

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6567047号  
(P6567047)

(45) 発行日 令和1年8月28日(2019.8.28)

(24) 登録日 令和1年8月9日(2019.8.9)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 5/30 (2006.01)  
G02B 3/00 (2006.01)G02B 5/30  
G02B 3/00

請求項の数 7 (全 104 頁)

(21) 出願番号 特願2017-519625 (P2017-519625)  
 (86) (22) 出願日 平成27年9月25日 (2015.9.25)  
 (65) 公表番号 特表2018-500584 (P2018-500584A)  
 (43) 公表日 平成30年1月11日 (2018.1.11)  
 (86) 國際出願番号 PCT/US2015/052258  
 (87) 國際公開番号 WO2017/039721  
 (87) 國際公開日 平成29年3月9日 (2017.3.9)  
 審査請求日 平成29年7月3日 (2017.7.3)  
 (31) 優先権主張番号 62/214,049  
 (32) 優先日 平成27年9月3日 (2015.9.3)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
米国(US)

早期審査対象出願

前置審査

(73) 特許権者 505005049  
スリーエム イノベイティブ プロパティ  
ズ カンパニー  
アメリカ合衆国, ミネソタ州 55133  
-3427, セント ポール, ポスト オ  
フィス ボックス 33427, スリーエ  
ム センター  
(74) 代理人 100088155  
弁理士 長谷川 芳樹  
(74) 代理人 100107456  
弁理士 池田 成人  
(74) 代理人 100128381  
弁理士 清水 義憲  
(74) 代理人 100162352  
弁理士 酒巻 順一郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】熱成形多層反射偏光子

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

熱成形多層反射偏光子であって、前記熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸に対して実質的に回転対称であり、互いに直交する第1の軸及び第2の軸であって、共に前記光軸に直交する第1の軸及び第2の軸に沿って凸状であり、

交互配置された複数のポリマー層を備え、

前記頂点から離れた少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的一軸性である少なくとも1つの内部層であって、前記頂点から離れた、前記少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的二軸性である少なくとも1つの内部層と、

前記光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、前記頂点における平面であって、前記光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも0.2である前記反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所と、を有する、熱成形多層反射偏光子。

## 【請求項 2】

前記光軸からの半径方向位置が  $r_1$  以下、かつ、前記頂点からの、前記光軸に沿った距離が  $s_1$  以下である前記反射偏光子の領域に関して、前記反射偏光子の透過軸の最大変動が、約2度未満である、請求項1に記載の熱成形多層反射偏光子。

## 【請求項 3】

前記反射偏光子が、前記光軸からの半径方向距離  $r_2$ 、及び、前記平面からの変位  $s_2$  を有し、 $s_2 / r_2$  が、少なくとも0.3である、第2の場所を有する、請求項1に記載の熱成形多層反射偏光子。

10

20

## 【請求項 4】

$s_1 / r_1$  の方位変動が、2パーセント未満である、請求項1に記載の熱成形多層反射偏光子。

## 【請求項 5】

熱成形多層反射偏光子であって、前記熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸に対して実質的に回転対称であり、互いに直交する第1の軸及び第2の軸であって、共に前記光軸に直交する第1の軸及び第2の軸に沿って凸状であり、

交互配置された複数のポリマー層を備え、

前記光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、前記頂点における平面であって、前記光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも0.2であり、 $s_1 / r_1$  の方位変動が1パーセント未満である、前記反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所を有し、

前記光軸からの半径方向位置が  $r_1$  以下、かつ、前記頂点からの、前記光軸に沿った距離が  $s_1$  以下である前記反射偏光子の領域に関して、前記反射偏光子の透過軸の最大変動が、約2度未満であり、

少なくとも1つの層を備え、前記少なくとも1つの層は、前記反射偏光子の光軸から離れた、前記少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、前記光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、熱成形多層反射偏光子。

## 【請求項 6】

前記反射偏光子が、前記光軸からの半径方向距離  $r_2$ 、及び、前記平面からの変位  $s_2$  を有し、 $s_2 / r_2$  が、少なくとも0.3である、第2の場所を有する、請求項5に記載の熱成形多層反射偏光子。

## 【請求項 7】

2つの直交方向に対して湾曲している表面を有し、前記表面上に配設された請求項1～6のいずれか一項に記載の熱成形多層反射偏光子を備える、レンズ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【背景技術】

## 【0001】

ディスプレイシステムは、ビームスプリッタ、四分の一波長位相子、及び反射偏光子を含み得る。

## 【0002】

米国特許第7,242,525号(Dike)は、空間内に実像を投影し、その実像の視認性を向上させる、光路に沿って配置された1つ以上の特徴部を含む、光学システムを説明している。この光学システムは、実像を形成するように、光源光の一部分を収束させるための、収束要素を含む。

## 【0003】

米国特許第6,271,969号(Mertz)は、ディスプレイからの光を結像するための、光コリメーティングアセンブリを説明している。この光学アセンブリは、互いに直交する偏光方向を有する、第1の直線偏光フィルタ及び第2の直線偏光フィルタを含む。第1のビームスプリッタ、第1の1/4波長板、及び第2のビームスプリッタを含む、折り返し型結像アセンブリが、それらの偏光フィルタの間に配置される。

## 【0004】

米国特許第8,780,039号(Gayla)は、ディスプレイ装置によって表示される画像が知覚される表面の、形状を変化させるための、光学システムを説明している。この光学システムは、離隔配置された、第1の部分反射体及び第2の部分反射体を備え、それらの少なくとも一方は、第1の非平坦形状と、平坦又は非平坦とすることが可能な第2の異なる形状との間で、切り替え可能である。これらの反射体は、偏光光学素子と共に、ディスプレイからの光が、少なくとも、第1の反射体によって部分的に透過され、第2の反射体によって部分的に反射され、第1の反射体によって部分的に反射され、第2の反射

10

20

30

40

50

体によって部分的に透過されるような、光路を提供する。

【0005】

反射偏光子は、多層光学フィルムとすることができます。米国特許第6,916,440号( Jacksonら)は、多層光学フィルムを、一軸方式で延伸させるためのプロセスを説明している。米国特許第6,788,463号(Merrillら)は、二次成形多層光学フィルムを説明している。

【発明の概要】

【0006】

本説明の一部の態様では、像面と、絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された第1の光学積層体と、その第1の光学積層体と絞り面との間に配設された第2の光学積層体とを含む、光学システムが提供される。第1の光学積層体は、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って像面に向けて凸状であり、第1の光学レンズと、所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する、部分反射体とを含む。第2の光学積層体は、第1の軸及び第2の軸に沿って像面に向けて凸状であり、第2の光学レンズと、第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する、多層反射偏光子と、その反射偏光子と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子とを含む。

10

【0007】

本説明の一部の態様では、像面と、絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された第1の光学積層体と、その第1の光学積層体と絞り面との間に配設された第2の光学積層体とを含む、光学システムが提供される。第1の光学積層体は、第1の光学レンズと、所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する、部分反射体とを含む。第2の光学積層体は、第2の光学レンズと、少なくとも1つの層を含む多層反射偏光子であって、少なくとも1つの層は、第2の光学積層体の光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、多層反射偏光子と、その反射偏光子と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子とを含む。像面及び絞り面を通過する、実質的にいずれの主光線も、約30度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射する。

20

【0008】

30

本説明の一部の態様では、歪みのない像を放出する画像源と、射出瞳と、部分反射体と、反射偏光子とを含む、光学システムが提供される。部分反射体は、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って画像源に向けて凸状の第1の形状を有し、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する。反射偏光子は、第1の軸及び第2の軸に沿って画像源に向けて凸状の異なる第2の形状を有し、これにより、射出瞳によって透過される、放出された歪みのない像の歪みは、約10%未満となる。

【0009】

本説明の一部の態様では、画像源と、射出瞳と、それら画像源と射出瞳との間に配設された第1の光学積層体と、その第1の光学積層体と射出瞳との間に配設された第2の光学積層体とを含む、光学システムが提供される。第1の光学積層体は、第1の光学レンズと、所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する、部分反射体とを含む。第2の光学積層体は、第2の光学レンズと、多層反射偏光子と、その反射偏光子と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子とを含む。所望の複数の波長で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、画像源によって放出され、射出瞳によって透過される、実質的にいずれの主光線も、その射出瞳での視野の1.5%未満の、射出瞳での色分離距離を有する。

40

【0010】

本説明の一部の態様では、画像源と、射出瞳と、それら画像源と射出瞳との間に配設された第1の光学積層体と、その第1の光学積層体と射出瞳との間に配設された第2の光学積層体とを含む、光学システムが提供される。第1の光学積層体は、第1の光学レンズと

50

、所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する、部分反射体とを含む。第 2 の光学積層体は、第 2 の光学レンズと、多層反射偏光子と、その反射偏光子と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子とを含む。所望の複数の波長で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、画像源によって放出され、射出瞳によって透過される、実質的にいずれの主光線も、20 分角未満の、射出瞳での色分離距離を有する。

#### 【0011】

本説明の一部の態様では、最大横寸法 A を有する像面と、最大横寸法 B を有する絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された一体型光学積層体とを含む、光学システムが提供される。A / B は、少なくとも 3 である。この一体型光学積層体は、第 1 の光学レンズと、既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する、部分反射体と、第 1 の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する光を実質的に反射する、多層反射偏光子と、既定の複数の波長内の少なくとも 1 つの波長での、第 1 の四分の一波長位相子とを含む。絞り面及び像面を通って透過される、少なくとも 1 つの主光線は、少なくとも 40 度の入射角で、絞り面を通過する。一体型光学積層体とは、例えば、その光学積層体内の様々な構成要素及び層が、一体に形成されるか若しくは一体に接着される、光学積層体として説明することができる。

#### 【0012】

本説明の一部の態様では、像面と、実質的に平面状の絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された、第 1 の光学レンズ、第 2 の光学レンズ、及び第 3 の光学レンズと、既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する、部分反射体と、第 1 の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する光を実質的に反射する、多層反射偏光子と、既定の複数の波長内の少なくとも 1 つの波長での、第 1 の四分の一波長位相子とを含む、光学システムが提供される。この光学システムは、像面と絞り面との間に配設された、複数の主表面を含み、各主表面は、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って像面に向けて凸状であり、少なくとも 6 つの異なる主表面が、6 つの異なる凸面を有する。

#### 【0013】

本説明の一部の態様では、熱成形多層反射偏光子が提供され、この熱成形多層反射偏光子は、その熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸に対して実質的に回転対称であり、その光軸に直交する、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って凸状である。この熱成形多層反射偏光子は、頂点から離れた少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的一軸性である、少なくとも 1 つの内部層を有し、この反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所は、光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  は、少なくとも 0.2 である。

#### 【0014】

本説明の一部の態様では、熱成形多層反射偏光子が提供され、この熱成形多層反射偏光子は、その熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸に対して実質的に回転対称であり、その光軸に直交する、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って凸状である。この熱成形多層反射偏光子は、光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、その反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所を有する。 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定される、この反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動は、約 2 度未満である。

