれの、前記成分が合同されるときにフィルタリングされた光学信号206が形成されるように、入射光学信号202の異なる成分のフィルタリングを行う。

【0083】

図19は、反射モード及び透過モードの双方で同時に動作可能である本発明に係る他の実施例であるフィルタ240を示す。フィルタ240は、入力ファイバ243からの入射光学信号241を受け取る光学組立体242（例えばレンズ）と、フィルタリングされた光学信号246をファイバ248に提供する光学組立体244（例えば他のレンズ）と、独立に同調可能のフィルタエレメント251及び252の複数250とを含む。エレメント251、252は、両光学路がファイバ243及び248の端部の近傍で交差するが、異なる光学路255及び257に沿ってそれぞれ配置されている。前記したように、前記フィルタエレメントのそれぞれの、成分が合同されるときにフィルタリングされた光学信号246が形成されるように、入射光学信号241の異なる成分のフィルタリングを行う。他の実施例について以下により詳細に説明するように、追加の入力ポート及び出力ポート（例えばファイバ）を、本発明に係るフィルタに追加することができる。

【0084】

本発明の他の面によれば、偏光独立スペクトルフィルタリングを行うために偏波ダイバーシティを用いることができる。図20-図23は、本発明に係る偏波ダイバーシティに基づくスペクトルフィルタの4つの実施例を示す。

【0085】

図20は、実施例となるフィルタ300を示す。フィルタ300は、入力ファイバ320からの入射光学信号315を受け入れる光学組立体310と、フィルタリングされた光学信号330をファイバ335に集めかつ提供する光学組立体325と、独立に同調可能のフィルタエレメント341-344の複数個340とを含む。フィルタエレメント34

1-344のそれぞれは、全ての光学路が共通の支点及び共通の終点を分け合うが、異なる光学路に沿って配置され、これらの全てがそれぞれファイバ320及び335から分散され、これらのファイバに向けて集中する。

【0086】

光学組立体310は、直角な偏光成分313及び314に入射信号315を分けるためのビームウオーク・オフ(walk-off)結晶312のような偏光ビームスプリッティング要素を含むことができる。結晶312内に、成分313は図20に示す偏光方向317を有し、また成分314は図20の平面内にある偏光方向318を有する。ビームウオーク・オフ結晶312は単に複屈折結晶からなるものとして行うことができ、本発明に使用することができる他のタイプの偏光ビームスプリッティング要素はブルター角(Brewster angle)、ロシヨンプリズム、ウォラストンプリズム等を用いることができる。

10

【0087】

成分314が結晶312の端部321に到達するとき、成分314がフィルタエレメント343及び344を含むフィルタセット347に向けられ、入射する。もし、フィルタエレメント343、344が液晶で満たされていれば、例えば、次に、好ましくは液晶の導波器がフィルタリングされる前記ビームの偏光方向に整列される。このような配列が、前記光の偏光を変えることなしに前記ビームが前記液晶を経て伝わる時に前記ビームの同調可能性を最大にすることは知られている。成分314が結晶312を出るときに前記偏光方向が図18の面内に残ることは認識されよう。

20

【0088】

結晶312の長さは、2つの偏光成分が前記結晶の端部に到達するときこれらの成分が重ならないように十分に長いことが好ましい。ウオーク・オフ結晶が YVO_4 で形成されるとき、前記2つの成分は、前記結晶の長さのほぼ $1/10$ である最大距離で分けられる。したがって、前記入射ビームの直径が1mmでありかつ前記結晶の長さが15mmである場合、2つの偏光ビーム成分は1.5mmで分けられたそれらの中心を有し、これは前記偏光成分の重なりを回避するのに十分である。

【0089】

対照的に、成分313が結晶312の端部に到達すると、ビーム313は半波波長板319を通過する。波長板319は偏光方向317に回転させ、その結果それは成分314と本質的に同一である偏光方向を有する。半波波長板319が任意であることは認識されよう。波長板319がフィルタ300に存在するとき、フィルタエレメントの両セット346及び347は、要素フィルタエレメントの製造を簡単にする、同一方向に示された液晶ディレクタを有することができる。

30

【0090】

一旦、成分313、314の一部がそれぞれセット346、347を通して伝送されると、これらの成分は個々にフィルタリングをされ、今度は合同又は結合され、合成のフィルタリングされた光学信号を形成する。これらの成分を結合又は併合することは、他のビームウオーク・オフ結晶350及び半波波長板360で前記成分が最初に分けられたと同じ方法で達成される。もう一度、ビームをウオーク・オフ結晶350を経て進行する間に成分313、314は直角な偏光成分を有し、したがって収束点において互いに干渉しない。

40

【0091】

入力ビーム315が、結晶312に入る前にレンズ322で平行にされることは認識されよう。選択的に、ビーム315は、ファイバ315の端部が適当に形状付けられている場合にはファイバ315自体により平行にすることができる。また、もし、入力ビーム315がそのように平行である場合、フィルタリングされるビーム330は、これが結晶350から出るときに平行にされる。このため、結晶350（またはファイバ335の端部をが形状付けることができる。）がビーム330をファイバ335に焦点を合わせた後、レンズ334を追加することができる。

【0092】

50

さらに、セット 3 4 6, 3 4 7 が好ましくは同じスペクトルフィルタリング機能を行うことは認識されよう。このようにして、両偏光成分が同様にフィルタリングをされ、フィルタ偏光を独立にする。

【0093】

前記したように、伝送された偏光成分 3 1 3, 3 1 4 の一部は最終的にファイバ 3 3 5 により集められる。これらの成分の反射された部分もまた集められかつ追加の出力ファイバに向けられる。図 1 7 に似た幾何学的配置において 2 つの物理的に分離されたファイバを使用し、あるいは図 1 8 に似た幾何学的配置において 2 つのファイバコリメータを使用することができる。

【0094】

例えば、図 2 1 は、反射モードで作動した偏光ダイバーシティ計画に影響を及ぼす本発明に係る他の実施例となるフィルタ 4 0 0 を示す。フィルタ 4 0 0 は図 1 7 のフィルタ 1 7 0 と同様であるが、フィルタ 4 0 0 が、入力ビーム 4 1 0 を直角な偏光成分 4 1 5 及び 4 2 0 に分け、またこれらの成分が少なくとも 2 つのセットのフィルタエレメント 4 5 0 及び 4 6 0 により反射モードでそれぞれフィルタリングされたのちに前記成分を併合するビームウオーク・オフ結晶 4 0 5 を含むことを除く。

【0095】

したがって、フィルタ 4 0 0 光学組立体 4 2 5 とフィルタエレメントの複数個 4 4 5 とを含む。光学組立体 4 2 5 は、入力ファイバ 4 3 0 (任意のレンズ 4 1 2 を介して) からの光学信号 4 1 0 を受け入れ、またフィルタリングされたビーム 4 3 5 を出力ファイバ 4 4 0 (レンズ 4 1 2 と同じ任意のレンズ 4 3 7 を介して) に提供する。セット 4 5 0 は、少なくとも 2 つの独立して同調可能のフィルタエレメント 4 5 2 及び 4 5 4 を含む。同様に、セット 4 6 0 は少なくとも 2 つの独立して同調可能のフィルタエレメント 4 6 2 及び 4 6 4 を含む。もし、エレメント 4 5 2, 4 5 4, 4 6 2 及び 4 6 4 のそれぞれが液晶で満たされている場合には、これらの液晶のディレクタが好ましくは各入力ビームの偏光方向に整列していることが認識されよう。このようにして、電圧が前記エレメントに印加されるときに各フィルタエレメントを最も広い可能な範囲に亘って同調することができる。しかし、さらに、前記フィルタリングされたエレメントが、液晶を含むことを必要とせず、また例えば、一般的に偏光感応性ではなくかつ偏光ダイバーシティの構成を使用する必要がないメムス(MEMS)装置であることは認識されよう。

