

(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2007-505352  
(P2007-505352A)

(43) 公表日 平成19年3月8日(2007.3.8)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 27/28 (2006.01)	GO2B 27/28 Z	2H038
GO2B 27/02 (2006.01)	GO2B 27/02 Z	2H091
GO2F 1/1335 (2006.01)	GO2F 1/1335	2H199
GO2B 6/00 (2006.01)	GO2B 6/00 301	
GO2B 27/01 (2006.01)	GO2B 27/02 A	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2006-526000 (P2006-526000)  
 (86) (22) 出願日 平成16年9月9日(2004.9.9)  
 (85) 翻訳文提出日 平成18年5月8日(2006.5.8)  
 (86) 国際出願番号 PCT/IL2004/000813  
 (87) 国際公開番号 W02005/024491  
 (87) 国際公開日 平成17年3月17日(2005.3.17)  
 (31) 優先権主張番号 157837  
 (32) 優先日 平成15年9月10日(2003.9.10)  
 (33) 優先権主張国 イスラエル(IL)

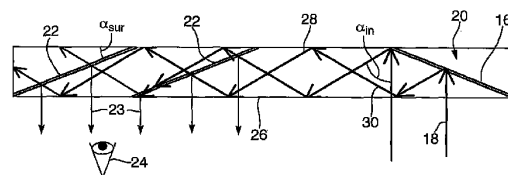
(71) 出願人 504354265  
 ラマス リミテッド  
 イスラエル国, 76346 レホヴォト,  
 ヘス・ストリート 24 ビー  
 (74) 代理人 100070150  
 弁理士 伊東 忠彦  
 (74) 代理人 100091214  
 弁理士 大貫 進介  
 (74) 代理人 100107766  
 弁理士 伊東 忠重  
 (72) 発明者 アミタイ, ヤーコヴ  
 イスラエル国, 76229 レホヴォト,  
 シラニ・ストリート 36/4  
 Fターム(参考) 2H038 AA55 BA06

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板導光の光学素子

(57) 【要約】

光を透過する基板(26)で、お互いに並行で端部を持つ少なくとも2つの主要面、内部反射で基板内部に入射する視野にある光波を結合させるための光学的方法(16)、基板の主要面に平行でない少なくとも1つの部分的に反射する少なくとも1つの面(22)を有し、主要面の少なくとも1つが二色性コーティングで被覆されていることを特徴とする、光学装置が提供される。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

お互いに平行な少なくとも2つの主要面と端部を有する光を透過する基板；  
内部反射によって視野内にある光波を前記基板内に結合させる光学的手段；及び  
前記基板の前記主要面に平行ではない基板内にある少なくとも1つの部分反射面；  
を有し、  
前記主要面のうち少なくとも1つが角度に敏感なコーティング材料で被覆されているこ  
とを特徴とする光学装置。

## 【請求項2】

前記主要面が角度スペクトルの一部分にて無視できる程度の反射を有し、角度スペクトル 10  
の他の部分にてある反射を有することを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項3】

前記主要面は低い入射角で低い反射率を有し、高い入射角で高い反射率を有する  
ことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項4】

前記角度に敏感なコーティング材料は内部反射によって全視野を前記基板内部に閉じ込  
めることを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項5】

前記部分反射面のうちの少なくとも一部が内部反射で閉じ込められた光を前記基板外部  
に結合させることを特徴とする請求項1に記載の光学装置。 20

## 【請求項6】

前記角度に敏感なコーティング材料が観測者の目の少なくとも1つに到達するある所定  
の位置で前記全視野を前記基板の外に出すことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項7】

前記角度に敏感なコーティングはイオン支援コーティング工程を利用することによって  
形成されることを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項8】

ディスプレイ光源をさらに有する請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項9】

前記ディスプレイ光源は液晶ディスプレイであることを特徴とする請求項8に記載の光 30  
学装置。

## 【請求項10】

前記ディスプレイ光源は有機発光ダイオードディスプレイであることを特徴とする請求  
項8に記載の光学装置。

## 【請求項11】

前記基板はシースルー操作を可能にするために部分的に透明であることを特徴とする請  
求項1に記載の光学装置。

## 【請求項12】

前記基板上又は前記基板内にある不透明な面をさらに有し、  
前記不透明な面は外部場面から基板に入ってくる光の入射を阻止する 40  
ことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項13】

前記基板に入ってくる光の入射を減衰させるための透過率可変の面を有する；  
前記透過率可変の面は外部場面から前記素子を通過する光の明るさを制御する；  
ことを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

## 【請求項14】

前記透過率可変の面の透過率が基板に入ってくるように導かれた光の明るさに従って決  
定されることを特徴とする請求項13に記載の光学装置。

## 【請求項15】

前記素子がメガネフレーム内に設けられていることを特徴とする請求項1に記載の光学 50

装置。

【請求項16】

前記素子がヘッドアップディスプレイ内に位置することを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は基板導光の光学素子に関し、特に共通の光透過基板が有する複数の反射面を有する素子に関する。この素子は導光板としても知られている。

【0002】

本発明はたとえば、フラットパネルインジケータ、小型イルミネーション及びスキャナのような多数の非画像化の応用のみならず、たとえば、ヘッドマウントディスプレイ(HMD's)及びヘッドアップディスプレイ(HUD's)、携帯電話、小型ディスプレイ、3次元ディスプレイ、小型ビームエキスパンダーのような画像化の応用に役立つ実装が可能である。

【背景技術】

【0003】

小型な光学素子における重要な応用の1つは光学モジュールがイメージングレンズ及びコンバイナ両方の役割を果たすようなHMDにおいてである。ここでは、2次元ディスプレイは無遠で結像され、観察者の目に反射される。ディスプレイは、たとえばブラウン管(CRT)、液晶ディスプレイ(LCD)、有機発光ダイオード