#### 【0015】

本説明の一部の態様では、光学積層体の作製方法が提供される。この方法は、工具軸を中心とし、その工具軸に対して回転非対称の外表面を有する、熱成形工具を準備するステップと、光学フィルムを加熱することにより、軟化光学フィルムを結果として得るステップと、少なくとも、直交する第 1 の方向及び第 2 の方向に沿って、工具軸から離れる方向で、その軟化フィルムを延伸させながら、この軟化光学フィルムを外表面に適合させることにより、その適合化フィルムの光軸に対して回転非対称であり、その光軸が工具軸と一

10

20

30

40

50

致している、適合化光学フィルムを結果として得るステップと、その適合化光学フィルムを冷却することにより、光軸に対して回転対称の、対称性光学フィルムを結果として得るステップと、その対称性光学フィルム上に光学レンズを成型することにより、光学積層体を結果として得るステップと、を含む。

#### 【0016】

本説明の一部の態様では、所望の形状を有する、所望の光学積層体の作製方法が提供される。この方法は、所望の形状とは異なる第1の形状を有する外表面を有する、熱成形工具を準備するステップと、光学フィルムを加熱することにより、軟化光学フィルムを結果として得るステップと、少なくとも、直交する第1の方向及び第2の方向に沿って軟化フィルムを延伸させながら、軟化光学フィルムを第1の形状を有する外表面に適合させることにより、第1の形状を有する適合化光学フィルムを結果として得るステップと、その適合化光学フィルムを冷却することにより、所望の形状を有する所望の光学フィルムを結果として得るステップと、を含む。

10

#### 【0017】

本説明の一部の態様では、像面と、絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された第1の光学積層体と、その第1の光学積層体と射出瞳との間に配設された第2の光学積層体とを含む、光学システムが提供される。第1の光学積層体は、第1の光学レンズと、所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体とを含む。第2の光学積層体は、第2の光学レンズと、その第2の光学積層体の光軸に対して回転対称であり、その光軸に直交する、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って画像源に向けて凸状の熱成形多層反射偏光子と、その反射偏光子と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子とを含む。この熱成形多層反射偏光子は、その熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.1である、少なくとも1つの第1の場所を有する。

20

#### 【0018】

本説明の一部の態様では、光学積層体が提供される。この光学積層体は、第1のレンズと、その第1のレンズに隣接する第2のレンズと、それら第1のレンズと第2のレンズとの間に配設された四分の一波長位相子と、第1のレンズの反対側で第2のレンズ上に配設された反射偏光子と、第2のレンズの反対側で第1のレンズ上に配設された部分反射体とを含む。反射偏光子は、2つの直交軸に対して湾曲しており、この光学積層体は、一体型光学積層体である。

30

#### 【0019】

本説明の一部の態様では、部分反射体と、多層反射偏光子と、それら部分反射体と多層反射偏光子との間に配設された第1の四分の一波長位相子とを含む、光学システムが提供される。部分反射体は、所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する。多層反射偏光子は、第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する。この多層反射偏光子は、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って凸状であり、その多層反射偏光子の光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その多層反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.1である、その多層反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所を有する。この多層反射偏光子は、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である。

40

#### 【0020】

本説明の一部の態様では、第1の光学積層体と、その第1の光学積層体に隣接して配設され、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って凸状の第2の光学積層体と、それら第2の光学積層体と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子とを含む、光学システムが提供される。第1の光学積層体は、第1の光学レンズと、所望の複数の波

50

長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体とを含む。第 2 の光学積層体は、第 2 の光学レンズと、第 1 の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する光を実質的に反射する、多層反射偏光子とを含む。この反射偏光子は、その第 2 の光学積層体の光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その多層反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である、その多層反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所を含む。この多層反射偏光子は、少なくとも 1 つの層を備え、その少なくとも 1 つの層は、光軸から離れた、その少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第 2 の場所で、実質的に光学的一軸性である。

## 【0021】

10

本説明の一部の態様では、第 1 の光学積層体と、その第 1 の光学積層体に隣接して配設され、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って凸状の第 2 の光学積層体と、それら第 2 の光学積層体と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子とを含む、光学システムが提供される。第 1 の光学積層体は、第 1 の光学レンズと、所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体とを含む。第 2 の光学積層体は、第 2 の光学レンズと、第 1 の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する光を実質的に反射する、反射偏光子とを含む。この反射偏光子は、その第 2 の光学積層体の光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である、その多層反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所を有する。この光学システムは、その光学システムの視野にわたって、少なくとも 50 のコントラスト比を有する。

## 【0022】

20

本説明の一部の態様では、第 1 の光学積層体と、その第 1 の光学積層体に隣接して配設され、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って凸状の第 2 の光学積層体と、それら第 2 の光学積層体と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子とを含む、光学システムが提供される。第 1 の光学積層体は、第 1 の光学レンズと、所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体とを含む。第 2 の光学積層体は、第 2 の光学レンズと、第 1 の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する光を実質的に反射する、反射偏光子とを含む。この反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所は、その第 2 の光学積層体の光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  は、少なくとも 0.1 である。この光学システムは、調節可能な光屈折補正を実現するよう 30 に適合されている。

## 【0023】

本説明の一部の態様では、第 1 の光学システム及び第 2 の光学システムを含む、ヘッドマウント式ディスプレイが提供される。第 1 の光学システムは、第 1 の像面と、第 1 の射出瞳と、それら第 1 の射出瞳と第 1 の像面との間に配設された第 1 の反射偏光子と、その第 1 の反射偏光子と第 1 の部分反射体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子とを含む。第 1 の反射偏光子は、2 つの直交軸に対して凸状である。第 1 の部分反射体は、第 1 の反射偏光子と第 1 の像面との間に配設され、第 1 の部分反射体は、既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する。第 2 の光学システムは、第 2 の像面と、第 2 の射出瞳と、それら第 2 の射出瞳と第 2 の像面との間に配設された第 2 の反射偏光子と、その第 2 の反射偏光子と第 2 の像面との間に配設された第 2 の部分反射体と、それら第 2 の反射偏光子と第 2 の部分反射体との間に配設された第 2 の四分の一波長位相子とを含む。第 2 の反射偏光子は、2 つの直交軸に対して凸状である。第 2 の部分反射体は、既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する。

## 【0024】

40

本説明の一部の態様では、開口及び画像記録装置を含む、カメラが提供される。このカメラは、開口と画像記録装置との間に配設された反射偏光子を含む。この反射偏光子は、2 つの直交軸に対して湾曲している。既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反 50

射率を有する部分反射体が、反射偏光子と画像記録装置との間に配設されている。四分の一波長位相子が、反射偏光子と部分反射体との間に配設されている。

【0025】

本説明の一部の態様では、ビームエキスパンダが提供される。このビームエキスパンダは、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、その部分反射体に隣接して配設され、その部分反射体から離隔配置された、反射偏光子と、それら反射偏光子と部分反射体との間に配設された四分の一波長位相子とを含む。反射偏光子は、2つの直交軸に対して湾曲している。

【0026】

本説明の一部の態様では、光源と、その光源からの光を受光して、収束パターン化光を放出するように配設された画像形成装置と、ビームエキスパンダとを含む、投影システムが提供される。このビームエキスパンダは、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、その部分反射体に隣接して配設され、その部分反射体から離隔配置された、反射偏光子と、それら反射偏光子と部分反射体との間に配設された四分の一波長位相子とを含む。反射偏光子は、2つの直交軸に対して湾曲している。このビームエキスパンダは、画像形成装置からの収束パターン化光が部分反射体に入射して、そのビームエキスパンダが発散パターン化光を透過するように配設されている。

10

【0027】

本説明の一部の態様では、ビームエキスパンダと、偏光ビームスプリッタと、光源と、反射構成要素とを含む、照明器が提供される。ビームエキスパンダは、2つの直交方向に対して湾曲している反射偏光子を含む。

20

【0028】

偏光ビームスプリッタは、入力面、出力面、及び第1の斜辺を有する、第1のプリズムと、第1面及び第2の斜辺を有し、この第2の斜辺が、第1の斜辺に隣接して配設されている、第2のプリズムと、第1の斜辺と第2の斜辺との間に配設された第2の反射偏光子とを含む。光源は、入力面に隣接して配設され、その入力面上に、入力アクティブ領域を画定する。反射構成要素は、光源から放出された光を受光し、収束光を放出するために、第1面に隣接して配設されている。この反射構成要素は、出力面上に出力アクティブ領域を画定する、最大アクティブ領域を有する。ビームエキスパンダは、収束光を受光して、発散光を透過するように配設されている。入力アクティブ領域及び出力アクティブ領域の一方若しくは双方は、反射構成要素の最大アクティブ領域の、約半分未満である。

30

【0029】

本説明の一部の態様では、光学システムを含む拡大装置が提供される。この光学システムは、射出瞳と、その射出瞳に近位の、2つの直交軸に対して湾曲している反射偏光子と、射出瞳の反対側で反射偏光子に隣接して配設され、その反射偏光子から離隔配置された、部分反射体とを含む。部分反射体は、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する。四分の一波長位相子が、反射偏光子と部分反射体との間に配設されている。

【図面の簡単な説明】

【0030】

40

【図1】光学システムの概略断面図である。

【図2】光学システムの概略断面図である。

【図3A】光学積層体の一部分の断面図である。

【図3B】光学積層体の一部分の断面図である。

【図3C】光学積層体の一部分の断面図である。

【図4A】光学積層体の一部分の断面図である。

【図4B】光学積層体の一部分の断面図である。

【図4C】光学積層体の一部分の断面図である。

【図5】光学システムの概略断面図である。

【図6】光学システムの概略断面図である。

50

【図7】光学システムの概略断面図である。

【図8】光学システムの概略断面図である。

【図9】光学システムの概略断面図である。

【図10】反射偏光子の断面図である。

【図11】反射偏光子の正面図である。

【図12】反射偏光子の断面図である。

【図13A】反射偏光子の正面図である。

【図13B】図13Aの反射偏光子の断面図である。

【図14】光学システムのコントラスト比と、その光学システムの偏光精度とのプロットである。

10

【図15】所望の形状を有する所望の光学フィルムの作製方法を示す、概略フロー図である。

【図16】熱成形工具の概略断面図である。

【図17】ヘッドマウント式ディスプレイの概略上面図である。

【図18】光学システムの断面図である。

【図19】光学システムの断面図である。

【図20】光学システムの断面図である。

【図21】光学システムの断面図である。

【図22】光学システムの断面図である。

【図23】光学システムの断面図である。

20

【図24A】1つ以上の光学システムを含む装置の、概略上面図である。

【図24B】1つ以上の光学システムを含む装置の、概略上面図である。

【図24C】1つ以上の光学システムを含む装置の、概略上面図である。

【図25】照明器及びビームエキスパンダを含む装置の、概略側面図である。

【図26】光学積層体の概略断面図である。

【図27A】ヘッドマウント式ディスプレイの光学システムの側面図である。

【図27B】図27Aの光学システムの上面図である。

【図27C】図27Aの光学システムの上面図である。

【図28A】異なる平面内でのトーリックレンズの断面図である。

【図28B】異なる平面内でのトーリックレンズの断面図である。

30

【発明を実施するための形態】

【0031】

以下の説明では、本明細書の一部を構成し、様々な実施形態が実例として示される、添付図面が参照される。これらの図面は、必ずしも一定の縮尺ではない。本開示の範囲又は趣旨から逸脱することなく、他の実施形態が想到され、実施可能である点を理解されたい。それゆえ、以下の「発明を実施するための形態」は、限定的な意味で理解されるべきではない。

