

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2005-525604
(P2005-525604A)

(43) 公表日 平成17年8月25日(2005.8.25)

(51) Int. Cl.⁷
G02B 26/02

F I
G O 2 B 26/02

テーマコード (参考)
2 H O 4 1

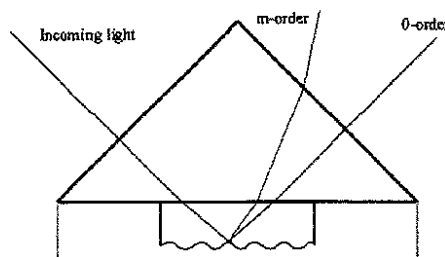
審査請求 有 予備審査請求 未請求 (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2004-533890 (P2004-533890)</p> <p>(86) (22) 出願日 平成15年8月29日 (2003. 8. 29)</p> <p>(85) 翻訳文提出日 平成16年4月28日 (2004. 4. 28)</p> <p>(86) 国際出願番号 PCT/N02003/000304</p> <p>(87) 国際公開番号 W02004/023197</p> <p>(87) 国際公開日 平成16年3月18日 (2004. 3. 18)</p> <p>(31) 優先権主張番号 20024265</p> <p>(32) 優先日 平成14年9月6日 (2002. 9. 6)</p> <p>(33) 優先権主張国 ノルウェー (NO)</p> <p>(31) 優先権主張番号 60/409, 126</p> <p>(32) 優先日 平成14年9月6日 (2002. 9. 6)</p> <p>(33) 優先権主張国 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 504169371 フォトニックス アーエス ノルウェー国、エン-3188 ホルテン 、コンゲヴェイエン 77</p> <p>(74) 代理人 100080791 弁理士 高島 一</p> <p>(72) 発明者 マルテ-ソレンセン、アンデルス ノルウェー国、エン-1366 ライサカ ー、キレヴェイエン 66</p> <p>(72) 発明者 ジマー、エヴン ノルウェー国、エン-3187 ホルテン 、ラストダガテン 22</p> <p>(72) 発明者 ナテルスタッド、トロンド ノルウェー国、エン-3180 ニューカ ーク、スロイフェヴェイエン 11</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	--

(54) 【発明の名称】 可変光減衰器の方法及びデバイス

(57) 【要約】

本発明は、チューナブル動的格子を用いる光通信システムのための可変光変調器を提供する。可変光変調器は、光通信システムへ/光通信システムから、光を伝達するプリズムに隣接して取り付けられたゲル又は膜層と、複数の個別にアドレス可能な電極を有する基板と、駆動手段とを有しており、該駆動手段は、複数の電極の各々に制御された励起電圧を供給して、波動パターンを該ゲル又は膜層の表面上に提供し、該ゲル又は膜層の初期状態に重畳させるためのものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光通信システムにおける光の変調を提供する方法であって、
当該方法は、

透明プリズムに隣接して取り付けられたゲル層又は膜を提供するステップを有し、該プリズムは、該光通信システムへ/該光通信システムから、光を送るおよび/または光を受け取るものであり、

1 セットの個別にアドレス可能な電極を基板に提供するステップを有し、該電極は、該プリズムとは反対側を向いた該ゲル又は膜の表面から、適切な間隔を置いて配置されており、

各電極に励起電圧を加えるための手段を提供するステップを有し、これによって、波動パターンを該ゲル又は膜層の表面上に提供して、該ゲル又は膜層の初期状態に重畳させ、

励起電圧を除去して該ゲル又は膜層が該初期状態に戻るように、電極への励起電圧を制御するステップを有すること、

を特徴とする前記方法。

【請求項 2】

プリズムに取り付けられた少なくとも 1 つの光ファイバが、光通信システムへ/光通信システムから光を提供することを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

プリズム頭頂部の方向が基板上的電極ラインに垂直であるように、該プリズムが該基板に対して配向していることを特徴とする、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 4】

プリズム頭頂部の方向が基板上的電極ラインに並行であるように、該プリズムが該基板に対して配向していることを特徴とする、請求項 1 及び 2 に記載の方法。

【請求項 5】

光通信システムにおいて光を変調するためのデバイスであって、当該デバイスは、
ゲル又は膜層を有し、

光通信システムへ/光通信システムから、光を伝達するプリズムを有し、該ゲル又は膜層は、該プリズムの表面に隣接して取り付けられており、

複数の個別にアドレス可能な電極を有する基板を有し、該電極は、該プリズム表面とは反対側を向いた該ゲル又は膜層の表面からある距離を置いて位置しており、

該複数の電極の各々に制御された励起電圧を提供する駆動手段を有し、該駆動手段は波動パターンを該ゲル又は膜層の表面上に提供して、該ゲル又は膜層の初期状態に重畳させ、該駆動手段は、該励起電圧を除去した際に、該ゲル又は膜層を該初期状態に戻させる補償手段を有すること、

を特徴とする前記デバイス。

【請求項 6】

少なくとも 1 つの光ファイバが、光通信システムへ/光通信システムから、光を提供するプリズムに取り付けられていることを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 7】

プリズム頭頂部の方向が基板上的電極ラインに垂直であるように、該プリズムが該基板に対して配向していることを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 8】

プリズム頭頂部の方向が基板上的電極ラインに並行であるように、該プリズムが該基板に対して配向していることを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 9】

駆動手段が複数の電極の各々に異なる電圧を提供することを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 10】

駆動手段が複数の電極の各々に個別の電圧を提供することを特徴とする、請求項 5 に記

10

20

30

40

50

載のデバイス。

【請求項 1 1】

電極が、等量のアドレス可能な電極を有する少なくとも 3 つの隣接する並行列に配置されており、それによって、ゲル層の表面上に同時に少なくとも 3 つの波動パターンを提供し、それによって、該ゲル層上の少なくともこれら 3 つの波動パターンからの反射光又は減衰光と一緒に光学的に加える手段を提供することを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 1 2】