(OLED)アレイのような空間光変調器(SLM)又は、走査源及び同様の装置から直接的に取得可能であり、又は中継レンズ又は光ファイバの束を用いることによって間接的に取得可能である。ディスプレイはコリメートレンズによって無遠で結像され、非シースルー応用のための反射面又はシースルー応用のため部分反射面的手段によって観察者の目に伝達される要素(画素)のアレイを有する。一般的には、従来の自由空間での光学変調がこれらの目的のためには使用されてきた。システムの視野(FOV)が増加するに従い、そのような従来の光学モジュールは大きく、重くそしてかさばるものになっている。よって、装置がまずまずの特性を示すにもかかわらず実用的でない。すべての種類のディスプレイが抱える主要な問題点だが、特にヘッドマウントディスプレイで重要になってくるのが、できる限り軽くかつ小型にしなければならないということである。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

小型化に取り組んだ結果、いくつかの光学的に複雑な解決法にたどり着いた。1つは依然ほとんど場合における実用に耐えられるほど十分小型化されていないこと、もう一方では、製造可能性の点での困難である。さらにこれらの設計の結果生じる光学的視野角のアイ・モーション・ボックス(EMB)は大抵の場合非常に狭く、典型的には8mm未満である。従って、光学システムの性能は観察者の目に対する光学システムのわずかな動きにさえ非常に敏感に影響する。そうすると、そのようなディスプレイから文字を読むために十分思うように瞳孔を動かすことも許されなくなる。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明は、他の応用のうちヘッドマウントディスプレイ用の非常に小型の導光用光学素子(LOE)の構造の作製及び製造を行う。本発明は比較的大きなEMB値とともに広いFOVを可能にする。その結果として光学システムは目の大きな動きを許容する大きくて高品質の画像を提供することになる。本発明で提供された光学システムが特に有効である理由は、最先端技術での実装よりも実質的により小型で、特化された配置を有する他のシステムにさえすぐに組み込むことが可能だからである。

【0006】

本発明はまた、改良されたHUDの構築を可能にする。HUDは広範に普及していて、いまや

10

20

30

40

50

多くの軍用戦闘機のみならず民生用航空機において重要な役割を担っている。これらの航空機において、HUDシステムは視界の狭い着陸操作での重要な構成要素となっている。さらに、最近HUDシステムが運転手の運転及び操縦義務を支援するような自動運転の応用での提案及び設計が数多くなされている。それにもかかわらず、最先端技術のHUDはいくつもの重大な難点に苦しんでいる。現在の設計でのHUDはすべてディスプレイ源を必要とし、そのディスプレイ源は、光源がコンバイナ表面全域を照らしているのかを確認するために、コンバイナからの大きな距離の補正をしなくてはならない。結果として、コンバイナ投影HUDシステムはどうしてもかさばった大きいものになる上に、設置するためにかなりの空間を必要とする。それゆえに設置するのに不便となり、場合によっては安全に使用できなくなる。従来HUDの大きな口径はまた、光学的設計において重大な課題をつきつける。それは、妥協した性能でHUDでのレンダリングを行うか、何が何でも高い性能が求められる場合に高コストのHUDでのレンダリングをするかの選択である。高品質のホログラフィックHUDにおいて色分散は特に重要となる。

10

**【0007】**

本発明の重要な応用は小型HUDでの実装に関する。これは前述の難点を緩和するものである。本発明でのHUDの設計では、コンバイナは小型ディスプレイ源で光り、そのディスプレイ源は基板に取り付けることが可能である。従って、全体としてシステムは非常に小型になり、広い応用範囲に応じて様々な配置での設置がすぐに可能となる。加えて、ディスプレイの色分散は無視でき、従来白色光源を含む広いスペクトル源で動作可能である。さらに加えて、本発明はコンバイナの活性領域が実際に光源によって照らされている領域よりもさらに広くできるように像を拡張する。

20

**【0008】**

本発明のさらなる応用は、たとえば携帯電話のようなモバイル、ハンドヘルドでの応用において、広いFOVでの小型ディスプレイを提供することである。今日のワイヤレスインターネットアクセス市場ではフルビデオ送信には、十分なバンド幅が利用可能である。それを制限する因子はエンドユーザーの装置の範囲内でのディスプレイの画質である。移動可能性の要求はディスプレイの物理的サイズに制約を与え、結果として貧弱な画質で直接画面を表示することとなる。本発明は非常に大きな虚像で物理的に非常に小型のディスプレイを可能にする。これは移動体通信において重要な特徴であり、特にモバイルインターネットにおける実際の実装における主要な制限の1つを解決するものである。それにより

30

**【0009】**

従って、本発明の大きな目的は最先端技術での小型光学ディスプレイ装置の難点の緩和であり、特定の要求に従って改良された性能を有する他の光学構成部品及びシステムの提供である。

**【0010】**

従って本発明は、  
光を透過する基板で、少なくとも2つのお互い平行な主要面と端部を有する光学装置；  
内部反射によって前記基板に入射した視野内にある光を結合させるための光学的手法；  
及び、  
前記基板内にあって、基板の前記主要表面に平行ではなく、前記主要な表面のうち少なくとも1つは二色性のコーティング処理がなされている少なくとも1つの部分反射面；  
を提供する。

40

**【実施例】****【0011】**

本発明をより十分に本発明を理解できるように以下の図を参照しながら、ある好ましい実施例と関連させて説明する。

**【0012】**

詳細に図を参照するが、示された個々の事項は例示であり、本発明の好ましい実施例の

50

議論を図に基づいて行うという目的のみであって、最も有用と考えられていることの提供及び、本発明の原理及び本発明の概念的特長を十分理解してもらうための説明のために提示されているものである。この点では、まだ本発明の構造的詳細については本発明の基本的理解のために必要なことよりも詳しくは示されていない。図と一緒に示されている説明は、当業者に対して実際どのように本発明のいくつかの形式が実装可能であるかということへの指針を与えることになる。