【0032】

本説明によれば、2つの直交軸に対して凸状であり、絞り面（例えば、射出瞳又は入射瞳）と像面（例えば、ディスプレイパネルの表面、又は画像記録装置の表面）との間に配設された反射偏光子を含む、光学システムは、例えば、仮想現実ディスプレイなどのヘッドマウント式ディスプレイ、及び携帯電話内に含まれるカメラなどのカメラを含めた様々な装置で有用な、コンパクトな構成において、高視野、高コントラスト、低色収差、低歪み、及び/又は高効率を有するシステムをもたらし得ることが見出された。

40

【0033】

この光学システムは、反射偏光子と像面との間に配設された部分反射体を含み得るものであり、少なくとも1つの四分の一波長位相子を含み得る。例えば、第1の四分の一波長位相子を、反射偏光子と部分反射体との間に配設することができ、一部の場合には、第2の四分の一波長位相子を、部分反射体と像面との間に配設することができる。この光学システムは、所望の複数の波長又は既定の複数の波長内の、波長を利用するように適合させ

50

ることができ、部分反射体は、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有し得るものであり、また、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有し得る。四分の一波長位相子は、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、四分の一波長位相子とすることができる。一部の実施形態では、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、単一の連続的な波長範囲（例えば、400 nm ~ 700 nmの可視範囲）とすることができる、又は、複数の連続的な波長範囲とすることもできる。部分反射体は、ノッチ反射体とすることができる、所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、1つ以上の波長範囲を含み得るものであり、それらの波長範囲うちの少なくとも一部は、100 nm以下又は50 nm以下の半值全幅の反射帯域を有する。反射偏光子は、ノッチ反射偏光子とすることができる、部分反射体の反射帯域に合致するか又は実質的に合致する、反射帯域を有し得る。一部の場合には、この光学システムは、1つ以上のレーザと共に使用するように適合させることができ、複数の所望の波長又は複数の既定の波長は、そのレーザ波長に対する狭帯域（例えば、10 nmの幅）を含み得る。

#### 【0034】

反射偏光子、部分反射体、及び/又は四分の一波長位相子はまた、2つの直交軸に対して湾曲状のものとすることもできる。一部の実施形態では、反射偏光子、第1の四分の一波長位相子、及び部分反射体のそれぞれは、2つの直交軸に対して湾曲しており、一部の実施形態では、これらの層又は構成要素のそれぞれは、像面に向けて凸状である。一部の実施形態では、絞り面と像面との間には、複数の表面が提供され、反射偏光子、第1の四分の一波長位相子、及び部分反射体のそれぞれは、それらの表面上のうちの1つに配設される。これらの層又は構成要素は、それぞれ異なる表面上に配設することができ、又は、これらの層、構成要素のうちの2つ以上を、単一の表面上に配設することができる。一部の実施形態では、1つ、2つ、3つ、又はそれよりも多くのレンズが、絞り面と像面との間に配設され、複数の表面は、それら1つ以上のレンズの主表面を含み得る。それらのレンズのうちの1つ以上を、反射偏光子と部分反射体との間に位置決めすることができ、それらのレンズのうちの1つ以上を、絞り面と反射偏光子との間に位置決めすることができ、それらのレンズのうちの1つ以上を、部分反射体と像面との間に位置決めすることができる。

#### 【0035】

反射偏光子は、熱成形反射偏光子とすることができる、例えば、熱成形ポリマー多層光学フィルム反射偏光子とすることができる、又は熱成形ワイヤグリッド偏光子とすることもできる。熱成形とは、周囲温度よりも高温で実施される、成形プロセスを指す。反射偏光子を組み込む従来のディスプレイ設計は、平坦な反射偏光子を使用するか、又は、単一の軸に対して湾曲している、円柱状の湾曲形状で配設された反射偏光子を使用する。反射偏光子を円柱形状へと湾曲させることは、その反射偏光子を延伸させるものではなく、それゆえ、その反射偏光子としての性能を、実質的に変更するものではない。本説明の反射偏光子は、2つの直交軸に対して湾曲状のものとすることができる、反射偏光子を湾曲形状へと成形する結果として、延伸される場合がある。本説明によれば、そのような複合湾曲反射偏光子は、例えば、ディスプレイ用途及びカメラ用途のための光学システム内で使用することができ、それと共に、その反射偏光子が複合湾曲形状へと延伸されている場合であっても、様々な改善された光学特性（例えば、低減された色分離、低減された歪み、改善された視野、改善されたコントラスト比など）に寄与することが見出された。本明細書の他の箇所で更に論じられるように、熱成形の前には一軸配向されていたポリマー多層光学フィルムを、熱成形することによって作製された、凸状の反射偏光子は、本説明の光学システム内で使用される場合に、特に有利であることが見出された。一部の実施形態では、この一軸配向多層反射偏光子は、A P F (3 M Company (St. Paul, MN) より入手可能な、Advanced Polarizing Film) である。一部の実施形態では、光学システムは、熱成形A P Fを含み、その熱成形A P Fに入射する、光学システム内でのいすれの主光線、又は実質的にいすれの主光線も、低い（例えば、約3

10

20

30

40

50

0度未満、約25度未満、又は約20度未満の)入射角を有する。図1は、像面130と、絞り面135と、それら像面130と絞り面135との間に配設された第1の光学積層体110と、その第1の光学積層体110と絞り面135との間に配設された第2の光学積層体120とを含む、光学システム100の概略断面図である。第1の光学積層体110及び第2の光学積層体120のそれぞれは、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って像面130に向けて凸状である。図1では、x y z座標系が設定されている。直交する第1の軸及び第2の軸は、それぞれ、x軸及びy軸とすることができます。像面130は、Aの最大横寸法を有し、絞り面135は、Bの最大横寸法を有する。この最大横寸法は、円形の像面若しくは絞り面に関しては、直径とすることができます、又は、矩形の像面若しくは絞り面に関しては、対角線の距離とすることができます。一部の実施形態では、A/Bは、少なくとも2、少なくとも3、少なくとも4、又は少なくとも5とすることができます。像面130及び/又は絞り面135は、実質的に平面状とすることができます、あるいは湾曲状とすることもできる。

### 【0036】

第1の光学積層体110は、反対側の第1主表面114及び第2主表面116を有する、第1の光学レンズ112を含む。第1主表面114及び/又は第2主表面116は、それらの上に配設された1つ以上の層若しくはコーティングを有し得る。第1の光学積層体110はまた、本明細書の他の箇所で更に説明されるように(例えば、図2及び図3A~図3Cを参照)、第1主表面114又は第2主表面116の一方の上に配設された部分反射体も含む。本説明の光学システム内に含まれる部分反射体のいずれも、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有し得る。それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、可視波長範囲(例えば、400nm~700nm)、赤外波長範囲、紫外波長範囲、あるいは、可視波長、赤外波長、及び紫外波長の何らかの組み合わせとすることができます。一部の実施形態では、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、1つの狭い波長範囲、又は複数の狭い波長範囲とすることができます、この部分反射体は、100nm以下又は50nm以下の半値全幅を有する少なくとも1つの反射帯域を有する、ノッチ反射体とすることができます。平均光反射率は、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長にわたる反射率を平均化することによって、判定することができます。同様に、平均光透過率は、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長にわたる透過率を平均化することによって、判定することができます。一部の実施形態では、この部分反射体は、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、それぞれ30%~70%の範囲の、又はそれぞれ40%~60%の範囲の、平均光反射率並びに平均光透過率を有する。この部分反射体は、例えば、ハーフミラーとすることができます。任意の好適な部分反射体を使用することができます。例えば、この部分反射体は、透明な基材上に金属(例えば、銀又はアルミニウム)の薄層をコーティングすることによって、構築することができます。この部分反射体はまた、例えば、レンズの表面上に薄膜誘電体コーティングを堆積させることによって、又は、レンズの表面上に、金属コーティングと誘電体コーティングとの組み合わせを堆積させることによって、形成することもできる。一部の実施形態では、この部分反射体は、多層ポリマー反射偏光子(例えば、APF又はDBEF)とすることが可能な、又はワイヤグリッド偏光子とすることが可能な、第2の反射偏光子とすることができます。

### 【0037】

第2の光学積層体は、第1主表面124及び第2主表面126を有する、第2の光学レンズ122を含む。第1主表面124及び/又は第2主表面126は、それらの上に配設された1つ以上の層若しくはコーティングを有し得る。本明細書の他の箇所で更に説明されるように(例えば、図2及び図4A~図4Cを参照)、第2の光学積層体120は、反射偏光子及び第1の四分の一波長位相子を含み得るものであり、それらは、互いの上に(例えば、反射偏光子フィルムに積層された四分の一波長位相子フィルム(例えば、配向ポリマーフィルム)、又は反射偏光子フィルム上の四分の一波長位相子コーティング(例えば、液晶ポリマーコーティング))、かつ第1主表面124及び第2主表面126の一方

10

20

30

40

50

の上に配設されるか、あるいは、反射偏光子が第1主表面124上に配設され、第1の四分の一波長位相子が第2主表面126上に配設される。第1の四分の一波長位相子は、例えば、第2の光学レンズ122と共に成型されたフィルムとすることができる、又は、第2の光学レンズ122が形成された後に第2主表面126に適用された、コーティングとすることもできる。四分の一波長位相子を形成するための好適なコーティングとしては、米国特許出願公開第2002/0180916号(Schadtら)、同第2003/028048号(Cherkaouiら)、及び同第2005/0072959号(Moiaら)で説明される、線状光重合性ポリマー(LPP)材料、及び液晶ポリマー(LCP)材料が挙げられる。好適なLPP材料としては、ROP-131EXP306LPPが挙げられ、好適なLCP材料としては、ROF-5185EXP410LCPが挙げられ、双方ともRolic Technologies(Alischwil, Switzerland)より入手可能である。この四分の一波長位相子は、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、四分の一波長とすることができる。  
10

