

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-40096
(P2019-40096A)

(43) 公開日 平成31年3月14日(2019.3.14)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO2B 27/26 (2006.01)	GO2B 27/26	2H059
GO3B 35/18 (2006.01)	GO3B 35/18	2H199

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2017-162612 (P2017-162612)	(71) 出願人	504133110 国立大学法人電気通信大学 東京都調布市調布ケ丘一丁目5番地1
(22) 出願日	平成29年8月25日 (2017.8.25)	(74) 代理人	100106909 弁理士 棚井 澄雄
		(74) 代理人	100175824 弁理士 小林 淳一
		(74) 代理人	100169764 弁理士 清水 雄一郎
		(72) 発明者	小泉 直也 東京都調布市調布ケ丘一丁目5番地1 国立大学法人電気通信大学内
		Fターム(参考)	2H059 AA26 AA35 2H199 BA32 BB10 BB17 BB20 BB25 BB27 BB30 BB52

(54) 【発明の名称】 空中像形成光学系及び空中像形成装置

(57) 【要約】

【課題】 視認性の高い実像を形成可能な空中像形成光学系を提供する。

【解決手段】 本発明に係る空中像形成光学系 1 A は、入射した光 L 0 を所定の角度範囲で拡散させる拡散部 1 2 と、拡散された光 L 1 の偏光方向を所定の方向に変更する偏光方向変更部 1 4 と、前記偏光方向が前記所定の方向に変更された第一の光 L 1 1 に所望の画像情報 I を付与して第二の光 L 1 2 として出射する画像情報付与部 1 6 と、画像情報 I が付与された第二の光 L 1 2 を所定の結像位置 P 2 に結像させる結像部 2 0 と、結像部 2 0 から出射された第二の光 L 1 3 の進行経路上に配置され、偏光方向が前記所定の方向である光を透過させ、且つ偏光方向が前記所定の方向とは異なる方向である光を遮光する偏光方向選択部 3 0 と、を備えている。

【選択図】 図 1

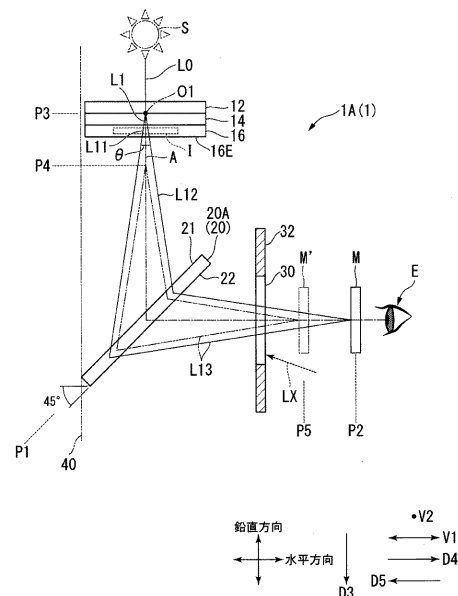


図 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

入射した光を所定の角度範囲で拡散させる拡散部と、
前記拡散部によって拡散された光の偏光方向を所定の方向に変更する偏光方向変更部と

、
前記偏光方向が前記所定の方向に変更された第一の光に所望の画像情報を付与して第二の光として出射する画像情報付与部と、

前記画像情報が付与されて入射される前記第二の光を所定の結像位置に結像させる結像部と、

前記結像部から出射された前記第二の光の進行経路上に配置され、偏光方向が前記所定の方向である光を透過させ、且つ偏光方向が前記所定の方向とは異なる方向である光を遮光する偏光方向選択部と、

を備えていることを特徴とする空中像形成光学系。

【請求項 2】

前記偏光方向選択部は、前記第二の光の進行経路上において前記結像部と前記所定の結像位置との間に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の空中像形成光学系。

【請求項 3】

前記偏光方向選択部は、前記第二の光の進行経路上において前記所定の結像位置より奥側に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の空中像形成光学系。

【請求項 4】

前記結像部は再帰性透過材を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れか一項に記載の空中像形成光学系。

【請求項 5】

前記結像部は再帰性反射材を備えていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 の何れか一項に記載の空中像形成光学系。

【請求項 6】

光源と、

前記光源から出射された光の偏光方向を所定の方向に変更する偏光方向変更部と、

偏光方向が前記所定の方向に変更された第一の光に所望の画像情報を付与して第二の光として出射する画像情報付与部と、

前記画像情報が付与されて入射される前記第二の光を所定の結像位置に結像させる結像部と、

前記結像部から出射された前記第二の光の進行経路上に配置され、偏光方向が前記所定の方向である光を透過させ、且つ偏光方向が前記所定の方向とは異なる方向である光を遮光する偏光方向選択部と、

を備えていることを特徴とする空中像形成装置。

【請求項 7】

前記光源から出射された光を拡散させて前記偏光方向変更部に照射する拡散部を備えていることを特徴する請求項 6 に記載の空中像形成装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、空中像形成光学系及び空中像形成装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

空中像は、光源から出射された光を光学素子等によって反射・屈折させ、空間の任意の位置に結像させた実像である。近年、空中像は、バーチャルリアリティやデジタルサイネージをはじめとする様々なアプリケーションで活用されている。具体的には、空中像及び空中像を形成する技術は、空中に映像が飛び出すデジタルサイネージや、空中に浮かぶ透明なスクリーン上に表示された情報をジェスチャーで操作するシステムに導入されてい

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 0 3 】

空中像を形成するための光学系（空中像形成光学系）としては、再帰性反射に基づく A I R R（Aerial Imaging by Retroreflection）方式が知られている（例えば、特許文献 1 及び非特許文献 1 参照）。A I R R 方式では、再帰性反射材とハーフミラーとを用いて、広い視野から観察可能な大画面の空中スクリーンを形成することができる。最近では、A I R R 方式の光学系で発生し易い実像の歪みを抑える目的で、二面コーナーリフレクタアレイ（Dihedral Corner Reflector Array；D C R A）を用いる光学系（非特許文献 2 参照）、ルーフミラーアレイ（R M A）を用いる光学系（非特許文献 3 参照）が提案されている。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 5 - 4 0 9 4 4 号公報

【非特許文献】

【 0 0 0 5 】

【非特許文献 1】H. Yamamoto, " Screen free display formed using retro reflector, " (Newsroom)10.1117/2.120151.005769

【非特許文献 2】Y. Maeda, D. Miyazaki, and S. Maekawa, " Aerial imaging display based on a heterogeneous imaging system consisting of roof mirror arrays, " Proc . IEEE 3rd Global Conference (2014).

20

【非特許文献 3】S. Maekawa, K. Nitta, and O. Matoba, " Transmissive Optical Imaging Device with Micromirror Array, " Proc. SPIE 6392, Three Dimensional TV, Video, and Display V, 63920

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 6 】

しかしながら、従来の空中像形成光学系では、各種ディスプレイやプロジェクションされた映像を光源として用いているので、実像の輝度に上限があった。この上限まで実像の輝度を高めたとしても、周囲の環境が明るい程、観察者は実像を見難くなる。その一方で、周囲の環境が明るい程、観察者は空中像に関係しない実物体を見易くなる。このような実像と実物体の見易さの違いからもわかるように、屋外等の明るい環境下で、空中像を形成するための光学系を利用した場合に、実像の視認性が低くなるという問題があった。

30

【 0 0 0 7 】

本発明は、上述の事情を勘案したものであって、視認性の高い実像を形成可能な空中像形成光学系及び空中像形成装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明者は、例えば屋外等の明るい環境下であっても、視認性の高い実像を形成するために、空中像形成光学系が、太陽光等の環境光の採光による映像形成構造と、光学系を構成する光学的要素を遮蔽して、観察者に光学系の外側から視認させないようにする遮蔽構造と、を備えていると好ましいという新たな知見を見出した。また、本発明者は、前述の知見に基づき、映像形成構造及び遮蔽構造を構成する光学的要素の選定及びこれらの光学的要素の好適な相対配置について鋭意検討し、本発明を完成させた。

40

【 0 0 0 9 】

本発明に係る空中像形成光学系は、入射した光を所定の角度範囲で拡散させる拡散部と、前記拡散部によって拡散された光の偏光方向を所定の方向に変更する偏光方向変更部と、前記偏光方向が前記所定の方向に変更された第一の光に所望の画像情報を付与して第二の光として出射する画像情報付与部と、前記画像情報が付与されて入射される前記第二の光を所定の結像位置に結像させる結像部と、前記結像部から出射された前記第二の光の進

50

行経路上に配置され、偏光方向が前記所定の方向である光を透過させ、且つ偏光方向が前記所定の方向とは異なる方向である光を遮光する偏光方向選択部と、を備えている。

【0010】

本発明に係る空中像形成光学系は、光学的要素（例えば、光学部品）の遮蔽構造として、偏光方向変更部及び偏光方向選択部を備えている。偏光方向変更部によって空中像（実像）の形成に寄与する光の偏光方向は、所定の方向に変更される。偏光方向選択部では、所定の方向に沿った偏光方向の光のみが透過され、観察者に届く。このことによって、空中像の視認性が高くなり、観察者の注意や意識が空中像に集中することによっても光学的要素の遮蔽効果が高まる。また、偏光方向選択部は、空中像形成光学系における第二の光の進行経路上の最奥側、即ち観察者の最も近くに配置されている。このような構成を備えた空中像形成光学系では、空中像形成光学系の外側から該光学系の内側に入射する外光（例えば、自然光）の偏光方向は、基本的にあらゆる方向に向いていると考えられる。従って、光学系の外側から内側に向かう方向に進む前記外光の大部分（即ち、偏光方向が所定の方向ではない部分）は、偏光方向選択部によって遮断される。即ち、偏光方向選択部を、結像部から出射された第二の光の進行経路上に配置することで、観察者側から空中像形成光学系に向かって入射する光を遮断することができる。そのため、前記外光が光学系の内側に進入し難く、観察者に対して光学的要素が効果的に遮蔽される。このことによって、空中像の視認性が高くなる。