【0013】

図1は従来の折りたたみ光学配置を図示している。ここでは、基板2はディスプレイ源4によって照らされている。ディスプレイはコリメートレンズ6によって平行にされる。ディスプレイ源4から放出される光は基板2内部で第1の反射面8によって結合される。その方法は、主要な光線10が基板面10に平行になるようにである。第2の反射面12は基板外部の光を観察者の目14で結合する。この配置が小型であるにもかかわらず、この配置は重大な難点に苦しむ。それは、特に本当に限られたFOVしか得られないことである。図1に示した通り、基板内部での最大許容軸外し角は：

10

【0014】

【数1】

$$\alpha_{\max} = \arctan\left(\frac{T - d_{\text{eye}}}{2l}\right), (1)$$

20

ここで、Tは基板の厚さ；

$d_{\text{eye}}$ は望ましい射出瞳直径、そして

lは反射面8と12との距離である。

【0015】

$\alpha_{\max}$ よりも大きな角度では、光線は反射面12に到達する前に基板表面で反射される。従って、反射面12は望まない方向で照らされ、ゴーストが現れる。

【0016】

従って、この配置での最大到達FOVは：

【数2】

$$\text{FOV}_{\max} \approx 2 \nu \alpha_{\max}, (2)$$

30

ここで、 $\nu$ は基板の屈折率である。一般的に、屈折率の値は1.5-1.6の範囲内にある。

【0017】

一般的に、射出瞳の直径は2-6mmである。ディスプレイの移動又は不整合を許容するため、広い射出瞳直径が必要となる。最小の望ましい値をおよそ8-10mmにとると、目の光軸と先端部の側との距離lは一般的には40-80mmである。その帰結として、8°の小さなFOVの場合でさえ、望ましい基板厚さは12mmのオーダーになるだろう。

40

【0018】

上述の問題を克服するための方法は提案されている。これらには、基板内部での(拡大)望遠鏡の利用及び非平行な結合方向の利用も含まれる。しかしこれらの解決法でさえ、1つの反射面のみ考慮すると、システムの厚さは先ほど同様の値で制限されたままである。FOVは基板面上の反射面12の投影直径で制限される。数学的には、最大到達FOVは、この制限のため以下のように表される。

【0019】

【数3】

$$FOV_{\max} \approx \frac{T \tan \alpha_{sur} - d_{eye}}{R_{eye}}, (3)$$

ここで、 $\alpha_{sur}$ は反射面と基板面の法線とのなす角で、

$R_{eye}$ は観察者の目と基板との距離である（一般的には30-40mm）。

【0020】

実際、 $\tan(\alpha_{sur})$ を1よりもずっと大きくすることはできない；従って、FOVが8°での先述した同じパラメータについては、ここで要求される厚さは7mmのオーダーである。この値は先の限界から改良されている。それでもなお、望ましいFOVが増加するにつれて、基板の厚さは急激に増加する。たとえば、所望のFOVが15°及び30°では、基板限界厚さはそれぞれ18mm又は25mmとなる。

10

【0021】

上述の限界を緩和するため、本発明はLOE内部で作製された選択的反射面のアレイを利用する。図2は本発明に従ったLOEの側面図を示す。第1の反射面16は、装置の後方にあるディスプレイ光源（図示していない）から放射される平行にされた入力平面波18で照らされている。ここで、平面波18はLOE内部で結合するために所与のFOV範囲内にある一連の光波のうちの一つである。反射面16は光源からの入射光を反射する。その際、光が内部で全反射することによって平面基板内部で閉じ込められる。基板面で数回反射された後、閉じ込められた光波は基板外の光23を観察者のEMB24で結合させる選択的反射面22のアレイに到達する。ゴーストを防ぐために、出力光波23は平面波でなくてはならない。さもなければ、ディスプレイ源での単一点を表すそれぞれ異なる光線が観察者のEMB24にそれぞれ異なる入射角で到達し、元の像を干渉するゴーストが観察者に現れるだろう。この現象を防ぐために、出力光波23及び、当然のことながら入力光波18は平面波でなくてはならない。つまり、同じ光波上に位置する2つの異なる光線の角度のずれは $\theta_{res}$ 未満でなくてはならない。ここで、 $\theta_{res}$ は光学装置の角度分解能である。大抵、ほとんどの視覚システムにおいて、 $\theta_{res}$ は~1-2ミリラジアンだが、それぞれの装置ではそれぞれ異なる角度分解能を得ることが可能である。

20

【0022】

光源の中心波が基板20の外部で基板表面26の法線の方に結合され、基板20内部での結合波の軸外し角を $\theta_{in}$ とすると、反射面と基板面とのなす角 $\alpha_{sur2}$ は以下のように表される。

$$\alpha_{sur2} = \theta_{in} / 2, (4)$$

30

【0023】

図2から分かるように、閉じ込められた光線は2つの異なる方向28,30から反射面に到達する。この特別な実施例において、閉じ込められた光線は基板表面26から偶数回の反射後に複数ある28の方向のうちの一つから反射面に到達する。ここで、閉じ込められた光線と反射面の法線とのなす入射角 $\theta_{ref}$ は以下のように表される。

$$\theta_{ref} = \theta_{in} - \alpha_{sur2} = \theta_{in} / 2, (5)$$

40

【0024】

閉じ込められた光線は基板表面26から奇数回の反射後に第2の方向30から反射面に到達する。ここで、軸外し角は $\theta'_{in} = 180^\circ - \theta_{in}$ で、閉じ込められた光線と反射面の法線とのなす入射角 $\theta'_{ref}$ は以下のように表される。

$$\theta'_{ref} = \theta'_{in} - \alpha_{sur2} = 180^\circ - \theta_{in} - \alpha_{sur2} = 180^\circ - 3 \theta_{in} / 2, (6)$$

【0025】

望ましくない反射及びゴーストを防ぐため、これら2つの方向のうち一つの反射率は無視できるものでなくてはならない。ある角度がもう一つの角度よりも顕著に小さい場合、2つの入射方向における所望の差異は達成可能である。大きな入射角で非常に小さな反射率を有し、小さな入射角で大きな反射率を有するコーティングを行うことは可能である。この