【0096】

また、図面を簡単にするため、成分 4 1 5, 4 2 0 が一对のフィルタエレメント間の各境界上に入射するように見えるのみであるが、成分 4 1 5 が少なくともフィルタエレメント 4 5 2 及び 4 5 4 上に入射し、また成分 4 2 0 が少なくともエレメント 4 6 2 及び 4 6 4 上に入射することは認識されよう。このように図面を簡単にすることは、図 2 0 及び図 2 1 についてもまた適用されている。

【0097】

さらに、偏光成分 4 1 5, 4 2 0 はフィルタエレメントの 2 つの異なるセットに向けられているが、2 つの半波回転子(例えば半波波長板)を、図 2 0, 図 2 2 及び図 2 3 に示すような方法で、前記ウオーク・オフ結晶と前記フィルタエレメントとの間に配置することができる。フィルタエレメントの単一セットを、両偏光成分をフィルタリングするために用いることができる。この「単一セット」技術が図 2 2 に示されている。この技術は、2 つの偏光成分がフィルタリングされる前に直角から平行に偏光されたこれらの偏光成分を同時にフィルタリングし、次にこれらの偏光成分がフィルタリングされた後にもう一度直角にする。

【0098】

図 2 2 はフィルタ 5 0 0 を示し、これは入力ファイバ 5 2 0 から入射光学信号 5 1 5 を受け入れるための光学組立体 5 1 0 と、フィルタリングされた光学信号 5 3 0 をファイバ 5 3 5 に提供する光学組立体 5 2 5 と、少なくとも 2 つの独立に同調可能のフィルタエレメント 5 4 1 及び 5 4 2 とを含む。

【0099】

光学組立体510は入射ビームを直角な偏光成分513及び514に分けるためのビームウオーク・オフ結晶512を含む。図22に示すように、成分413, 514は、それぞれ、ビームウオーク・オフ結晶512内で直角である偏光方向517及び518を有する。

【0100】

図20に示すフィルタのように、成分513が結晶512の端部521に到達すると、ビーム513は、成分513の偏光方向を回転させ、それが成分514と同じ偏光方向を有するようにする半波波長板519を通過する。波長板519がフィルタ500内に存すると、フィルタエレメント541及び542は、それぞれ、フィルタエレメントの構成の製作を簡単にする、同じ方向へ向けられた液晶ディレクタを有するようにすることができる。

10

【0101】

組立体510はさらにレンズ570を含むことができ、これは偏光成分513, 514をフィルタエレメントの単一セット（例えばエレメント541及び542）に向ける。レンズ570は任意であるが、成分513, 514の光学路に沿ってのその存在は両成分13, 514をフィルタエレメントの単一セットに向ける。

【0102】

両成分513, 514が前記フィルタエレメントの単一セットに入るときに両成分513, 514が本質的に同一の偏光方向（例えば図22の平面に平行）を有するため、前記フィルタエレメントの単一セットの使用が可能である。前記したように、本発明に係るフィルタエレメントが液晶を含むとき、これらの液晶は、前記入射ビームの偏光方向に実質的に平行である方向を持つべきである。2以上のビームが前記フィルタエレメントの同一のセットを通過するとき、これらのフィルタエレメントのディレクタは前記入射ビームの偏光方向に実質的に平行であるべきである。したがって、半波波長板519によりビーム513を回転させることにより、ビーム513, 514は、フィルタエレメント541, 542のディレクタ（図示せず）に実質的に平行である偏光方向を有する。また、両偏光成分のためのフィルタエレメントの単一セットを使用することにより、同じフィルタリング作用を行うのに必要なフィルタエレメントはわずかである。

20

【0103】

また、偏光独立フィルタリングは、ここにそっくりそのまま参照により組み込まれているパテル(Patel)により示された方法を用いて達成することができる。前記したように、パテルの二重偏光液晶エタロンフィルタは、ファブリ・ペロー共振器におけるネマティック液晶を含む。前記結晶は、直角な方向に磨かれている2つの部分に分割されており、このためこれらはこれらの表面に平行に前記液晶を整列させる。偏光ビームダイバーシティの構成を用いると、入力ビームはその直角偏光成分に分かれ、前記ファブリ・ペロー共振器の両部分は等量で作動し、前記成分により偏光独立フィルタを誘起する。

30

【0104】

したがって、本発明の他の面によれば、パテルにより示されているように、二重偏光液晶エタロンは、所望であれば、偏光独立フィルタリングを行うために使用することができる。この場合、本発明に係る各フィルタエレメント（例えば、図12のエレメント101, 103、図14のエレメント121, 123、図16のエレメント151, 153等）は偏光ビームスプリッタと、直交方向に磨かれた2つの液晶部分とを有することができる。

40

【0105】

図22を参照すると、一旦、成分513, 514の一部分がエレメント541, 542によりフィルタリングされると、これらの一部分はレンズ573により平行にされ、次いで複合のフィルタリングされたビーム530を形成するように合同される。これらの成分を合同することは、すなわち他のビームウオーク・オフクリスタル550と半波波長板560とで前記成分が元は分けられた同じ方法で達成することができる。図23は、プリズ

50

ム 5 7 7 及び 5 7 8 がレンズ 5 7 0 及び 5 7 3 で置き換えられていることを除いて、図 2 2 のフィルタ 5 0 0 とほぼ同じである他のフィルタを示す。操作上、両フィルタは同じである。

【0106】

図 2 4 は、説明に役立つ追加／ドロップ (add/drop) 型光多重化装置 6 0 0 を示す。この装置は、通常、ソネット (SONET) ネットワークの主要装置であり、しばしば、個々の波長を第 1 のファイバに脱落させ又は落とし、残りの波長を異なるファイバに通すように用いられる。また、この装置はある波長を追加することができ、それは落とされた波長と通常は同じであるが、負荷トラフィックを伴う。さらに、この装置は、ソネットチャンネルが前記ネットワークを進行するときこれらの間を仲介し、デジタル交差接続によって補足することができ、またトラフィックを DS-1/DS-3 にすることができることがある。

10

【0107】

装置 6 0 0 はフィルタエレメント 6 1 1 - 6 2 0 の少なくとも 1 つのセット 6 1 0 を含む。本発明に係るフィルタの数は示された数よりも多くし、あるいは少なくすることができるが、少なくとも 2 つでなければならない。また、前記フィルタエレメントが一次元配列として示されているが、二次元配列を形成するように組み合わせられ又はカスケード配列を形成するように 2 以上の一次元配列を組み合わせることができる。また、装置 6 0 0 は入力ポート 6 2 0、出力ポート 6 3 0、追加ポート 6 4 0 及びドロップポート 6 5 0 を含む。