#### 【0038】

一部の実施形態では、第2の光学積層体120は、第1主表面124及び第2主表面126の一方の上に、反射偏光子を含む。光学システム100は、第1のレンズ112と第2のレンズ122との間に配設された第1の四分の一波長位相子を含む。この第1の四分の一波長位相子は、第2の光学積層体122の第2主表面126上に配設することができ(この場合、その第1の四分の一波長位相子は、第2の光学積層体120の一部であると見なすことができ、又は、第1の光学積層体110と第2の光学積層体120との間に配設されているものと見なすことができる)、又は、第1の光学積層体110と第2の光学積層体120との間で間隔を置いた、別個の構成要素として含めることもでき、又は、第1の光学積層体110の第1表面114上に配設することもできる(この場合、その第1の四分の一波長位相子は、第1の光学積層体110の一部であると見なすことができ、又は、第1の光学積層体110と第2の光学積層体120との間に配設されているものと見なすことができる)。  
20

#### 【0039】

多層反射偏光子は、第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する。第1の偏光状態及び第2の偏光状態は、直線偏光状態とすることができる。第1の四分の一波長位相子は、反射偏光子と第1の光学積層体110との間に配設されている。  
30

#### 【0040】

本説明の光学積層体は、その光学積層体内に含まれる任意のフィルムを熱成形し、次いで、例えばフィルムインサート成型プロセスを使用して、そのフィルム上にレンズを射出成型することによって作製することができる。本明細書の他の箇所で更に説明されるように、この反射偏光子フィルムは、異方性の機械的特性を有し得るものであり、この特性により、回転対称の金型上で熱成形される場合には、そのフィルムは、冷却後に回転非対称となり得る。しわ又は他の欠陥をフィルム内に生じさせることなく、回転対称のレンズ上に、回転非対称のフィルムを射出成型することは、困難な場合がある。フィルムが異方性の機械的特性を有する場合には、回転非対称の熱成形金型を使用することにより、冷却後に、回転対称のフィルムを結果的に得ることができる点が見出された。得られた回転対称フィルム上には、その熱成形フィルムにしわを寄せるか又は損傷を与えることなく、回転対称のレンズをインサート成型することができる。  
40

#### 【0041】

像面130は、像が形成される任意の表面とすることができる。一部の実施形態では、画像源が、像面130を備え、絞り面135は、射出瞳である。例えば、像面130は、ディスプレイパネルなどの画像形成装置の、出力表面とすることができる。絞り面135は、光学システム100の射出瞳とすることでき、例えば、観察者の目又はカメラとすることが可能な、第2の光学システムの、入射瞳と重なり合うように適合させることができ  
50

きる。この第2の光学システムの入射瞳は、例えば、観察者の目の入射瞳とすることができる。画像源は、偏光又は非偏光を放出することができる。一部の実施形態では、像面130は、光学システム100の外部の対象物から反射された光を受光するように適合された、開口である。

【0042】

光学システム100は、1つ以上の追加的な位相子を含み得る。例えば、第2の四分の一波長位相子を、第1の光学積層体110内に含めることができ、第1主表面114及び第2主表面116の一方の上に配設することができ、又は部分反射体上に配設することもできる。例えば、像面130が、偏光を発生するディスプレイパネルの表面である場合に、第2の四分の一波長位相子を含むことがある。このディスプレイパネルは、直線偏光、円偏光、又は橢円偏光を放出することができる。例えば、このディスプレイパネルは、液晶ディスプレイ(LCD)パネル、又はシリコン基板上液晶(LCoS)ディスプレイとすることもできる。直線偏光を放出することができる。一部の実施形態では、第2の四分の一波長位相子が、部分反射体と像面との間に配設され、一部の実施形態では、直線偏光子(例えば、直線吸収偏光子、又は第2の反射偏光子)が、その第2の四分の一波長位相子と像面130との間に配設される。一部の実施形態では、このディスプレイパネルは、実質的に平坦である。他の実施形態では、曲面ディスプレイパネルが使用される。例えば、曲面OLED(有機発光ダイオード)ディスプレイを使用することができる。一部の実施形態では、透明又は半透明のディスプレイ(例えば、透明OLED、LCD、又は電気泳動ディスプレイ)を使用することができる。一部の実施形態では、画像源が、像面を備え、その場合、画像源は、ディスプレイパネルを含み得るものであり、任意選択的にシャッタを含み得る。一部の実施形態では、シャッタ(例えば、液晶シャッタ若しくはPDLCD(ポリマーフィルム分散液晶)シャッタ、又はフォトクロミックシャッタ、又は、シャッタとして機能することが可能な物理的に除去可能な障壁)を、透明又は半透明のディスプレイパネルと共に使用することにより、周囲光が、その透明又は半透明のディスプレイパネルを通過することを、選択的に許可又は禁止することができる。半透明のディスプレイパネルは、少なくとも1つの可視波長に関して、少なくとも25パーセント、又は少なくとも50パーセントの、そのディスプレイパネルの少なくとも1つの状態での透過率を有し得る。一部の実施形態では、画像源は、非可視光で照射されることにより可視画像を生成することができる、蛍光材料を備え得る。

【0043】

一部の実施形態では、画像記録装置が、像面130を備え、絞り面135は、入射瞳である。例えば、カメラ用途では、そのカメラの開口絞りを、光学システム100に関する入射瞳とすることができます、像面130は、例えば、電荷結合素子(CCD)センサ又は相補型金属酸化膜半導体(CMOS)センサとすることが可能な、そのカメラの画像センサの表面とすることができます。

【0044】

光学システム100は、像面130を通って透過される中心光線の光路によって画定することができる、折り返し光軸140を中心とし得る。光軸140は、その中心光線の光路が、第1の光学積層体110と第2の光学積層体120との間の、その光路の1つの区画内では、マイナスz方向で伝播し、第1の光学積層体110と第2の光学積層体120との間の、その光路の別の区画上では、プラスz方向で伝播するため、折り返される。

【0045】

第1の光学積層体110と第2の光学積層体120とは、実質的に同じ形状を有し得るか、又は異なる形状を有し得る。同様に、第1の光学レンズ112と第2の光学レンズ122とは、実質的に同じ形状を有し得るか、又は異なる形状を有し得る。反射偏光子、第1の四分の一波長位相子、部分反射体、第1の光学レンズ112の第1主表面114及び第2主表面116、並びに第2の光学レンズ120の第1主表面124及び第2主表面126のうちの任意の1つ以上は、非球面多項サグ式によって記述される形状を有し得る。これらの様々な表面又は層は、同じ形状を有し得るか、又は異なる形状を有し得るもので

10

20

30

40

50

あり、同じ非球面多項サグ式又は異なる非球面多項サグ式によって説明することができる。非球面多項サグ式は、次の形を取り得るものであり、

【0046】

【数1】

$$z = \frac{cr^2}{1 + \left[1 - (1+k)c^2 r^2\right]^{1/2}} + Dr^4 + Er^6 + Fr^8 + Gr^{10} + Hr^{12} + Ir^{14} \dots \quad (\text{式1})$$

式中、c、k、D、E、F、G、H、及びIは定数であり、zは、頂点からの距離（例えば、図10での距離s1）であり、rは、半径方向距離（例えば、図10での距離r1）である。パラメータkは、円錐定数と称される場合がある。本説明の光学システムのいずれも、像面と絞り面との間に配設された反射偏光子、1つ以上の四分の一波長位相子、部分反射体、及び複数の主表面を含み得る。これらの反射偏光子、1つ以上の四分の一波長位相子、部分反射体、及び主表面のうちの任意の1つ以上は、非球面多項サグ式によって記述される形状を有し得る。

【0047】

第1の光学積層体110は、像面130から距離d1で配設され、第2の光学積層体120は、第1の光学積層体110から距離d2で、かつ絞り面135から距離d3で配設される。一部の実施形態では、距離d1、距離d2、及び/又は距離d3は、調節可能である。一部の実施形態では、像面130と絞り面135との間の距離(d1+d2+d3)は固定されており、d1及び/又はd3が調節可能である。距離d1、距離d2、及び/又は距離d3は、例えば、機械的な位置調節を提供するレール上に、第1の光学積層体110及び第2の光学積層体120の一方若しくは双方を搭載することによって、ユーザによる調節を可能にすることができる。

【0048】

第1の光学積層体110及び/又は第2の光学積層体120の、それら自体に対する位置、あるいは像面130及び/又は絞り面135に対する位置を調節する、この能力により、光学システム100によって実現される光屈折補正を、調節可能にすることが可能となる。例えば、第2の光学積層体120を移動させる一方、残余の構成要素を固定したまま保つことにより、像面130によって放出され絞り面を通って透過される光線を、絞り面135で平行なものから、絞り面135で収束又は発散するものへと、調節可能にすることが可能となる。一部の実施形態では、視度値を、機械的調節装置上に示すか、ハードトップ、戻り止め、又は同様の装置の使用を通じて物理的に選択可能とするか、あるいは、ステッパモータ、又は電子スケールと併用されるモータ若しくはアクチュエータなどで、電子的に調節することもできる。一部の実施形態では、像面130を備えるディスプレイパネル上の画像サイズを、この視度調節に基づいて変化させることができる。このことは、ユーザによって手動で行うことができ、又は、調節機構を通じて自動的に行うこともできる。他の実施形態では、1つ、2つ、3つ、又はそれよりも多くの光学レンズを設けることができる。第1のレンズの表面上に部分反射体が配設され、異なる第2のレンズの表面上に反射偏光子が配設される、いずれかの実施形態では、それら第1のレンズ及び/又は第2のレンズの、調節可能な位置を提供することによって、かつ/あるいは、第1のレンズと第2のレンズとの間の、調節可能な距離を提供することによって、少なくとも部分的に、可変性の屈折度数を提供することができる。

【0049】

一部の実施形態では、第1の光学レンズ112及び第2の光学レンズ122の一方若しくは双方は、光学システム100が、ユーザに対して所望の処方補正を実現することができるよう、視度値及び/又は円柱度数を（例えば、2つの直交方向で異なる曲率半径を有する表面として説明することが可能な、トロイダル面を有するレンズを成型することによって）提供するように、成形することができる。反射における球面度数及び円柱度数を有し、本説明の光学システム内で利用することが可能な、トーリックレンズの実施例が、

10

20

30

40

50

図28A及び図28Bに示され、これらの図は、それぞれ、y-z平面及びx-z平面内の、レンズの頂点を通る断面での、レンズ2812の断面図である。y-z平面(図28A)では、x-z平面(図28B)よりも、曲率半径が小さい。一部の実施形態では、円柱度数は、屈曲させることができない薄いプラスチックレンズを使用することによって、作り出すことができる。同様に、本明細書で説明される光学システムの、1つ、2つ、3つ、又はそれよりも多くのレンズのうちのいずれかには、それらのレンズに好適な光学度数を提供することによって、処方補正を含めることができる。一部の実施形態では、この光学システムは、像面を備えるディスプレイパネルと、光屈折補正を実現し得ない、その光学システムの他のレンズとの間に配設された度付きレンズを組み込むように適合させることができ、又は、このシステムは、絞り面と、光屈折補正を実現し得ない、その光学システムの他のレンズとの間に配設された度付きレンズを組み込むように適合させることができる。10