10

【0011】

また、本発明に係る空中像形成光学系は、従来の空中像形成光学系とは異なり、光源を有していない。本発明に係る空中像形成光学系は、外部から環境光等の任意の明るい照明光を取り込み可能な映像形成構造として、拡散部、偏光方向変更部及び画像情報付与部を備えている。映像形成構造は、空中像形成光学系の外部から任意の光を受光することで映像光源として機能する。このような映像形成構造を備えていることで、本発明に係る空中像形成光学系は、環境光に基づく映像情報及び空中像を形成すると共に、映像形成構造の光量を増やし、空中像の輝度を高くすることができる。その結果、屋外等の明るい環境下でも高輝度の空中像を結び、明るい場所でも利用可能になる。

20

【0012】

また、本発明に係る空中像形成光学系では、前記偏光方向選択部は、前記結像部と前記所定の結像位置との間に配置されていてもよい。

30

【0013】

上述の空中像形成光学系によれば、偏光方向選択部を結像部の近くに配置し、観察者に対して偏光方向選択部の視認度を下げることができる。

【0014】

また、本発明に係る空中像形成光学系では、前記偏光方向選択部は、前記所定の結像位置より前記進行方向の前側に配置されていてもよい。

【0015】

上述の空中像形成光学系によれば、前記偏光方向選択部を所望の大きさ（例えば、空中像形成光学系の全体）に拡大することで、観察者に対して空中像形成光学系の所望の部分（例えば、空中像形成光学系の全体）の視認度を下げることができる。

40

【0016】

また、本発明に係る空中像形成光学系では、前記結像部は再帰性透過材を備えていてもよい。

【0017】

上述の空中像形成光学系によれば、結像部が再帰性光学素子を備えているので、空中像の輝度を高くすることができる。また、拡散部及び偏光方向変更部の相対位置を維持しつつ、再帰性光学素子に対してこれらの部材を近接又は離間させることで、空中像の形成位置を移動させ、観察者に空中像の動きを視認させることができる。さらに、再帰性光学素子の中でも再帰性透過材を用いることによって、結像部を単体の再帰性透過材のみで構成し、空中像形成光学系の構成を簡易にすることができる。このことによって、使用目的等

50

に応じた空中像形成光学系の小型化や薄型化を図ることができる。

【0018】

また、本発明に係る空中像形成光学系では、前記結像部は再帰性反射材を備えていてもよい。

【0019】

上述の空中像形成光学系によれば、再帰性反射材を用いるので、空中像形成光学系の内部の形状及び構成要素の設計が不定形でもよい等の設計の自由度を拡げることができる。また、再帰性反射材は再帰性透過材に比べて素子そのものの大型化が容易であるため、空中像形成光学系の大型化を容易に図ることができる。

【0020】

本発明に係る空中像形成装置は、光源と、前記光源から出射された光の偏光方向を所定の方向に変更する偏光方向変更部と、偏光方向が前記所定の方向に変更された第一の光に所望の画像情報を付与して第二の光として出射する画像情報付与部と、前記画像情報が付与されて入射される前記第二の光を所定の結像位置に結像させる結像部と、前記結像部から出射された前記第二の光の進行経路上に配置され、偏光方向が前記所定の方向である光を透過させ、且つ偏光方向が前記所定の方向とは異なる方向である光を遮光する偏光方向選択部と、を備えていることを特徴とする。

【0021】

本発明に係る空中像形成装置は、光学的要素（例えば、光学部品）の遮蔽構造として、偏光方向変更部及び偏光方向選択部を備えている。従って、上述の空中像形成光学系と同様に、空中像形成装置の外側から内側に向かう方向に進む前記外光は、偏光方向選択部によって遮光される。このことによって、前記外光が光学系の内側に進入し難く、観察者に対して光学的要素が遮蔽される。即ち、偏光方向選択部を、結像部から出射された第二の光の進行経路上に配置することで、観察者側から空中像形成光学系に向かって入射する光が遮断される。また、空中像の視認性が極めて高くなり、観察者の注意が空中像に集中することによって光学的要素の遮蔽効果が高まる。

【0022】

本発明に空中像形成装置では、前記光源から出射された光を拡散させて前記偏光方向変更部に照射する拡散部を備えていてもよい。

【0023】

上述の空中像形成装置によれば、光源から出射された光が光軸に対して略平行な光であっても、拡散部によって光を拡散させ、その後結像させることができる。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、視認性の高い実像を形成可能な空中像形成光学系及び空中像形成装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明を適用した第一実施形態の空中像形成光学系の側面図である。

【図2】図1に示す空中像形成光学系の偏光方向変更部及び画像情報付与部の構成例と動作原理を説明するための模式図である。

【図3】図1に示す空中像形成光学系の光の拡散角度と空中像の視域との関係を説明するための側面図である。

【図4】図1に示す空中像形成光学系の光の拡散角度と空中像の視域との関係を説明するための別の側面図である。

【図5】本発明を適用した第二実施形態の空中像形成光学系の側面図である。

【図6】本発明を適用した第二実施形態の変形例の空中像形成光学系の側面図である。

【図7】本発明を適用した第三実施形態の空中像形成光学系の側面図である。

【図8】本発明を適用した第四実施形態の空中像形成光学系の側面図である。

【図9】本発明を適用した第五実施形態の空中像形成装置の側面図である。

10

20

30

40

50

【図 10】本発明を適用した第一実施形態の変形例の空中像形成光学系の側面図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明に係る計測用デバイス及び計測センサの実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の説明で用いる図面は模式的なものであり、長さ、幅、及び厚みの比率等は実際のものとは限らず、適宜変更することができる。

【0027】

図 1 に例示するように、本発明に係る空中像形成光学系 1 は、拡散部 12、偏光方向変更部 14、画像情報付与部 16、結像部 20、及び、偏光方向選択部 30 を備えている。

【0028】

拡散部 12 は、任意の光源 S から出射された光 L0 を受光し、入射した光 L0 を光軸（入射光軸）A を基準とする所定の角度範囲で拡散させる。拡散部 12 としては、公知の拡散板、和紙等が挙げられるが、光 L0 を所定の角度範囲で拡散させることができる部材であれば、特に限定されない。

【0029】

偏光方向変更部 14 は、拡散部 12 によって拡散された光 L1 の偏光方向を所定の方向（例えば、図 1 に示す V2 方向や V1 方向）に変更する。偏光方向変更部 14 としては、公知の偏光板や偏光フィルター、偏光フィルム等が挙げられる。

【0030】

画像情報付与部 16 は、偏光方向が所定の方向に変更された第一の光 L11 に所望の画像情報 I を付与する。具体的には、画像情報付与部 16 は、画像情報 I に合わせて光軸 A に直交する面（即ち、図 1 に示す V1 方向及び V2 方向を含む面）に沿って、第一の光 L11 の強度、波長、等の光学特性を変更する。このことによって、第一の光 L11 に所望の画像情報 I が付与される。

【0031】

偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 をコンパクトに兼ね備える光学デバイスとして、例えばバックライトを除去した液晶ディスプレイ（所謂、透明液晶ディスプレイ）が挙げられる。図 2 に示すように、液晶ディスプレイは、光軸 A に直交する面に沿って V1 方向及び V2 方向に配列された複数のセル C を備えている。

【0032】

図 2 に、V1 方向に沿って隣接する三つのセル C を示す。図 2 の矢印（両端が矢先である矢印）は、光の偏光方向を表している。各々のセル C には、D3 方向に沿って、手前側から奥側（図 2 の紙面の上方から下方）に向かって、偏光フィルター 13A / 13B / 13C、第一の配向板 17A / 17B / 17C、複数の液晶分子 15、第二の配向板 18A / 18B / 18C、及び、赤（Red）、緑（Green）、又は青（Blue）のカラーフィルター 19A / 19B / 19C が配置されている。偏光フィルター 13A / 13B / 13C は、入射した光 L1 のうち、偏光方向が V2 方向である光 L1 のみを透過させる。V2 方向に延在する溝が第一の配向板 17A / 17B / 17C に複数形成されている。V2 方向を含む面内にあり、且つ V2 方向に直交する方向、即ち V1 方向に延在する溝が第二の配向板 18A / 18B / 18C に複数形成されている。

【0033】

D3 方向において、複数の液晶分子 15 は、第一の配向板 17A / 17B / 17C と第二の配向板 18A / 18B / 18C に挟まれている。液晶分子 15 の向きや、各配向板に電圧をかけた際の液晶分子 15 の挙動は、公知である。液晶分子 15 がツイストネマティック（TN）液晶の場合、第一の配向板 17A / 17B / 17C と第二の配向板 18A / 18B / 18C に電圧がかかると、複数の液晶分子 15 が側面視で直立するので、入射した光 L11 の偏光方向は V2 方向に維持される。例えば、図 2 の緑（Green）のカラーフィルター 19B を通る光の偏光方向は、V2 方向である。一方、第一の配向板 17A / 17B / 17C と第二の配向板 18A / 18B / 18C に電圧がかかれば、液晶分子 15 の長軸は、液晶分子の隙間に沿って、V1 方向及び V2 方向を含む平面上で略 90 度

