

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4530536号
(P4530536)

(45) 発行日 平成22年8月25日(2010.8.25)

(24) 登録日 平成22年6月18日(2010.6.18)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 27/44	(2006.01) G02B 27/44
G02B 5/18	(2006.01) G02B 5/18
H04J 14/00	(2006.01) H04B 9/00 F
H04J 14/04	(2006.01) H04B 9/00 W
H04J 14/06	(2006.01)

請求項の数 14 (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-546265 (P2000-546265)
(86) (22) 出願日	平成11年4月23日(1999.4.23)
(65) 公表番号	特表2002-513166 (P2002-513166A)
(43) 公表日	平成14年5月8日(2002.5.8)
(86) 國際出願番号	PCT/US1999/007391
(87) 國際公開番号	W01999/056159
(87) 國際公開日	平成11年11月4日(1999.11.4)
審査請求日	平成18年4月21日(2006.4.21)
(31) 優先権主張番号	60/082,989
(32) 優先日	平成10年4月24日(1998.4.24)
(33) 優先権主張国	米国(US)
(31) 優先権主張番号	09/115,331
(32) 優先日	平成10年7月14日(1998.7.14)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	500493056 テンブレックス テクノロジイ インコーポレイテッド アメリカ合衆国 オレゴン州 97403 ユージーン ミルレース ドライヴ 1 850 スイート ナンバー 1
(74) 代理人	100072051 弁理士 杉村 興作
(72) 発明者	トーマス モスバーグ アメリカ合衆国 オレゴン州 97404 ユージーン リンブルック ドライヴ 548

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】セグメント化された複合回折格子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の光データストリームを多重化及び多重分離する光通信システムにおいて、当該光通信システムは、

マルチプレクサと、

デマルチプレクサと、

前記マルチプレクサと前記デマルチプレクサとの間の光伝送手段と、

データストリーム毎に変調され、それぞれ異なる予め定められた基準光波形であって、各基準光波形が時間コードを規定する一連の時間スライスを有し、各時間スライス内の前記基準光波形の振幅及び位相が一定である基準光波形に従う各光ビームを、前記マルチプレクサに向けるように機能する複数の光学的手段と、

を備え、

前記マルチプレクサは2つ以上のセグメント化された回折格子を含む複合回折格子を備え、各セグメント化された回折格子は、予め定められた各基準光波形のスペクトラルの複素共役に対応するスペクトラル伝達関数を有し、前記マルチプレクサは、各光データストリームを作動入射方向に沿って各セグメント化された回折格子に向け、各セグメント化された回折格子の時間コードで符合化されたデータストリームにそれぞれ対応する複数の出射ビームを生成し、組み合わされた時間符合化ビームを形成するために前記出射ビームを前記光伝送手段に結集させることにより複数の光データストリームを多重化し、

前記デマルチプレクサは2つ以上のセグメント化された回折格子を含む複合回折格子を

備え、各セグメント化された回折格子は、前記マルチプレクサの各セグメント化された回折格子の予め定められた基準光波形のスペクトラルの時間反転複素共役に対応するスペクトラル伝達関数を有し、前記デマルチプレクサは、複数の光データストリームを生成するように、前記デマルチプレクサの複合回折格子の各出射方向に沿って前記光伝送手段に到達する時間符合化されたビームの一部を向けることにより前記組み合わされた時間符合化ビームを多重分離し、前記デマルチプレクサの前記複合回折格子の前記セグメント化された回折格子は、各データストリームが各データストリームを符号化するために用いられる時間コードごとに固有の方向に出射されるように構成されている、
光通信システム。

【請求項 2】

10

請求項1に記載の通信システムにおいて、前記各セグメント化された回折格子は、空間的に個別に構成されたサブ格子を備え、各サブ格子は回折素子の周期的なアレイを有している通信システム。

【請求項 3】

請求項2に記載の通信システムにおいて、各サブ格子が基板の厚さ変化又は重ね合された位相マスクにより導入された振幅、空間位相シフト、空間周期、及び光学的位相シフト($A_i, x_i, \phi_i, \Lambda_i$)を有し、 j は-1のルートとし、 m を回折次数とし、 ν を入射光波の周波数とし、 $F_i(\nu)$ をサブ格子の空間フーリエ変換とし、 $\phi = (\sin \phi_{in} + \sin \phi_{out}) / C$ とし、 C を真空中の光速とし、 ϕ_{in} 及び ϕ_{out} を入射光波の伝播方向及びフィルタリングされた光波の伝播方向とサブ格子に対する法線とのなす角度とし、 d をサブ格子の幅とした場合に、前記複素値化されたスペクトラルフィルタリング関数 $T(\nu)$ を適用する各サブ格子の振幅及び位相パラメータが、
20

【数 1】

$$a_i = \beta d \int_{m/(\beta \Lambda)-1/(2\beta d)}^{m/(\beta \Lambda)+1/(2\beta d)} \frac{T(\nu)}{F_i(\nu)} \exp(-j\pi(\nu \beta - m/\Lambda_i)(x_i^a + x_i^b)) d\nu$$

に基づいて決定され、 A_i が a_i の振幅により決定され、 x_i 及び ϕ_i が a_i の位相により決定される通信システム。

【請求項 4】

30

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記サブ格子が、前記予め定めたスペクトラル伝達関数を入射光波に適用するように位置する通信システム。

【請求項 5】

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記様々なサブ格子のそれぞれの振幅が前記スペクトラル伝達関数を制御する通信システム。

【請求項 6】

請求項2に記載の通信システムのセグメント化された回折格子において、前記サブ格子が光学厚さを有すると共に厚さを有する基板に形成され、前記サブ格子の光学厚さが基板の厚さ変化により制御される通信システムのセグメント化された回折格子。

【請求項 7】

40

請求項2に記載の通信システムにおいて、さらに、サブ格子の光学厚さ、サブ格子の透過率、及びサブ格子の配置を含むサブ格子パラメータをダイクロイックに変化させるアクティブデバイスを備え、前記サブ格子を前記スペクトラル伝達関数に対応するようにダイクロイックに再編成するように構成した通信システム。

【請求項 8】

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記サブ格子を透過型回折格子とした通信システム。

【請求項 9】

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記サブ格子を反射型回折格子とした通信システム。

50

【請求項 10】

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記サブ格子は平面を有する通信システム。

【請求項 11】

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記サブ格子は、入射光波を所望の出射空間波面にマップするように非平面を有する通信システム。

【請求項 12】

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記セグメント化された回折格子は重ね合わされている通信システム。

【請求項 13】

請求項2に記載の通信システムにおいて、前記セグメント化された回折格子は、単一の層を形成するために結合されている通信システム。

【請求項 14】

光通信システムを動作させる方法であって、当該方法が、

データストリーム毎に変調され、それぞれ異なる予め定められた基準光波形であって、各基準光波形が時間コードを規定する一連の時間スライスを有し、各時間スライス内の前記基準光波形の振幅及び位相が一定である基準光波形に従う各光ビームの形で、複数の光データストリームを提供するステップと、