50

特性は2つの方向のうち1つでの反射率を除去することで望ましくない反射及びゴーストを防ぐために有効に活用することができる。たとえば、 $\theta_{ref} \sim 25^\circ$  に選んだ場合、方程式(5)及び(6)から以下のように計算される。

$$\theta_{ref}=105^\circ; \quad \theta_{in}=50^\circ; \quad \theta_{in}=130^\circ; \quad \theta_{sur2}=25^\circ, \quad (7)$$

【0026】

反射面が  $\theta_{ref}$  では反射されず、 $\theta_{ref}$  で反射されるように反射面を決定すれば、所望の条件は達成される。図3A及び3Bは選択的反射面の望ましい反射率の振る舞いを図示している。約25°の軸外し角  $\theta_{ref}$  を有する光線32(図3A)は部分的に反射され、基板34の外部で結合される一方で、軸外し角  $\theta_{ref}$  が約75°で反射面( $\theta_{ref} \sim 105^\circ$ と等価)に到達するような光線36(図3B)は問題になるような反射をほとんどせずに反射面34を透過する。

10

【0027】

図4及び5は前述の反射率特性を達成するために設計された二色性コーティングの反射率曲線を4つの異なる入射角20°, 25°, 30°そして75°について図示しており、図4はP偏光そして図5はS偏光についてそれぞれ図示している。大きな角度での反射率が有意なスペクトルの全範囲にわたって無視できる一方で、20°, 25°, 30°の軸外し角での光線は同じスペクトルにわたって、ほぼ一定の反射率が得られている。P偏光については、26%, 29%, 32%で、S偏光については、32%, 28%, 25%である。明らかに、反射率は入射光線の傾きに対してP偏光で減少し、S偏光で増加している。

【0028】

20

図6は波長  $\lambda = 550\text{nm}$  で同じ二色性コーティングの反射率曲線が入射角に対してどのように変化するかを両方の偏光について図示している。このグラフには2つの重要な領域がある：反射率が非常に低い65°から80°そして、反射率が入射角の減少に対して単調変化する(P偏光では増加、S偏光では減少)15°から40°の領域である。従って、ある与えられたFOVにおいて、非常に低い反射率が望ましい  $\theta_{ref}$  の全角度スペクトルは第1の領域にあるだろうし、一方高い反射率が望ましい  $\theta_{ref}$  の全角度スペクトルは第2の領域にあるだろうことを確認することが可能な限り、観察者の目には1種類の基板放射モードの反射のみで、ゴーストの発生しない像を確認することができる。

【0029】

2つの偏光の振る舞いにはいくつかの違いがある。主要な違いは2つあり、1つは、反射率の非常に小さい大きな角度の領域がS偏光では非常に狭いことであり、もう1つは、全スペクトルバンド幅にわたり、ある角度で一定の反射率を達成するのはS偏光の方がP偏光でよりも非常に難しいということである。従って、LOEを設計するのはP偏光についてのみにするのが好ましい。たとえばLCD又は、他のシステムで、出力の明るさが重要ではなく、S偏光をフィルタ除去可能な偏光ディスプレイ源であれば、これでも満足の行くものになるだろう。しかし、たとえばCRT又はOLED又は他のシステムで、明るさが重要となる無偏光ディスプレイ源では、S偏光が無視できないため、設計過程においてS偏光を考慮しなくてはならない。他の違いは、大きな反射が要求される角度スペクトル  $\theta_{ref}$  でのS偏光の単調な振る舞いがP偏光の振る舞いと反対の傾向になる、つまり、S偏光の反射率が入射光線の傾きに対して増加するということである。 $\theta_{ref}$  の角度スペクトルにおける2つの偏光の矛盾した振る舞いは、各々のシステムの特定の要求に従い、すべての光の所望の反射率を達成するため、システムの光学的設計において利用することが可能だろう。

30

40

【0030】

結合された光波が面16で反射された後に反射面の全領域を照らしているとすれば、基板表面上の領域  $2S_1 = 2T \tan(\theta_{ref})$  を照らしている。一方で、基板面上の反射面22の投影は  $S_2 = T \tan(\theta_{sur2})$  である。反射面間の重なり又は、ギャップを避けるため、各々の面の投影は隣り合う。従って、各々の結合した光線が1回のサイクル(つまり、基板の同じ面からの2つの反射の間)で通過する反射面22の数Nは、

【0031】

【数4】

$$N = \frac{2S_1}{S_2} = \frac{2T \cdot \cot(\alpha_{sur1})}{T \cdot \cot(\alpha_{sur2})}, (8)$$

で表される。

【0032】

この例では、 $\alpha_{sur2}=25^\circ$  で  $\alpha_{sur1}=25^\circ$  で、解は $N=2$ となる；つまり、各々の光線は1回のサイクルで2つの異なる面を通過する。

【0033】

図7に関して上で説明した実施例は入力光波を基板内で結合させる方法の一例である。入力光波はしかし、折りたたみプリズム、光ファイバの束、回折格子及び他の解決法を含むがこれらに限定されるわけではない他の光学的方法でも結合可能であろう。

【0034】

図2で示された例においては、入力光波及び像の光波は基板の同じ側にある。入力光波及び像の光波は基板の反対側にあるような他の配置もありうるだろう。また、応用の種類によっては、基板の球面側の1つを透過して基板内で入力光波を結合させることも可能だろう。

【0035】

図7は選択的反射面のアレイの詳細な側面図である。選択的反射面は光を結合し、基板内部に閉じ込めて、基板外部へ出力して観察者の目に進める。図から明らかなように、各サイクルでは、結合された光線は反射面43を角度  $\theta_{in}=130^\circ$  で通過する。このとき、光線と反射面の法線とのなす角は $\sim 75^\circ$ である。これらの面からの反射は無視できる。加えて、 $\theta_{in}=50^\circ$ の各サイクルにおいて光線は反射面44で2回通過する。ここで入射角度は $25^\circ$ である。光線のエネルギーの一部は基板外部で結合される。2つの選択的反射面22の1つのアレイが観察者の目の方向に向かって結合されるのに使用されると仮定すると、最大FOVは以下のように表される。