10

20

30

40

50

ねじれる。この際、入射した光 L 1 1 の偏光方向は、V 1 方向になる。例えば、図 2 の赤 (Red) のカラーフィルター 1 9 A や青 (Blue) のカラーフィルター 1 9 A, C を通る光の偏光方向は、V 1 方向になっている。

【 0 0 3 4 】

上述のように、第一の配向板 1 7 A / 1 7 B / 1 7 C、第二の配向板 1 8 A / 1 8 B / 1 8 C、及び、複数の液晶分子 1 5 を用いて、複数のセル C 毎に、画像情報 I に応じた偏光方向を設定することができる。即ち、第一の配向板 1 7 A / 1 7 B / 1 7 C、第二の配向板 1 8 A / 1 8 B / 1 8 C、及び、複数の液晶分子 1 5 によって、空中像 M の形成に寄与するセル C の偏光方向を所定の方向とし、空中像 M の形成に寄与するセル C の偏光方向を所定の方向とは異なる方向にすることができる。

10

【 0 0 3 5 】

また、複数のセル C の各々で、画像情報 I のパターンやカラーフィルター 1 9 A / 1 9 B / 1 9 C の配置に応じて、第一の配向板 1 7 A / 1 7 B / 1 7 C と第二の配向板 1 8 A / 1 8 B / 1 8 C にかかる電圧を変えることができる。このことにより、複数のセル C 毎に、画像情報 I に応じた偏光方向と、波長情報 (即ち、カラーフィルター 1 9 A / 1 9 B / 1 9 C を透過する波長の情報) が付与される。偏光フィルター 1 3 A / 1 3 B / 1 3 C、第一の配向板 1 7 A / 1 7 B / 1 7 C、複数の液晶分子 1 5、及び、第二の配向板 1 8 A / 1 8 B / 1 8 C は、偏光方向変更部 1 4 として機能する。また、第一の配向板 1 7 A / 1 7 B / 1 7 C、複数の液晶分子 1 5、及び、第二の配向板 1 8 A / 1 8 B / 1 8 C、及び、カラーフィルター 1 9 A / 1 9 B / 1 9 C は、画像情報付与部 1 6 として機能する。

20

【 0 0 3 6 】

図 1 に示すように、結像部 2 0 は、画像情報 I が付与された第二の光 L 1 3 を所定の結像位置 P 2 に実像として結像させる。結像位置 P 2 に結像した第二の光 L 1 3 によって、実像である空中像 M が形成される。結像部 2 0 を構成する光学デバイスの例は、後述の各実施形態で説明する。

【 0 0 3 7 】

偏光方向選択部 3 0 は、結像部 2 0 から出射された第二の光 L 1 2 の進行経路上に配置されている。偏光方向選択部 3 0 は、偏光方向が所定の方向 (例えば、図 1 に示す V 2 方向) である光を透過させ、且つ偏光方向が所定の方向とは異なる方向である光を反射等によって遮光する。偏光方向選択部 3 0 としては、公知の偏光板や、偏光フィルター、偏光フィルム等が挙げられる。偏光方向選択部 3 0 としての偏光板や、偏光フィルター、偏光フィルム等は、透過させる光の偏光方向が所定の方向と平行になるように配置されている。所定の方向は、画像情報 I が付加され、空中像 M の形成に寄与する第二の光 L 1 2 の偏光方向である。

30

【 0 0 3 8 】

以下、図 1 から図 9 を参照し、空中像形成光学系 1 の実施形態について説明する。

【 0 0 3 9 】

(第一実施形態)

図 1 に示すように、本発明を適用した第一実施形態の空中像形成光学系 1 A では、拡散部 1 2 は、太陽等の光源 S から出射された太陽光等の光 L 0 を略上方から受光するように、水平方向に沿って配置されている。

40

【 0 0 4 0 】

偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 は、光 L 1 の進行方向 (即ち、D 3 方向) において拡散部 1 2 に近接し、且つ拡散部 1 2 の奥側 (空中像形成光学系 1 A の側面視では、拡散部 1 2 の下側) に配置されている。画像情報付与部 1 6 には、上述の透明液晶ディスプレイが用いられている。具体的には、拡散部 1 2 の出射面に透明液晶ディスプレイが貼り付けられている。

【 0 0 4 1 】

結像部 2 0 は、再帰性透過材 2 0 A である。再帰性透過材 2 0 A の入射面 2 1 は、画像

50

情報付与部 16 の出射面 16 E (又は、偏光方向変更部 14 の出射面) に対向し、且つ出射面 16 E に対して略 45° をなすように傾斜している。再帰性透過材 20 A は、板状に形成されている。再帰性透過材 20 A の出射面 22 は、入射面 21 と略平行し、画像情報付与部 16 の出射面 16 E に対して略 45° をなすように傾斜している。このように再帰性透過材 20 A が偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 に対して傾斜していることで、第二の光 L12 の進行方向及び進行経路は、再帰性透過材 20 A を中心として略鉛直方向から略水平方向に折り返す。

【0042】

所定の結像位置 P2 は、拡散部 12 によって拡散された光 L1 の原点 O1 を、再帰性透過材 20 A を中心にして折り返した位置にある。即ち、結像位置 P2 は、拡散部 12 と結像部 20 との相対位置が決まれば一義的に決まる。また、鉛直方向 (即ち、D3 方向) における原点 O1 と再帰性透過材 20 A の任意の位置との距離と、水平方向 (即ち、D4 方向) における再帰性透過材 20 A の前記任意の位置と結像位置 P2 との距離は、等しい。また、結像位置 P2 は、結像部 20 への第二の光 L12 の入射位置 P1 より、第二の光 L13 の進行方向 (即ち、図 1 に示す D3 方向及び D4 方向) の奥側にある。

10

【0043】

偏光方向選択部 30 は、再帰性透過材 20 A の出射面 22 から出射された第二の光 L13 の進行経路上 (即ち、D4 方向) において、再帰性透過材 20 A と結像位置 P2 との間に配置されている。再帰性透過材 20 A から出射された第二の光 L12 の光軸 A に直交する方向 (即ち、図 1 に示す鉛直方向) において、偏光方向選択部 30 の外側に、遮光性を有するマスク部 32 が設けられている。マスク部 32 としては、遮光性を有する光学フィルター、黒い紙や該黒い紙を表面に貼着した部材等が挙げられる。

20

【0044】

観察者 E は、第二の光 L13 の進行経路上で、光 L13 の進行方向とは逆向き (即ち、図 1 に示す D5 方向; 以下、観察方向ともいう) に向かって、結像位置 P2 に形成される空中像 M を観察することができる。

【0045】

観察方向において、少なくとも再帰性透過材 20 A の奥側に、遮光部材 40 が設けられている。空中像 M の視認度を確実に高める点から、観察方向において、再帰性透過材 20 A に加えて拡散部 12、偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 の奥側及び、これらの側方に遮光部材 40 が設けられていることが好ましい。つまり、拡散部 12、偏光方向変更部 14、画像情報付与部 16、及び、再帰性透過材 20 A (即ち、偏光方向選択部 30 以外の光構成要素) が遮光部材 40 で囲まれた空間に配置され、拡散部 12 から出射された光 L0 以外の光が遮光部材 40 で囲まれた空間に入射しないことが好ましい。

30

【0046】

空中像形成光学系 1A では、拡散部 12 に光 L0 が入射すると、拡散部 12 によって光 L0 が角度範囲で拡散され、光 L1 として偏光方向変更部 14 に入射する。偏光方向変更部 14 によって光 L1 の偏光方向が所定の方向に変更され、光 L11 として画像情報付与部 16 に入射する。

【0047】

画像情報付与部 16 の透明液晶ディスプレイの各セル C では、画像情報 I に応じて、空中像 M の形成に寄与する光 L1 の偏光方向を所定の方向とし、空中像 M の形成に寄与しない光 L1 の偏光方向を所定の方向とは異なる方向にする。偏光方向が適宜変更された光 L11 は、カラーフィルター 19A / 19B / 19C を通過し、第二の光 L12 として画像情報付与部 16 から出射される。カラーフィルター 19A / 19B / 19C を通過することで、第二の光 L12 には、画像情報 I に応じた偏光方向に加えて波長情報が付与される。

40

【0048】

画像情報付与部 16 から出射された第二の光 L12 は、D3 方向に沿って進行し、再帰性透過材 20 A に入射する。再帰性透過材 20 A に入射した第二の光 L12 は、再帰透過

50

し、光 L 1 3 として、再帰性透過材 2 0 A から D 4 方向に沿って出射され、偏光方向選択部 3 0 に入射する。偏光方向選択部 3 0 に入射した光 L 1 3 のうち、偏光方向が所定方向である光 L 1 3 は、偏光方向選択部 3 0 を透過し、所定の結像位置 P 2 で結像し、実像である空中像 M を形成する。偏光方向選択部 3 0 に入射した光 L 1 3 のうち、偏光方向が所定方向とは異なる光 L 1 3 は、偏光方向選択部 3 0 で反射され、観察者 E には視認されない。

【 0 0 4 9 】

なお、図 1 では、光源 S から出射された光 L 0 が鉛直方向の上側から下側に進行する場合を例示しているため、拡散部 1 2 が水平方向に沿って配置されている。拡散部 1 2 の向きは水平方向に限定されない。また、偏光方向変更部 1 4、画像情報付与部 1 6、再帰性透過材 2 0 A、及び、偏光方向選択部 3 0 の配置や向き、角度は、拡散部 1 2 から出射される光 L 0 の向きに応じて適宜変更される。