2つ以上のセグメント化された回折格子であって、各セグメント化された回折格子が、予め定められた基準光波形のスペクトラルの複素共役に対応するスペクトラル伝達関数を有するセグメント化された回折格子を含む複合回折格子を備えるマルチプレクサに前記光ビームを向けるステップと、

前記マルチプレクサによって、各光データストリームを各セグメント化された回折格子に作動入射方向に沿って向けること、各セグメント化された回折格子の時間コードで符合化されたデータストリームにそれぞれ対応する複数の出射ビームを生成すること、そして、2つ以上のセグメント化された回折格子であって、各セグメント化された回折格子が、前記マルチプレクサの各セグメント化された回折格子の予め定められた基準光波形のスペクトラルの時間反転複素共役に対応するスペクトラル伝達関数を有するセグメント化された回折格子を含む複合回折格子を備えるデマルチプレクサへの光伝送手段を通るように前記出射ビームを組み合わされた時間符合化ビームに結集させることにより複数の光データストリームを多重化するステップと、

前記デマルチプレクサによって、複数の光データストリームを生成するように、前記デマルチプレクサの複合回折格子の各出射方向に沿って前記光伝送手段に到達する時間符合化されたビームの一部を向けることにより前記組み合わされた時間符合化ビームを多重分離するステップであって、各データストリームが、前記デマルチプレクサの前記複合回折格子の前記セグメント化された回折格子によって、各データストリームを符号化するために用いられる時間コードごとに固有の方向に出射されるステップとを含む光通信システムを動作させる方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

発明の分野

多くの光通信システムは波長分割多重化(WDM)を用いた単一の光ファイバで利用できるデータレートを増大させている。他の光通信システムは光コード分割多重アクセス(「OC DMA」)を用いてデータレートを増大させている。OC DMAシステムは、種々のチャネルが種々の波長を用いるWDMシステムとは異なり、種々の時間コードを有する種々の通信チャネルを符号化している。

【0002】

米国特許第5182318号及び米国特許出願09/227097号は複数の正弦波状のサブ格子を含む複数プロファイルを有する回折格子について記述しており、各サブ格子は特定の振幅及び空間位相を有している。このような回折格子は、光パルスを特定の入射方向から特定の出射方向に偏向することができ、同時に予め定めたフィルタリング機能によ

10

20

30

40

50

り入射パルスのフーリエスペクトラムを多重化することができる。出力信号は入射波形と回折格子の符号化された時間波形との間のクロス相関となる。これらの回折格子は入射ビームを受光し、1つ又はそれ、の出射方向に伝播するスペクトル的にフィルタされた出力ビームを発生する。このデバイスのフィルタリング機能は、回折格子のプロファイルを選択することにより編成される。適切に編成することにより、多重伝達機能が達成され、各々はそれ自身の特定の入射方向及び出射方向を有している。

【0003】

発明の概要

本発明の概念によれば、予め定めた複素値化されたスペクトラル伝達関数を入射光波に適用して出射方向に伝搬するフィルタリングされた光波を発生する装置であって、当該装置が、空間的に個別に構成された複数のサブ格子を具え、各サブ格子が回折素子の周期的なアレイを含む装置を開示する本発明の別の概念は、このような光学装置を製造する方法を含む。このような光学装置を1つ又はそれ以上含む回折格子装置は、例えば特定のコードを有する光信号を時間的に符号化するO C D M Aデータリングに用いることができ、同一のリングを介して複数のコード化されたチャネルを同時に送信し、システムの出力部において個別のチャネルにデータすることができる。この光学装置は、プログラム可能スペクトラルフィルタリングに用いることができる。

10

【0004】

本発明の別の概念において、セグメント化された回折格子は、一端から他端にわたって配列された一連の空間的に個別に構成されたサブ格子を具える。各サブ格子は格子構造（ライン又は複数の一般的な素子）の周期的なアレイを有する。このセグメント化された回折格子の全伝播関数は、（a）各サブ格子の空間周期（空間周波数）、（b）各サブ格子の振幅、（c）各サブ格子の最後の回折格子構造と次のサブ格子の初めの回折格子構造との間の間隔、及び（d）各サブ格子の光路長及び透明度、又は各サブ格子と光路長及び透明度を制御するために用いる付加的な材料層との組み合せを制御することにより決定される。

20

【0005】

詳細な説明

図1Aはセグメント化された複合回折格子を用いて光多重化及び多重分離を行うO C D M A通信システム9の線図である。短パルスレーザ10からコヒーレントな光ビーム12を発生する。ビームスプリッタ13は光ビーム12をビーム15, 16に分割する。ビーム15, 16は各変調器15a, 16aにより変調され、これにより各変調されたビーム15b, 16bを発生する。ビーム15a, 16aの変調は図1Aにおいては図示されていない外部データ流によりそれぞれ行う。ビーム15b, 16bは、時間特性が複合回折格子19の設計した入力パルスに整合するビット流により、レーザ源10の作動特性、変調器15a, 16aの動作、又はこれら2つの組合せにより構成される。

30

【0006】

ビーム15b, 16bの各々は、各ビーム毎に相違する角度で複合回折格子19に入射する。複合回折格子19は、ビーム15b, 16bに対してそれぞれ作用し、ビームのビーム15b, 16b毎に光伝送体11（例えば、光ファイバのような）に個別の出力時間コードを発生する2個の重なり合うセグメント化された回折格子19₁₅, 19₁₆（図1Aにおいて図示せず）を具える。（符号化技術及び複合回折格子19の詳細については後述する）組み合された符号化ビームは光伝送体11を介して第2の複合回折格子19aに伝送される。

40

【0007】

複合回折格子19aも、光伝送体11から受信した時間コードに対して作用して各出力ビーム15c, 16cを発生する2個の重なり合ったセグメント化された回折格子19a₁₅, 19a₁₆（図1Aにおいて図示せず）を具える。ビーム15c, 16cはビーム15a, 15aと同一に変調されている。デコーディング技術及び複合回折格子19aについては後述する）ビーム15c, 16cは検出器15d, 16dにより検出され、変調器15

50

a, 16 aを駆動する信号と対応する電気信号に変換される。

【0008】

図1Aの通信システムに関して示すように、2本のビームは光伝送体に沿って伝搬する1本の符号化されたビームに結合される（多重化）。このような形式の他のシステムとして、3本、4本又はそれ以上のビームを1本のビームに多重化することができる。結合された符号化ビームは伝送システムに沿って伝送され、その後多重分離される。

【0009】

図1Bは図1Aの通信システムを通るビーム16aの伝送状態を示す。ビーム16bはレンズ6aによりコリメートされ、ビーム16bは複合回折格子19内に含まれる2次元のセグメント化された回折格子19₁₆の全作動幅に入射する。（複合回折格子19はセグメント化された回折格子19₁₅をも含む）図1Bに示すように、複合回折格子19は、その異なる面に対応するセグメント化された回折格子19₁₅, 19₁₆を具える。他の実施例として、このセグメント化された回折格子は単一の表面上の単一の層に結合することができ、この単一の層の光学性能は個々のサブ格子の光学性能を加算することにより決定される。