基板上の 1 つおきの電極が接地に接続されており、一方、他の電極が電圧を有しており、そして、該接地電極が電圧を有し、一方、他方が接地されているように配置を周期的に入れ換えることを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

10

【請求項 1 3】

駆動手段が光ダイオード又は光トランジスターを有しており、該光ダイオード又は光トランジスターが、補償手段に伝達される訂正シグナルを提供するプリズムからの光アウトプットのレベルを測定することを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

【請求項 1 4】

駆動手段が、複数の電極についての標的電圧のメモリーを有しており、該メモリーが、補償手段と連絡していることを特徴とする、請求項 5 に記載のデバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

発明

本発明は、概しては、可変光減衰器 (VOA) のデバイス及び方法並びにその使用に関し、とりわけ、光通信システムにおけるチューナブル動的格子の使用によって光ファイバにおける光の強度を制御するためのものに関する。

【背景技術】

【0002】

背景

通信及び情報交換のための帯域幅の需要は指数的に増大している。この増大は、波長分割多重化 (WDM) 技術の導入によって特に加速されており、この WDM 技術は、狭いバンドでの異なる波長の使用によって、最少量の散逸を伴って同一の光ファイバに沿って光学シグナルを多重化するために使用される。シグナルを生成、増幅、送信、および過するために、受動 (パッシブ) ファイバに加えて、能動 (アクティブ) コンポーネントが必要である。このことによって、光ファイバにおいて光を操作するための広範囲の技術が開発され、このような光学コンポーネントとして、フィルター、スイッチ、増幅器、および減衰器が挙げられる。しかし、コンポーネントの高価格、特に、多数のサブパートを含むより進歩したコンポーネントの高価格は、光通信システムの配置の速度、および全ての光ネットワークの導入を阻害している。従って、必要な仕様を有するが、低費用の組立ておよび製造法が使用されるのを可能とする費用効果的なコンポーネントを開発することが必要である。光通信システムは、電気通信システム、地域ネットワーク、広域ネットワーク、テレビジョンネットワーク、計測ネットワークなど、および全ての他の型の通信システムにおいて使用され、これらでは、通信シンボル、メッセージ、シグナル、およびその類のものが、光学手段によって最良に提供される。

30

40

【0003】

光ファイバ通信システムにおいて特に要求されるコンポーネントは、可変光減衰器 (リアブル・オプティカル・アッテネータ) である。減衰器は、例えば、他のコンポーネントにおけるエージング効果を補償するために、及び検出器の飽和を避けるために、独立型コンポーネントとして使用される。しかし、例えば全光ネットワークにおけるより動的なネットワーク構造に関して、種々の源からの、又は種々の経路からのシステムにおけるシグナル強度は、広範に変化し、再構成可能な又は動的な可変光減衰器の必要性が生じる。

50

可変光減衰器はまた、イコライザーや光学的な加算/減算 (add/drop) マルチプレクサなどのモジュールの重要なサブパートである。このような適用に関して、モジュールの末端価格を決定するのは、特に技術の規模の大きさである。

【0004】

以下の開示のリストは、この分野の従来技術を構成する。英国 2 2 6 5 0 2 4 - Geoffrey Martland Proudly - 1993年9月15日 - 空間光変調器アセンブリ、米国 3, 8 3 5, 3 4 6 - Fred Mastら - 1974年9月10日 - カソード線チューブ、米国 5, 8 6 7, 3 0 1 - Graig D. Engle - 1999年2月2日 - 位相変調デバイス、米国 4, 8 7 9, 6 0 2 - 1989年11月7日 - William E. Glennら - 固体光変調器用電極パターン、米国 5, 1 1 6, 6 7 4 - 1992年5月26日 - Beat Schmidhalterら - 複合材料構造、米国 5, 2 2 1, 7 4 7 - 1993年6月22日 - Gerald R. Goeら - 2, 2' Bipyridylsの調製のための改良プロセス及び触媒、米国 4, 5 2 9, 6 2 0 - 1985年7月16日 - William E. Glenn - 変形可能な光変調器構造の製造方法、米国 4, 8 5 7, 9 7 8 - 89年8月15日 - Efim Goldburtら - 金属化ゲルを組み込んだ固体光変調器及び金属化方法、米国 4, 9 0 0, 1 3 6 - 1990年2月13日 - Efim Goldburtら - シリカ含有ゲルの金属化方法及び金属化ゲルを組み込んだ固体光変調器、WO 99/09440 - 1999年2月25日 - Foster Miller Inc. - スイッチ可能光学コンポーネント、WO 01/48531 - 01年7月5日 - Yury Guscho - 光学システム。

10

【0005】

光ファイバコンポーネントへ適用されるチューナブル回折格子について、幾つかの実施態様が提案されている。公知方法の1つは、回折性MEMS (D-MEMS) である。この技術は、例えば、Light ConnectやSilicon Light Machinesから入手できる。これらのデバイスは、少なくとも2個の別個の部材からなる可動性回折格子に基づく。固定反射底面、1つの可動性セットの薄いブレード、格子は、エッチングされたシリコンから製造される。ブレードは、適当な電場の適用によって上下移動できる。この結果は、回折格子であり、ここで、格子の有効位相シフトは、ブレードの相対位置および下方の反射面によって与えられる。このことによって、ほんの数ミリ秒の応答時間で、格子がオン、オフされることが可能となる。しかし、ブレードを変位させるのに必要な電圧は、数十~数百ボルトのオーダーの電圧であり、まだ高い。この配置を用いて、有効な可変光減衰器を製造できるが、ブレードのセットはシリコンから加工されなければならない。これは、高価なプロセスであり、このプロセスの収率は、システムサイズが増加するにつれ、劇的に下がる。従って、D-MEMSから製造されるコンポーネントは有効であるが、高価である。