【0108】

20

作動の間、光入力信号 6 2 1 がポート 6 2 0 を介してフィルタエレメント 6 1 1 - 6 2 0 のセット 6 1 0 の側 6 0 2 を通して提供される。入力信号 6 2 1 は、例えば、1 以上の光チャンネル λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 を含み得る。これらのチャンネルのそれぞれは、とびとびの波長、又は波長の帯域とすることができる。また、光追加信号 6 4 1 がポート 6 4 0 を通してセット 6 1 0 の側 6 0 4 に提供される。信号 6 4 1 は、例えば光チャンネル λ_1' を含むことができる。本発明によれば、フィルタエレメント 6 1 1 - 6 2 0 は、これらが実質的に λ_1 及び λ_1' を透過させるように、しかし λ_2 、 λ_3 及び λ_4 を反射するように、独立に同調することができる。図 2 4 に示すように、これは、光チャンネル λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 が出力ポート 6 3 0 に送られるようにし、また光チャンネル λ_1 が出力ポート 6 5 0 に送られる (すなわち信号 6 2 1 から落とされる) ようにする。本発明に係る予め定められたスペクトルフィルタリング作用を行うためにエレメント 6 1 1 - 6 2 0 のそれぞれを同調させることにより、装置 6 0 0 が 1 以上の光チャンネルを選択的に加えまたは落とすように使用することができることは認識されよう。さらに、所望なら、追加ポート及びドロップポートは装置 6 0 0 に加えることができる。

30

【0109】

入力ビーム、伝送されるビーム及び反射されるビームを適当に方向付けるため、光学レンズ 6 0 3、6 0 4 が加えられることは認識されよう。また、前記ポートの正確な場所及び方向が、前記装置が透過モード又は反射モードで操作されているか、またレンズ、プリズム及び／又はミラーのような追加の光学部品が使用されているかどうかに依存することは認識されよう。また、偏光ダイバーシティを装置 6 0 0 に適用し、ビームウォーク・オフ結晶を含むことによるように、装置偏光無感応にすることができる。

40

【0110】

本発明に従って構成された多数のフィルタは、光学分岐フィルタを構成するように組み合わせ、また使用することができる。図 2 5 は、例えば、光学分岐フィルタ 6 5 1 を示し、これはフィルタ 6 5 5、6 6 0、6 6 5 及び 6 7 0 を含み、また前記フィルタが据えられる構造 6 8 0 を含む。動作の間、多数の光学チャンネル (例えば波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の) を含む波長多重化光ビームがフィルタ 6 5 5 に向けられる。フィルタ 6 5 5 が波長 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 を透過させかつ λ_1 を反射するように同調されると、波長 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の光チャンネルのみがフィルタ 6 6 0 に到達する。フィルタ 6 6 0 が波長 λ_2 を透過させかつ波長 λ_3 及び λ_4 を反射するように同調されると、波長 λ_3 及び λ_4

50

の光チャンネルのみがフィルタ 665 に到達する。最後に、フィルタ 665 が波長 λ_3 を透過させかつ波長 λ_4 を反射するように同調されると、波長 λ_4 の光チャンネルのみがフィルタ 670 に到達する。

【0111】

フィルタ 655, 660, 665 及び 670 のそれぞれを、1 以上の波長をフィルタリングするように本発明に従って同調させることができ、またフィルタ数を 1 以上とすることができることは認識されよう。最後に、構造 680 は中空又は中実とすることができ、また光学ビームが比較的低損失でこれを通過することができる。

【0112】

図 26 は、本発明に係る他の単純化された多重送信（マルチプレクシング）／多重分離（デマルチプレクシング）装置 681 を示す。装置 681 は、光ビームの主要部がステージからステージへ送られるカスケードフィルタを含む。装置 681 はフィルタエレメント 682、683 及び 684 の多数のセットを含む。本発明に係る各セットのフィルタエレメントの数は、示された数（すなわち 4 つ）より大きい又は小さくてよいが、少なくとも 2 つでなければならず、また多次元配列にすることができる。装置 600 のように、装置 681 も、また、入力ポート 686、出力ポート 687 及び多数のドロップポート 688 を含む、多数の光学ポートを含む。

【0113】

動作の間、多数の光チャンネル（例えば λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の）を含む波長多重化光学ビームがフィルタ 682 に向けられる。フィルタ 682 が波長 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 を透過させかつ λ_1 を反射するように同調されると、波長 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の光チャンネルのみがフィルタ 683 に到達する。フィルタ 683 が波長 λ_2 を透過させかつ波長 λ_3 及び λ_4 を反射するように同調されると、波長 λ_3 及び λ_4 の光チャンネルのみがフィルタ 684 に到達する。最後に、フィルタ 684 が波長 λ_3 を反射しかつ波長 λ_4 を透過させよう同調されると、波長 λ_4 の光チャンネルのみがフィルタ 687 に到達する。

【0114】

図 27 は、また、本発明に係るさらに他の単純化された実施例となる多重送信装置 691 を示す。装置 691 は、光学ビームの主要部がステージからステージへ反射されるカスケードフィルタを含む。装置 600 及び 681 のように、装置 691 も、また、入力ポート 696、出力ポート 697 及び多数のドロップポート 698 を含む、多数の光学ポートを含む。動作の間、多数の光チャンネル（例えば波長 λ_1 、 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の）を含む波長多重化光ビームがフィルタ 692 に向けられる。フィルタ 692 が波長 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 を反射しかつ λ_1 を透過させるように同調されると、波長 λ_2 、 λ_3 及び λ_4 の光チャンネルのみがフィルタ 693 に到達する。フィルタ 693 が波長 λ_2 を透過させかつ波長 λ_3 及び λ_4 を反射するように同調されると、波長 λ_3 及び λ_4 の光チャンネルのみがフィルタ 694 に到達する。最後に、フィルタ 694 が波長 λ_3 を反射しかつ波長 λ_4 を透過させるように同調されると、波長 λ_4 の光チャンネルのみが出力ポート 697 に到達する。

【0115】

図 26 及び図 27 に示す装置は、また、光を集めかつ光を合焦させ又は平行にするための任意のレンズ 685 及び 695 をそれぞれ含む。さらに、図 20－図 23 に示すそのような偏光ダイバーシティ機構を本発明に係る装置 681 及び 691 とともに用いることができる。また、前記ビームの主要部があるフィルタにより反射されかつ他のフィルタにより伝送される、図 26 及び図 27 に示す装置のハイブリッドが本発明に従って構成可能であることは認識されよう。さらに、図 26 及び図 27 に示すステージのそれぞれを同様に前記主ビームにチャンネルを加えるように変更する（例えば図 24 に示すように）ことができることは認識されよう。

【0116】

図 28 は、実施例となるフィルタリング装置 700 の単純化された図である。装置 700 はサーキュレータ 705 と、本発明に係るフィルタエレメントのセット 710 とを含む

10

20

30

40

50

。動作の間、入力ビーム715がサーキュレータ705に提供される。サーキュレータはビーム715を受け入れ、それをフィルタエレメント710に送る。セット710からのビーム715の反射された部分Routはサーキュラー705に再び入り、出力720で出てくる。また、ビーム715の透過された部分Toutがセット710を経て送られ、出力720で出てくる。前記波長と、部分Rout及びToutの相対強度はセット710の特定の反射係数／透過率スペクトルに依存する。

【0117】

図29は、本発明に係る多数のサーキュレータを含む他の実施例となる追加／ドロップ多重送信装置750を示す。装置750は、サーキュレータ755及び760と、フィルタエレメントのセット770とを含む。動作の間、多重化された波長（例えば波長 λ_1 及び λ_2 の光学信号を含む）とすることができる入力ビーム775がサーキュレータ757の入力に提供される。サーキュレータ755はビーム775を受け入れ、これを、ポート758を通してフィルタエレメントのセット770に送る。セット770が光学信号を波長 λ_2 で透過させかつ λ_1 で反射するように同調されると、光学信号 λ_1 はポート758でサーキュレータ755に再び入り、ドロップポート759で出てくる。