10

【 0 0 5 0 】

以上説明した第一実施形態の空中像形成光学系 1 A は、再帰性透過材 2 0 A をはじめ、拡散部 1 2 等の光学的要素の遮蔽構造として、偏光方向変更部 1 4 及び偏光方向選択部 3 0 を備えている。これらの構成を備えることによって、偏光方向が所定方向である第二の光 L 1 3 のみが偏光方向選択部 3 0 から透過され、空中像 M が形成される。観察者 E は、実像である空中像 M を視認することができる。例えば空中像形成光学系 1 A の外側から第二の光 L 1 2、L 1 3 の進行経路に進入する外光等のように、空中像 M の形成に寄与しない光の偏光方向は、偏光方向変更部 1 4 によって所定方向に変更されない。そのため、空中像 M の形成に寄与しない光は、偏光方向選択部 3 0 を透過しない。また、偏光方向選択部 3 0 の外側から D 5 方向に進入する外光 L X の大部分の偏光方向も偏光方向変更部 1 4 によって所定方向に変更されない。そのため、外光 L X の大部分が偏光方向選択部 3 0 で遮光される。即ち、偏光方向選択部 3 0 を、第二の光 L 1 3 の進行経路上に配置することで、観察者 E 側から空中像形成光学系 1 A に向かって入射する光（例えば外光 L X）を遮断することができる。このことによって、空中像 M の視認性が高くなり、観察者 E の注意意識が空中像 M に集中する。従って、空中像形成光学系 1 A によれば、空中像 M の視認性を高め、空中像形成光学系 1 A の光学的要素の遮蔽効果を高くすることができる。

20

【 0 0 5 1 】

また、第一実施形態の空中像形成光学系 1 A は、従来の空中像形成装置や空中像ディスプレイとは異なり、光源を有していない。空中像形成光学系 1 A は、太陽光や人工的な光源から出射された光（即ち、環境光）等の任意の明るい光を受光可能な映像形成構造として、拡散部 1 2、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 を備えている。このような映像形成構造を備えていることで、空中像形成光学系 1 A は、環境光に基づく映像情報及び空中像 M を形成することができ、屋外や照明が付けられた室内等の明るい環境下で利用可能になる。そして、空中像形成光学系 1 A によれば、拡散部 1 2 及び映像形成構造から出射される光 L 0、L 1 2 の光量を増やし、高輝度の空中像 M を形成することができる。

30

【 0 0 5 2 】

また、第一実施形態の空中像形成光学系 1 A では、偏光方向選択部 3 0 が再帰性透過材 2 0 A と所定の結像位置 P 2 との間に配置され、再帰性透過材 2 0 A の比較的近くに配置されている。このような相対配置によれば、偏光方向選択部 3 0 の大きさを、偏光方向が所定方向である第二の光 L 1 3 が透過する範囲に抑えつつ、観察者 E に対して再帰性透過材 2 0 A の視認度を下げることができる。このことによって、空中像 M の視認度を高めることができる。

40

【 0 0 5 3 】

また、第一実施形態の空中像形成光学系 1 A では、結像部 2 0 は再帰性透過材 2 0 A を備えているので、空中像 M の輝度を高くすることができる。また、再帰性透過材 2 0 A の位置を固定し、図 1 に示すように、拡散部 1 2、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6（即ち、映像形成構造をなす光学的要素）の相対位置を維持しつつ、再帰性透過材 2 0 A に対してこれらの部材を近接又は離間させると、空中像 M を崩すことなく、空中像 M

50

の形成位置を移動させることができる。例えば、拡散部 12、偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 が位置 P3 から位置 P4 に移動すると、空中像 M の結像位置が位置 P2 から位置 P5 に移動し、空中像 M' が形成される。このように再帰性透過材 20A の位置を固定し、再帰性透過材 20A に対する拡散部 12、偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 の相対位置を移動させることで、観察者 E に空中像 M の動きを視認させることができる。言い換えれば、空中像 M に四次元的な動きを付与することができ、例えば空中像 M が観察者 E の手前に飛んでくるような効果や飛び跳ねるような効果をもたらすことができる。

【0054】

また、第一実施形態の空中像形成光学系 1A では、結像部 20 を再帰性透過材 20A とすることによって、光学系における光の反射回数を少なくし、拡散部 12 から出射された光 L0 の光量の低下を抑えることができる。このことによって、空中像 M の輝度をさらに高めることができる。

10

【0055】

また、第一実施形態の空中像形成光学系 1A では、結像部 20 は再帰性透過材 20A を備えているので、空中像形成光学系 1A の全体構成を簡素にすることができる。このことによって、例えばデジタルサイネージ等の使用目的に合わせた空中像形成光学系 1A の小型化や薄型化を図ることができる。

【0056】

また、第一実施形態の空中像形成光学系 1A では、光 L0 の角度範囲を変化させることによって、観察者 E が空中像 M を観察する際の視域を変えることができる。図 3 に示すように、空間像 M として一旦結像した第二の光 L13 は、結像した後に観察者 E に向けて D4 方向に進むと共に拡散する。結像した後に拡散する第二の光 L13 の角度範囲は、観察者 E が空中像 M を観察する際の視域に対応している。図 4 に示すように、光 L0 の角度範囲が角度範囲' に縮小されると、第二の光 L13 の角度範囲も角度範囲' に縮小され、空中像 M の視域が狭くなる。このような原理をふまえ、光 L0 の角度範囲は、光軸 A に沿った光源 S と拡散部 12 との距離に依存し、この距離をふまえて適宜設定されている。

20

【0057】

また、第一実施形態の空中像形成光学系 1A では、映像形成構造をなす拡散部 12、偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 は、鉛直方向に沿って（所謂、縦並びに）配置されている。一方、再帰性透過材 20A 及び偏光方向選択部 30 は、鉛直方向では映像形成構造の下方、かつ水平方向に沿って（所謂、横並びに）配置されている。このことにより、空中像形成光学系 1A の奥行き方向（即ち、図 1 における水平方向）の大きさを抑え、薄型化を図ることができる。また、観察者 E の視線には主に再帰性透過材 20A 及び偏光方向選択部 30 が配置されるので、空中像形成光学系 1A を構成する光学的要素のうち、再帰性透過材 20A が主な遮蔽対象になる。再帰性透過材 20A は偏光方向選択部 30 によって偏光方向選択部 30 より D4 方向の手前側に配置されているので、空中像形成光学系 1A によれば、再帰性透過材 20A を効果的に遮蔽することができる。

30

【0058】

（第二実施形態）

次に、本発明を適用した第二実施形態の空中像形成光学系 1B について説明する。なお、図 5 に示す空中像形成光学系 1B の構成要素のうち、第一実施形態の空中像形成光学系 1A と共通する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

40

【0059】

図 5 に示すように、空中像形成光学系 1B では、空中像形成光学系 1A と共通の構成要素と、反射部 60 と、を備えている。但し、空中像形成光学系 1A と共通の構成要素の一部の配置は、空中像形成光学系 1A での配置とは以下のように異なる。

【0060】

空中像形成光学系 1B では、拡散部 12、偏光方向変更部 14、画像情報付与部 16、

50

再帰性透過材 20A、偏光方向選択部 30 が鉛直方向に沿って延在している。また、鉛直方向において、再帰性透過材 20A の下端部 20d が画像情報付与部 16 の上端部 16c (又は、拡散部 12 の上端部、偏光方向変更部 14 の上端部)と同程度、又は、画像情報付与部 16 の上端部 16c より上方に位置している。

【0061】

偏光方向選択部 30 は、再帰性透過材 20A の出射面 22 に近接するように配置されている。具体的には、板状の偏光方向選択部 30 が再帰性透過材 20A の出射面 22 に貼り付けられている。

【0062】

反射部 60 は、水平方向に沿って延在している。反射部 60 の一方の端部 60a は、再帰性透過材 20A の下端部 20d に接続されている。反射部 60 としては、例えばミラーが挙げられる。なお、反射部 60 は、再帰性透過材 20A に向いている面 60r で、再帰性透過材 20A から再帰透過されて出射した第二の光 L13 を正反射させることができる部材であれば、特に限定されない。

10

【0063】

反射部 60 の他方の端部 60b は、少なくとも、端部 60a から水平方向に沿って延ばした不図示の仮想線と、再帰性透過材 20A の出射面 22 から出射された光 L13 とが交差する位置より水平方向の奥側 (即ち、前記仮想線と光 L13 とが交差する位置から見て端部 60a とは反対側) に位置している。

【0064】

空中像形成光学系 1B では、拡散部 12 に光 L0 が入射すると、拡散部 12 によって光 L0 が所定の角度範囲で拡散され、光 L1 として偏光方向変更部 14 に入射する。偏光方向変更部 14 によって光 L1 の偏光方向が所定の方向に変更され、光 L11 として画像情報付与部 16 に入射する。第一実施形態の空中像形成光学系 1A と同様に、画像情報付与部 16 によって、光 L11 に画像情報 I に応じた偏光方向のパターン及び波長情報が付与される。

20

【0065】

画像情報付与部 16 から出射された第二の光 L12 は、D3 方向に沿って進行し、再帰性透過材 20A に入射する。再帰性透過材 20A に入射した第二の光 L12 は、再帰透過し、第二の光 L13 として、再帰性透過材 20A から D4 方向に沿って出射され、偏光方向選択部 30 に入射する。偏光方向選択部 30 に入射した第二の光 L13 のうち、偏光方向が所定の方向である第二の光 L13 は、偏光方向選択部 30 を透過し、反射部 60 の面 (反射面) 60r に入射し、面 60r で D3 方向に正反射される。反射部 60 によって正反射された第二の光 L13 は、所定の結像位置 P2 で結像し、実像である空中像 M を形成する。空中像形成光学系 1A と同様に、偏光方向選択部 30 に入射した光 L13 のうち、偏光方向が所定の方向とは異なる光 L13 は、偏光方向選択部 30 で反射され、観察者 E には視認されない。