10

【0010】

ビーム16bは第2のレンズにより光伝送体11に集束される。空間フィルタ8aにより行われる空間フィルタリング（又は光伝送体11に入射させることにより行う）によりセグメント化された回折格子19₁₆の作動的角度出力チャネルが選択される。光伝送体11を通過した後、レンズ7aはビーム16bを受光し、セグメント化された回折格子をその作動幅にわたって照明し、複合格子19aを透過したビーム16cはコリメータレンズ7bにより集束される。レンズ7bに後続する空間フィルタ8bがセグメント化された回折格子19a₁₆の作動的角度出力チャネルを選択する。複合回折格子19aはビーム15b用のセグメント化された回折格子19a₁₅も具え（図1Bにおいては図示されていない）、これらセグメント化された回折格子19a₁₅, 19a₁₆は異なる面に存在することができ或いは重なり合うことができる。図1Bはビーム16bの光路だけを図示するが、ビーム15bの光路も同様である。

20

【0011】

通信システム9は、ビーム15b, 16bの各々をコリメートすると共にこれらビームにより複合回折格子19の対応するセグメント化された格子19₁₅及び19₁₆を異なる角度で照明する機構を含む。各入射ビームに対するレンズ6aのような個別のレンズにより、ビームをコリメートすると共にセグメント化された格子を照明する例示的な機構を構成する。或いは、単一のレンズ及びこの単一のレンズへの入射条件の制御を用いることができる。空間制御の一例として、単一レンズの前側焦点面に配置され回折格子条件を満たす程度の十分に小さな開口を有する空間フィルタを具えることである。複合回折格子19aの出射側に、複合回折格子19aと、例えはレンズ7b及び空間フィルタ8bのような複数の作動的角度出力チャネルを選択する適切な空間フィルタ機構とを具えるセグメント化された回折格子の角度出力を空間フーリエ分解する機構が存在する。単一のレンズが空間フーリエ分解を行う例示的な機構を構成する。単一レンズの焦点面に位置する開口により作動角度チャネルを選択することができる。作動角度チャネルを選択する他の方法を用いることもできる。

30

【0012】

セグメント化された回折格子19₁₅, 19₁₆及び19a₁₅, 19a₁₆をそれぞれ有する複合回折格子19, 19aは、1つ又はそれ以上の方向からの光ビームを受光し、これら光ビームを光ビームの時間波形に依存する態様で1つ又はそれ以上の出射方向に進行させる。特定の入射方向及びこの入射方向と関連する1つの出射方向を検討するに、回折格子の機能は以下のように要約される。入射光ビームの各スペクトラル成分の一部は振幅及び位相が制御されて出射方向にマップされ。複合回折格子は複素値化されたスペクトラル伝達関数を入射光ビームに適用し、出射方向に伝播する入射ビームのフィルタリングされた成分を発生する。フィルタリング機能のスペクトラル分解能は、セグメント化された回折格

40

50

子の物理的な大きさ及び回折格子に対する光ビームの入射角及び出射角により決定される。各入射方向と各出射方向との間のスペクトラルマッピングは、各マッピングのためのセグメント化された回折格子を用いてほぼ独立してプログラムすることができる。このようなマッピングは、参考として記載する米国特許第5182394号に記載されている。図1Aの通信システムにおいて、スペクトラル伝達関数は各セグメント化された回折格子により決定する。

【0013】

図2Aは、セグメント化された回折格子 $19_{15}, 19a_{15}, 19_{16}, 19a_{16}$ と同様なセグメント化された回折格子20の一例を示す。(複合回折格子19, 19aはこのような重なり合い又は結合された2個のセグメント化された回折格子をそれぞれ含む。) 単一のセグメント化された回折格子の設計は後述することにし、2個又はそれ以上のセグメント化された回折格子を含む複合回折格子は単一のセグメント化された回折格子の設計手法を繰り返し適用することにより設計される。

10

【0014】

セグメント化された回折格子20は、N個の空間的に独立したサブ格子 20_i を有し、ここで $i = 1$ から N とし、本例では $N = 8$ とする。他の実施例において、Nは8以下又は8以上とすることができる。図2Bはセグメント化された回折格子20の断面図である。図2Bに示すように、サブ格子 20_i 各々は、サブ格子 20_i のそれぞれに対して独立して選択した振幅、位相及び周期を有する。(図2Bは6個のサブ格子 20_i だけを示す)サブ格子 20_i の構造は、セグメント化された回折格子20及び関連する光入射及び出射方向を表す座標軸22及び角度に関して数学的に規定する。便宜を図るために、座標軸22の原点はセグメント化された回折格子20の中心23となるように選択する。セグメント化された回折格子の面はx-y面と一致するように設定する。図3Aを参照するに、入射ライン31は座標中心23を通過し入射方向に平行とし、出射ライン33は座標中心23を通過し出射方向に平行とする。入射ライン31及び出射ライン33は、入射/出射面と称する面を規定する。本明細書において用いる数学的な記述として、z軸は入射/出射面内に位置する。他の実施例において、z軸は入射/出射面内に存在しない。

20

【0015】

図3A及び図3Bは入射/出射面内における入射角(α_{in})及び出射角(α_{out})を示す。入射(出射)方向とz軸との間の角度は α_{in} (α_{out})とし、ここで角度は図3Aに示すように正の角度とする。図3Bはx-y面内で測定した入射/出射面とx軸との間の角度 α を示す。従って、図3A及び図3Bは、セグメント化された回折格子の特定の入射及びフィールド方向及び出射フィールド方向に対する幾何学的配置を示す。セグメント化された回折格子に関して、溝法線はセグメント化された回折格子の面内に存在し原点を通る溝と直交するラインとして規定する。上述したように、溝法線は入射/出射面内に含まれx軸と平行とする。別の実施例において、溝法線は入射/出射面に対して別の位置に設定することができる。

30

【0016】

入射/出射面がz軸を含む場合、入射した光ビームを出射方向に方向決めすると共にスペクトル的にフィルタリングする回折格子構造(溝)は、入射/出射面と直交すると共にセグメント化された回折格子20の面内又は面上に存在する。同一又は異なる α 値を有する複数のセグメント化された回折格子は同一の基板上側にオーバラップして共通に位置することができる。複合回折格子は単一のセグメント化された回折格子、複数の空間的に重なり合ったセグメント化された回折格子、又は単一の基板上に形成された空間的に重なり合ったセグメント化された回折格子と空間的に分離したセグメント化された回折格子との組合せを含むことができる。

40

【0017】

複合回折格子20は透過型のセグメント化された回折格子を用いるが、反射型のセグメント化された回折格子を用いることもできる。各入射光ビームは相互作用するように構成した各セグメント化された回折格子の動作幅にわたって入射する。図1A~1Bを参照する

50

に、複合回折格子 19 及びセグメント化された回折格子 19₁₅, 19₁₆はほぼ平面とし x-y 座標面に平行に配置する。簡単な単一の間隔の回折格子の場合、セグメント化された回折格子は非平面の面形状として構成することができる。例えば、セグメント化された回折格子は、非平面（例えば、凹面又は凸面）の基板上に支持することができる。非平面の形状を用いることにより、入射光ビームの空間波面を制御するだけでなく回折格子をセグメント化することにより生ずるスペクトラル制御を行うことができる。