【0118】

しかし、伝送された信号 λ_2 はポート762を通してサーキュレータ760を通り、ポート764で出てくる。ここまでは、装置750の動作は装置700に似ている。信号 λ_1 'を含み得る他の信号775がサーキュレータ760のポート766に提供されるとき、サーキュレータ760はそれを、ポート762を通して、フィルタエレメントのセット770に送る。セット770が、波長 λ_1 を有する信号を反射するように同調されるため、光学信号 λ_1 'がフィルタのセット770から反射され、ポート762でサーキュレータ760に再び入り、透過された信号 λ_2 とともにポート764で出てくる。このようにして、信号 λ_1 がドロップされかつ信号 λ_1 'が入力ビーム775に加えられる。

【0119】

本発明の他の面によれば、ダイナミック・ゲインのイコライザを構成することができる。光ファイバに沿って伝播する光学信号の強度レベルが特定の光波長と、無比の光増幅と、他の波長依存効果とに依存し得ることは知られている。このため、光学信号は、時折光検出器を飽和させる強度レベルで、又は誤りのない検出を確実にする前記検出器の最適なスレショルドレベル下の強度レベルで前記光検出器を打つことができる。この変動は、また、前記リンクの距離を制限する光学透過ラインで使用可能である光増幅器の数を制限する。このため、空間的、時間的、又は偏光変動の効果における望ましくない変動なしに、受け入れ可能の動作範囲内で光ビームの強度を偏光するために本発明に従うダイナミックアテニュエータを用いることができる。

【0120】

したがって、複数のフィルタエレメント（例えば独立に同調可能のフィルタエレメントの配列を含むエタロン）を含む本発明に従ってダイナミックゲインイコライザを構成することができ、ここにおいて、前記エレメントのそれぞれが異なる光学路に沿って、これらの光学路が1度又はそれ以上交差するが、配置される。動作の間、光が多数のフィルタエレメントに入射され、また前記エレメントの光透過率（又は代わりに反射率）が前記液晶に印加された電界（すなわち交流電界）を変化させることにより別々に変化されることができる。もちろん、任意に、電氣的に又は機械的に活性の物質も、また、個々のフィルタエレメントの透過率を変化させるように本発明に従って使用することができる。

【0121】

前記したように、ファブリ・ペローエタロンを用いてダイナミックゲインイコライザを構成することができる。前記エタロンは、任意の所望の隙間厚さを有する。例えば液晶で満たされた約5ミクロンの隙間が、申し分のないことを証明している。前記エタロンは、所望レベルの平滑さを得るために十分な数のピクセルに分割することができ、また好ましくは前記入力ビームより大きい総表面積を有する。例えば、ビームが1mmの直径を有し、またピクセルが100ミクロンの幅を有する場合、そのときは少なくとも10個のピク

10

20

30

40

50

セルの配列が必要であり、ピクセル間に最小のデッドスペースを想定する。したがって、より大きいビームの直径はより大きいピクセルのサイズ又はより多くのピクセルの数を必要とする。

【0122】

本発明に係るイコライザは、特定の波長で透過させるか又は反射させるフィルタエレメントの数を変更するように、任意の所望のフィルタ機能を設定するために個々のフィルタエレメントの反射率依存の波長の実際の形状を変えるように（又は前記フィルタエレメントがジル・トルヌイエタロンであるときは、位相）、又は双方の組み合わせを変えるように、プログラムすることができる。この波長・活発フィルタ（wavelength-agile filter）は、送られる弱い信号及び強い信号のため、特有の光増幅器のゲインバリエーションのアクティブ補償を提供すべく、密なWDM（以下「DWDM」という。）チャンネルのパワーを動的に一樣することができる。本発明に係るダイナミックイコライザは、光スペクトルアナライザにおけるような、光スペクトルパワー検波器に関連して作動することができる。

10

【0123】

光交差接続及び切替可能の光ファイバを含む他のタイプの光学装置を、本発明に従って構成することができる。

【0124】

例えば波長切替可能フィルタは図15又は図19に示すように構成することができるが、他の多ポートアーキテクチャもまた使用可能であることは認識されよう。例えば、図15はフィルタ160を示し、これは、複数の独立に同調可能のフィルタエレメント161、162を含む。前記したように、各フィルタエレメントは、成分が合わされるとき、フィルタリングされた光学信号168が反射モードで形成されまたフィルタリングされた光学信号169が透過モードで形成されるように、入射光学信号167の異なる成分をフィルタリングする。

20

【0125】

フィルタ160は、所望の切り替え波長においてその透過率を急激に変えることによりスイッチとして用いることができる。したがって、フィルタ160が波長 λ にける高い透過率 T_λ を有するとき、それは、また、同じ波長において反射係数 R_λ を有する。 R_λ が $T_\lambda - 1$ に等しいため、低い（すなわち $T = 0$ ）及び高い（すなわち $T = 1$ ）値の間で前記透過率を単に変えることにより、ファイバ192、191間の光学ビームの経路を切り換えることができる。

30

【0126】

次に、入射ビーム167の第1の成分が経路163に沿って進行し、その時間中にそのビームの一部がフィルタエレメント161により反射され、フィルタリングされ反射されたビーム168を部分的に形成するようにファイバ191へ向け直されることは、図15から明らかであろう。同様に、入射ビーム167の第1の成分の異なる一部分がエレメント161に沿って進行可能であり、また経路193に沿って出力ファイバ192に伝送され、フィルタリングされた伝送ビーム169を部分的に形成する。

【0127】

同一のやり方で、入射ビーム167の第2の成分が経路164に沿って進行し、その時間中にそのビームの一部がフィルタエレメント162により反射され、フィルタリングされたビーム168を部分的に形成するようにファイバ191へ向け直される。同様に、入射ビーム167の第2の成分の異なる一部分がエレメント162を経て進行し、また経路194に沿って出力ファイバ192に伝送され、特にフィルタリングされたビーム169を形成する。

40

【0128】

前記したスイッチに加えて、本発明に従ってモジュレータ又は変調器を構成することができる。変調器は、典型的には、その透過率又は反射率を急激に、時には偏光依存の方法で、1以上の波長のための高低値（すなわち0及び1）間で、変えることができる。次に、本発明に係るフィルタは2つの状態間で1以上のフィルタエレメントを変調することに

50

より光学信号を変調するように使用することができることは認識されよう。

【0129】

同様のやり方で、本発明に係るフィルタは、光遮断フィルタとして使用することができることは認識されよう。前記反射率又は透過率をそれぞれ1以上の波長において選択的に増大させ又は減少させることにより、これらの波長を選択的に遮断することができる。

【0130】

また、フィルタエレメントが、2つの反射器間の距離が変化するように制御可能であるマイクロエレクトロメカニカル及びマイクロ光エレクトロメカニカル（ときにそれぞれ「MEMS」及び「MOEMS」とする）の装置から形成することができることは認識されよう。例えば、格子及び他の波長感応装置は、本発明に係るフィルタエレメントを構成するために用いることができるこれらのマイクロメカニカル装置で形成することができる。また、液晶を有する一体型MEMSに基礎付けられた光学スイッチのような泡及び他のハイブリッド技術が本発明に係るダイナミック干渉フィルタを構成するのに使用することができることは認識されよう。