30

【0066】

以上説明した第二実施形態の空中像形成光学系 1B は、再帰性透過材 20A をはじめ、拡散部 12 等の光学的要素の遮蔽構造として、偏光方向変更部 14 及び偏光方向選択部 30 を備えている。これらの構成を備えることによって、偏光方向が所定の方向である光 L13 のみが偏光方向選択部 30 から透過され、空中像 M が形成される。観察者 E は、実像である空中像 M を視認することができる。従って、空中像形成光学系 1B によれば、第一実施形態の空中像形成光学系 1A と同様に、空中像 M の視認性を高め、空中像形成光学系 1B の光学的要素の遮蔽効果を高くすることができる。

40

【0067】

また、第二実施形態の空中像形成光学系 1B では、鉛直方向において、再帰性透過材 20A 及び偏光方向選択部 30 が拡散部 12、偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 からなる映像形成構造より上方に配置されている。また、反射部 60 が再帰性透過材 20A の下端部 20d から水位方向に沿って映像形成構造とは反対側に延在している。このよ

50

うな構成によって、再帰性透過材 20A から出射された第二の光 L13 が鉛直方向において映像形成構造の上方で進行し、観察者 E に届く。このことにより、空中像形成光学系 1B の光学的要素の遮蔽効果を高くすることができる。

【0068】

また、第二実施形態の空中像形成光学系 1B では、映像形成構造をなす拡散部 12、偏光方向変更部 14 及び画像情報付与部 16 は、水平方向に沿って（所謂、横並びに）配置されている。一方、再帰性透過材 20A 及び偏光方向選択部 30 は、鉛直方向では映像形成構造の上方、かつ水平方向に沿って（所謂、横並びに）配置されている。このことにより、空中像形成光学系 1A の高さ方向（即ち、図 1 における鉛直方向）の大きさを抑え、小型化を図ることができる。また、観察者 E の視線には主に再帰性透過材 20A 及び偏光方向選択部 30 が配置されるので、空中像形成光学系 1A と同様に、空中像形成光学系 1B を構成する光学的要素のうち、再帰性透過材 20A が主な遮蔽対象になる。再帰性透過材 20A は偏光方向選択部 30 によって偏光方向選択部 30 より D4 方向手前側に配置されているので、空中像形成光学系 1B によれば、再帰性透過材 20A を効果的に遮蔽することができる。また、空中像形成光学系 1B では、偏光方向選択部 30 が再帰性透過材 20A の出射面 22 に貼られているので、再帰性透過材 20A を偏光板や、偏光フィルター、偏光フィルム等で覆い、再帰性透過材 20A を見え難くすることができる。

10

【0069】

また、本発明に係る映像形成構造では、第一実施形態で説明したように、拡散部 12 及び映像形成構造から出射される光 L0, L12 の光量を高くしている。このことによって、本発明に係る映像形成構造は、第二実施形態の空中像形成光学系 1B や後述する各実施形態の空中像形成光学系のように空中像形成光学系 1A よりも光の反射回数が多い光学系にも適応し易い。

20

【0070】

（第二実施形態の変形例）

次に、本発明を適用した第二実施形態の空中像形成光学系 1B を変形した空中像形成光学系 1C について説明する。なお、図 6 に示す空中像形成光学系 1C の構成要素のうち、第二実施形態の空中像形成光学系 1B と共通する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【0071】

図 6 に示すように、空中像形成光学系 1C は、空中像形成光学系 1B と共通の構成要素を備えている。但し、偏光方向選択部 30 の配置は、空中像形成光学系 1B での配置とは異なる。偏光方向選択部 30 は、反射部 60 において再帰性透過材 20A に向いている面 60r に近接及び平行するように配置されている。具体的には、板状の偏光方向選択部 30 が反射部 60 の面 60r に貼り付けられている。

30

【0072】

空中像形成光学系 1C での光の進行は、前述した空中像形成光学系 1B での光の進行と同様である。但し、空中像形成光学系 1C では、再帰性透過材 20A を再帰透過した第二の光 L13 は、再帰性透過材 20A から D4 方向に沿って出射され、偏光方向選択部 30 に入射する。偏光方向選択部 30 に入射した第二の光 L13 のうち、偏光方向が所定方向である第二の光 L13 は、偏光方向選択部 30 を透過した直後に、反射部 60 の面（反射面）60r に入射し、面 60r で正反射される。反射部 60 によって正反射された第二の光 L13 は、所定の結像位置 P2 で結像し、実像である空中像 M を形成する。空中像形成光学系 1A と同様に、偏光方向選択部 30 に入射した光 L13 のうち、偏光方向が所定方向とは異なる光 L13 は、偏光方向選択部 30 で反射され、観察者 E には視認されない。

40

【0073】

以上説明した第二実施形態の変形例の空中像形成光学系 1C によれば、空中像形成光学系 1B と同様の作用効果が得られ、空中像 M の視認性を高めると共に、空中像形成光学系 1C の光学的要素の遮蔽効果を高くすることができる。

50

【 0 0 7 4 】

また、第二実施形態の変形例の空中像形成光学系 1 C では、偏光方向選択部 3 0 が反射部 6 0 の面 6 0 r に貼られているので、面 6 0 r のぎらつきを抑え、観察者 E に反射部 6 0 の光沢を見え難くすることができる。なお、観察者 E の視域内に再帰性透過材 2 0 A があるが、再帰性透過材 2 0 A は第二の光 L 1 3 の波長域で透明（例えば、透過率が 8 0 % 以上 1 0 0 % 以下であること）であり、再帰性透過材 2 0 A の透過率（透明度）は、空中像 M の輝度値に反映される。再帰性透過材 2 0 A の透過率が高い程、反射部 6 0 の光沢が観察者 E に対して見え難くなるので、好ましい。

【 0 0 7 5 】

（第三実施形態）

次に、本発明を適用した第三実施形態の空中像形成光学系 1 D について説明する。なお、図 7 に示す空中像形成光学系 1 D の構成要素のうち、第二実施形態の空中像形成光学系 1 B と共通する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 7 6 】

図 7 に示すように、空中像形成光学系 1 D は、空中像形成光学系 1 B と共通の構成要素を備えている。但し、偏光方向選択部 3 0 の配置は、空中像形成光学系 1 B , 1 C での配置とは異なる。偏光方向選択部 3 0 は、水平方向において少なくとも所定の結像位置 P 2 よりも第二の光 L 1 3 の進行方向の奥側（即ち、観察者 E 側）、好ましくは反射部 6 0 の他方の端部 6 0 b よりも前記進行方向の奥側に配置されている。

【 0 0 7 7 】

偏光方向選択部 3 0 は、鉛直方向に沿って延在している。偏光方向選択部 3 0 の上端部 3 0 c は、再帰性透過材 2 0 A の上端部 2 0 c と同程度、又は、再帰性透過材 2 0 A の上端部 2 0 c より上方に位置している。偏光方向選択部 3 0 の下端部 3 0 d は、画像情報付与部 1 6 の下端部 1 6 d（又は、拡散部 1 2 の下端部、偏光方向変更部 1 4 の下端部）と同程度、又は、画像情報付与部 1 6 の下端部 1 6 d より下方に位置している。即ち、D 5 方向から見ると、偏光方向選択部 3 0 は、偏光方向選択部 3 0 以外の空中像形成光学系 1 D の光学的要素の全体を隠すように配置されている。

【 0 0 7 8 】

空中像形成光学系 1 D での光の進行は、前述した空中像形成光学系 1 B での光の進行と同様である。但し、再帰性透過材 2 0 A を再帰透過した第二の光 L 1 3 は、再帰性透過材 2 0 A から D 4 方向に沿って出射され、反射部 6 0 の面（反射面）6 0 r に入射し、面 6 0 r で D 3 方向に正反射される。反射部 6 0 によって正反射された第二の光 L 1 3 は、偏光方向に関係なく、所定の結像位置 P 2 で結像し、実像である空中像 M を形成する。結像位置 P 2 で一旦結像した第二の光 L 1 3 は、光軸 A を基準にして拡散しながら D 3 方向に沿って進み、偏光方向選択部 3 0 の上部に入射する。偏光方向選択部 3 0 に入射した光 L 1 3 のうち、偏光方向が所定の方向である光 L 1 3 は、偏光方向選択部 3 0 を透過する。偏光方向選択部 3 0 に入射した光 L 1 3 のうち、偏光方向が所定の方向とは異なる光 L 1 3 は、偏光方向選択部 3 0 で反射される。その結果、第二の光 L 1 3 のうち偏光方向が所定の方向である光で形成される空中像 M のみが観察者 E に視認される。

【 0 0 7 9 】

以上説明した第三実施形態の変形例の空中像形成光学系 1 D によれば、空中像形成光学系 1 B と同様の作用効果が得られ、空中像 M の視認性を高めると共に、空中像形成光学系 1 D の光学的要素の遮蔽効果を高くすることができる。