【0018】

単一のセグメント化された回折格子は、並んで配置され空間的に分離された一連の N 個のサブ格子の形態として製造され、その集合的な間隔はセグメント化された回折格子の動作幅を規定する。入射 / 出射面が x 軸を含む場合、各サブ格子は入射 / 出射面と直交する面内に配置した回折構造（例えば、溝）の周期的なアレイを有する。N 個の空間的に順次するサブ格子内の回折構造間の間隔は、必ずしも同一とする必要はないが、典型的には同一にする。N 個のサブ格子は、各々が複合回折格子面の特定のサブセクションを占め、サブ格子が溝法線に沿って順次通過するように書き込まれ又は形成される。特定のセグメント化された回折格子のサブ格子は、典型的には（必ずしもその必要はないが）溝法線と直交する同一のスパン、すなわち同一の高さを有する。各サブ格子の最後の回折構造と順次するサブ格子の最初の回折構造（溝）との間の空間的な間隔は、後述するように制御することができる。

【0019】

溝の位置を制御することにより、隣接するサブ格子の相対的な空間位相が制御される。回折構造体の振幅も所定のサブ格子内において制御される。サブ格子の間隔及び振幅を制御する形態は回折格子のスペクトラル伝達関数を決定する。セグメント化された回折格子を構成する種々のサブ格子の光学厚さは、位相マスクに加えて基板の厚さを変えることにより或いは回折格子のスペクトラル伝達関数を付加的に制御する当該技術分野において既知の手段により制御することができる。空間的に分離したサブ格子の下側の光学厚さ或いはサブ格子間の間隔を変えることは入射方向から出射方向に伝達される光の相対位相を制御するように作用する。サブ格子間にアクティブデバイスを付加して、サブ格子とサブ格子との間隔をダイナミックに変化させることによりスペクトルフィルタリング機能をダイナミックに再プログラムすることができる。塗布することを含むサブ格子の光学厚さを制御するアクティブデバイスを付加して、スペクトルフィルタリング機能をダイナミックに再プログラムする別の手段を構成することができる。

【0020】

図 2A ~ 2B に示すセグメント化された回折格子は 8 個のサブ格子 20_i を有する。サブ格子 20_i は基本的に溝法線に沿って等しい範囲にある。しかしながら、異なる範囲のサブ格子を用いることができる。セグメント化された回折格子 20 は透過型の位相格子とするが、反射型の、振幅型の、又は他の一般化された物理的な回折格子とすることもできる。

【0021】

サブ格子 20_i の位置に対する透過光位相シフトとの関係を以下の式で表わす。

【数 2】

$$h_i(x) = A_i f_i(2\pi(x - x_i)/\Lambda_i) + \varphi_i \quad \{ \text{for } x^a \leq x' \leq x^b \}, \quad (1)$$

ここで x は溝法線に沿う空間位置座標を表し、x_i は i 番目のサブ格子溝パターンの空間的な位置シフトであり、関数 f_i は指定の溝プロファイルを表わし 2 の周期の周期性を有し 0 と 1 の間で変調され、_i は基板の厚さの変化又は重なり合う位相マスクの変化により導入された光学的位相シフト量であり、A_i は実数値の振幅因子であり x_i および x_i^b はサブ格子 i のエッジ位置であり、A_i は i 番目のサブ格子の空間周期である。予め形成した空間的間隔の外側において h_i(x) = 0 とする。添字 i の範囲は 1 から i を特定することにより、広い範囲にわたるスペクトラルフィルタリング関数を符号化

10

20

30

40

50

することができる。

【0022】

特定の予め定めたスペクトル伝達関数を形成するために必要なパラメータ A_i , x_i , θ_i 及び Φ_i は種々の方法で選択される。例えば、セグメント化された回折格子は N 個の伝達係数によって近似される予め定めたスペクトル伝達関数 $T_{(D)}$ (ここで、 ν は光周波数とする) を形成するように構成することができ、各伝達係数は $T(\nu)$ の非零の幅で集合的に間隔が形成されている N 個の連続する周波数チャネルのうちの 1 つの周波数チャネルに対応する。ここで $T(\nu)$ は周波数 ν に中心を有する幅 $\Delta\nu$ の特有のスペクトル領域にわたって非零となる。この目的を達成するように $T(\nu)$ を近似するため、セグメント化された回折格子はほぼ N 個のサブ格子を必要とする。予め定めた分解能でフィルタリングするため、サブ格子は近似的に $c / [(\sin \theta_{in} + \sin \theta_{out})]$ の空間幅を必要とし、ここで、 c は真空中での光速である。回折格子の全体の幅は、サブ格子が連続する場合、近似的に $N c / [(\sin \theta_{in} + \sin \theta_{out})]$ により与えられる。例えば、 $c = 100 \text{ GHz}$ とし、 $\theta_{in} = 0$ とし、 $\theta_{out} = 45^\circ$ とし、 $N = 8$ とすると、 $T(\nu)$ のセグメント化された回折格子の全体の空間幅は約 3.4 cm となる。

【0023】

セグメント化された回折格子を構成する N 個のサブ格子の全てについてのパラメータ (A_i , x_i , θ_i 及び Φ_i) はスペクトル伝達関数 $T(\nu)$ を決定する。サブ格子のパラメータを与えれば、セグメント化された回折格子のスペクトル伝達関数を決定することができる。これとは反対に、予め定めたスペクトル伝達関数が与えられる場合、対応するセグメント化された回折格子を作成するために必要なサブ格子のパラメータを決定することができる。尚、ここに記載した数式は、説明を促すためある仮定を含んでいるが、式は一般化することができるものと解すべきである。

【0024】

セグメント化された回折格子によりサブ格子のパラメータの式で表わされるスペクトル伝達関数 $T(\nu)$ についての説明を初めに行なう。(1) $A_i < < 1$ 又は $A_i = A = \text{一定}$ 、(2) 格子出力は正又は負の 1 次 ($m = \pm 1$) のいずれかとし、(3) N 個のサブ格子は等しい間隔幅 ($d = x_i^b - x_i^a = \text{一定}$) 及び等しい間隔周期 ($\Delta\nu_i = \Delta\nu = \text{一定}$) を有すると共に連続するとの仮定のもとで、セグメント化された回折格子のスペクトル伝達関数 $T(\nu)$ はサブ格子パラメータの和として以下のように表わすことができる。

【数 3】

$$T(\nu) = F(\nu) \sum_{i=1}^N a_i \exp(j\Phi_i) \quad (2a)$$

ここで

【数 4】

$$a_i = A_i \exp(j(\varphi_i - 2\pi x_i m / \Lambda)), \quad (2b)$$

$$\Phi_i = \pi(x_i^a + x_i^b)(\beta\nu - m / \Lambda), \quad (2c)$$

及び

【数 5】

$$\beta = (\sin \theta_{in} + \sin \theta_{out}) / c. \quad (2d)$$

$F(\nu)$ はサブ格子の空間フーリエ変換であり、

【数 6】

$$F(\nu) = \frac{jC}{N} \text{sinc}(\pi d(\nu\beta - m / \Lambda)), \quad (2e)$$

ここで、 j は

10

20

30

40

50

【外1】

$\sqrt{-1}$

であり、Cは溝プロファイルに依存する定数であり、 x_i の原点の選択に依存する位相因子を含む。関数 $\sin C(x) = \sin(x) / x$ とする。数 (2a) ~ (2e) の記載において、出力信号はサブ格子のプラス1 ($m = 1$) 又はマイナス1 ($m = -1$) の回折次数から取り出すものとする。高次 (正又は負) に関しても同様な表現を得ることができる。