【0131】

図30は、本発明に係るMEMS型装置800の単純化された分解斜視図を示す。装置800は、少なくとも反射器811-813の下方配列と、反射器821-823の上方配列とを含み、これらの全てが、エッチング又はフォトリソグラフィ技術のような任意の従来のMEMS構成技術を用いて形成することができる。前記下方及び上方の配列は、間隙を有する上方及び下方の対を形成し、また前記反射器のそれぞれは同一の基板上に一体に又は分離して形成し、次いでハイブリッド装置を形成すべく組み合わせることができる。図解上の簡単のため及び非常に多くの考えられる物理的形態のため、反射器の上方の配列は基板805又は他の任意のものに固定されたように示されていない。しかし、反射器の両配列は、通常、基板805のような任意の支持構造に固定される。また、三対の反射器のみが図30に示されているが、本発明に係るフィルタは任意の数の反射器の対を含むことができ、これらのそれぞれはフィルタエレメントを形成する。

【0132】

いずれの場合にも、任意の与えられた対の両反射器は、前記対間の距離が可変であるように、可動である。もし、前記反射器が導電性である場合、これらは、充電されるとき、前記反射器間に形成する静電気力のために1又は両方の反射器を移動させる電極として使用することができる。前記反射器が導電性でない場合、エレクトロメカニカル間距離を制御可能にすべく、導電層を前記反射器上に配置することができる。また、MEMSを用いて構成されたフィルタエレメントが典型的には偏光独立であるため、偏光ダイバーシティ技術は必要とされない。

【0133】

本発明が前記した実施例以外により実施に移すことが可能であり、これらは図解を目的に表されまた限定するものでなく、また本発明が請求の範囲によってのみ限定されることは認識されよう。

【図面の簡単な説明】

【0134】

【図1】本発明に従って全てのフィルタエレメントが1.5ミクロンに同調された、ピクセレートされたファブリ・ペローエタロン及びピクセレートされたジル・トルヌイエタロンについてのシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

【図2】本発明に係る10個のフィルタのうちの4つが1.52ミクロン、1.53ミクロン、1.54ミクロン及び1.55ミクロンに同調されていることを除いて同一であるファブリ・ペローエタロン及びジル・トルヌイエタロンについてのシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

【図3】本発明に係るフィルタエレメントのうちの2つが1.52ミクロンに同調され、また前記フィルタエレメントのうちの2つが1.53ミクロンに同調されていることを除いて同一である図1及び図2で使用されたファブリ・ペローエタロン及びジル・トルヌイ

エタロンについてのシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

【図4】本発明に係る20個のフィルタエレメントを使用した、ピクセレートされたファブリ・ペローエタロン及びピクセレートされたジル・トルヌイエタロンについての追加のシミュレートされた反射率スペクトルを示し、そのうちの4つが1.52ミクロン、1.53ミクロン、1.54ミクロン及び1.55ミクロンに同調され、そのうちの16個が1.50ミクロンに同調された。

【図5】本発明に係る、1つが1.50ミクロンに同調され、その他が1.53ミクロンに同調された、0.98の反射係数を有する2つのフィルタエレメントを使用するピクセレートされたファブリ・ペローエタロン及びピクセレートされたジル・トルヌイエタロンについてのさらにシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

10

【図6】本発明に係るフィルタエレメント反射器の反射率がそれぞれ0.8及び0.64であったことを除いて、図5と同様のシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

【図7】本発明に係るフィルタエレメント反射器の反射率がそれぞれ0.8及び0.64であったことを除いて、図5と同様のシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

【図8】本発明に係る、対応する透過率スペクトル（吸収がないものと仮定）を加えた図2に示すファブリ・ペロー反射率スペクトルを示す。

【図9】本発明に係る、約0.99の反射係数を有した1.5200ミクロンに同調された単一のファブリ・ペローフィルタエレメントについてのシミュレートされた反射率スペクトルである。

【図10】本発明に係る、それぞれが約0.99の反射係数を有し、一つのフィルタエレメントが1.52000ミクロンに同調され、他のフィルタエレメントが1.52025ミクロンに同調された2つのファブリ・ペローフィルタエレメントについてのシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

20

【図11】本発明に係る、それぞれが約0.98の反射係数と0.1ミクロンのフリースペクトルレンジとを有し、一つのフィルタエレメントが1.52000ミクロンに同調され、他のフィルタエレメントが1.52025ミクロンに同調された2つのファブリ・ペローフィルタエレメントについてのシミュレートされた反射率スペクトルを示す。

【図12】本発明に係る、2つのフィルタエレメントを含む実施例となるフィルタの平面図である。

【図13】本発明に係る、図12の線13-13に沿って得た、図12に示すフィルタの長手方向立面図である。

30

【図14】本発明に係る、他の実施例となるフィルタの平面図を示す。

【図15】同時に反射モード及び透過モードの双方で動作可能である本発明に係る他の実施例となるフィルタを示す。

【図16】本発明に係る、透過モードでビーム光を収束または発散させるための2つのレンズを含むことを除いて、図12に示す同様の他の実施例となるフィルタの平面図を示す。