【0036】

【数5】

$$FOV_{max} \approx \frac{2T \tan \alpha_{sur1} - d_{eye}}{R_{eye}}, (9)$$

【0037】

従って、上述の例と同じパラメータについて、FOVが $8^\circ$ のときの限界基板厚さは2.8mmのオーダーとなり；FOVが $15^\circ$ 及び $30^\circ$ では、限界基板厚さはそれぞれ3.7mm及び5.6mmになる。これらの値は先述した最先端技術の解決法の限界厚さよりも好ましいものである。しかも、3つ以上の選択的反射面の使用が可能である。たとえば、3つの選択的反射面22について、FOVが $15^\circ$ 及び $30^\circ$ での限界基板厚さはそれぞれおよそ2.4mm及び3.9mmとなる。同様に、付加的な反射面は他の利点に対して導入可能で、限界光学厚さをさらに小さくするだろう。

【0038】

比較的小さなFOVが求められる配置では、単一の部分反射面で十分可能である。たとえば、 $R_{eye}=25\text{mm}$ 、 $\alpha_{sur}=72^\circ$ 及び $T=5\text{mm}$ というようなパラメータを有するシステムでは、 $17^\circ$ 程度のそれほど大きくないFOVであれば単一の反射面22でさえ達成可能である。光線の一部は所望の方向において外部で結合される前に数回面22を交叉するだろう。BK7又は同様の材料での内部全反射条件を達成するための基板内部での最小伝播角度  $\theta_{in(min)}=42^\circ$ であることから、FOVの中心角の伝播方向  $\theta_{in(cen)}=48^\circ$ である。その結果として、投影された像は面に垂直ではなく、むしろ $12^\circ$ 軸から傾いている。しかしそれでもなお、多くの応用については、この傾きは許容できる。

10

20

30

40

50

## 【0039】

不幸にも、この解決法はいつも実現可能というわけではないことである。他の多くの応用では、投影像は基板表面に垂直でなくてはならないという制約がある。内部全反射条件にかかわる他の問題は、基板内部に閉じ込められた像の最大FOVである。不幸にも、軸外れ角が82を超えると、非常に低い反射率の実現は非常に難しい。基板内部の求められるFOV角度を  $\theta_{FOV}$  とすると、中心波と反射面の法線とのなす角は、

$$\theta_{ref} = 82^\circ - \theta_{FOV}/2, \quad (10)$$

である。

## 【0040】

外部のFOVを30°（これは基板内部の  $\theta_{in} \sim 20^\circ$  に対応する）とすると、 $\theta'_{ref} = 72^\circ$  が得られる。この値を方程式(6)に入れると、 $\theta_{in} \sim 48^\circ$  が得られる。従って、光波を閉じ込めるための最小限必要な角度は、

10

$$\theta_{in(min)} = \theta_{in} - \theta_{FOV}/2 = 38^\circ, \quad (11)$$

となる。

## 【0041】

明らかにこの角度ではBK7又は他の同様な材料内部で閉じ込めることはできない。1.8を上回る高い屈折率を有する非常に硬い光学材料は存在するのだが、これらの材料は大抵基板放射モードの光学素子に十分なほど高い透明度を有していないというのが実情である。他に考えられる解決法は基板を通常の半反射防止膜で被覆するのではなく、臨界角より小さな角度であっても基板内部に全FOVを閉じ込める角度に敏感な反射膜で被覆する方法である。たとえ基板面のうちの1つは透明でなくてもよく、従って従来の反射面で被覆可能な非シースルー応用であっても、観察者の目の側にある他の面は透明でなくてはならないことは注意しなくてはならない。従って、要求される反射コーティングは臨界角よりも小さな角度の領域では非常に高い反射率を有しなければならないし、像の全FOVにおいても非常に高い反射率を有しなければならない。

20

## 【0042】

図8は上記の反射率特性を達成するために設計された二色性コーティングの反射率曲線が入射角に対してどのように変化するかを図示する。なお、波長  $\lambda = 550\text{nm}$  の両方の偏光についてで、角度は大気中で測定されている。明らかに、このグラフには2つの重要な領域が存在する：反射率の非常に高い30°から90°（基板内部での20°から42°と等価）；及び、反射率の非常に低い0°から22°の領域（基板内部での0°から15°と等価）である。従って、非常に高い反射率が望ましい、 $\theta_{in}$  の全角度スペクトルは第1の領域に位置するだろうし、本質的に反射率0が要求される外部FOVの全角度領域は第2の領域に位置するだろうということを確認できる限り、全FOVは内部反射で基板内部に閉じ込められること及び、観察者が全体像を見ることが可能であることを確認できる。LOEの製造過程は大抵光学素子の接着を含むこと及び、要求される角度敏感な反射コーティングはLOEボディが完成した後でしか基板面に作製できないため、接着した領域に損傷を与える可能性のある従来のホットコーティング手順を利用できないということに注意することは重要である。部位を加熱する必要性を排除することでLOEのような接着部を安全に被覆できる。

30

## 【0043】

一般に、LOEはディスプレイ応用のための代替小型光学装置全般にいくつかの重要な利点を与える。それらは以下のようなものである：

40

- 1) 入力ディスプレイ源を基板に非常に近く位置づけることができる。そのため、光学システム全体は非常に小型かつ軽量となり、他に類を見ないフォームファクタを与える。
- 2) 他の小型ディスプレイ配置とは対照的に、本発明は接眼レンズに対する入力ディスプレイ源の位置の自在性を与える。拡張基板の近くにディスプレイ源を位置づける能力と組み合わせ、この自在性は、他のディスプレイシステムでは一般的である軸外し配置を使用する必要性を緩和する。加えて、LOEの入力開口は出力開口よりもより小さいので、コリメートレンズの開口数は従来の画像化システム程度で要求される値よりもより小さい。その結果として、従来よりも顕著なまでに便利な光学システムの実装が可能となり、たとえば