【0025】

特有の伝達関数を有するセグメント化された回折格子を設計するため、各サブ格子のパラメータを決定する。これを行なうため、式 (2a) を a_i について解き以下の式を得る。

10

【数7】

$$a_i = \beta d \int_{m/(\beta\Lambda)-1/(2\beta d)}^{m/(\beta\Lambda)+1/(2\beta d)} \frac{T(\nu)}{F(\nu)} \exp(-j\pi(\nu\beta - m/\Lambda)(x_i^a + x_i^b)) d\nu \quad (3)$$

式 (2a) から A_i は a_i の振幅に等しい。上記式から明らかなように、量 x_i 及び β は共に a_i の位相を決定する。式 (2b) 及び (3) に含まれる x_i 及び β の適切な組み合わせは回折格子の設計者において適切に選択することができる。パラメータ β は、周知の回折の式 $\sin(\text{in}) + \sin(\text{out}) = m$ / λ を用いて、搬送周波数 ω_0 の光が in から out へ最も強く回折されるように選択する。ここで、 $\omega_0 = c / \lambda_0$ は所望の伝達関数の中心周波数とする。角度 in 及び out は $T(\cdot)$ についての設計者の入力とする。数学的に、 β は、数式 $\omega_0 = c / \lambda_0$ の解として選択する。

20

【0026】

変形例として、サブ格子のパラメータを得るより一般的な解法は、所望の伝達関数を発生する連続する格子プロファイルを計算することである。 x_i の関数としての回折格子の透過位相が以下の式で与えられる場合、

【数8】

$$h(x') = -j \ln \left[\sqrt{2\pi} \beta D \int_{-\infty}^{+\infty} T(\nu) \exp(-j2\pi\beta\nu x') d\nu \right], \quad (4)$$

30

out 方向の回折格子のスペクトラル伝達関数は $T(\cdot)$ となる。ここで、Dは回折格子の幅である。 in 、 out 及び $T(\cdot)$ は設計者の入力である。式 (4) により与えられる連続する透過位相プロファイルをオブ格子の製造に含まれるセグメント化された位相プロファイルに変換する必要がある。構成するサブ格子を規定するパラメータに直接マップされ得る一定の位相セグメントを表わすパラメータは以下のように決定することができる。連続する表面位相プロファイル $h(x)$ は、ゆるやかに変化する振幅及び位相シフトを有する搬送波空間変調により構成される。サブ格子 i の物理的な範囲にわたる空間位相シフトの代表的な平均が決定され、 x_i 及び β の値は式 (4) から決定された空間位相シフトに整合するように適切に調整され組み合される。同様に、サブ格子 i の物理的な範囲内で式 (4) から与えられる格子振幅の代表的な値が決定され、 A_i はこの格子振幅に等しくなるように設定する。空間周期 λ_i は式 (4) により与えられる $h(x)$ の搬送波変調周期に等しく設定する。この手法の変形例は、各サブ格子の範囲内の空間搬送波、振幅及び位相を個別に決定することである。この手法により、サブ格子毎に β を変化させることができる。

40

【0027】

光入力波形と基準光波形との間の光学的なクロス相関機能を行なうセグメント化された回折格子の場合、回折格子のスペクトラル伝達関数は基準光波形のスペクトラルの複素共役となる必要がある。ここで、光クロス相関の機能とは、作動出射方向における回折格子から出射する電界が、(a) 作動入射方向に沿って回折格子に入射する入射光波形と (b)

50

共役なスペクトラムが回折格子のスペクトラル伝達関数と一致する特定の基準光波形との間の時間クロス相関を表わすことを意味する。

【0028】

時間プロファイルが、光波の振幅及び位相が一定である一連のM個の連続する時間スライスとして表わされる光パルスのような基準光波形について検討する。各時間スライス*i* (*i* = 1, --- M)において、電界は一定の振幅 B_i 及び位相 ϕ_i を有する。従って、基準波形は、各時間スライスの光搬送波周波数及びこの波形の全時間期間の複素数の組 $[B_1 \exp(j\phi_1), B_2 \exp(j\phi_2), \dots, B_M \exp(j\phi_M)]$ により決定される。図3Cは、セグメント化された回折格子42に入射した形態 $[C_1 \exp(j\phi_1), C_2 \exp(j\phi_2), C_3 \exp(j\phi_3), C_4 \exp(j\phi_4)]$ の時間符号化された光パルス40を線図的に示す。 10

【0029】

光波がセグメント化された回折格子42のような回折格子に入射した場合、セグメント化された回折格子42は、用いた特定の *in* 及び *out* についての回折格子スペクトラル伝達関数によって表されるように入射した光波をスペクトル的に濾波する。セグメント化された回折格子が基準光波に対してクロス相関の機能を行なう場合、サブ格子は基準光波の「時間反転した」複素共役となるパラメータを有する必要がある。例えば、8個のセグメントを有するサブメント化された回折格子の場合、

【数9】

$$[a_1, a_2, \dots, a_8] = [B_8 \exp(-j\phi_8), B_7 \exp(-j\phi_7), \dots, B_1 \exp(-j\phi_1)],$$

20

となり、サブ格子のパラメータは、式(2a)～(3)の仮定が整合する場合、式(2b)により与えられる a_i と関連する。クロス相関の操作を用いて光信号の多重化及び多重分離することができる。

【0030】

格子セグメントの回折効率は、セグメント化された回折格子の溝プロファイルに依存する。スペクトラル伝達関数の大きさ及び式(2e)の定数 *C* は回折効率に依存する。