【図17】本発明に係る、フィルタが反射モードで動作することを除いて図16に示すフィルタと同様のさらに他の例のフィルタを示す。

【図18】本発明に係る、2つのファイバコリメータを含む他の実施例であるフィルタを示す。

40

【図19】本発明に係る、反射モード及び透過モードの双方において動作可能であるさらに他の実施例となるフィルタを示す。

【図20】本発明に係る、ビームの直交偏光成分を分割し、再結合するためのビームウオーク・オフ結晶を含むさらに他の実施例であるフィルタを示す。

【図21】本発明に係る、反射モードで動作した偏光ダイバーシティ機構に影響力を及ぼすさらに他の実施例であるフィルタを示す。

【図22】本発明に係る、ビームウオーク・オフ結晶を含み、反射モードで動作し、また1セットのフィルタエレメントを使用するのみである他の実施例となるフィルタを示す。

【図23】本発明に係る、図22のプリズムがレンズの代わりに用いられていることを除

50

いて、図 2 2 に示すフィルタにほぼ等しい他の実施例となるフィルタを示す。

【図 2 4】本発明に係る、実施例となる追加／ドロップ光多重化装置を示す。

【図 2 5】本発明に係る、光学分岐フィルタを示す。

【図 2 6】本発明に係る、他の実施例となる光多重化装置を示す。

【図 2 7】本発明に係る、さらに他の実施例となる多重化装置を示す。

【図 2 8】本発明に係る、サーキュレータを含む実施例となる装置を示す。

【図 2 9】本発明に係る、2つのサーキュレータを含む他の実施例となる装置を示す。

【図 3 0】本発明に係るマイクロエレクトロメカニカルタイプの装置の単純化された分解斜視図を示す。

【符号の説明】

【0 1 3 5】

5 ファブリ・ペロースペクトル

7 ジル・トルヌイスペクトル

1 0 0 フィルタ

1 0 1, 1 0 3 フィルタエレメント

1 0 2 入射光学ビーム

1 0 4 入力ファイバ

1 0 6, 1 0 8 光学成分

1 1 6 出力ファイバ

3 1 0 光学組立体

3 1 2 ビームウオーク・オフ結晶

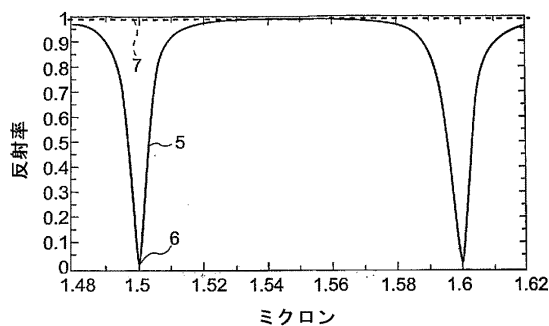