50

視野及び色収差のように軸外し光学及び高開口数レンズにかかわる多くの難点は比較的容易かつ効率的に補償できる。

3)本発明における選択的反射面の反射係数は本質的に有意なスペクトルの全領域において同じ値である。従って、単色及び多色の光源がディスプレイ源として使用可能である。LOEは波長依存を無視することができ、その結果、高解像度で高画質カラーディスプレイを保証する。

4)入力ディスプレイからの各点が反射アレイの大部分から観察者の目に反射される平面波に変換されるので、目の厳密な位置での許容範囲は大きく緩和できる。従って、観察者は全FOVを見ることができ、EMBは他の小型ディスプレイ配置よりも非常に大きくすることができる。

5)ディスプレイ源からの強度の大部分が基板内部で結合すること及び、この結合したエネルギーが"リサイクル"されて、観察者の目に向かって基板外部で結合されるので、比較的高い明るさを有するディスプレイが低消費電力のディスプレイ源でも達成できる。

#### 【0044】

図9は本発明の実施例を図示する。ここでLOE20は眼鏡フレーム58に埋め込まれている。ディスプレイ源4、コリメートレンズ6及び折りたたみレンズ60は眼鏡フレームの腕部62内部に集められていて、LOE20の端部の隣にある。ディスプレイ源が小さなCRT、LCD又はOLEDのような電子素子の場合、ディスプレイ源の駆動電子機器64は腕部62の後部内側に集めることが可能である。電力供給及びデータインターフェース66は導線68又は、ラジオ又は光伝送を含む他の通信手段によって腕部62に接続可能である。その代わりとして、バッテリー及び小型のデータリンク電子機器を眼鏡フレーム内に集積することが可能である。

#### 【0045】

上記の実施例はシースルー及び非シースルーの両方でその役割を果たすことができる。後者の場合、不透明層はLOEの前に位置することになる。全LOEを塞ぐ必要はなく、一般的にはディスプレイが見える活性領域のみ阻止すればよい。従って、装置はユーザーの周辺の視界が保持され、すでに見たコンピュータ又はテレビの画面を複製することを確認できる。ここで、そのような周辺の視界は重要な認識的機能を与える。その代わりに、可変フィルタをシステムの前部に設置することができる。そうすることで、観察者が外部の場面から出現する光の明るさのレベルを制御できる。この可変フィルタは、折りたたみフィルタ又は、2つの回転偏光子のような機械的に制御するような装置、電子的に制御される装置又は、自動制御された装置でもよい。ここで、フィルタの透過率は外部バックグラウンドの明るさで決まる。要求される可変透過フィルタを達成する方法の1つは、光学的透過率を電氣的に制御するためにエレクトロクロミック材料を使用することである。ここで、電氣的に制御可能な光学的特性を有する材料は積層構造に組み込まれる。

#### 【0046】

この実施例でLOEが利用可能となる厳密な方法は他にもある。最も単純なオプションは1つの目に単一の素子を使用することである。他のオプションは同一の像でありながら、各々の目に素子及びディスプレイ源をそれぞれ使用することである。その代わりとして、両方の目の間で多少重なりは生じるが、同一の像を2つの異なる場所に投影することで、FOVを広げることが可能である。さらに別な可能性としては、ステレオ像を作成するために、各々の目の片方に2つの異なる場面を投影することである。この代替的方法で、魅力的な実装が可能となる。これには、3次元動画、進化したバーチャルリアリティ、訓練システム及びその他が含まれる。

#### 【0047】

図9の実施例は本発明の単純な実装を例として図示したに過ぎない。システムの核となる基板導光の光学素子は非常に小型でかつ軽量であるため、非常に広い配置における設置が可能であろう。従って、まびさし、折りたたみディスプレイ、方眼鏡及び他多数の実装もまた可能である。この実施例は、たとえばヘッドマウント、頭部装着、ヘッドキャリアのようなディスプレイを目の近くにしないでほしいような応用に指名される。

#### 【0048】

10

20

30

40

50

前述の実施例は単一の接眼レンズ光学システム、つまり像は単一の目の上で投影される。しかし、ヘッドアップディスプレイ(HUD)のような両方の目に像を投影することが望ましい応用も存在する。最近まで、HUDシステムは主として高度な戦闘機及び航空機で使用されてきた。視野の狭い条件下にいるときに運転の操縦の支援又は、温度像を運転手の目に投影するために自動車の運転手の前にHUDを設置する提案及び設計が最近になっていくつもでてきた。現在の宇宙用HUDシステムは非常に高価で、単一ユニットの価格が10万米ドルのオーダーである。加えて、現存システムは非常に大きく、重くかつかさばり、車はもちろんのこと小型飛行機への設置も非常に面倒である。LOEに基づくHUDは非常に小型で、閉じ込められた空間内でもすぐに設置可能な自己完結的HUDを提供できる可能性があるだろう。それはまた、HUDに関する光学システムの構築及び製造を単純化し、それゆえに自動車産業において小型、高価でない民生版を紹介するだけでなく、宇宙用HUDの改良にも潜在的に適している。

10

#### 【0049】

図10は本発明に基づくHUDシステムの実現方法を図示している。ディスプレイ源4からの光はレンズ6によって無限遠で平行にされ、第1の反射面16によって基板20内部で結合される。第2の反射アレイ(図示していない)での反射後に、光波は第三の反射面22に衝突する。この反射面は光を基板外部の観察者の目24上で結合させる。システム全体は非常に小型かつ軽量にすることが可能になる。それは数ミリの厚さで大きなポストカード程度のサイズである。数センチ立方のディスプレイ源は基板の側の1つに取り付け可能である。ここで、電気の導線はシステムに電力とデータを伝送することができる。提示されたHUDシステムの設置は単純な商用オーディオシステムの設置ほど複雑ではないだろう。しかも、像投影のために外部のディスプレイ源を必要としないため、安全でない場所で部品を設置する必要がなくなる。