#### 【0050】

可動式光学レンズの別の用途は、立体視ビューアにおける輻輳調節矛盾を最小限に抑えることである。多くの立体視ヘッドマウント式ディスプレイでは、特定の対象物の左目の像と右目の像とを、より一体に近接するように移動させることによって、奥行き感が作り出される。対象物の虚像を鮮明に見るために、左右の目が寄せられ、このことが、奥行き感を与える要因となる。しかしながら、それらの目が、近傍に存在する実際の対象物を見る場合、それらの目が寄せられるばかりではなく、その近傍の対象物を網膜上の焦点に合わせるように、それぞれの目のレンズも焦点を合わせる(調節とも呼ばれる)。立体視ビューア内に存在する輻輳の要因と、近傍の対象物の虚像を見るための目の調節の欠如との間で、格差が生じ知るため、多くの立体視ヘッドマウント式ディスプレイのユーザは、視覚的不快感、眼精疲労、及び/又は悪心に悩まされる恐れがある。第1のレンズ及び第2のレンズの位置を調節することによって、虚像距離が近点に調節されることにより、その対象物の虚像を見るように、目が焦点を合わせることができる。輻輳の要因と調節の要因とを組み合わせることによって、輻輳調節矛盾を低減するか、又は実質的に排除することができるよう、この光学システム内の1つ以上のレンズの位置を調節することができる。20

#### 【0051】

一部の実施形態では、ヘッドマウント式ディスプレイは、本説明の光学システムのうちのいずれかを含み、視標追跡システムもまた含み得る。この視標追跡システムは、ユーザが見ている虚像の場所を検出するように構成することができ、この光学システムは、その光学システム内の1つ以上のレンズの位置を調節することによって、その虚像距離を調節することにより、立体的に提示されるような対象物の奥行きに合致させるように、適合させることができる。30

#### 【0052】

一部の実施形態では、第1の光学レンズ112及び/又は第2の光学レンズ122は、反射若しくは屈折、又は双方における、球面度数及び/又は円柱度数を有するように、成形することができる。このことは、例えば、所望の形状を有する熱成形金型及びフィルムインサート金型を使用して、行うことができる。円柱度数は、例えば、回転対称レンズに、射出成型プロセス後に冷却する際、応力を加えることによって作り出すことができる。あるいは、このレンズは、後処理、ダイヤモンド旋削、研削、又は研磨することによって、湾曲状(球面状又は円柱状、若しくは組み合わせ)にすることもできる。40

#### 【0053】

一部の実施形態では、第1の光学レンズ112及び第2の光学レンズ122の一方若しくは双方は、この光学システム内で、動的又は静的に屈曲させることができる。静的屈曲の例は、レンズに対して、圧縮力若しくは引張力を静的に加える、止めネジ又は同様の機構である。一部の実施形態では、環状方式で止めネジを提供することにより、直乱視、倒乱視、及び斜乱視の、3つのタイプの乱視の全てに対応するための、複数の軸に沿った非点収差補正を実現することができる。このことにより、典型的には、30度又は1550

度又は10度の斜度の増分で乱視に対処するように作製された、メガネのレンズなどを使用する、正確な補正がもたらされることになる。止めネジのピッチは、そのネジの回転又は部分的回転に基づいた、補正の尺度が提供されるように、円柱度数に関連付けることができる。一部の実施形態では、圧電アクチュエータ、ボイスコイルアクチュエータ、又はステッパモータアクチュエータ、若しくは他のタイプのアクチュエータを使用して、レンズを（例えば、処方を入力することなどの、その装置へのユーザ入力に基づいて）屈曲させることができる。

#### 【0054】

度付きレンズ用語では、プラノレンズとは、屈折光学度数を有さないレンズである。一部の実施形態では、第1の光学レンズ112及び/又は第2の光学レンズ122は、透過における光学度数を殆ど又は全く有さない、プラノレンズとすることができますが、反射における（例えば、それらのレンズの全体的な曲率による）光学度数を有し得る。第1の光学レンズ112の第1主表面114及び第2主表面116の曲率は、同じものか、又は実質的に同じものとすることができますが、第2の光学レンズ122の第1主表面124及び第2主表面126の曲率も、同じものか、又は実質的に同じものとすることができます。第1の光学レンズ112と第2の光学レンズ122とは、実質的に同じ形状を有し得る。一部の実施形態では、第1の光学レンズ112及び/又は第2の光学レンズ122は、透過における光学度数を有し得るものであり、また反射における光学度数も有し得る。

10

#### 【0055】

光学システム100は、第2の光学積層体120内に、反射偏光子及び四分の一波長位相子を含み、第1の光学積層体110内に、部分反射体を含む。反射偏光子、四分の一波長位相子、及び部分反射体を、どのように光学積層体内に配置構成することができるかについて、様々な可能性が存在する。図2は、1つの可能な配置構成を示すものであり、図3A～図4Aでは、他の配置構成が説明される。

20

#### 【0056】

図2は、像面230と、絞り面235と、それら像面230と絞り面235との間に配設された、第1の光学積層体210と、その第1の光学積層体210と絞り面235との間に配設された、第2の光学積層体220とを含む、光学システム200の概略断面図である。第1の光学積層体210及び第2の光学積層体220のそれぞれは、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って像面230に向けて凸状である。図2では、x y z座標系が設定されている。直交する第1の軸及び第2の軸は、それぞれ、x軸及びy軸とすることができます。

30

#### 【0057】

第1の光学積層体210は、反対側の第1主表面214及び第2主表面216を有する、第1の光学レンズ212を含む。第1の光学積層体210は、第1主表面214上に配設された、部分反射体217を含む。部分反射体217は、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有し、また、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有し得るものであり、それらの波長は、本明細書の他の箇所で説明される波長範囲のうちのいずれかとすることができます。

40

#### 【0058】

第2の光学積層体は、第1主表面224及び第2主表面226を有する、第2の光学レンズ222を含む。第2の光学積層体220は、第2主表面226上に配設された、反射偏光子227を含み、その反射偏光子227上に配設された、四分の一波長位相子225を含む。四分の一波長位相子225は、反射偏光子227上に積層されたフィルムとすることができますが、又は、反射偏光子227に適用されたコーティングとすることもできる。光学システム200は、1つ以上の追加的な位相子を含み得る。例えば、第2の四分の一波長位相子を、第1の光学積層体210内に含めることができ、第2主表面216上に配設することができる。光学システム200内に含まれる、第1の四分の一波長位相子225及び任意の追加的な四分の一波長位相子は、既定の複数の波長又は所望の複数の波長内の

50

、少なくとも 1 つの波長での、四分の一波長位相子とすることができます。第 2 の光学積層体 220 は、あるいは、第 2 のレンズ 222 と、その第 2 のレンズ 222 上に配設された反射偏光子 227 を含むものとして説明することができ、第 1 の四分の一波長位相子 225 は、第 2 の光学積層体 220 内に含まれているのではなく、第 2 の光学積層体 220 上に配設されている、別個の層又はコーティングと見なすことができる。この場合には、第 1 の四分の一波長位相子 225 は、第 1 の光学積層体 210 と第 2 の光学積層体 220 との間に配設されているものとして説明することができる。一部の実施形態では、第 1 の四分の一波長位相子 225 は、第 2 の光学積層体 220 には取り付けられない場合があり、一部の実施形態では、第 1 の四分の一波長位相子 225 は、第 1 の光学積層体 210 と第 2 の光学積層体 220 との間に配設され、それらから離隔配置される。更に他の実施形態では、第 1 の四分の一波長位相子 225 は、部分反射体 217 上に配設することができ、又は、第 1 の光学積層体 210 内に含まれているものとして説明することができ、又は、第 1 の光学積層体 210 と第 2 の光学積層体 220 との間に配設されているものとして説明することができる。  
10

#### 【0059】

光線 237 及び光線 238 はそれぞれ、像面 230 及び絞り面 235 を通って透過される。光線 237 及び光線 238 はそれぞれ、像面 230 から絞り面 235 へと（例えば、ヘッドマウント式ディスプレイ用途において）透過し得るものであり、あるいは、光線 237 及び光線 238 は、絞り面 235 から像面 230 へと（例えば、カメラ用途において）透過し得るものである。光線 238 は、中心光線とることができ、その光路は、光学システム 200 に関する折り返し光軸 240 を画定し、光学システム 200 は、その折り返し光軸 240 を中心とし得る。折り返し光軸 240 は、折り返し光軸 140 に相当し得る。  
20

#### 【0060】

光線 237 が、像面 230 から絞り面 235 へと透過される実施形態では、光線 237（及び、同様に光線 238 に関して）は、順に、像面 230 を通って透過され、第 2 主表面 216（及び、その上の任意のコーティング又は層）を通って透過され、第 1 の光学レンズ 212 を通って透過され、部分反射体 217 を通って透過され、反射偏光子 227 上に配設された四分の一波長位相子 225 を通って透過され、反射偏光子 227 から反射され、四分の一波長位相子 225 に戻って透過され、部分反射体 217 から反射され、四分の一波長位相子 225 を通って透過され、反射偏光子 227 を通って透過され、第 2 のレンズ 222 を通って透過され、絞り面 235 を通って透過される。光線 237 は、四分の一波長位相子 225 を通過する際に第 1 の偏光状態へと回転される偏光状態を有して、像面 230 から放出させることができる。この第 1 の偏光状態は、反射偏光子 227 に関する遮断状態とすることができます。光線 237 が、第 1 の四分の一波長位相子 225 を通過して、部分反射体 217 から反射され、四分の一波長位相子 225 に戻って通過した後は、その偏光状態は、第 1 の偏光状態に実質的に直交する、第 2 の偏光状態である。光線 237 は、それゆえ、最初に反射偏光子 227 に入射するときは、反射偏光子 227 から反射することができ、2 回目に反射偏光子 227 に入射するときは、反射偏光子 227 を通って透過することができる。  
30

#### 【0061】

他の光線（図示せず）は、マイナス z 方向で部分反射体 217 に入射する場合、部分反射体 217 から反射され、又は、プラス z 方向で部分反射体 217 に入射する場合に、部分反射体 217 によって透過される。これらの光線は、光学システム 200 を抜け出ることができる。

#### 【0062】

一部の実施形態では、像面 230 及び絞り面 235 を通過する、実質的にいずれの主光線も、その主光線が、最初に、又は毎回、第 1 の光学積層体 210 若しくは第 2 の光学積層体 220 に入射するときは、約 30 度未満、約 25 度未満、又は約 20 度未満の入射角で、第 1 の光学積層体 210 及び第 2 の光学積層体 220 のそれぞれに入射する。本説明  
50

の光学システムのいずれかでは、像面及び絞り面を通過する、実質的にいずれの主光線も、その主光線が、最初に、又は毎回、反射偏光子若しくは部分反射体に入射するときは、約30度未満、約25度未満、又は約20度未満の入射角で、反射偏光子及び部分反射体のそれぞれに入射する。像面及び絞り面を通って透過される全ての主光線のうちの大部分（例えば、約90パーセント以上、又は約95パーセント以上、又は約98パーセント以上）が、ある条件を満たしている場合には、実質的にいずれの主光線も、その条件を満たしていると言うことができる。