3 1 3, 3 1 4 偏光成分

3 4 6, 3 4 7 フィルタセット

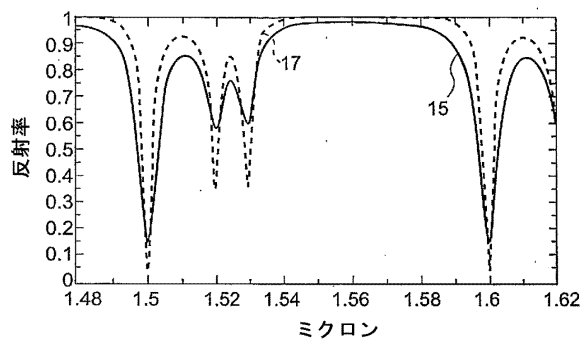
10

20

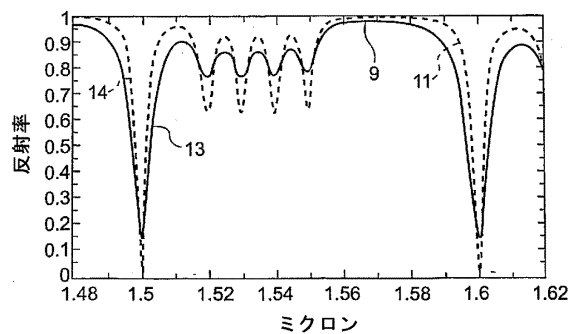
【図 1】



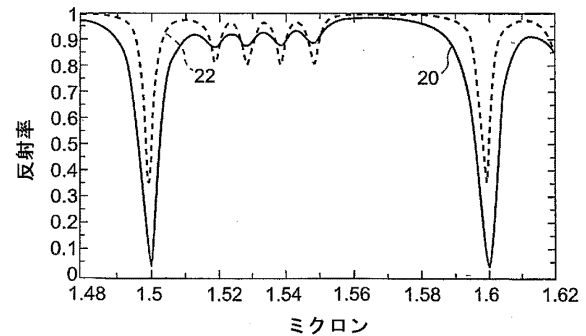
【図 3】



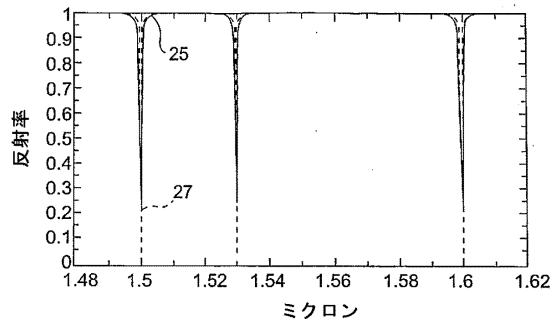
【図 2】



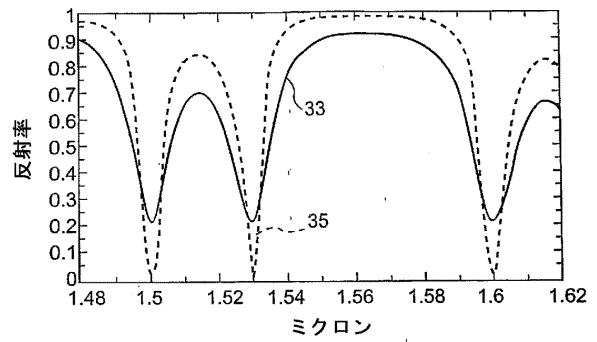
【図 4】



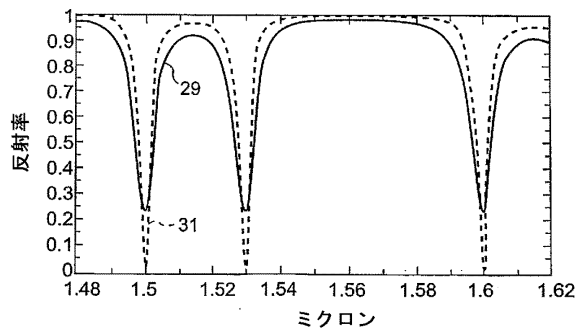
【図 5】



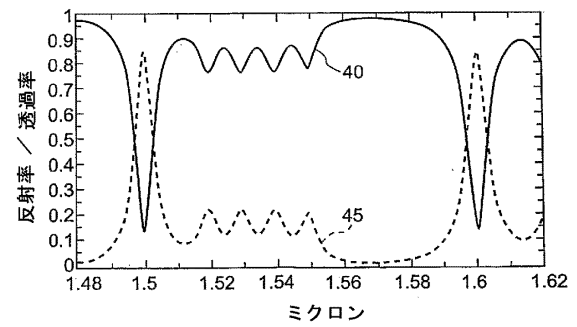
【図 7】



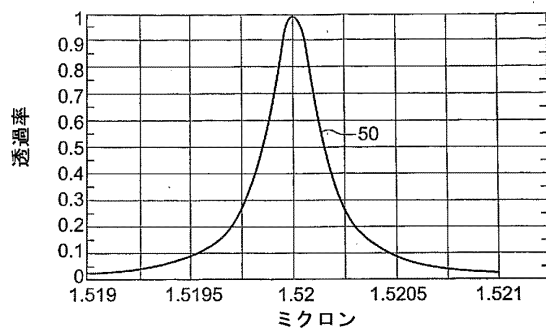
【図 6】



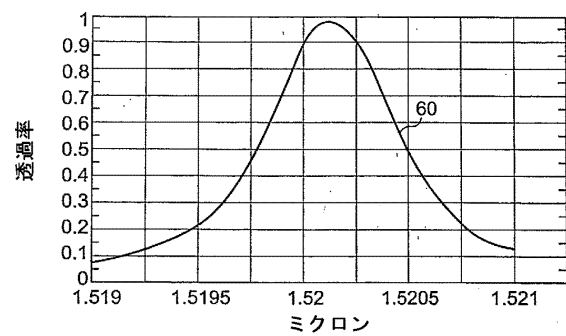
【図 8】



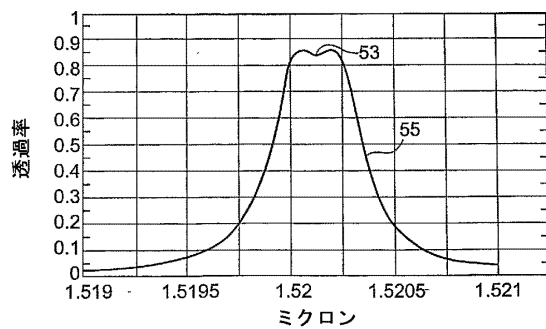
【図 9】



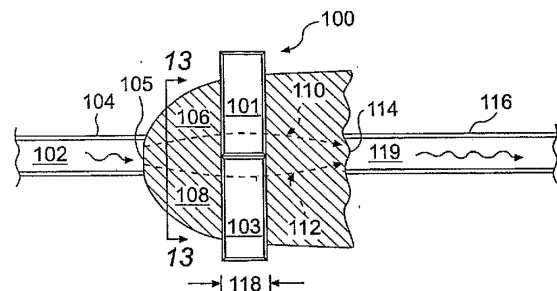
【図 11】



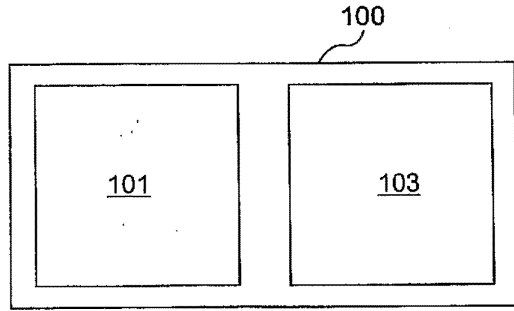
【図 10】



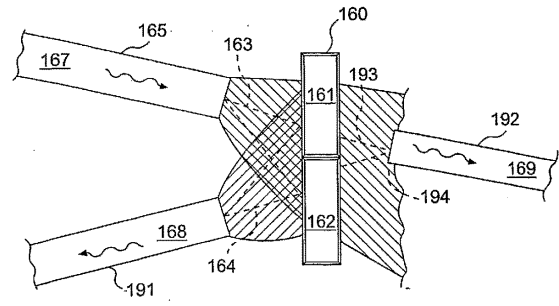
【図 12】



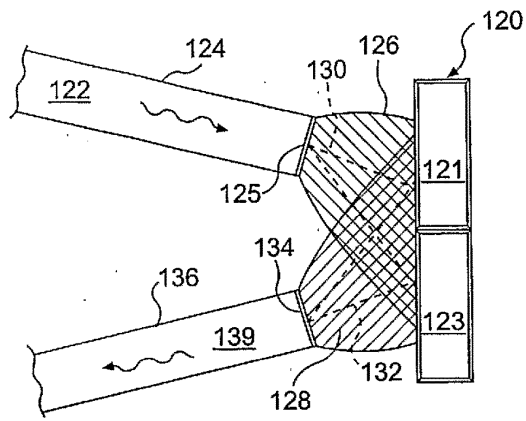
【図 13】



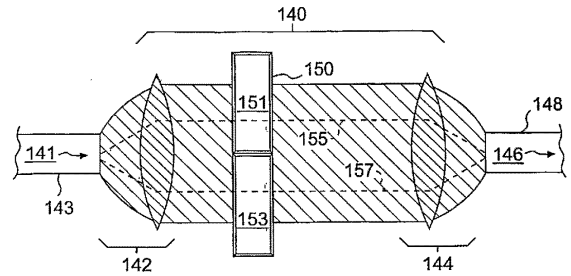
【図 15】



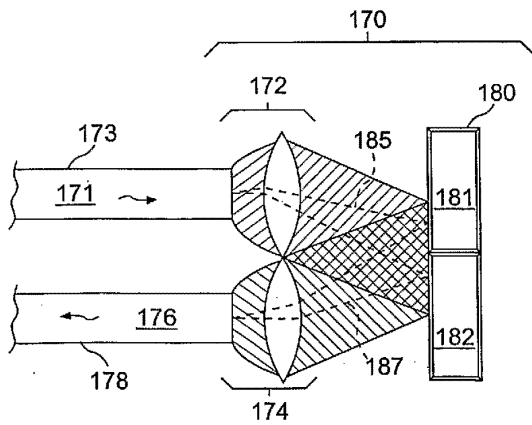
【図 14】



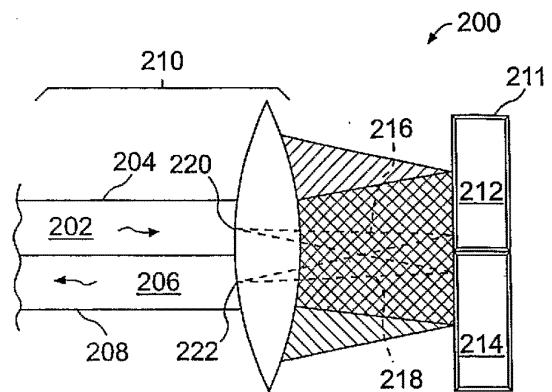
【図 16】



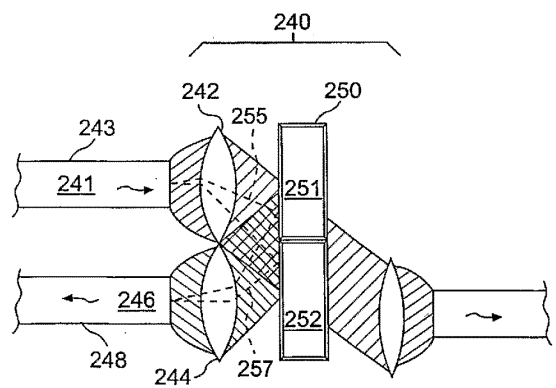
【図 17】



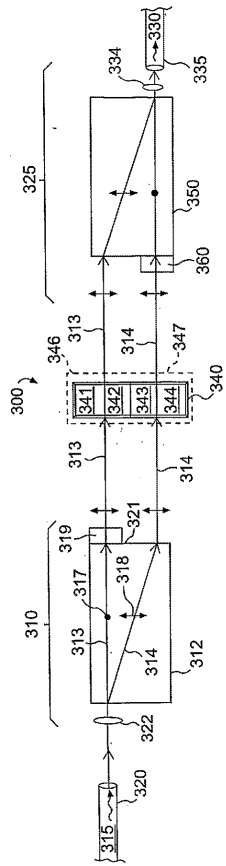