20

30

【0006】

チューナブル回折格子技術

本発明は、D-MEMSの解決法の性能を有するが、LCD又はLCOS製造方法において見出されるのと同じ製造の容易さを有することを目的とする。本発明は、チューナブル表面回折格子に基づく。このような格子は、文献と特許に開示されている。例えば、我々の好適な実施態様は、ロシアのGuschoによって刊行された論文や書物 (Guscho: Physics of reliefography, 1992 Nauka Moscow) 及びYuri Guschoによる国際特許出願WO 01/48531に記載の配置に基づく。光学システムのこれらの例は主に、プロジェクター技術に関する適用である。しかし、本発明の実施態様はまた、Engle (米国 5, 8 6 7, 3 0 1) によって記載されたように、表面被覆を有する変調器に基づき得る。これらの変調器の基本原理は周知であり、約50年前のEidophorプロジェクトの導入以来、投射適用のために使用されてきた。しかし、投射適用に関して、スクリーン上での光のコントラストは重要である。従って、これらの適用は、1次回折次数および2次回折次数における光の使用に頼っている。光ファイバコンポーネントにおける適用に関して、0次における光が代わりに用いられる。

40

【0007】

英国特許出願GB 2 2 6 5 0 2 4は、静電場の温度又は電位差の変化に応答して変形可能な変形可能材料層を有するアセンブリによって提供される空間光変調器アセンブリを記載する。この特許出願に記載された解決は、決して変調されず従って常に完全に平滑であ

50

る表面からの減衰内部全反射 (frustrated total internal reflection) という物理現象に基づく。11頁(一番下)と12頁(一番上)参照:「図1および図2のアセンブリの利点は、ビームにおける読み取りが、インターフェース7である平滑表面のみを見て、変形可能層を用いる従来の変調器アセンブリにおけるのと同様に物理的に変形した表面を進みもそれから反射されもしないということである」。

入射読み取りビームは、内部全反射 (TIR) が達成されるような、平面表面7に対する入射角を有する。TIRは、入射ビームとは反対側である反射面のサイドでのいわゆる減衰場の存在によって特徴付けられる。この場合は、エネルギーのいかなる移動も示さないが、式 $e^{-2\sqrt{k_2^2 - k_1^2}z}$ に比例し、式中、 z は、反射面4への距離を示し、 k_1 は、気体媒質6中の光学波長である (Max Born及びEmil Wolf著の「Principles of Optics」, Cambridge University Press, 7版50頁参照)。気体媒質6への侵入の有効深度は、光学波長未満である $z/2$ のオーダーである。

【0008】

変調された表面は、反射面の近傍に存在するが、入射読み取りビームに対してその反対側である。気体媒質6は、7と10との間に存在すると記載されているので、変形可能材料5及び/又は層10は、読み取りビームの減衰場のみと接触する。屈折率の局所空間変調、および、それによって局所屈折率の局所空間変調を受けるのは、読み取りビームの減衰場である。参考文献、8頁の最後の段落および9頁の最初の段落:「ビーム2における読み取りの振幅変調は、第1層1とギャップ6における気体媒質との間のインターフェース7での内部全反射を受けるビームの内部全反射条件 (TIR) の局所スポイリングによって引き起こされる、. . . . 内部全反射条件のこのスポイリングによって、減衰内部全反射の条件となり、そしてその点でのレーザービームの反射係数に局所変化が起こる。」

【0009】

減衰TIRのせいで反射されない入射光ビームの部分は、層7を通過して伝達され、続く層及び/又は被覆によって吸収される(3頁中央参照)。

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明の1つの態様は、表面から反射される光が入射することに基づいており、該表面は、それ自体空間的に変調されており、故に、全TIRが所望される場合にのみ完全に平坦である。

【0011】

本発明の別の態様は、それ故、空間的に変調された表面及び/又はその表面被覆(もし、存在すれば)が、入射光の非減衰場と常に接触していることである。

【0012】

また、本発明の更に別の態様は、入射光のどの部分もコンポーネントに吸収されないということである。光強度の全ては、コンポーネントの外へ伝搬するが、方向は、ゲルの表面変調によって制御される。

【0013】

また、本発明の更に別の態様は、0次における光が、全強度から20dBの減衰まで、あるいは、多重パス (multi-pass) 構成についてはより一層、連続的に同調することが可能になるということである。ドライバーエレクトロニクスと、光を変調器に送りかつ変調器から光を捕集するための光学解決法との組合せによって、本発明は、光ファイバ電気通信システムにおける適用のために使用されるチューナブル表面回折格子方法及びデバイス(例えば、可変光減衰器)を提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

変調器デザイン

本発明は、相等しい光学的及び機能的特徴を有する薄いゲル層又は膜における、表面変

10

20

30

40

50

調による光回折に基づく。基本的な変調器デザインおよび原理を図 1 に示す。変調器は、透明プリズムに取り付けられたゲルの薄層（又は膜）からなる。ゲル（膜）は、プリズムガラスとインデックスが整合しており、ゲル（膜）は、可視領域および赤外範囲の両方で低い光吸収（典型的システムについて、2%未満）を有する。典型的には、ゲル層は、厚さ15 - 30 μm である。電極は、薄い空気ギャップ（厚さ5 - 10 μm ）によってゲル表面から分離した平滑基板層（図 2）上に加工されている。空間は、当業者に公知の方法とは異なる様に配置できる。

【0015】

バイアス電圧は、ゲルおよび空気ギャップを交差して適用される。結果として、電場のせいで正味の力がゲル表面に作用する。更に、各シグナル電極に個別にアドレスすることが可能である。局所シグナル電圧を適用することによって、力はゲル表面にかかり、表面変調が生じる。弾性表面応答は急速であり、応答時間は数十マイクロ秒である。しかし、種々のチャージおよび緩和プロセスもまた、ゲルにおいてより長い時間スケールで起こり、マイクロ秒から分の範囲で表面変調の遅いドリフトが生じる。本発明は、安定な作動のためのフィードバックの配置を提供する（下記）。

10

【0016】

図 2 に示す変調器の例の作用面積（電極）の典型的寸法は、3 mm \times 6 mmである。本発明の 1 実施態様のこの例では、電極は、最大解像度として125 ラインペア/mmを有するインターレースのクシとして配置されている。解像度の限界は、表面変調の高密度のために必要な小さいゲル厚さおよび狭い空気ギャップのために必要な高精度のせいである。