【0031】

以下の事項は図1Aの通信システム9で用いた複合回折格子19, 19bを特定する。上述したように、複合回折格子19, 19aは、それぞれ2個の重なり合ったセグメント化された回折格子 $19_{15}, 19_{16}$ と $19_{a15}, 19_{a16}$ とを有する。複合回折格子19は符号化されていないデータ流を受信し、時間符号化されたデータを共通のチャネルに出力する。複合回折格子19aは時間符号化されたデータを受信し、個別の時間コードを個別の出力方向に出力と共に同時に時間符号化をストリップオフする。複合回折格子19aはクロス相関処理を行う。一例として、複合回折格子19, 19aはそれぞれ2個の重なり合ったセグメント化された回折格子 $19_{15}, 19_{16}$ と $19_{a15}, 19_{a16}$ を有し、位置に対する全透過光位相シフトは二個のセグメント化された回折格子の透過光位相シフト関数の和となる。一例として、溝のプロファイルは、50%のデューディサイクルを有する正方形(正方形波)の溝プロファイルとする。サブ格子の振幅は、第1及び第2セグメント化された回折格子について $A_i = 1/2$ とし、複合回折格子19, 19aの回折効率は作動出力方向において約20%とする。このような透過形回折格子を、屈折率 $n_0 = 1.50$ 基板上にエッチング形成する場合 $A_i = 1/2$ の位相変調に相当するエッチング深さは、1.54 μm の搬送波波長に対して $0.77 \mu\text{m}$ となる。本例において、入射/出射面は z 軸を含んでいる。複合回折格子19, 19aは8個のサブ格子を有し、各サブ格子は1mmの幅を有し、従って格子全体の幅は8mmとなる。複合回折格子19, 19aを構成するセグメント化された回折格子 $19_{15}, 19_{16}, 19_{a15}, 19_{a16}$ は $\theta_a = 0^\circ$ を有し、195Tzの搬送波周波数(約 $1 = 1.54 \mu\text{m}$ の搬送周波長)を有する光データ流について設定されている。 40

【0032】

複合回折格子19の第1のセグメント化された回折格子により制御される光データチャネ

50

ルは、入射角 $i_{in} = 17.94^\circ$ 及び出射角 $o_{out} = 0^\circ$ を有するように特定されている。第1のセグメント化された回折格子の全てのサブ格子について、格子間隔は $= 5 \mu m$ とする。第1のセグメント化された回折格子は、 $T_p = 1 \mu s$ の時間時に短い符号化されたパルスを受光し、 $o_{out} = 0^\circ$ の多重化された出射方向に時間的に符号化されたパルスを発生するように設計されている。時間期間が約 $T_p = 8 \mu s$ で以下の時間コードを有する出力パルスを発生させるため、

【数10】

[1, 1, 1, $\exp(j2\pi/3)$, $\exp(j4\pi/3)$, 1, $\exp(j4\pi/3)$, $\exp(j4\pi/3)$]

第1のセグメント化された回折格子の対応するサブ格子 x_i 及び i パラメータは、 $[x_1, x_2, \dots, x_8] = [0.0 \mu m, 0.0 \mu m, 0.0 \mu m, -1.67 \mu m, 1.67 \mu m, 0.0 \mu m, 1.67 \mu m, 1.67 \mu m]$ 及び $[i_1, i_2, \dots, i_8] = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$ とする。

【0033】

第2のセグメント化された回折格子は、以下の共通の仕様を有する8個のサブ格子の組で構成する。 $= 3 \mu m$ 、 $i_{in} = 30.89^\circ$ 、 $a = 0^\circ$ 、及び $o_{out} = 0^\circ$ 。第1のセグメント化された回折格子と同様に、第2のセグメント化された回折格子は、入射方向に移動する最適時間期間 $T_p = 1.71 \mu s$ のデータビットを受光し、時間期間が $T_p = 13.7 \mu s$ の時間的に符号化されたビットをその出射方向に発生する。これら第1及び第2のセグメント化された回折格子は共通の出射方向を有する。第2のセグメント化された回折格子からの符号化された出力ビットが以下の形態を有する場合、

【数11】

[1, $\exp(j2\pi/3)$, $\exp(j4\pi/3)$, 1, $\exp(j2\pi/3)$, $\exp(j4\pi/3)$, 1, $\exp(j2\pi/3)$],

第2のセグメント化された回折格子の対応するサブ格子パラメータは $[x_1, x_2, \dots, x_8] = [0.0 \mu m, 1.0 \mu m, 10 \mu m, 0.0 \mu m, -1.0 \mu m, 0.0 \mu m, -1.0 \mu m]$ 及び $[i_1, i_2, \dots, i_8] = [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]$ となる。第2のセグメント化された回折格子のフィルタリング帯域幅は $v = 1 / T_p$ すなわち 0.6 THz である。

【0034】

光伝送体11を共通に伝播する多重化されたビームは複合回折格子19aにより多重分離する。図1A～図1Bお多重分離複合回折格子19aは、設計的に複合回折格子19と同一である。回折格子19aに対する入射角が $i_{in} = 0^\circ$ の場合、多重分離された出力ビームは第1及び第2の基準光波に対してそれぞれ角度 $o_{out} = -17.94^\circ$ 及び $o_{out} = -30.89^\circ$ で集光される。これらの回折格子仕様を用いる場合、図1Aのレーザ10は、好ましくは $1 \mu s$ (2個のセグメント化された回折格子の最小 T_p により与えられる) の最大時間パルス幅 (FWHM) を有する。

【0035】

リソグラフィ (光学的又は電子ビーム) を用いることにより、基板上に点対点で表面プロファイルを形成してセグメント化された回折格子及び複合回折格子を形成することができ、サブ格子の空間位相シフトを有するセグメント化された回折格子は透過又は反射表面上に直接形成することができる。この技術を用いることによりサブ格子の振幅の制御も可能である。さらに、種々のホログラフィ技術を用いて制御された表面プロファイル特性を有するサブ格子順次に又は同時に記録することができる。

【0036】

図4は格子基板を空間的に位置決めすることにより制御された空間位相を有するサブ格子を製造するためのセグメント化された回折格子 (及び複合回折格子) の製造方法を示す。標準のホログラム記録で用いられる2本のビーム間の角度又は2本のビームの波長を用いて格子周期を制御することができる。空間位相シフトは格子基板を平行移動することにより露光と露光との間に導入することができる。従って、幅 $d = D / N$ (ここで、 D は全格

10

20

20

30

40

50

子長である)の開口マスク45をN回移動し各マスク位置毎に記録材料を露光することにより、図4に示すように、N個のサブ格子を記録することができる。露光と露光との間で格子基板を溝法線に沿ってシフトする。サブ格子*i*の露光に先立って固定された基準位置に対して基板を距離*x_i*だけシフトする。サブ格子の露光毎に書きビームの強度を制御することによりサブ格子の振幅*A_i*を制御することができる。

【0037】

空間位相シフトを有するサブ格子から成るセグメント化された回折格子の同様な製造方法は、光学厚さにより符号化されたサブ格子位相シフトを有する位相・コードマスクを用いる単一の露光ホログラフィを用いる。マスクは2本の干渉ビームのうちの一方のビーム中に基板と近接して配置する。これらのビームが基板の反対側から入射する場合、この位相マスクは格子基板に直接接触させることができる。

10

【0038】

図5は制御された空間位相シフトを有するN個のサブ格子を有する回折格子を製造するホログラフィ法を示す。この技術は2本の書きビーム51, 53間の位相差_iを制御する。書きビーム51, 53の強度を制御することにより、基板の振幅も制御することができる。光学的位相差はビームがオーバラップするサンプル上の干渉パターンの位置を決定し、その強度は干渉パターンの変調振幅を制御する。サブ格子は、サンプル領域全体を干渉パターンで照明することにより記録されるが、幅dの開口を利用することにより開口の背後の領域だけを露光し記録することができる。サンプルに対して開口をN回空間的にシフトすることにより一連のN個のサブ格子を形成することができ、各格子は*i*番目のサブ格子の露光中に用いた位相差_iにより決定される位相を有する。