【 0 0 8 0 】

また、第三実施形態の空中像形成光学系 1 D では、偏光方向選択部 3 0 が偏光方向選択部 3 0 以外の空中像形成光学系 1 D の光学的要素の全体を隠すように配置されているので、観察者 E に対して光学的要素の全体を見え難くすることができる。また、偏光方向選択部 3 0 による遮光範囲が広いので、観察者 E に対して、空中像形成光学系 1 D の上述の光学的要素に付設されている部材や空中像形成光学系 1 D に進入する外光等を包括的に見え難くすることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 8 1 】

(第四実施形態)

次に、本発明を適用した第四実施形態の空中像形成光学系 1 E について説明する。なお、図 8 に示す空中像形成光学系 1 E の構成要素のうち、第一実施形態の空中像形成光学系 1 A と共通する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

【 0 0 8 2 】

図 8 に示すように、空中像形成光学系 1 E は、拡散部 1 2、偏光方向変更部 1 4、画像情報付与部 1 6、光分岐部 8 0、結像部 2 0、及び、偏光方向選択部 3 0 を備えている。

【 0 0 8 3 】

光分岐部 8 0 は、入射する第二の光 L 1 2 の一部を正反射させ、第二の光 L 1 2 の残部を透過させる。光分岐部 8 0 は、画像情報付与部 1 6 から出射された第二の光 L 1 2 の進行経路上に配置され、第二の光 L 1 2 の光軸 A に対して略 4 5 ° をなすように傾斜している。このように光分岐部 8 0 が偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 に対して傾斜していることで、第二の光 L 1 2 の進行方向及び進行経路は、光分岐部 8 0 を基点として D 5 方向と D 3 方向に一旦分岐する。後述するように再帰反射された後、第二の光 L 1 4、L 1 5 の進行方向及び進行経路は、光分岐部 8 0 で合流し、D 5 方向に重なる。つまり、第二の光 L 1 2、L 1 3 の進行方向及び進行経路は、光分岐部 8 0 を中心として略鉛直方向から略水平方向に折り返す。光分岐部 8 0 としては、例えばハーフミラーが挙げられる。

【 0 0 8 4 】

結像部 2 0 は、二つの再帰性反射材 2 0 B、2 0 C で構成されている。二つの再帰性反射材 2 0 B、2 0 C は、各々、再帰反射面 2 4 を有している。再帰反射面 2 4 の構造は、公知の再帰反射構造であってよく、入射する第二の光 L 1 2 を再帰反射させることができる構造であって、特に限定されない。例えば、再帰反射面 2 4 に、微小な直径及び空気より高い屈折率を有する球体 2 8 が再帰性反射材 2 0 B / 2 0 C の各々の延在方向に沿って間隔をあけずに複数配列されている。

【 0 0 8 5 】

再帰性反射材 2 0 B は、光分岐部 8 0 の入射面 8 1 で正反射された第二の光 L 1 2 の進行経路上に配置されている。再帰性反射材 2 0 B は、再帰反射面 2 4 を光分岐部 8 0 の入射面 8 1 (即ち、分岐面) に対向させ、鉛直方向に沿って延在している。再帰性反射材 2 0 C は、光分岐部 8 0 の出射面 8 2 から出射 (透過) された第二の光 L 1 2 の進行経路上に配置されている。再帰性反射材 2 0 C は、再帰反射面 2 4 を光分岐部 8 0 の出射面 8 2 に対向させ、水平方向に沿って延在している。

【 0 0 8 6 】

所定の結像位置 P 2 は、拡散部 1 2 によって拡散された光 L 1 の原点を、光分岐部 8 0 を中心にして D 4 方向の奥側に折り返した位置にある。光分岐部 8 0、再帰性反射材 2 0 B、2 0 C の相対位置が固定されている場合、結像位置 P 2 は、拡散部 1 2、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 の相対位置が決まれば一義的に決まる。また、鉛直方向 (即ち、D 3 方向) における光 L 1 の原点と光分岐部 8 0 の任意の位置との距離と、水平方向 (即ち、D 4 方向) における光分岐部 8 0 の前記任意の位置と結像位置 P 2 との距離は、等しい。

【 0 0 8 7 】

偏光方向選択部 3 0 は、光分岐部 8 0 の出射面 8 2 から出射された第二の光 L 1 3 の進行経路上 (即ち、D 4 方向) において、光分岐部 8 0 と結像位置 P 2 との間に配置されている。偏光方向選択部 3 0 は、鉛直方向に沿って延在している。

【 0 0 8 8 】

空中像形成光学系 1 E では、拡散部 1 2 に光 L 0 が入射すると、拡散部 1 2 によって光 L 0 が角度範囲で拡散され、光 L 1 として偏光方向変更部 1 4 に入射する。偏光方向変更部 1 4 によって光 L 1 の偏光方向が所定の方向に変更され、光 L 1 1 として画像情報付与部 1 6 に入射する。第一実施形態の空中像形成光学系 1 A と同様に、画像情報付与部 1

6によって、光L11に画像情報Iに応じた偏光方向のパターン及び波長情報が付与される。

【0089】

画像情報付与部16から出射された第二の光L12は、D3方向に沿って進行し、光分岐部80に入射面81から入射する。光分岐部80に入射した第二の光L12の一部（略半分）は、入射面81で正反射され、D5方向に沿って出射され、再帰性反射材20Bに入射する。再帰性反射材20Bに入射した第二の光L12は、再帰反射面24の球体28に入射し、屈折及び反射した後、光軸Aに対して入射角度と同じ角度で、入射方向とは逆向きに球体28から出射される。即ち、第二の光L12は、球体28で再帰反射される。再帰性反射材20Bによって再帰反射されて出射された第二の光L14は、D4方向沿って進行し、再び光分岐部80に入射面81から入射し、光分岐部80を透過し、そのままD4方向に沿って進行する。

10

【0090】

光分岐部80に入射した第二の光L12の残部（略半分）は、光分岐部80を透過し、D3方向に沿って出射され、再帰性反射材20Cに入射する。再帰性反射材20Cに入射した第二の光L12は、再帰性反射材20Bについて説明した内容と同様に、球体28で再帰反射される。再帰性反射材20Cによって再帰反射されて出射された第二の光L15は、D3方向とは逆向きに沿って進行し、光分岐部80に出射面82から入射する。出射面82に入射した第二の光L15は、入射面81で正反射され、第二の光L14と合流し、出射面82からD4方向に沿って出射される。

20

【0091】

合流した第二の光L14、L15は、第二の光L13として、D4方向に沿って進行し、偏光方向選択部30に入射する。偏光方向選択部30に入射した第二の光L13のうち、偏光方向が所定方向である光L13は、偏光方向選択部30を透過し、所定の結像位置P2で結像し、実像である空中像Mを形成する。偏光方向選択部30に入射した光L13のうち、偏光方向が所定方向とは異なる光L13は、偏光方向選択部30で反射され、観察者Eには視認されない。

【0092】

以上説明した第四実施形態の空中像形成光学系1Eは、再帰性反射材20B、20Cをはじめ、拡散部12等の光学的要素の遮蔽構造として、偏光方向変更部14及び偏光方向選択部30を備えている。これらの構成を備えることによって、偏光方向が所定方向である光L13のみが偏光方向選択部30から透過され、空中像Mが形成される。観察者Eは、実像である空中像Mを視認することができる。また、空中像形成光学系1Aと同様に、偏光方向選択部30の外側から空中像形成光学系1Eに向かう外光の大部分が偏光方向選択部30で遮光される。このことによって、空中像Mの視認性が高くなり、観察者Eの注意意識が空中像Mに集中する。従って、空中像形成光学系1Eによれば、空中像Mの視認性を高め、空中像形成光学系1Eの光学的要素の遮蔽効果を高くすることができる。

30

【0093】

また、第四実施形態の空中像形成光学系1Eは、任意の光を受光可能な映像形成構造として、拡散部12、偏光方向変更部14及び画像情報付与部16を備えている。このような映像形成構造を備えていることで、空中像形成光学系1Eは、空中像形成光学系1Aと同様に、環境光に基づく映像情報及び空中像Mを形成することができ、屋外や照明が付けられた室内等の明るい環境下で利用可能になる。

40

【0094】

また、第四実施形態の空中像形成光学系1Eでは、偏光方向選択部30が第二の光L13の進行経路上で光分岐部80と所定の結像位置P2との間に配置されている。このような相対配置によれば、偏光方向選択部30の大きさを、偏光方向が所定方向である第二の光L13が透過する範囲に抑えつつ、観察者Eに対して光分岐部80や再帰性反射材20Bの視認度を下げることができる。このことによって、空中像Mの視認度を高めることができる。

50

【 0 0 9 5 】

また、第四実施形態の空中像形成光学系 1 E では、結像部 2 0 は再帰性反射材 2 0 B , 2 0 C を備えているので、空中像 M の輝度を高くすることができる。また、光分岐部 8 0 及び再帰性反射材 2 0 B , 2 0 C の位置を固定し、映像形成構造をなす拡散部 1 2、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 の相対位置を維持しつつ、光分岐部 8 0 に対してこれらの部材を近接又は離間させると、空中像 M を崩すことなく、空中像 M の形成位置を移動させることができる。このように光分岐部 8 0 に対する拡散部 1 2、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 の相対位置を移動させることで、観察者 E に空中像 M の動きを視認させることができる。即ち、空中像形成光学系 1 A と同様に、結像部 2 0 に再帰性光学素子を適用することによって、空中像 M に四次的な動きを付けることができ、例えば空中像 M が観察者 E の手前に飛んでくるような効果や飛び跳ねるような効果をもたらすことができる。

10

【 0 0 9 6 】

また、第四実施形態の空中像形成光学系 1 E では、空中像形成光学系 1 A と同様に、光 L 0 の角度範囲 を変化させることによって、観察者 E が空中像 M を観察する際の視域を変えることができる。