20

【0017】

駆動電圧の周期的変動により、電圧と同周期のほぼ正弦の変調が生じる。電極にかけるバイアス電圧および駆動電圧の典型的値は100 Vである。

【0018】

変調した表面から光が反射される際、変調器は回折格子として働く。偏光効果および伝搬損失を減少させるために、円錐形回折構成が、高いライン密度のために使用される必要がある。光ビームの入射方向は、電極ラインと、表面変調の対応する溝（グループ）とに並行である。結果は、光がより高い回折次数に回折されるということである。

【0019】

図 3 は、理論計算に基づく 0 次、1 次および 2 次回折次数における強度を示す。強度は波長依存性であり、位相シフトは、1 次まで a/λ に比例し、ここで、 a は表面変調の振幅であり、 λ は光の波長である。C バンドの波長の変動により、典型的には、1%の減衰の変動が生じるであろう。このことは、オフスイッチについての最良のゼロレベルが、C バンド全体にわたって1%より悪いであろうことを意味する。表面変調の振幅を変化させることによって、0 次の減衰は連続的に変化し得る。1550 nmの光について、0 次において完全な減衰に到達するために、300 nmの表面変調の振幅が必要とされる。図 3 から分かり得るように、0 次における完全減衰での 1 次における最大強度は、約 30%である（最大のうちの 1 つについて）。

30

【0020】

プリズムが高さ5 mmで、幅が10 mmである場合、1554 nmの光が使用され、プリズムインデックス = 1.45、以下の距離はプリズムファセット上で測定した。

40

0 次と 1 次との間の距離は 0.67 mm である。

1 次と 2 次との間の距離は 0.70 mm である。

【0021】

これらの距離は、光ファイバとプリズム表面との連結のための位置を規定し、この連結は、当業者に公知のように行われる。

【0022】

V O A の異なる配置

ゲルが配置された変調器は、プログラム可能な回折格子である。可変の振幅を有する正

50

弦ゲルレリーフを有する格子が配置され得る。電極によって生じた電場は、ゲルの振幅を制御し、電極間の空間は、格子の周期を与える。変調器は、反射格子であり、入射角 45° を有する（図 4 参照）。

【0023】

入射する光ビームの配向に依存して、回折は、円錐又は平面内回折であり得る。

【0024】

構成 1：円錐回折

プリズム頭頂部が電極ラインに垂直である場合、円錐回折が生じる。図 5 は、ゲルレリーフ振幅の関数として、異なる回折次数の強度を示す。格子の周期は $8 \mu\text{m}$ であり、これは、 $125 \text{ライン}/\text{mm}$ に対応する。

10

【0025】

円錐回折の利点：

- 全ての光が格子によって反射され、光はゲルを通過して伝搬されないであろう。
- この構成は、入射光の偏光にあまり依存しない。
- 0 次は、ゼロに非常に近くなるよう減少され得る。

【0026】

構成 2：斜めの平面内回折

プリズム頭頂部が電極ラインに並行である場合、斜めの平面内回折が生じる。図 6 は、ゲルレリーフ振幅の関数として、異なる回折次数の強度を示す。格子の周期は $8 \mu\text{m}$ であり、これは、 $125 \text{ライン}/\text{mm}$ に対応する。

20

【0027】

平面内回折の利点：

- 回折次数の配向は、直線上である。これにより、平面内回折の変調器をデザインし、組み立てるのが容易になる。
- 正及び負の回折次数は非対称である。非対称挙動により、幾つかの次数においてより高い強度が生じ、これは、スイッチデバイスにとってより効率的である。

【0028】

本発明の別の実施態様では、ゲルレリーフは、正弦形状から斜めの三角形形状へ変化し、新しい回折特性が生じる。

【0029】

斜めの三角形形状を有する格子は、ブレードド (blazed) 格子と言われる。ブレードド格子では、ほとんど全ての光が、0 次と特定の回折次数との間に分布されるであろう。これらの特徴によって、変調器は、スイッチとして働き得る。図 7 は、本発明のこのような実施態様の 1 例における各回折次数の強度をゲルレリーフ厚さの関数として示す。

30

【0030】

電気通信区域におけるチューナブル表面回折格子の幾つかの適用について、できるだけ多くの回折光をインプット光ファイバに方向付けることが望ましい。しかし、実際には、回折次数において、アウトプット光パワーの対称分布が存在する。例えば、 ± 1 回折次数における光の最大強度は、 $+1$ 次で 33.9% に、 -1 次で 33.9% に等しい（ゲル層表面での単色光および調波レリーフに関して）。回折次数における光の非対称分布を得るために、非対称レリーフを使用できる。このようなレリーフの可能な形状の 1 つは、ソーテース（鋸歯）プロフィールである。本発明は、ソーテースプロフィールを形成するための簡単な方法及びデバイスを提供する。

40

【0031】

数学的アプローチ

最も原始的なソーテースプロフィールは、式 (1) - (3) および図 18 から生じるので、2 つの調波の合計として得られ得る。

【0032】

【数 1】

$$F_{\Sigma}(x) = F_1(x) + F_2(x), \quad (1)$$

$$F_1(x) = 100 \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{16} x\right), \quad (2)$$

$$F_2(x) = 25 \cos\left(\frac{2 \cdot \pi}{8} x - \frac{\pi}{2}\right). \quad (3)$$

【0033】

10

第2項 $F_2(x)$ の振幅が20未満又は30を超える場合、図18と比較して、あまり良くないソーツス形状が生じるであろう。同じことが、第2項の位相シフトについて有効である：値 / 2 は、最も良く見えるソーツスプロフィールを与える。

【0034】

実際の履行

電極平面における電位分布のソーツスプロフィール(図18)は、図18においてプロットの下方に示す電極構造によって得られ得る。太いダッシュ線は、線状電極を表し、各ストローク上の値は、この電極に適用される電圧である。上方の線は項 $F_1(x)$ に対応し、中央の線は $F_2(x)$ を表し、下部の線は合計 $F_{\Sigma}(x)$ である。