20

【0039】

図6は「マスタ位相マスク」と称されているサブ格子の製造方法を示す。この方法において、単一の書きビームはマスタ位相マスク回折格子63と協働させる。マスタ格子63に入射する書きビーム61が回折されて、ビーム65, 67のような1本又はそれ以上の特別な出射ビームが発生する。書きビーム61と、回折したビームとか互いに干渉して干渉パターンが発生し、この干渉パターンを用いてマスタ格子のほぼ複製を記録することができる。この回折格子の性能により、マスタ格子を用いて回折格子の形成に必要な干渉パターンを発生することができる。各サブ格子の位相は、マスタ格子を平行移動することにより或いは基板を順次マスクして露光することにより導入される。

30

【0040】

位相シフト_iは基板の光学厚さを選択することにより制御することができる。図7は、サブ格子が厚さの変化する基板に形成される2個のセグメント化された回折格子を示す。基板の厚さの変化によりサブ格子のパラメータ_iが制御される。より一般的には、_iは、サブ格子基板の光路長を変化させる当該技術分野で既知のいかなる手段も利用することができる。例えば、サブ格子の基板の屈折率の変化により_iが制御される。

【0041】

種々の製造方法により_iを制御することができる。リソグラフィにより、溝のプロファイルだけでなく表面レベル(つまり、基板厚さ)を変化させることができる。プログラムされたリソグラフィによる表面レベルの変化により_iが制御される。各サブ格子が占める空間領域にわたって特定された光学厚さを有するように形成された基板に対して、ポログラフィ的、リソグラフィ的又は機械的レーリング法を実施することができる。光学厚さを制御することは、エッティング又は薄膜コーティングを含む当該技術分野において既知のいかなる方法によって達成できる。尚、これらの方法に限定されるものではない。

40

【0042】

各サブ格子についての_iの値は、一定厚さの基板に配置した個別の位相マスクを用いて制御することもできる。

【0043】

回折格子は、フーリエ合成法を用いて、各々がセグメント化された回折格子の幅全体にわたって間隔形成するように複数の周期的な格子を重ね合わせることにより製造することも

50

できる。周期的な格子は、加算された場合にセグメント化された回折格子のプロファイルを形成する相対位相、振幅、及び空間周期を有する。周期的な格子は所望の格子プロファイルを有するフーリエ素子とする。多くのフーリエ素子はサブ格子を一層鮮明に規定する。

【0044】

回折格子はホログラフィ法又はリソグラフィ法により製造することができる。感光性基板を複数回ホログラフィ露光し、各露光が特定の周期格子を形成することにより所望の格子プロファイルを記録することができる。リソグラフィ法によりマルチパス書き込みを行い、各パスを用いて1つの周期的な格子を書き込む。

【0045】

リソグラフィ法及びボログラフィ法により、回折格子は、パワーを適切な回折次数に分布させる鋸波、方形波、正弦波、又は他の格子形状のような格子形状を含む任意の変調プロファイルを有することができる。図8は、鋸波変調プロファイルを有する図2Bに示す回折格子と同様な回折格子の線図である。

【0046】

本明細書で提示したセグメント化された回折格子についての説明は、利得格子、吸収性格子、ファイバ格子及び周波数選択性材料の格子を含むものである。

【0047】

ダイナミックな回折格子も形成することができる。上述した実施例において、回折格子はスタティックである。以下において、スペクトラルフィルタリング機能に関してダイナミックに再プログラムされる回折格子の実施例について説明する。上述した実施例において、複合回折格子（及びセグメント化された回折格子）のスペクトラル伝達関数は、サブ格子の A_i 、 ϕ_i 、 x_i 及び ψ_i により決定されていた。一般的に、これらパラメータの1つ又はそれ以上のパラメータをダイナミックに制御することが当該技術分野において既知の手段により回折格子をダイナミックに再プログラムすることができる。種々の方法により回折格子をダイクロイックに再構成することができ、例えば基板又はコーティング層の屈折率を制御することにより ϕ_i 及び A_i を制御することができる。上述した方法により形成された回折格子は、例えば電界の印加、加圧、流体供給、又は光照射を含む当該技術分野において既知の標準の手段により屈折率が制御される材料を被着することができる。上側層の屈折率を制御する手段が回折格子を構成するサブ格子と基本的に一致する空間領域に対して種々の作用を行う場合、 ϕ_i 又は A_i のいずれかを制御することができる。 ϕ_i だけを制御する場合、上側層を基板の溝と反対側に形成することができる。当該技術分野で既知の手段により導入される上側層の光学厚さを変化させることにより、 ϕ_i も変化させることができる。上側層の回折格子の側の溝に形成する（溝内に充填する）場合、 ϕ_i 及び A_i の両方を制御することができる。 A_i は溝と上側層との間の屈折率差を変えることにより制御することができる。 ϕ_i は、（上側層が基板の溝とは反対側に形成される場合）、上側層の光路長を制御することにより制御することができる。比 A_i / ϕ_i は、上側層の厚さを調整することにより変えることができる。ここで、 $A_i (\phi_i)$ は上側層の屈折率の所定の変化により導入される $A_i (\phi_i)$ の変化である。 A_i だけの制御は基板の両側への上側層の形成及び上側層の輪郭形成を含む種々の方法により達成できるので、2個の層の屈折率の変化により導入される光路差が相殺され ϕ_i の変化も相殺される。他方において、位相サブ格子の振幅の変化は1つの上側層だけの屈折率変化により支配され、相殺することはない。 A_i だけの制御は格子の溝側に2つの別々に制御される上側層を積層することにより達成できる。両方の層を通過する際の光路差は一定になるよう設定される。

【0048】

複素 ϕ_i は基板又は上側層の透過率を制御することにより制御することができる。式(1)の $h_i (x')$ を再度検討し、一般化された回折格子の複素振幅透過率関数を規定し、以下に示す、

$$h_i (x') = \exp (j h_i (x')) \quad (5)$$

10

20

30

40

50

この式において、 h_i (\times') を複素数であるとして利得回折格子又は吸収回折格子を上述した処理に含ませることができる。振幅因子 A_i が複素数であると考えた場合、虚数部は回折格子の振幅の損失又は減衰を示す。さらに、 γ_i が複素数となるように一般化することにより、基板透過率の変化又は重ね合わされた振幅マスクの変化によりサブ格子に吸収又は利得を導入することができる。

【0049】

前述した回折格子は、例えば液晶振幅変調器又は電気吸収性材料を用いることを含む当該技術分野において既知の標準の手段により光透過性が制御される材料を上側形成することができる。上側層の透過率を制御する手段が、セグメント化された回折格子を構成するサブ格子と基本的に一致する空間領域に作用する場合、 γ_i の虚数部を制御することができる。 γ_i を変化させることは、式(1~4)において説明した伝達関数 $T(\cdot)$ を変化させることができる。