#### 【0063】

像面230によって放出された光が、最初に反射偏光子227に入射するときに、様々な因子により、反射偏光子227を通って光が部分的に透過される場合がある。このことは、絞り面235での、望ましくないゴースト発生又は像の不鮮明化を引き起こす恐れがある。これらの因子としては、様々な偏光構成要素の成形の間の性能劣化、及び、光学システム200内での望ましくない複屈折を挙げることができる。これらの因子の影響が組み合わされることにより、光学システム200のコントラスト比及び効率が、劣化する恐れがある。コントラスト比に対するこれらの因子の影響は、例えば図14に見ることができ、図14は、像面230によって放出される際に通過状態の偏光を有している光が、第1の四分の一波長位相子225を通過し、第1のレンズ212の第2主表面216上に配設された第2の四分の一波長位相子（図示せず）を通過した後に、最初に反射偏光子227に入射するとき、その反射偏光子227によって遮断される、百分率の関数としての、光学モデルを介して判定された絞り面235でのコントラスト比を示すものである。そのような因子は、例えば、レンズ内での望ましくない複屈折を低減することが可能な、比較的薄い光学レンズを使用することによって、また例えば、光学フィルムの熱成形に起因する光学的アーチファクトを低減することが可能な、薄い光学フィルムを使用することによって、最小限に抑えることができる。一部の実施形態では、第1の光学レンズ212及び第2の光学レンズ222はそれぞれ、7mm未満、5mm未満、又は3mm未満の厚さを有し、例えば、1mm～5mm、又は1mm～7mmの範囲の厚さを有し得る。一部の実施形態では、反射偏光子227は、75マイクロメートル未満、50マイクロメートル未満、又は30マイクロメートル未満の厚さを有し得る。一部の実施形態では、絞り面235でのコントラスト比は、光学システム200の視野にわたって、少なくとも40、又は少なくとも50、又は少なくとも60、又は少なくとも80、又は少なくとも100である。反射偏光子227が、熱成形の前には一軸配向されていた多層光学フィルム（例えば、APF）を、（2つの直交軸に対して湾曲するように）熱成形したものである場合には、2つの直交軸に対して湾曲している他の反射偏光子を使用することと比較して、コントラスト比が著しく高くなり得ることが見出された。非一軸配向の多層ポリマーフィルム反射偏光子、又はワイヤグリッド偏光子などの、他の反射偏光子もまた、使用することができる。

#### 【0064】

様々な主表面（例えば、第2主表面226及び第1主表面214）の形状を好適に選択する場合、この光学システムは、画像を予め歪ませる必要のない、十分に低い歪みをもたらし得ることが見出された。一部の実施形態では、歪みのない像を放出するように適合されている画像源が、像面230を備える。部分反射体217及び反射偏光子227は、絞り面235によって透過される、その放出された歪みのない像の歪みが、絞り面235での視野の約10%未満、又は約5%未満、又は約3%未満となるように選択された、種々の形状を有し得る。絞り面での視野は、例えば、80度超、90度超、又は100度超とすることができます。

#### 【0065】

図3A～図3Cは、光学積層体310a～光学積層体310cの一部分の断面図であり、これらの光学積層体のいずれも、第2の光学積層体110に相当し得る。図3A～図3Cには示されないが、光学積層体310a～光学積層体310cはそれぞれ、2つの直交軸に対して湾曲状とすることができます。光学積層体310a～光学積層体310cのそれ

10

20

30

40

50

それは、第1主表面314及び第2主表面316を有する、レンズ312を含み、このレンズ312は、光学レンズ112に相当し得る。光学積層体310aは、第1主表面314上に配設された、任意選択的に省略することが可能な、四分の一波長位相子315と、第2主表面316上に配設された、部分反射体317とを含む。光学積層体310bは、第1主表面314上に配設された、部分反射体317と、光学レンズ312の反対側で部分反射体317上に配設された、任意選択的に省略することが可能な、四分の一波長位相子315とを含む。光学積層体310cは、第2主表面316上に配設された、四分の一波長位相子315を含み、レンズ312の反対側で四分の一波長位相子315上に配設された、部分反射体317を含む。

【0066】

10

図4A～図4Cは、光学積層体420a～光学積層体420cの一部分の断面図であり、これらの光学積層体のいずれも、第2の光学積層体120に相当し得る。光学積層体420a～光学積層体420cはそれぞれ、2つの直交軸に対して湾曲状とすることができます。光学積層体420a～光学積層体420cのそれぞれは、第1主表面424及び第2主表面426を有する、レンズ422を含み、このレンズ422は、光学レンズ422に相当し得る。光学積層体420aは、第1主表面424上に配設された、四分の一波長位相子425と、第2主表面426上に配設された、反射偏光子427とを含む。光学積層体420bは(図2と同様に)、第1主表面424上に配設された、反射偏光子427と、レンズ422の反対側で反射偏光子427上に配設された、四分の一波長位相子425とを含む。光学積層体420cは、第2主表面426上に配設された、四分の一波長位相子425を含み、レンズ422の反対側で四分の一波長位相子425上に配設された、反射偏光子427を含む。

20

【0067】

代替的実施形態が図5に示され、この図5は、像面530と、絞り面535と、第1主表面514及び第2主表面516を有する光学レンズ512を含む、一体型光学積層体510とを含む、光学システム500の概略断面図である。第1主表面514及び/又は第2主表面516は、それらの上に配設された、1つ以上の層若しくはコーティングを有し得る。一体型光学積層体510はまた、部分反射体、多層反射偏光子、及び第1の四分の一波長位相子も含む。これらの様々な層又は構成要素は、第1主表面514及び第2主表面516の1つ以上の上に配設することができる。例えば、一部の実施形態では、第1主表面514上に、部分反射体を配設することができ、その部分反射体上に、第1の四分の一波長位相子を配設することができ、その第1の四分の一波長位相子上に、反射偏光子を配設することができる。一部の実施形態では、第2の四分の一波長位相子を、第2主表面516上に配設することができる。一部の実施形態では、第2主表面516上に、反射偏光子が配設され、その反射偏光子上に、四分の一波長位相子が配設され、部分反射体は、四分の一波長位相子上に配設される。一部の実施形態では、第2の四分の一波長位相子が、部分反射体上に配設される。一部の実施形態では、第1主表面514に、反射偏光子が配設され、第2主表面516上に、第1の四分の一波長位相子が配設されて、その第1の四分の一波長位相子上に、部分反射体及び任意選択的な第2の四分の一波長位相子が配設される。一部の実施形態では、第1主表面514上に、第1の四分の一波長位相子が配設されて、その第1の四分の一波長位相子上に、反射偏光子が配設され、第2主表面516上に、部分反射体が配設されて、その部分反射体上に、任意選択的な第2の四分の一波長位相子が配設される。

30

【0068】

40

像面530は、第1の最大横寸法を有し、絞り面535は、第2の最大横寸法を有する。一部の実施形態では、第2の最大横寸法で除算した第1の最大横寸法は、少なくとも2、少なくとも3、少なくとも4、又は少なくとも5とすることができます。像面530及び/又は絞り面635は、実質的に平面状にすることができる、あるいは、1つ以上に軸に対して湾曲状にすることもできる。

【0069】

50

部分反射体は、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有し、また、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有し得るものであり、それらの波長は、本明細書の他の箇所で説明される波長範囲のうちのいずれかとすることができます。光学システム500内に含まれる四分の一波長位相子は、それら既定の複数の波長又は所望の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、四分の一波長位相子とすることができます。多層反射偏光子は、第1の偏光状態を有する（例えば、第1の方向で直線偏光された）光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する（例えば、第1の方向に直交する第2の方向で直線偏光された）光を実質的に反射する。本明細書の他の箇所で更に説明されるように、この多層反射偏光子は、例えば、ポリマー多層反射偏光子（例えば、APF）とすることができます、又はワイヤグリッド偏光子とすることもできる。 10

#### 【0070】

光学システム500は、像面530を通って透過される中心光線の光路によって画定することができる、折り返し光軸540を中心とし得る。

#### 【0071】

一体型光学積層体510などの、单一の一体型光学積層体を使用することにより、コンパクトなシステム内で、高視野を提供することができる点が見出された。像面530の外縁を通って透過される光線537は、折り返し光軸540での絞り面535に、の視野角で交差する主光線であり、この視野角は、例えば、少なくとも40度、少なくとも45度、又は少なくとも50度とすることができます。絞り面535での視野は、2度であり、この角度は、例えば、少なくとも80度、少なくとも90度、又は少なくとも100度とすることができます。 20

#### 【0072】

図6は、像面630と、絞り面635と、第1主表面614及び第2主表面616を有する光学レンズ612を含む、一体型光学積層体610とを含む、光学システム500に相当し得る光学システム600の概略断面図である。第1の四分の一波長位相子625が、光学レンズ612の第1主表面614上に配設され、反射偏光子627が、光学レンズ612の反対側で第1の四分の一波長位相子625上に配設されている。部分反射体617が、光学レンズ612の第2主表面616上に配設され、第2の四分の一波長位相子615が、光学レンズ612の反対側で部分反射体617上に配設されている。光学システム600は、像面630を通って透過される中心光線の光路によって画定することができる、折り返し光軸640を中心とし得る。 30

#### 【0073】

一体型光学積層体610は、最初に、反射偏光子627を形成して、その反射偏光子627に、第1の四分の一波長位相子625をコーティング又は積層し、次いで、得られたフィルムを、所望の形状へと熱成形することによって、作製することができます。本明細書の他の箇所で更に説明されるように、熱成形工具は、このフィルムが冷却後に所望の形状を獲得するように、その所望の形状とは異なる形状を有し得る。部分反射体617及び第2の四分の一波長位相子615は、部分反射体フィルム上に四分の一波長位相子をコーティングすることによって、四分の一波長位相子フィルム上に部分反射体コーティングをコーティングすることによって、部分反射体フィルムと四分の一波長位相子フィルムとを一体に積層することによって、又は、最初に（反射偏光子627及び第1の四分の一波長位相子625を含むフィルム上に形成することが可能な）レンズ612を、フィルムインサート成型プロセスで形成し、次いで、その第2主表面616上に部分反射体617をコーティングして、その部分反射体617上に、四分の一波長位相子615をコーティングすることによって、作製することができます。一部の実施形態では、反射偏光子627及び第1の四分の一波長位相子625を含む、第1のフィルムが提供され、部分反射体617及び第2の四分の一波長位相子615を含む、第2のフィルムが提供され、次いで、フィルムインサート成型プロセスで、それら第1の熱成形フィルムと第2の熱成形フィルムとの間に、レンズ612を射出成型することによって、一体型光学積層体610が形成される 40 50