【0035】

20

図18に示す電極平面における電位分布のソーツスプロフィールは、同一の形状のレリーフを形成しないであろうことを考慮すべきである。電位分布の空間調波の振幅は、電極平面からゲル層表面まで減少する。そして、該減少の速度は、調波項 $F_2(x)$ に関して約2倍高い。なぜなら、それは、2倍大きい空間周波数(2倍小さい空間周期)を有するからである。調和的に分布したポングー(ponder)原動力によって引き起こされる調波レリーフの振幅は、該力の一定の振幅に関して、空間周波数の増加と共に(又は、即ち、空間周期の減少と共に)減少する。

【0036】

このため、レリーフの第1空間調波の振幅 $A_1(x)$ (電位の第1空間調波 $F_1(x)$ によって引き起こされる)は、第2空間調波の振幅 $A_2(x)$ ($F_2(x)$ によって引き起こされる)と比較して、 $100/25 = 4$ 倍ではなく、例えば、6 - 8倍大きいであろう。そして、合計 $A_1(x) + A_2(x)$ は、合計 $F_1(x) + F_2(x)$ と比較して、あまり良くないソーツス形状を有するであろう。

30

【0037】

$F_2(x)$ の振幅の減少のより高い速度を補償するために、 $F_2(x)$ に関してより大きい振幅を使用すべきである。それは、電極平面における電位分布のあまり良くないソーツス形状に対応するのではなく、レリーフの「正常な」(図18)ソーツス形状に対応するであろう。

【0038】

駆動モード

40

本発明の実施態様の開示例を駆動する際に生じる問題は、メモリー効果である。ゲルは、長期間そこに留まるならば、その形状に固定される。メモリー効果を除くために、異なるアプローチが使用できる。

・交互モード

電極は、1つおきの電極が電圧を有しかつ1つおきの電極が接地されているように、構成される。正弦格子周期は、1つの接地電極と電圧を有する1つの電極とによって作り出される。構成を周期的様式で逆にすることによって、メモリー効果を除くことが可能である。しかし、スイッチング時間の間、変調器を通して送られた光は制御できず、この方法による配置は、当業者に公知のように、電気通信適用において所望でない光を阻害する経路にオン/オフ光学シャッターデバイスを提供しなければならない。

50

・ローリング交互モード

ローリング交互モードは、1度に数ヶ所で2つの異なる駆動電圧の間で切り換えを行うだけであろう。情報は、変調器を通して連続的に送られ得る。位相シフトに関する問題は、経路における次なるデバイスにおいて補償され得る。

・フィードバックを有する静的モード

静的駆動モードでは、メモリー効果は生じるであろう。しかし、フィードバック制御システムによって、駆動シグナルは、メモリー効果に関して補償され得る。

【0039】

ゲル変調器が励起電圧に供されると、ゲル表面上に波動パターンが設定され、これを用いて光学シグナルを偏光させるかまたは減衰させる。励起電圧が除去されると、ゲルは、即座には初期状態に戻らないであろう。

10

【0040】

メモリー効果の結果は、ゲル変調器のVOA適用において、達成された減衰と適用した励起電圧との間に予測できる関係は存在しないであろうということである。

【0041】

従って、VOAの測定された減衰レベルは、変調器の励起電圧を制御するために、フィードバックシグナルとして使用される。フィードバックシステムを図13に示す。

【0042】

マスター制御ユニットは、減衰標的値をフィードバック制御ユニットに供給する。光学的インプットとアウトプットとが測定され、フィードバックループ制御ユニットは、変調器の減衰を測定する。この減衰値は標的値と比較され、訂正シグナルを与える。駆動電圧は、この訂正シグナルに基づいて調整される。典型的作動シーケンスを図14に示す。

20

【0043】

左手軸は、励起電極間の電圧差 $E = V_1 - V_2$ を示す。右手軸はゲル減衰レベル A を示す。最初は、減衰は A_1 であり、定常状態励起電圧は E_1 である。 t_1 で、マスター制御ユニットは、新しい標的レベル A_2 を受け取る。フィードバック制御ユニットは、励起電圧を E_2 に調整して新しい標的値を達成する。ゲルにおけるメモリー効果のせいで、励起電圧は、経時で定常状態レベル E_3 に落下するであろう。 t_2 で、マスター制御ユニットは、標的値をスイッチして A_1 に戻す。メモリー効果のせいで、フィードバックは、励起電圧を E_4 に減少させる。 E_4 は負であり得、これは、 V_2 電極が V_1 電極に対して正であることを示す。ある時間後、励起電圧は、定常状態値 E_5 に近づくであろう。

30

【0044】

本発明は、幾つかの電氣的チューナブル電気通信製品を生み出す潜在能力を有する進歩した材料プラットフォームとして、ゲル技術を提供する。電気通信適用からの要求に従うために、円錐回折（低い挿入損失、低い偏光依存性損失）及びフィードバックを有する静的駆動モード（高精度、データ損失無し）は、好適な作動モードである。

【0045】

3つのコア機能は、本発明のこれらの方法：光変調、スペクトルフィルタリング、光学的スイッチングによって実施され得る。以下において、実施態様の例は、これらの機能を示す。

40

【0046】

実施態様のVOA例の2つの基本的型が示される。2つの適用を以下に記載する。

【0047】

1.2.5 1 / mm 基板に基づくVOA

以下の機能が、本発明の実施態様のこの例において実施された：

- 可変減衰
- 可変カプラー/タッパー（スイッチ）
- スペクトル選択性/フィルター
- モニタリング（フィードバック）

【0048】

50

実施態様の例は、オンチップモニタリング機能を有する2個の減衰器のアレイを有する。それは、2個の入射ファイバと4個の出射ファイバとを含む(図8参照)。+1次および-1次は、各入射チャンネルにおいてパワーをモニターするために、エネルギーの限定部分を偏光させるためのテーパとして使用できる。スペクトル選択性はまた、コリメーティング光学の角度選択性を用いることによって、実行され得る。