【図 18】



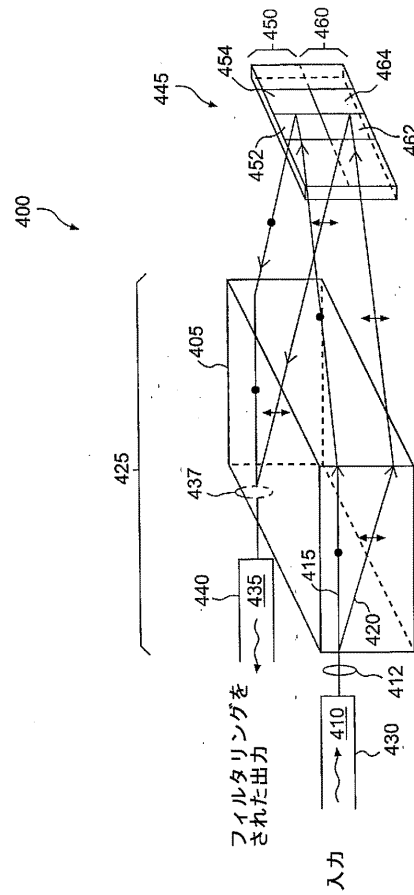
【図 19】



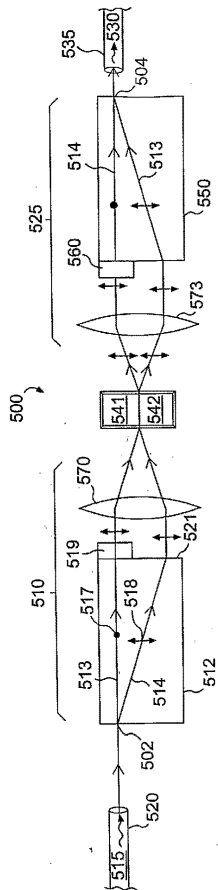
【図 20】



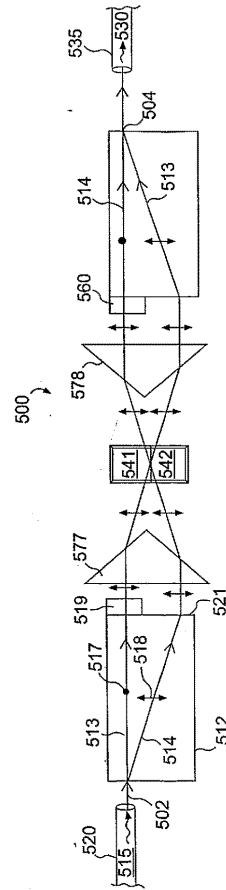
【図 2 1】



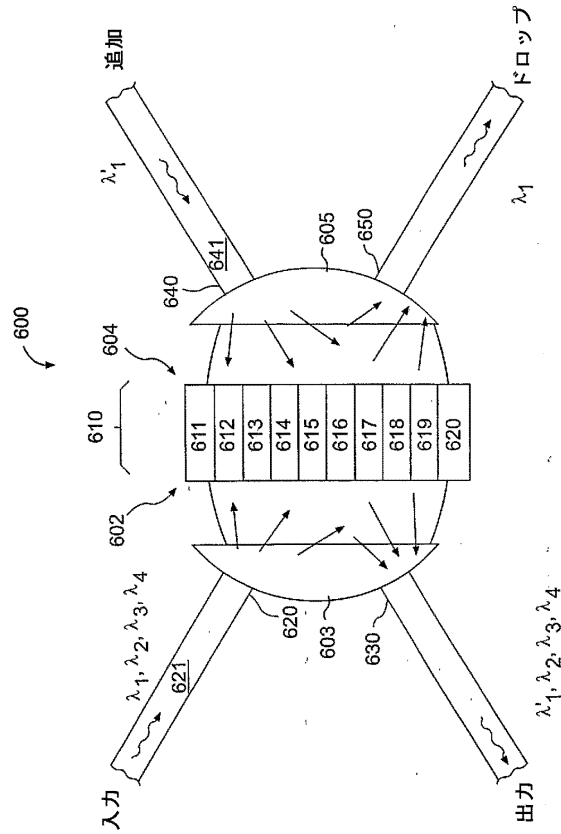
【図 2 2】



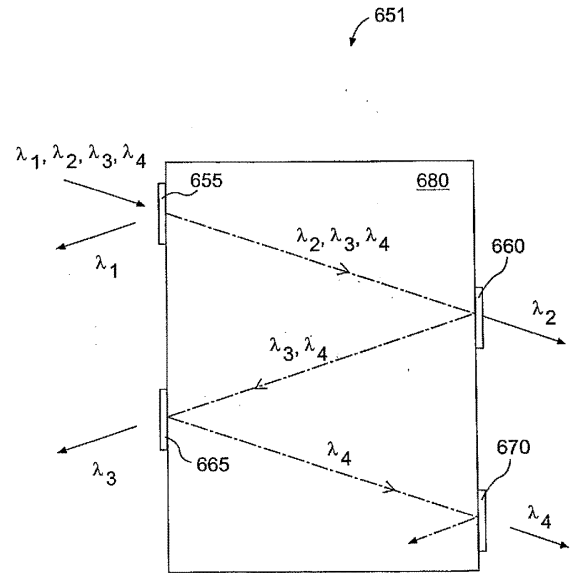
【图 2 3】



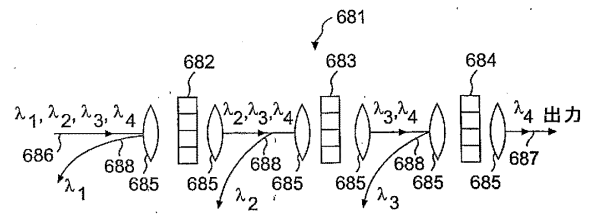
【図 24】



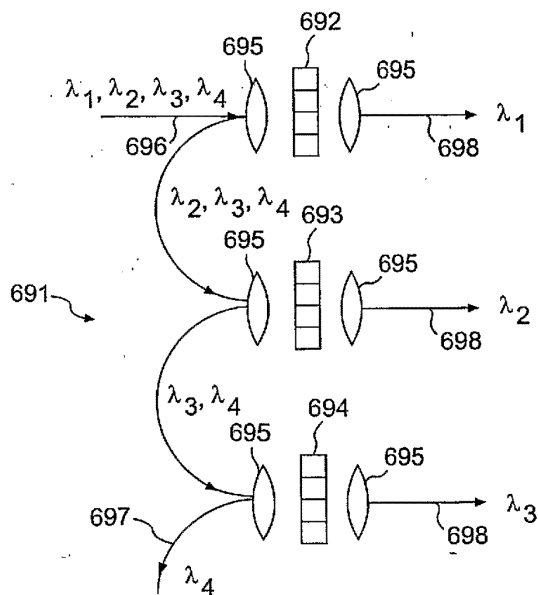
【図 25】



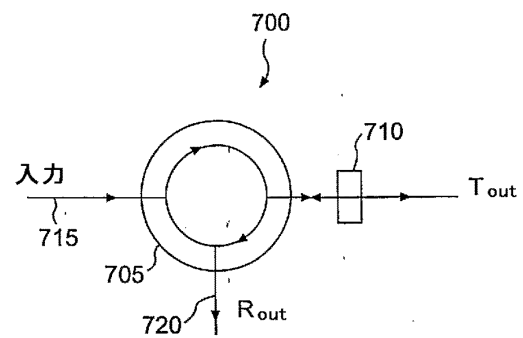
【図 26】



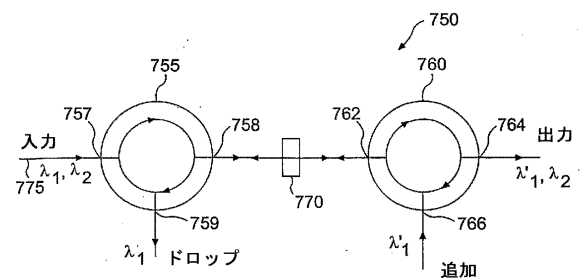
【図 27】



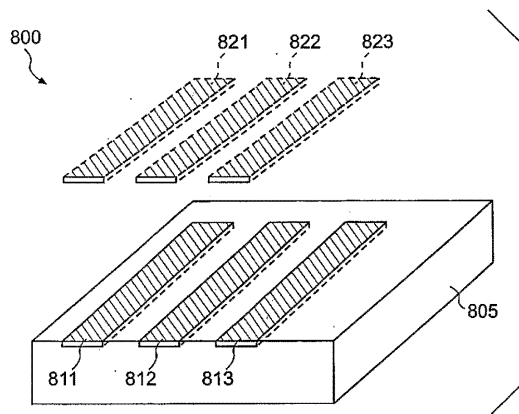
【図 28】



【図 29】



【図 30】



フロントページの続き

- (72)発明者 シルバーバーグ、 ヤロン
イスラエル 85338 レハビム パモニット ストリート 18
- (72)発明者 スー、 ションウー
アメリカ合衆国 07932 ニュージャージー州 フローラム パーク ミルズ ドライブ 4
09
- (72)発明者 コーエン、 ギル
アメリカ合衆国 07039 ニュージャージー州 リヴィンストン ノース リヴィンストン
アヴェニュー 172

審査官 林 祥恵

- (56)参考文献 特開平03-212622 (JP, A)
特開平04-248515 (JP, A)
米国特許出願公開第2002/0005989 (US, A1)
特開平05-346564 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
G02F 1/00-1/125
G02F 1/13、1/31
G02B 27/28