。第1のフィルム及び第2のフィルムは、射出成型のステップの前に、熱成形することができる。本説明の他の光学積層体は、コートフィルム又は積層体とすることが可能な、光学フィルムを熱成形し、フィルムインサート成型プロセスを使用して光学積層体を作製することによって、同様に作製することができる。第2のフィルムを、フィルムインサート成型プロセスに含めることができ、それにより、その成型プロセスで形成されるレンズは、それらのフィルムの間に配設される。

【0074】

画像源631は、像面630を含み、絞り面635は、光学システム600に関する射出瞳である。画像源631は、例えば、ディスプレイパネルとすることができます。他の実施形態では、ディスプレイパネルは存在せず、その代わりに、像面630は、光学システム600の外部の対象物から反射された光を受光するように適合された、開口である。入射瞳634を有する第2の光学システム633が、光学システム600の近位に、絞り面635が入射瞳634に重なり合う状態で配設される。第2の光学システム633は、例えば、像面637を通って透過された像を記録するように適合された、カメラとすることができます。一部の実施形態では、この第2の光学システムは、観察者の目であり、入射瞳634は、その観察者の目の瞳である。そのような実施形態では、光学システム600は、ヘッドマウント式ディスプレイ内で使用するように適合させることができる。

【0075】

部分反射体617は、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有し、また、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有し得るものであり、それらの波長は、本明細書の他の箇所で説明される波長範囲のうちのいずれかとすることができます。光学システム600内に含まれる、第1の四分の一波長位相子625及び任意の追加的な四分の一波長位相子は、既定の複数の波長又は所望の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、四分の一波長位相子とすることができます。多層反射偏光子627は、第1の偏光状態を有する（例えば、第1の方向で直線偏光された）光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する（例えば、第1の方向に直交する第2の方向で直線偏光された）光を実質的に反射する。本明細書の他の箇所で更に説明されるように、多層反射偏光子627は、例えば、ポリマー多層反射偏光子（例えば、APF）とすることができます、又はワイヤグリッド偏光子とすることもできる。

【0076】

光線637は、画像源631から放出され、像面630及び絞り面635を通って透過される。光線637は、第2の四分の一波長位相子615及び部分反射体617を通り、レンズ612内へと、及びレンズ612を通って透過される。他の光線（図示せず）は、第2の四分の一波長位相子615を通過した後、部分反射体617から反射して、光学システム600から消失する。レンズ612を最初に通過した後、光線は、第1の四分の一波長位相子625を通過して、反射偏光子627から反射する。画像源631は、反射偏光子627に関する通過軸に沿った偏光を有する光を放出するように、適合させることができます、それにより、第2の四分の一波長位相子615及び第1の四分の一波長位相子625の双方を通過した後、その光は、反射偏光子627に関する遮断軸に沿って偏光されているため、その光が最初に反射偏光子627に入射する際、反射偏光子627から反射する。一部の実施形態では、第2の四分の一波長位相子615に入射する光が、所望の偏光を有するように、ディスプレイパネル631と第2の四分の一波長位相子617との間に、直線偏光子が含まれる。光線637が、反射偏光子627から反射した後、その光線は、第1の四分の一波長位相子625及びレンズ612に戻って通過し、次いで、部分反射体617から反射されて（図示されていない他の光線は、部分反射体617を通って透過される）、レンズ612を通って戻り、次いで、再び反射偏光子627に入射する。第1の四分の一波長位相子625に戻って通過した後、光線637は、反射偏光子627に関する通過軸に沿った偏光を有する。光線637は、それゆえ、反射偏光子627を通って透過され、

10

20

30

40

50

次いで、絞り面 635 を通り、第 2 の光学システム 633 内へと透過される。

【0077】

代替的実施形態では、一体型光学積層体 610 は、図 1、図 2 と同様の、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体で置き換えるか、あるいは、図 8 と同様の、第 1 の光学積層体、第 2 の光学積層体、及び第 3 の光学積層で置き換える。

【0078】

図 7 は、像面 730 と、絞り面 735 と、第 1 主表面 714 及び第 2 主表面 716 を有する光学レンズ 712 を含む、一体型光学積層体 710 とを含む、光学システム 500 に相当し得る光学システム 700 の概略断面図である。第 1 の四分の一波長位相子 725 が、光学レンズ 712 上に配設され、反射偏光子 727 が、第 1 の四分の一波長位相子 725 上に配設されている。部分反射体 717 が、第 2 主表面 716 上に配設されている。光学システム 700 は、像面 730 を通って透過される中心光線の光路によって画定することが可能な、折り返し光軸 740 を中心とし得る。

10

【0079】

画像記録装置 732 が、像面 730 を含み、絞り面 735 は、光学システム 700 に関する入射瞳である。この絞り面は、例えば、カメラの開口絞りとすることができます。画像記録装置 732 は、例えば、CCD 又は CMOS 素子とすることができます。光学システム 700 は、例えば、カメラ、又はカメラの構成要素とすることができます、携帯電話内に配設することができます。

【0080】

20

部分反射体 717 は、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有し、また、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光透過率を有し得るものであり、それらの波長は、本明細書の他の箇所で説明される波長範囲のうちのいずれかとすることができます。光学システム 700 内に含まれる、第 1 の四分の一波長位相子 725 及び任意の追加的な四分の一波長位相子は、既定の複数の波長又は所望の複数の波長内の、少なくとも 1 つの波長での、四分の一波長位相子とすることができます。多層反射偏光子 727 は、第 1 の偏光状態を有する（例えば、第 1 の方向で直線偏光された）光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する（例えば、第 1 の方向に直交する第 2 の方向で直線偏光された）光を実質的に反射する。本明細書の他の箇所で更に説明されるように、多層反射偏光子 727 は、例えば、ポリマー多層反射偏光子（例えば、APF）とすることができます、又はワイヤグリッド偏光子とすることもできる。

30

【0081】

光線 737 は、絞り面 735 を通って透過され、像面 730 を通って、画像記録装置 732 内へと透過される。光線 737 は、順に、反射偏光子 727 を通って透過され（図示されていない他の光線は、反射偏光子 727 によって反射させることができる）、四分の一波長位相子 725 及び光学レンズ 712 を通って透過され、部分反射体 717 から反射され、レンズ 712 及び四分の一波長位相子に戻って透過され、反射偏光子 727 から反射され、四分の一波長位相子 725、レンズ 712、及び部分反射体 717 を通って透過される。光線 737 は、次いで、像面 730 を通って、画像記録装置 732 内へと透過される。

40

【0082】

一体型光学積層体 510、一体型光学積層体 610、及び一体型光学積層体 710 のいずれも、第 1 のレンズに隣接する第 2 のレンズを任意選択的に含み得るものであり、それら 2 つのレンズの間に、反射偏光子、四分の一波長位相子、及び部分反射体のうちの 1 つ以上が配設される。これら 2 つのレンズは、光学的に透明な接着剤を使用して、一体に積層することができます。図 26 は、光学システム 500 内の一体型光学積層体 510、光学システム 600 内の一体型光学積層体 610、及び光学システム 700 内の一体型光学積層体 710 のいずれかの代わりに使用することが可能な、一体型光学積層体 2610 の概略断面図である。一体型光学積層体 2610 は、第 1 のレンズ 2612 と、第 2 のレンズ

50

2622と、それら第1のレンズ2612と第2のレンズ2622との間に配設された、四分の一波長位相子2625とを含む。四分の一波長位相子2625は、例えば、第2のレンズ2622の主表面上にコーティングすることができ、光学的に透明な接着剤を使用して、第1のレンズ2612に、その四分の一波長位相子2625を取り付けることができる。あるいは、四分の一波長位相子2625は、第1のレンズ2612の主表面上にコーティングすることも可能であり、光学的に透明な接着剤を使用して、第2の光学レンズ2622に、その四分の一波長位相子2625を取り付けることも可能である。他の実施形態では、四分の一波長位相子2625は、第1のレンズ2612及び第2のレンズ2622の双方に積層された、別個のフィルムとすることができる。光学積層体は、第1のレンズ2612の反対側で第2のレンズ2622の主表面上に配設された、反射偏光子2627を含み、第2のレンズ2622の反対側で第1のレンズ2612の主面上に配設された、部分反射体2617を含む。部分反射体2617、四分の一波長位相子2625、及び反射偏光子2627は、それぞれ、本明細書の他の箇所で説明される、部分反射体、四分の一波長位相子、及び反射偏光子のうちのいずれかに相当し得る。

#### 【0083】

第1のレンズ2612及び第2のレンズ2622は、それぞれ、同じものか又は異なるものとすることが可能な、第1の材料及び第2の材料から形成することができる。例えば、レンズ2612、2622の材料は、同じガラスとすることもでき、異なるガラスとすることもでき、同じポリマーとすることもでき、異なるポリマーとすることもでき、又は、一方をガラスとすることもでき、かつ他方をポリマーとすることもできる。これらのレンズに関して選択される材料は、典型的には、同じ分散度（波長に対する屈折率の依存度）を呈することになる。一部の場合には、一方のレンズにおける分散が、他方のレンズにおける分散を相殺する、又は部分的に相殺するように、異なるレンズに関して異なる材料を選択することによって、分散の効果を低減することができる。材料のアッペ数を使用して、材料の分散を定量化することができる。アッペ数は、 $(n_D - 1) / (n_F - n_C)$ として与えられ、式中、 $n_D$ は、589.3 nmでの屈折率であり、 $n_F$ は、486.1 nmの屈折率であり、 $n_C$ は、656.3 nmでの屈折率である。一部の実施形態では、第1のレンズ2612と第2のレンズ2622とは、異なるアッペ数を有する。一部の実施形態では、第1のレンズ2612のアッペ数と第2のレンズ2622のアッペ数との差は、5~50の範囲である。一部の実施形態では、第1のレンズ2612及び第2のレンズ2622の一方は、45超、又は50超のアッペ数を有し、第1のレンズ2612及び第2のレンズ2622のもう一方は、45未満、又は40未満のアッペ数を有する。このことは、例えば、一方のレンズに関してはガラスを使用し、他方のレンズに関してはポリマーを使用することによって、達成することができる。

#### 【0084】

本説明の光学システムは、像面と絞り面との間に配設された、1つ、2つ、3つ、又はそれよりも多くのレンズを含み得る。一部の実施形態では、像面と絞り面との間に、複数の主表面が配設され、各主表面は、第1の軸及び第2の軸に沿って像面に向けて凸状である。一部の実施形態では、少なくとも6つの、そのような主表面が含まれる。一部の実施形態では、少なくとも6つの異なる主表面が、少なくとも6つの異なる凸面を有する。光学システム内に3つ以上のレンズを含むことは、例えば、高解像度を有する小さいパネルが利用される場合に有用であり得るが、これは、3つ以上のレンズを有することにより、その光学システムの絞り面で所望の光学特性（例えば、大きい視野）を与えるように形状を選択することができる、6つ以上の主表面が提供されるためである。