【0049】

+1次および-1次からのフィードバックは、減衰範囲を増加させかつ精度を最適化するために使用される。

【0050】

3.3 1/mm基板に基づく実施態様の例

3.3 1/mm基板は、製造するのがより簡単でより安価であり、従って、考慮されるべきでもある。このような場合、回折ビームの非常に小さい角度の分離により、4個のファイバカップルのアウトプットの実際的製造は非常に困難になる。従って、「3.3 1/mm」変調器を用いる本発明の実施態様の例は、2個のインプットチャンネルと2個のアウトプットチャンネルとに基づくものであり、より高い回折次数を無視する。デバイスは、以下を有する：

- ・2個のチャンネル用のゲルレリーフを制御する可能性を有する変調器。
- ・フィードバックループによって両方のチャンネルの減衰レベルを制御するためのプログラム可能な制御エレクトロニクスボード。

【0051】

該実施態様の機能的スケッチを図9に示し、基板のレイアウトを図12に示す。

【0052】

チャンネル当たり2個の光検出器は、変調器のインプットおよびアウトプットでの光学的パワーレベルに関する情報を提供するであろう。制御エレクトロニクスは、公称値に従って両方のチャンネルでシグナルを正確に減衰させるために、この情報を用いて、ゲルに適用される電圧レベルを最適化する。

【0053】

2つの主要な実施態様が可能である：

1. 可変光減衰器

2つの主要な機能が必要である：

- 使用者は、各チャンネルに関して光学パワーのアウトプット値を規定し、インプット手段は、この値を制御エレクトロニクスに移し、該制御エレクトロニクスは、要求される光学パワーレベルが得られるまで、電圧レベルを最適化してシグナルを減衰させる。

例： P_{in} (チャンネル1) = 12 mW、 P_{in} (チャンネル2) = 10 mW。

使用者設定： P_{out} (チャンネル1) = 6 mW、 P_{out} (チャンネル2) = 0.1 mW。

【0054】

変調器および制御エレクトロニクスは、使用者設定(即ち、第1チャンネルで6 mW、第2チャンネルで0.1 mW)に達するまで、両方のシグナルを減衰させる。2個のアウトプット光ダイオードからの値は、フィードバックループにおける最適化に使用される。

- 使用者は、各チャンネルに関して減衰のアウトプット値を規定する。制御エレクトロニクスは、要求される光学パワーレベルが得られるまで、電圧レベルを最適化してシグナルを減衰させる。

例： P_{in} (チャンネル1) = 12 mW、 P_{in} (チャンネル2) = 10 mW。

使用者設定：減衰(チャンネル1) = 3 dB、減衰(チャンネル2) = 20 dB。

【0055】

変調器および制御エレクトロニクスは、使用者設定(即ち、第1チャンネルで6 mW、第2チャンネルで0.1 mW)に達するまで、両方のシグナルを減衰させる。各チャンネルにおいてインプットおよびアウトプット光ダイオードによって与えられる値の比は、フィードバックループにおける最適化に使用される。

【0056】

10

20

30

40

50

本発明の実施態様のこの例は、動的チャンネル等化を提供する。

【0057】

経時で異なる強度を有する2つのチャンネルは、デバイスに送られる。デバイスは、両方のチャンネルが等化されるまで、最高の光学パワーを有するチャンネルを動的に同定し減衰させる。等化は、1ミリ秒以内に行われる。

【0058】

最後に、別の実施態様では、より高い減衰範囲を得るために、2つのチャンネルを直列に接続することは有用であり得る。

【0059】

偏光依存性損失

偏光依存性損失 (PDL) の測定値は、実施態様の記載した例のいくつかについては僅かに高い。結果として、幾つかの二重又は多重パス構成が、PDLを相殺するために使用され得る。

【0060】

変調器のために多重パス構成を使用する2つの概念的方法がある。第1の方法は、第1の回折後、0次をピックアップし、次いで、この次数をもう1度回折させることである。アウトプットは、0次強度の平方であろう。これにより、非常に高い減衰を得る機会が得られる。0次のみをピックアップすることができるために、レンズ又はコリメータを使用してフラウンホーファー近似を得なければならない。図11は、二重パス構成を示す。

【0061】

多重パス構成を行う他の方法は、回折ビームを鏡反射させ、それを再び回折させることである。この場合に、2つの回折間の距離は非常に近く、フレネル近似が用いられる。この種の配置によって、全位相シフトは、光ビームが回折パターンに当たっている際に生じる全ての位相シフトの合計になるであろう。ビームが回折パターンにn回当たっているならば、ゲルの振幅はn倍低くならず、およそ、電場はn倍小さくならない。

【0062】

他の適用

1×2スイッチ

簡単な1×2スイッチは、0次にて、および1次位置のうちの1つにて、コリメータを固定することによって実現化され得る。格子をオンおよびオフにスイッチングすることによって、光は、1つの位置から他の位置にスイッチされるであろう。(振幅を調整することによって、これはまた、可変タップとして役立ち得る)。可能な実施態様のスケッチを図15に示す。

【0063】

しかし、正弦格子の異なる回折次数の強度分布に基づいて、円錐形のジオメトリを有する変調器は、約30%で1次のうちの1つの最大強度を有するであろう。これは、0次が最小である場合、そうではない。

【0064】

(上記のように) ブレード格子を形成することは、これらの特徴を、選択された1次において効率90%まで劇的に改善する可能性を与える(図15参照)。

【0065】

動的ゲインイコライザー

チャンネルイコライザー、即ち、ゲイン平滑化デバイスは、自由空間デマックス(demux)とVOAアレイとの組合せとして製造できる。チャンネルイコライザーは、回折格子や薄膜フィルタなどのデマックス素子との組合せでVOA素子を有し、これは、光学シグナルを分散させ、それによって、個々の波長が空間で分離される。一体化したVOA素子を有するDGE素子を示す例を図16に示す。