20

#### 【0050】

図10で図示される実施例は自動車でのHUDシステムに加え、他の応用でも実装可能である。これらの実施例の1つの可能な利用はコンピュータまたはテレビでのフラットディスプレイとしての利用である。そのようなディスプレイの主な特徴は像がスクリーン面上になく、無限遠又は、同様の便利な距離に焦点があることである。現存のコンピュータディスプレイの主要な難点な点は、健康な目の自然な焦点は無限遠にあるにもかかわらず、ユーザーが40から60cmという非常に近い距離で自分の目に焦点を合わせなくてはならないことである。多くの人たちが長い時間コンピュータの前で働いた後に頭痛で苦しんでいる。頻繁にコンピュータを使って仕事をする他の人たちには近視が進行する傾向にある。加えて、近視と遠視の両方に苦しんでいる人の中にはコンピュータで仕事をするための特殊な眼鏡を必要とする人がいる。本発明に基づくフラットディスプレイは前述の問題で苦しんでいる人やヘッドマウントディスプレイで仕事をしたくない人たちへの適切な解決策となりうる。さらに本発明はスクリーンの物理的サイズを顕著に縮小することを可能にする。LOEによって生成される像が装置よりも大きくても、小さいフレーム上で大きなスクリーンを実装することが可能だろう。このことは、ラップトップ及びパームトップのコンピュータのようなモバイルアプリケーションにおいて特に重要となる。

30

#### 【0051】

この実施例のさらなる他の可能な実装は個人情報端末(PDA)の画面である。現在使われている現存の画面サイズは10cm未満である。これらのディスプレイを見るときに最小距離は40cmのオーダーだから、取得可能FOVは15°となる；従って、ディスプレイ上の情報の内容は、特に文章に関して、制限される。図10で図示された実施例によって、投影されたFOVは目覚しく改良される。像の焦点は無限遠となり、スクリーンは観察者の目により近くすることが可能となる。加えて、各々の目は全視野(TFOV)のそれぞれ異なった部分を中心の重なったところで見ているので、TFOVのさらなる増加が達成されるだろう。従って、FOVが40°以上でのディスプレイが可能となる。

40

#### 【0052】

本発明が先に図示した実施例の詳細に限定されないこと及び、本発明の技術的思想又は

50

特性から離れることなく他の特定の形式にて本発明が実施可能であることは当業者には明白であろう。従って、本実施例は、図示されたすべての観点、前記の説明よりむしろ添付の請求項によって示唆された本発明の範囲及び本発明の目的の範囲内であつ、請求項の等価な範囲がそれゆえにそこに含まれるような全ての変更について考慮されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【0053】