【 0 0 9 7 】

また、第四実施形態の空中像形成光学系 1 E では、光分岐部 8 0 を挟んで入射面 8 1 側に再帰性反射材 2 0 B が配置され、出射面 8 2 側に再帰性反射材 2 0 C が配置されている。また、再帰性反射材 2 0 B , 2 0 C は側面視で互いに直角をなすように配置されている。このことにより、空中像形成光学系 1 E の高さ方向（即ち、図 8 における鉛直方向）及び奥行き方向（即ち、図 8 における水平方向）の大きさを抑え、小型化を図ることができる。また、観察者 E の視線上には主に再帰性反射材 2 0 B、光分岐部 8 0 及び偏光方向選択部 3 0 が配置されるので、空中像形成光学系 1 E を構成する光学的要素のうち、再帰性反射材 2 0 B 及び光分岐部 8 0 が主な遮蔽対象になる。再帰性反射材 2 0 B 及び光分岐部 8 0 は偏光方向選択部 3 0 によって偏光方向選択部 3 0 より D 4 方向手前側に配置されているので、空中像形成光学系 1 E によれば、再帰性反射材 2 0 B 及び光分岐部 8 0 を効果的に遮蔽することができる。

20

【 0 0 9 8 】

（第五実施形態）

次に、本発明を適用した第五実施形態の空中像形成装置 2 について説明する。なお、図 9 に示す空中像形成装置 2 の構成要素のうち、第一実施形態の空中像形成光学系 1 A と共通する構成要素には同一の符号を付し、その説明を省略する。

30

【 0 0 9 9 】

空中像形成装置 2 は、空中像形成光学系 1 A と同一の構成要素と、光 L 0 を出射可能な光源 S と、を一体的に備えている。即ち、空中像形成装置 2 は、光源 S と、光源 S から出射された光 L 0 を所定の角度範囲 で拡散させて偏光方向変更部 1 4 に照射する拡散部 1 2 と、拡散部 1 2 から出射された光 L 1 の偏光方向を所定の方向に変更する偏光方向変更部 1 4 と、偏光方向が所定の方向に変更された第一の光 L 1 1 に所望の画像情報 I を付与して第二の光 L 1 2 として出射する画像情報付与部 1 6 と、画像情報 I が付与されて入射される第二の光 L 1 2 を所定の結像位置 P 2 に結像させる結像部 2 0 と、結像部 2 0 から出射された第二の光 L 1 3 の進行経路上に配置され、偏光方向が所定の方向である光を透過させ、且つ偏光方向が所定の方向とは異なる方向である光を遮光する偏光方向選択部 3 0 と、マスク部 3 2 と、遮光部材 4 0 と、を備えている。

40

【 0 1 0 0 】

光源 S は、例えば、液晶ディスプレイ用のバックライト、LED ランプやハロゲンランプ等の白色光源等であるが、光 L 0 を出射可能な光源であれば特に限定されない。なお、光源 S から、光軸 A を基準とする角度範囲 で拡散された光 L 1 が直接出射可能であれば、拡散部 1 2 は省略してもよい。

【 0 1 0 1 】

50

光源 S 以外の空中像形成装置 2 の構成要素の詳細は、空中像形成光学系 1 A の構成要素の詳細と同様である。また、拡散部 1 2 に光源 S から出射された光 L 0 が直接入射すること以外は、空中像形成装置 2 における光の進行は、空中像形成光学系 1 A における光の進行と同様である。

【 0 1 0 2 】

以上説明した第五実施形態の空中像形成装置 2 によれば、空中像形成光学系 1 A と同様の作用効果が得られる。また、第五実施形態の空中像形成装置 2 は、専用の光源 S を備えているので、環境光の光量が少ない暗所等でも使用可能になり、視認度の高い空中像 M を形成することができる。

【 0 1 0 3 】

本発明に係る空中像形成光学系及び空中像形成装置では、偏光方向選択部 3 0 が第二の光 L 1 3 の進行経路上に配置されてさえいれば、偏光方向選択部 3 0 の第二の光 L 1 3 の進行経路上の位置（空中像 M に対する相対位置）や、上述の各実施形態で例示したように結像部 2 0 として適用する光学的要素等を適宜変更することができる。このような変更等によって、空中像形成光学系及び空中像形成装置の設計の自由度を高め、利用目的に応じた空中像形成光学系及び空中像形成装置を構成することができる。

【 0 1 0 4 】

以上、本発明の好ましい実施形態について詳述したが、本発明に係る特定の実施形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【 0 1 0 5 】

例えば、上述の実施形態では、結像部 2 0 として再帰性透過材 2 0 A や再帰性反射材 2 0 B , 2 0 C を挙げたが、結像部 2 0 は第二の光 L 1 3 を所定の結像位置 P 2 に結像させることができる部材、光学デバイスを全て含む。一例として、結像部 2 0 は、図 1 0 に示すように第二の光 L 1 2 の進行方向の奥側に向かって凹む凹面鏡 2 0 D であってもよい。但し、凹面鏡 2 0 D を用いる場合は、所定の角度範囲で拡散される光 L 1 1 の原点 O 1 と所定の結像位置 P 2 の各々の位置が決まると、凹面鏡 2 0 D の形状（曲率）が一義的に決まる。そのため、凹面鏡 2 0 D の位置及び姿勢を固定し、拡散部 1 2、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 の相対位置を維持しつつ、凹面鏡 2 0 D に対してこれらの部材を近接又は離間させると、空中像 M は結像しない。即ち、結像部 2 0 として凹面鏡 2 0 D を用いる場合は、再帰性光学素子を用いる場合とは異なり、観察者 E に空中像 M の動きを視認させることは難しい。

【 0 1 0 6 】

また、上述の実施形態では、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 を兼ねる光学デバイスとして、透明液晶ディスプレイを挙げたが、偏光方向変更部 1 4 及び画像情報付与部 1 6 は透明液晶ディスプレイに限定されない。偏光方向変更部 1 4 は、拡散部 1 2 によって拡散された光 L 1 の偏光方向を所定の方向に変更することができる部材、光学デバイス等を全て含み、例えば前述の偏光板であってもよい。また、画像情報付与部 1 6 は、偏光方向が所定の方向に変更された第一の光 L 1 1 に所望の画像情報 I を付与して第二の光 L 1 2 として出射することができる部材、光学デバイス等を全て含み、例えば単なるカラーフィルターや色紙、画像情報 I に合った振幅分布が形成されたフィルタ等であってもよい。

【 0 1 0 7 】

また、上述の実施形態の構成は、適宜組み合わせることができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 0 8 】

- 1 , 1 A , 1 B , 1 C , 1 D , 1 E 空中像形成光学系
- 2 空中像形成装置
- 1 2 拡散部
- 1 4 偏光方向変更部

10

20

30

40

50

- 1 6 画像情報付与部
- 2 0 結像部
- 2 0 A 再帰性透過材
- 2 0 B , 2 0 C 再帰性反射材
- 3 0 偏光方向選択部
- A 光軸 (入射光軸を含む)
- L 0 , L 1 光
- L 1 1 第一の光
- L 1 2 , L 1 3 第二の光
- P 2 所定の結像位置
- S 光源