10

【0050】

図1Aに示す通信システムにおいては、OC DMA 符号化を用いて2個の光チャネルが多重化されている。図9に示すように、別のチャネルを符号化、多重化、及び多重分離することができる。図9に示す実施例において、4個のチャネル901、902、903及び904が変調器901a~904aにより変調され、複合回折格子919により多重化され、光伝送体911に送信され、複合回折格子919aにより多重分離され、検出器901d~904dにより検出されている。複合回折格子919, 919aは、前述した形式の4個の重なり合ったセグメント化された回折格子を具える。

20

【0051】

本発明を実施例に基づいて説明したが、本発明の精神及び範囲から逸脱することなく当業者にとって種々の形式的な変更及び細部の変形が可能であるものと理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1A】 多重化された通信システムの線図である。

【図1B】 図1Aの光路の線図である。

【図2A】 セグメント化された回折格子の平面図である。

【図2B】 図2Aのセグメント化された回折格子の線図的断面図である。

【図3A】 図2A~2Bのセグメント化された回折格子に入射する光ビームの入射角及び出射角を示す線図である。

30

【図3B】 入射光ビーム及び出射ビームを含む面とx軸とのなす角度を示し、角度はx-y面内で測定する。

【図3C】 4個の連続する等しい幅のサブ格子を有するセグメント化された回折格子に入射する時間的にコード化された光パルスを示す。

【図4】 セグメント化された回折格子の製造方法を示す。

【図5】 セグメント化された回折格子の別の製造方法を示す。

【図6】 セグメント化された回折格子の別の製造方法を示す。

【図7】 異なる光学厚さを有する2個のサブ格子の断面図である。

【図8】 鋸波形状を有する2個のサブ格子の断面図である。

40

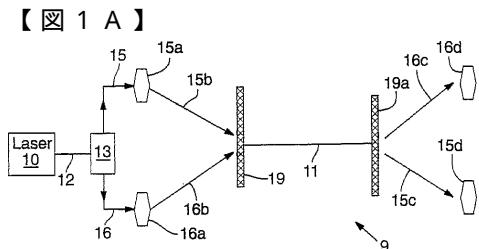
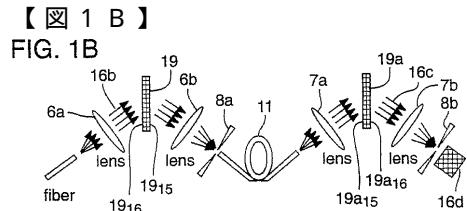
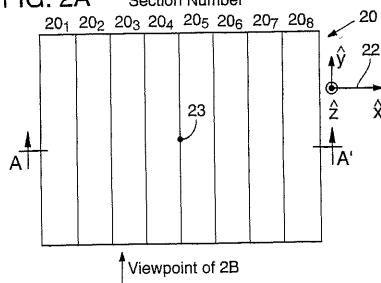


FIG. 1A



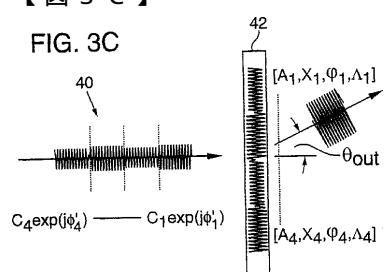
【図2A】

FIG. 2A Section Number

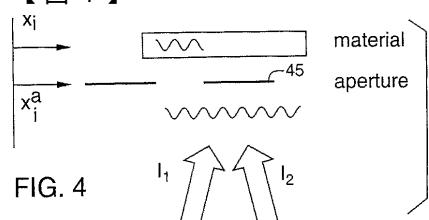


【図3C】

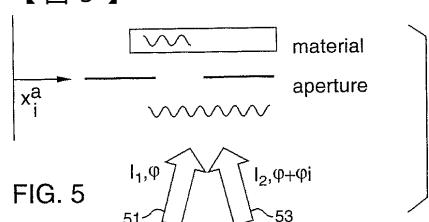
FIG. 3C



【 図 4 】

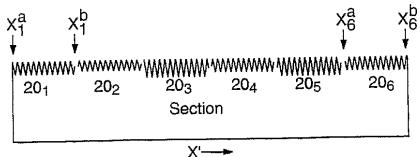


〔 図 5 〕

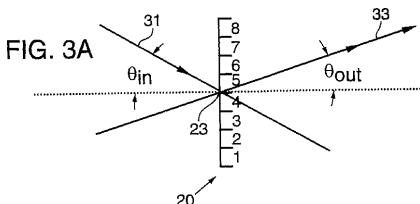


【図2B】

FIG. 2B

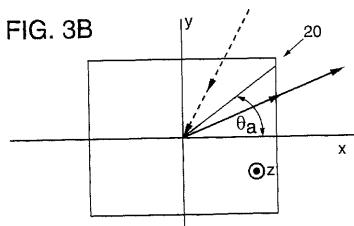


【図3A】

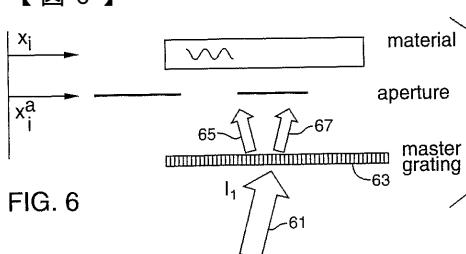


【図3B】

FIG. 3B



〔 6 〕



【 四 7 】

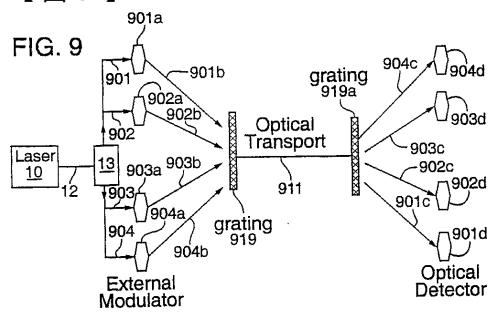


〔 8 〕

FIG. 8



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. F I

H 04 B 10/02 (2006.01)
H 04 B 10/28 (2006.01)

(72)発明者 マイケル ムンロー

アメリカ合衆国 オレゴン州 97403 ユージーン ウォルナット ストリート 1639

(72)発明者 アンダース グルンネット - ジェプソン

アメリカ合衆国 オレゴン州 97408 ユージーン トワイン エルムス 3220

(72)発明者 アラン ジョンソン

アメリカ合衆国 オレゴン州 97404 ユージーン ソニー ループ 2384

(72)発明者 エリック マニロフ

アメリカ合衆国 オレゴン州 97404 ユージーン アラインデイル 3160

審査官 河原 正

(56)参考文献 特開平05-205486 (JP, A)

米国特許第05315423 (US, A)

米国特許第05285274 (US, A)

米国特許第05654540 (US, A)

米国特許第05204524 (US, A)

欧州特許出願公開第00510284 (EP, A1)

Fathallah h. et al., Analysis of an optical frequency-hop encoder with strain-tuned Bragg gratings, Bragg Grating, Photosensitivity, and Poling in Glass Fibers and Waveguides: Applications and Fundamentals. Technical Digest. Postconference Edition, Opt. Soc. America, 1997年10月26日, p.200-202

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/44

G02B 5/18

H04B 10/02

H04B 10/28

H04J 14/00

H04J 14/04

H04J 14/06