【図1】従来技術による折りたたみ光学素子の側面図。

【図2】本発明に従ったLOEにおける実施例の側面図。

【図3】A及びBは本発明で使用されている選択的反射面の2つの入射角範囲における反射及び透過特性の概念図。

【図4】典型的な二色性コーティングにおけるP偏光の波長に対する反射率曲線の変化図。

【図5】典型的な二色性コーティングにおけるS偏光の波長に対する反射率曲線の変化図。

【図6】典型的な二色性コーティングにおける入射角に対する反射率曲線の変化図。

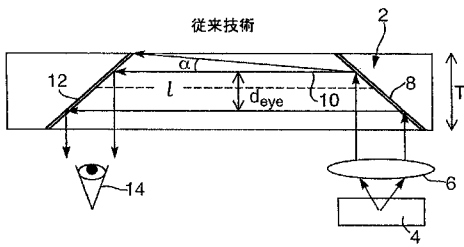
【図7】選択的反射面の典型的なアレイの詳細側面図。

【図8】別な二色性コーティングにおける入射角に対する反射率曲線の変化図。

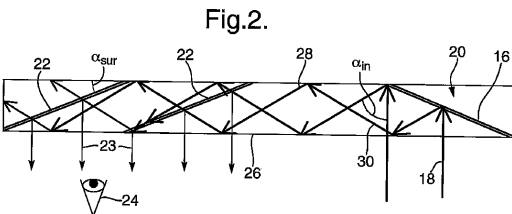
【図9】標準的な眼鏡フレームに組み込まれた本発明の典型的な実施例の図。

【図10】本発明に従った典型的なHUDシステム図。

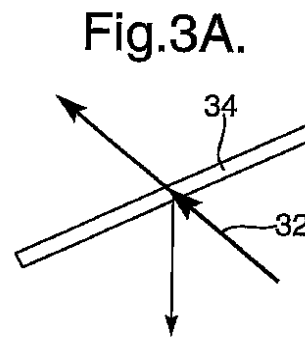
【図1】



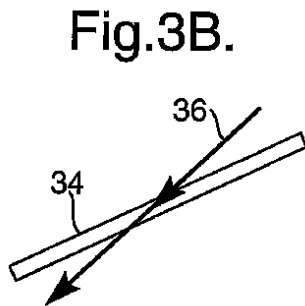
【図2】



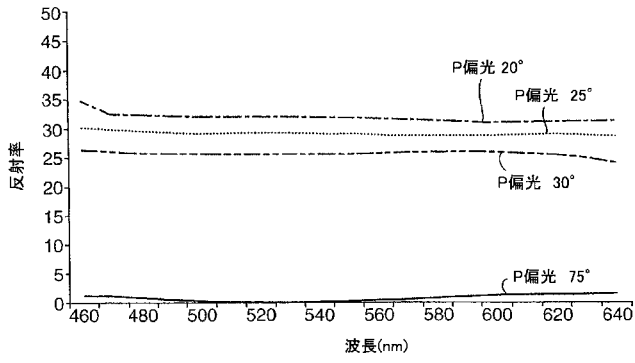
【図3A】



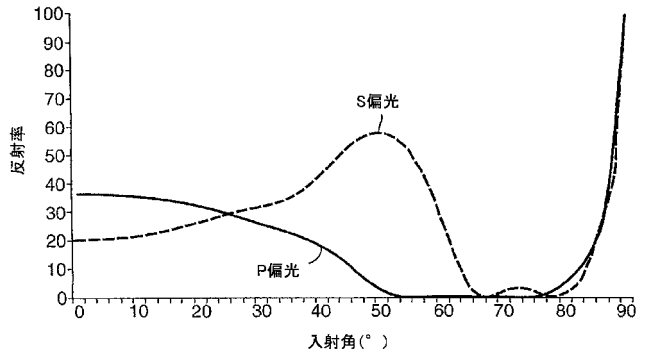
【図3B】



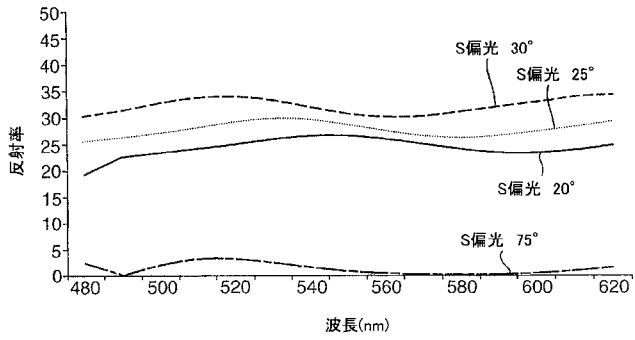
【 图 4 】



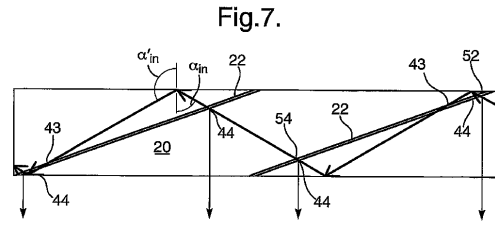
【 图 6 】



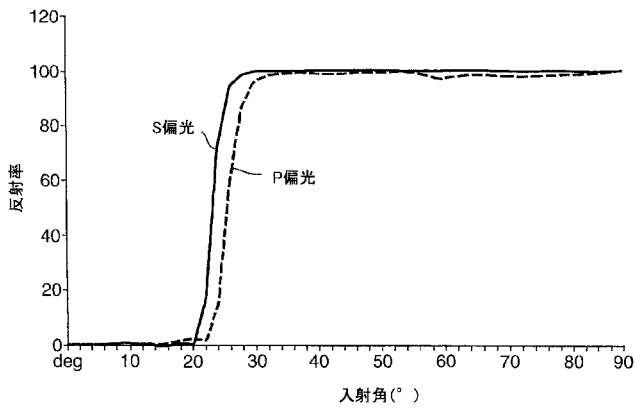
【 图 5 】



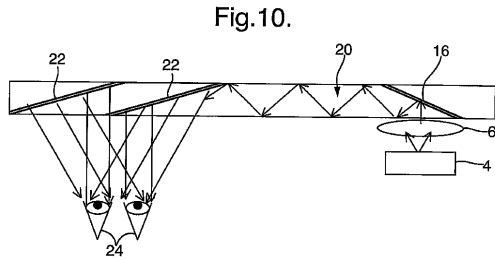
【 图 7 】



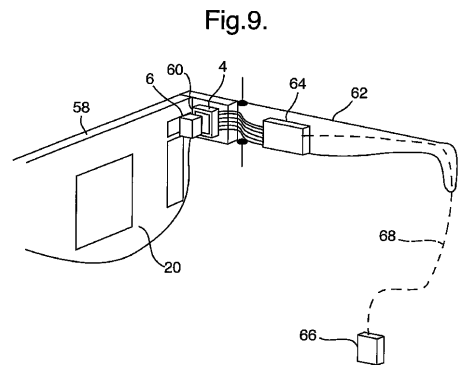
【 图 8 】



【 图 10 】



【 图 9 】



## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/IL2004/000813

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 602B27/01		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 602B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 03/058320 A (ESSILOR) 17 July 2003 (2003-07-17) page 1, line 8 - line 9 page 5, line 30 - page 7, line 23 page 9, line 16 - line 29 figures 3,4	1-17
A	EP 0 399 865 A (THOMSON-CSF) 28 November 1990 (1990-11-28) abstract column 3, line 44 - line 56 column 4, line 50 - line 54 figure 1	3-7,9, 12,17
A	WO 98/15868 A (MICROOPTICAL CORP) 16 April 1998 (1998-04-16) page 20, line 19 - line 33 figure 11	14,15
	----- -/- -----	
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of box C.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Patent family members are listed in annex.	
* Special categories of cited documents:		
*A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance		*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
*E* earlier document but published on or after the international filing date		*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
*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)		*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.
*O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means		*&* document member of the same patent family
*P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
21 January 2005	01/02/2005	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nt, Fax (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Seibert, J	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International Application No  
**PCT/IL2004/000813**

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 4 805 988 A (DONES) 21 February 1989 (1989-02-21) column 2, line 19 - line 33 figures -----	14

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/IL2004/000813

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 03058320	A	17-07-2003	FR 2834799 A1	18-07-2003
			EP 1468323 A1	20-10-2004
			WO 03058320 A1	17-07-2003
			US 2003218718 A1	27-11-2003
EP 0399865	A	28-11-1990	FR 2647556 A1	30-11-1990
			CA 2017251 A1	23-11-1990
			DE 69008035 D1	19-05-1994
			DE 69008035 T2	28-07-1994
			EP 0399865 A1	28-11-1990
			JP 2888602 B2	10-05-1999
			JP 3015815 A	24-01-1991
			US 5076664 A	31-12-1991
WO 9815868	A	16-04-1998	US 5886822 A	23-03-1999
			CA 2268196 A1	16-04-1998
			EP 1012655 A1	28-06-2000
			JP 3429320 B2	22-07-2003
			JP 2000511306 T	29-08-2000
			WO 9815868 A1	16-04-1998
			US 6204974 B1	20-03-2001
			US 6356392 B1	12-03-2002
US 4805988	A	21-02-1989	NONE	

---

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, 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, PL, 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, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, 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, MW, MX, MZ, NA, 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

Fターム(参考) 2H091 FA14X FA23X FA26X FA34X KA10 LA11 LA12 MA02  
2H199 CA03 CA12 CA54 CA85 CA86 CA97 DA02 DA27 DA41 DA42  
DA43