【0066】

R-OADM - 再構成可能な光加算 - 減算(Add-Drop)マルチプレクサ

ゲル変調器の性質は自由空間なので、多重光学機能のハイブリッド統合化(マックス/

10

20

30

40

50

デマックス (mux/demux)、スイッチアレイ及びVOAアレイ)を行ってR-OADMを構築することが可能である。

【0067】

本発明によるR-OADMハイブリッドデバイスの実施態様の例を図17に示す。

【0068】

モニタリングデバイス

回折原理は、例えば、モニタリングアウトプットとして1次のうちの1つを使用することによって、適用をモニターするのに適しており、一方、変調器はまた、いくつかの他の光学機能を送達する。光学チャンネルモニター(OCM)はまた、フィードバックシステムにおいてタップで校正した検出器を用いることによって実行し得る。

10

【図面の簡単な説明】

【0069】

【図1】図1は、本発明の1実施態様の1例のデバイスを示す。

【図2】図2は、本発明の1例のシリコン基板のレイアウトの1例を示す。

【図3】図3は、回折次数の強度の理論的計算を示す。

【図4】図4は、図1の実施態様による振幅レリーフ変調器の側面図を示す。

【図5】図5は、ゲルレリーフ振幅の関数として異なる回折次数の強度を示す。

【図6】図6は、ゲルレリーフ振幅の関数として異なる回折次数の強度を示す。

【図7】図7は、ブレード格子厚さの関数として各回折次数における強度を示す。

【図8】図8は、本発明の実施態様の1例を示す。

20

【図9】図9は、本発明の実施態様の1例を示す。

【図10】図10は、フラウンホーファー近似を用いる二重パス構成を示し、ファイバーは、2つのコリメータのペアを接続するために使用される。

【図11】図11は、マウントしたコリメータを有するフレネル多重パス構成を示し、ビームは0.4mm、コリメータは直径2.8mm、多重パスが位置する部分のガラス厚さは0.7mmである。