【 図 1 】

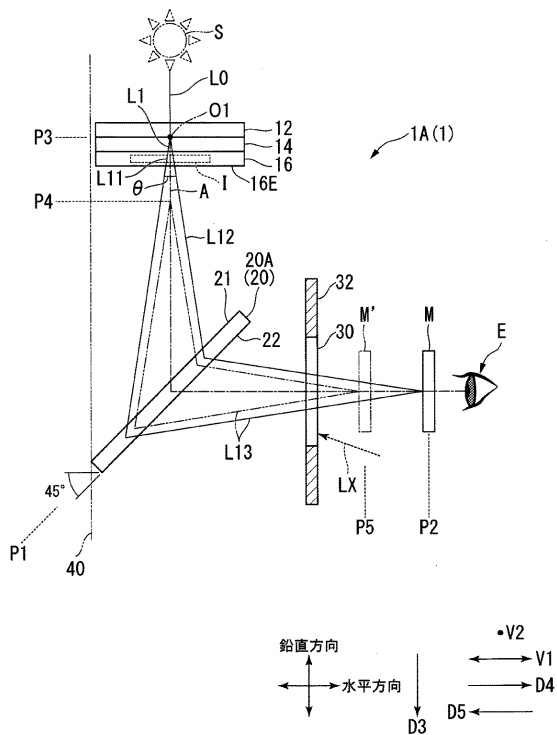


図 1

【 図 2 】

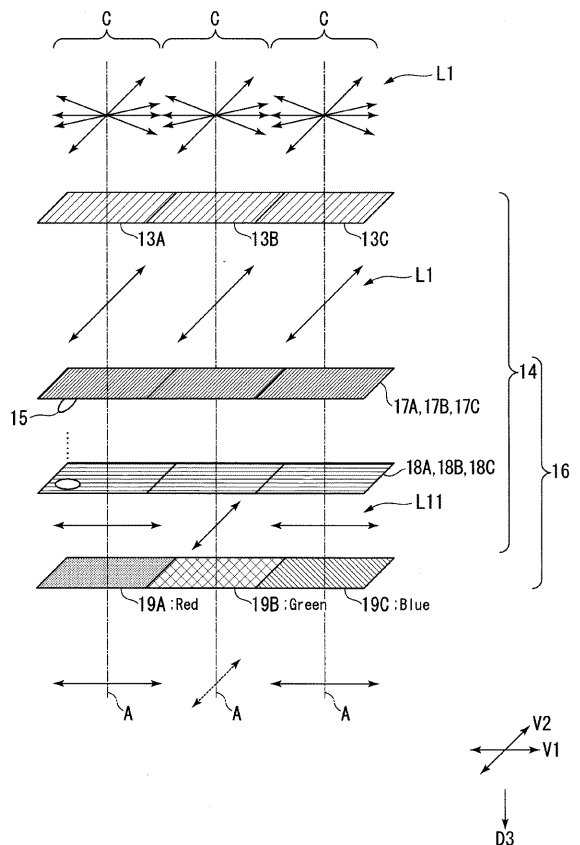
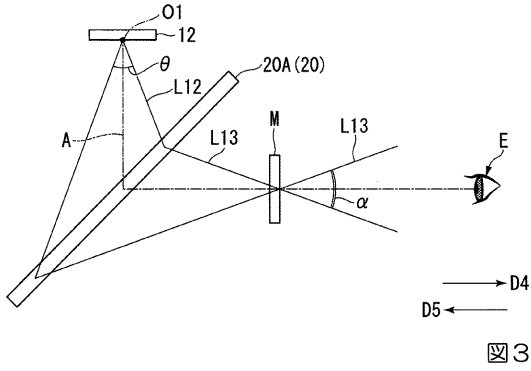
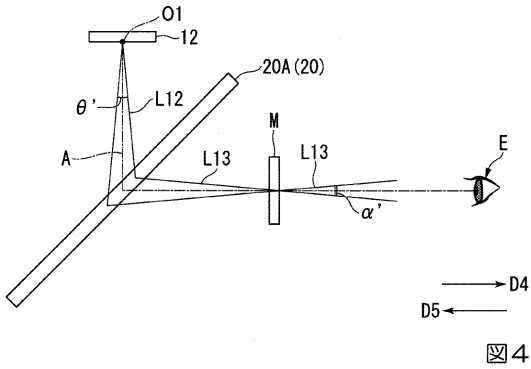


図 2

【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】

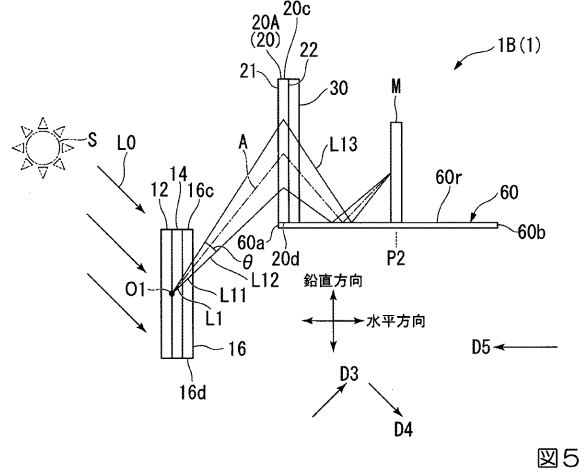


図 5

【 図 6 】

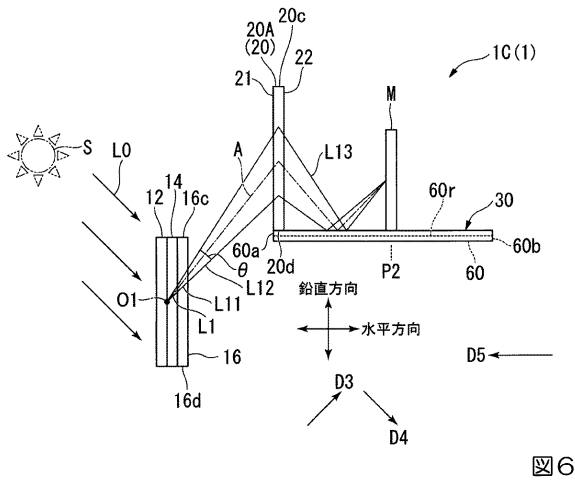


図 6

【 図 7 】

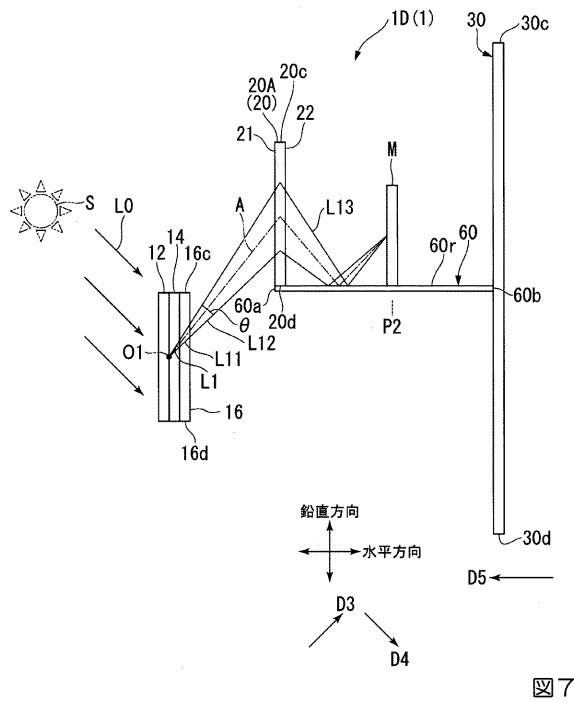
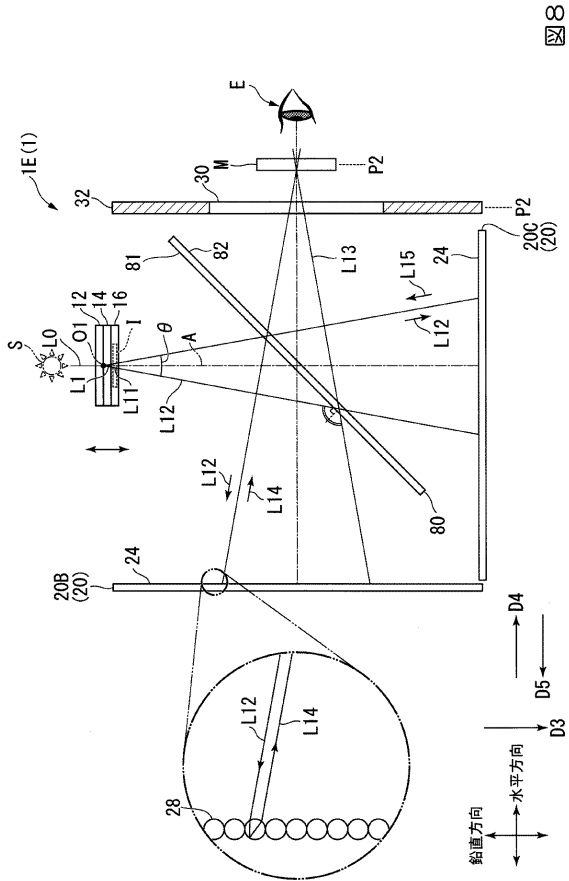
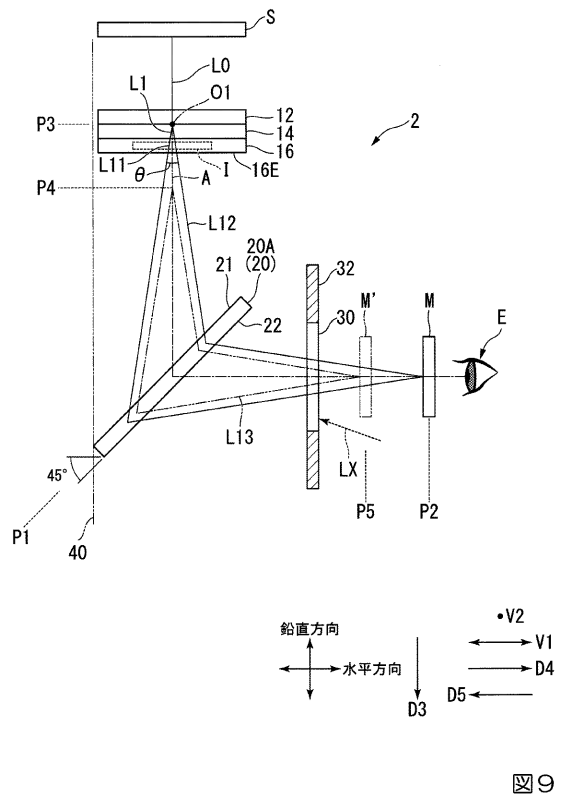


図 7

【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】

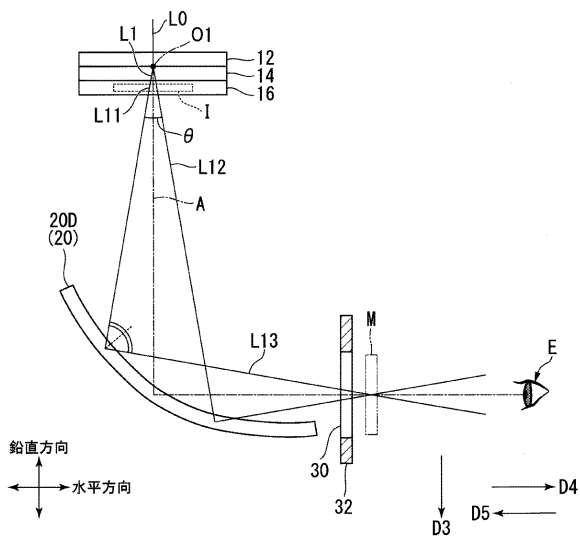


図 10