【図12】図12は、本発明の2チャンネルデバイスのレイアウトを示す。

【図13】図13は、本発明の実施態様の1例のフィードバックを示す。

【図14】図14は、本発明の実施態様のフィードバックシステムでの典型的作動シーケンスを示す。

30

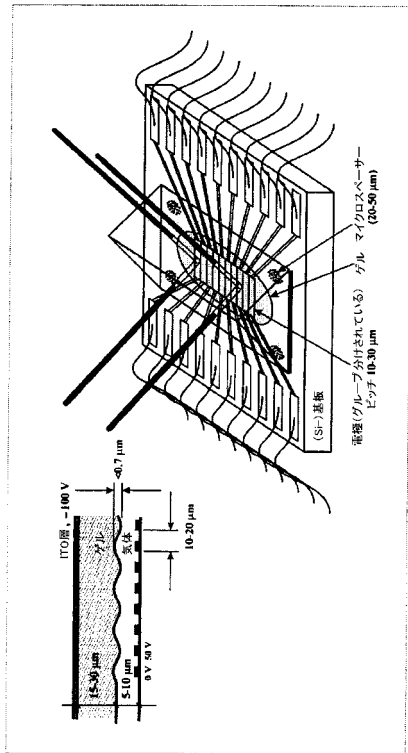
【図15】図15は、1×2スイッチを示す。

【図16】図16は、一体化されたVOA素子を有するDGE素子の例示を示す。

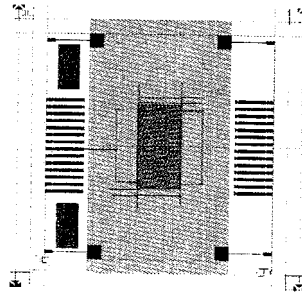
【図17】図17は、VOA及びスイッチ機能を示す。

【図18】図18は、本発明のソーツスプロフィールの形成を示す。

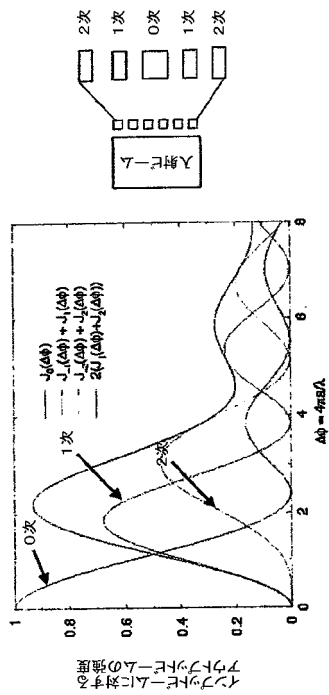
【 図 1 】



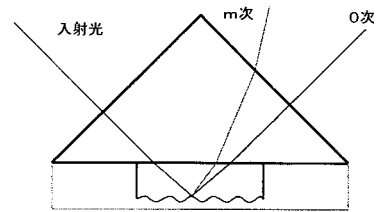
【 図 2 】



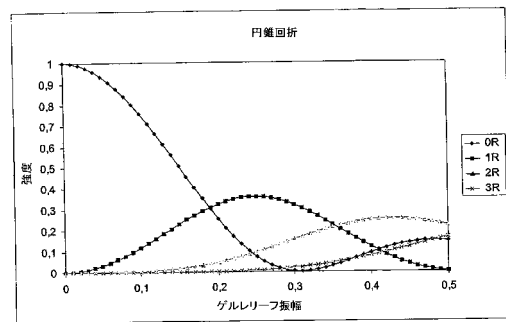
【 図 3 】



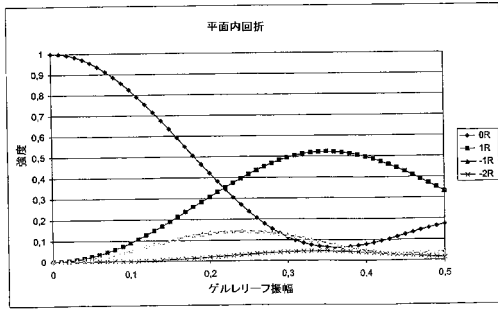
【 図 4 】



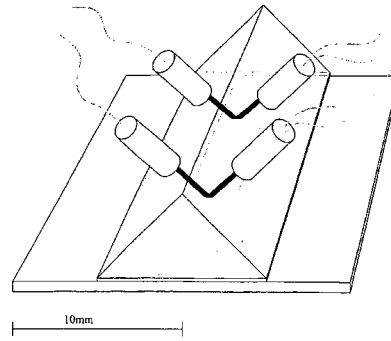
【 図 5 】



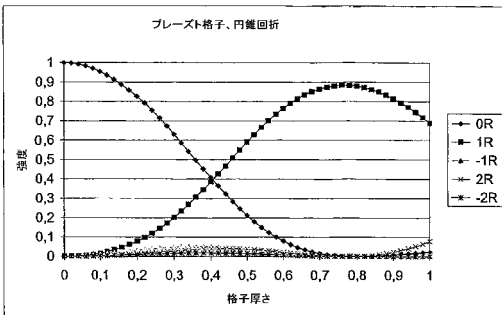
【 図 6 】



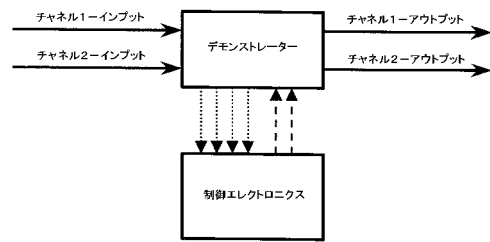
【 図 8 】



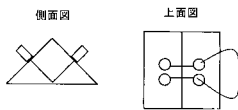
【 図 7 】



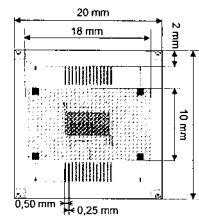
【 図 9 】



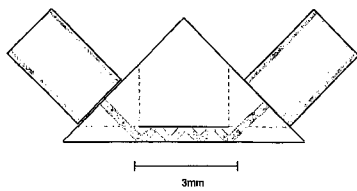
【 図 10 】



【 図 12 】

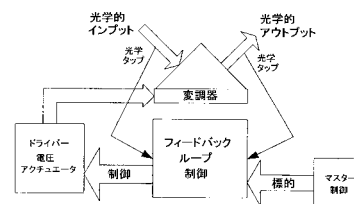


【 図 11 】

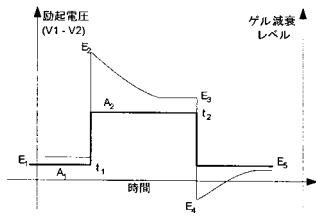


格子ピッチ	33ライン/mm
能動面積	3x6mm

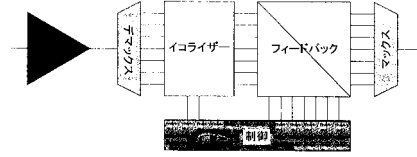
【 図 13 】



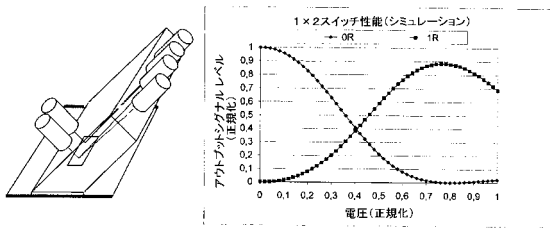
【 図 1 4 】



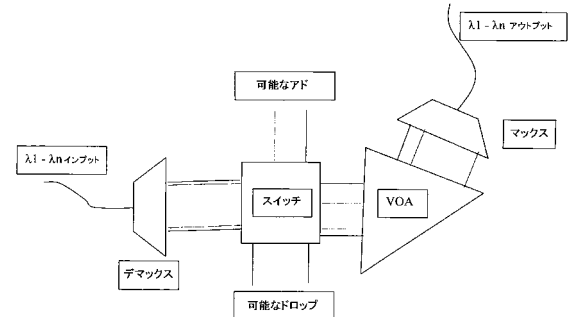
【 図 1 6 】



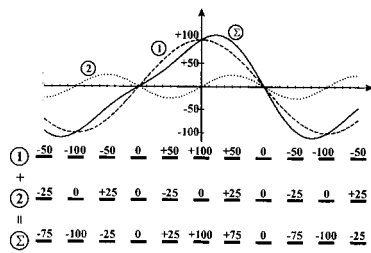
【 図 1 5 】



【 図 1 7 】



【 図 1 8 】



【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/NO 2003/000304

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<p>IPC7: G02F 1/01, G02B 26/02 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC</p>		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)		
IPC7: G02B, G02F, H01S		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
SE,DK,FI,NO classes as above		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>GB 2265024 A (BRITISH AEROSPACE PUBLIC LTD COMP), 15 Sept 1993 (15.09.1993), page 2, line 3 - page 5, line 11, figures 1,2, claims 1,5,7,16,17</p> <p style="text-align: center;">-- -----</p>	1,5
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance: the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search		Date of mailing of the international search report
24 November 2003		23 -02- 2004
Name and mailing address of the ISA/ Swedish Patent Office Box 5055, S-102 42 STOCKHOLM Facsimile No. + 46 8 666 02 86		Authorized officer Igor Gazdik/EK Telephone No. + 46 8 782 25 00

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2004)

CORRECTED

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

06/09/03 International application No.
PCT/NO 03/00304

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
GB 2265024 A	15/09/93	GB 9205660 D	00/00/00

フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HU,IE,IT,LU,MC,NL,PT,RO,SE,SI,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA, GN,GQ,GW,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ, EC,EE,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,M W,MX,MZ,NI,NO,NZ,OM,PG,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SK,SL,SY,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,YU,ZA ,ZM,ZW

(72)発明者 ヤコブソン、ベント

スウェーデン国、エス - 1 1 3 2 6 ストックホルム、フレイガータン 3 4

Fターム(参考) 2H041 AA02 AB38 AC06