#### 【0085】

図8は、第1主表面814及び第2主表面816を有する、第1の光学レンズ812と、第1主表面824及び第2主表面826を有する、第2の光学レンズ822と、第1主表面864及び第2主表面866を有する、第3の光学レンズ862とを含み、それぞれが像面830と絞り面835との間に配設されている、光学システム800の概略断面図である。像面830及び/又は絞り面835は、実質的に平面状とすることができます、ある

10

20

30

40

50

いは湾曲状とすることもできる。第1光学面及び第2光学面のいずれも、本明細書の他の箇所で更に説明されるように、1つ以上の層又はコーティングを含み得る。光学システム800は、像面830と絞り面835との間に配設された、部分反射体、多層反射偏光子、及び第1の四分の一波長位相子を含む。これらの構成要素のそれぞれは、主表面864、866、824、826、814、及び816のうちの1つの上に配設することができる。一部の実施形態では、部分反射体は、第2の光学レンズ822の第1主表面824上に配設される。一部の実施形態では、多層反射偏光子は、第3の光学レンズ862の第1主表面864上又は第2主表面866上に配設される。一部の実施形態では、第1の四分の一波長位相子は、その多層反射偏光子上に配設される。一部の実施形態では、第1の四分の一波長位相子は、第3の光学レンズ862の第1主表面864上に配設され、多層反射偏光子は、その多層反射偏光子上に配設される。一部の実施形態では、第2の四分の一波長位相子が、光学システム800内に含まれる。この第2の四分の一波長位相子は、第2の光学レンズ822の第2主表面826上に配設することができ、又は、第1の光学レンズ812の第1主表面814及び第2主表面816の一方の上に配設することもできる。  
10

#### 【0086】

像面830は、第1の最大横寸法を有し、絞り面835は、第2の最大横寸法を有する。一部の実施形態では、第2の最大横寸法で除算した第1の最大横寸法は、少なくとも2、少なくとも3、少なくとも4、又は少なくとも5とすることができます。

#### 【0087】

光学システム800は、像面830を通って透過される中心光線の光路によって画定することができる、折り返し光軸840を中心とし得る。  
20

#### 【0088】

部分反射体は、既定の複数の波長又は所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有し得るものであり、また、それら既定の複数の波長又は所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有し得るものであり、それらの波長は、本明細書の他の箇所で説明される波長範囲のうちのいずれかとすることができます。光学システム800内に含まれる、第1の四分の一波長位相子及び任意の追加的な四分の一波長位相子は、既定の複数の波長又は所望の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、四分の一波長位相子とすることができます。多層反射偏光子は、直線偏光状態とすることが可能、第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する直線偏光状態とすることが可能、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射することができます。本明細書の他の箇所で更に説明されるように、この多層反射偏光子は、例えば、ポリマー多層反射偏光子（例えば、APF）とすることができます、又はワイヤグリッド偏光子とすることもできる。  
30

#### 【0089】

一部の実施形態では、主表面864、866、824、826、814、及び816のそれぞれは、残りの主表面のそれとの凸面とは異なる凸面を有する。換言すれば、主表面864、866、824、826、814、及び816は、6つの異なる凸面を有し得る。

#### 【0090】

画像源は、像面830を備え得るものであり、絞り面835は、第2の光学システムの入射瞳と重なり合うように適合させることができ、射出瞳とすることができます。この第2の光学システムの入射瞳は、例えば、観察者の目の入射瞳とすることができます。あるいは、画像記録装置が、像面830を備える場合もあり、絞り面835は、入射瞳とすることもできる。  
40

#### 【0091】

図9は、像面930と絞り面935との間に配設された、第1の光学レンズ912及び第2の光学レンズ922を含む、光学システム900の概略断面図である。光学システム900は、光学システム100又は光学システム200に相当し得る。本明細書の他の箇所で更に説明されるように、像面930は、ディスプレイパネルなどの画像源の表面とす  
50

ることができ、絞り面 935 は、射出瞳とすることができます。第 1 のレンズ 912 は、第 1 主表面 914 及び第 2 主表面 916 を含む。第 1 主表面 914 は、その上に配設された 1 つ以上の層 914 を含む。第 2 主表面 916 もまた、その上に配設された 1 つ以上の層を含み得る。第 2 のレンズ 922 は、第 1 主表面 924 及び第 2 主表面 926 を含む。第 2 主表面 926 は、その上に配設された 1 つ以上の層 945 を含む。一部の実施形態では、第 1 主表面 924 もまた、その上に配設された 1 つ以上の層を含み得る。図示の実施形態では、1 つ以上の層 945 は、第 2 主表面 926 上に配設された反射偏光子を含み、その反射偏光子上に配設された、第 1 の四分の一波長位相子を含む。図示の実施形態では、1 つ以上の層 943 は、部分反射体を含む。他の実施形態では、本明細書の他の箇所で更に説明されるように、反射偏光子、第 1 の四分の一波長位相子、及び部分反射体は、第 1 のレンズ 912 及び第 2 のレンズ 922 の、異なる表面上に配設される。

#### 【0092】

主光線 937、並びにエンベロープ光線 939a 及びエンベロープ光線 939b は、像面 930 を通り、絞り面 935 を通って透過される。主光線 937、並びにエンベロープ光線 939a 及びエンベロープ光線 939b は、像面 930 から絞り面 935 を通って伝播する。他の実施形態では、それらの光路の方向が逆となり、像面 930 は、画像記録装置の表面とすることができます。エンベロープ光線 939a 及びエンベロープ光線 939b は、絞り面 935 の境界で、絞り面 935 に交差し、その一方で、主光線 937 は、像面 930 を通って透過される中心光線の光路によって画定することが可能な光軸 940 で、絞り面 935 に交差する。

#### 【0093】

主光線 937 は、光軸 940 での絞り面 935 に、入射角  $\theta$  で入射する。光軸 940 に沿った、絞り面 935 に入射する主光線の、絞り面 935 に対する最大入射角の 2 倍が、光学システム 900 の視野である。一部の実施形態では、光学システム 900 は、低い色収差を有する。例えば、一部の実施形態では、可視波長範囲内で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長（例えば、486 nm の第 1 の波長、及び 656 nm の第 2 の波長）を有し、像面 930 及び絞り面 935 を通って透過される、実質的にいずれの主光線も、絞り面 935 での視野の、1.5 パーセント未満、又は 1.2 パーセント未満の、絞り面 935 での色分離距離を有する。一部の実施形態では、可視波長範囲内で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、像面 930 及び絞り面 935 を通って透過される、実質的にいずれの主光線も、20 分角未満、又は 10 分角未満の、絞り面 935 での色分離距離を有する。

#### 【0094】

本説明の更なる光学システムが、図 18 ~ 図 23 に示される。図 18 は、光学積層体 1810、像面 1830、及び絞り面 1835 を含む、光学システム 1800 の断面図である。像面 1830 は、パネル 1889 の表面である。光学積層体 1810 は、レンズ 1812 と、絞り面 1835 に向き合う、レンズ 1812 の主表面上に配設された、反射偏光子 1827 と、像面 1830 に向き合う、レンズ 1812 の主表面上に配設された、部分反射体 1817 とを含む。光学積層体 1810 内には、反射偏光子とレンズ 1812 との間に、又は部分反射体とレンズ 1812 との間に、四分の一波長位相子が含まれる。レンズ 1812 は、直交軸（例えば、x 軸及び y 軸）に対して、像面 1830 に向けて凸状である。像面 1830 上の 3 つの場所での、3 つの光線束が図示されている。各束内の光線は、絞り面 1835 では実質的に平行である。これらの光線は、主に絞り面 1835 から像面 1830 へと（例えば、カメラ用途において）進行することができ、又は、主に像面 1830 から絞り面 1835 へと（例えば、ディスプレイ用途において）進行することもできる。パネル 1889 は、ディスプレイパネルとすることができます、又は画像記録パネルとすることもできる。反射偏光子の反射開口は、実質的に、その反射偏光子の全域とすることができる、又は、その反射偏光子の境界付近の部分を除く、その反射偏光子の全域を含み得る。図示の実施形態では、反射偏光子 1827 は、絞り面 1835 に向き合う、レンズ 1812 の主表面の全域と実質的に一致する、反射開口 1814 を有する。

10

20

30

40

50

## 【0095】

図19は、第1の光学積層体1910、第2の光学積層体1920、像面1930、及び絞り面1935を含む、光学システム1900の断面図である。像面1930は、パネル1989の表面である。第1の光学積層体1910は、レンズ1912と、絞り面1935に向き合う、レンズ1912の主表面上に配設された、部分反射体とを含む。第2の光学積層体1920は、レンズ1922を含み、像面1930に向き合う、レンズ1922の主表面上に配設された、反射偏光子を含む。部分反射体に向き合う、反射偏光子上に配設された四分の一波長位相子、又は、反射偏光子に向き合う、部分反射体上に配設された四分の一波長位相子が含まれる。レンズ1912及びレンズ1922は、直交軸(例えば、x軸及びy軸)に対して、像面1930に向けて凸状である。像面1930上の3つの場所での、3つの光線束が図示されている。各束内の光線は、絞り面1935では実質的に平行である。これらの光線は、主に絞り面1935から像面1930へと(例えば、カメラ用途において)進行することができ、又は、主に像面1930から絞り面1935へと(例えば、ディスプレイ用途において)進行することもできる。パネル1989は、ディスプレイパネルとすることもできる。

## 【0096】

図20は、第1のレンズ2012を有する光学積層体2010、第2のレンズ2022、像面2030、及び絞り面2035を含む、光学システム2000の断面図である。像面2030は、パネル2089の表面である。光学積層体2010は、絞り面2035に向き合う、第1のレンズ2012の主表面上に配設された、反射偏光子を含み、像面2030に向き合う、第1のレンズ2012の主表面上に配設された、部分反射体を含む。光学積層体2010内には、反射偏光子と第1のレンズ2012との間に、又は部分反射体と第1のレンズ2012との間に、四分の一波長位相子が含まれる。反射偏光子及び部分反射体は、直交軸(例えば、x軸及びy軸)に対して、像面2030に向けて凸状である。像面2030上の3つの場所での、3つの光線束が図示されている。各束内の光線は、絞り面2035では実質的に平行である。これらの光線は、主に絞り面2035から像面2030へと(例えば、カメラ用途において)進行することができ、又は、主に像面2030から絞り面2035へと(例えば、ディスプレイ用途において)進行することもできる。パネル2089は、ディスプレイパネルとすることもできる。

## 【0097】

図21は、第1の光学積層体2110、第2の光学積層体2120、像面2130、及び絞り面2135を含む、光学システム2100の断面図である。像面2130は、パネル2189の表面である。第1の光学積層体2110は、レンズ2122と、像面2130に向き合う、レンズ2112の主表面上に配設された、部分反射体とを含む。第2の光学積層体2120は、レンズ2122を含み、像面2130に向き合う、レンズ2122の主表面上に配設された、反射偏光子を含む。光学システム2100内には、部分反射体に向き合う、反射偏光子上に配設された四分の一波長位相子、又は反射偏光子に向き合う、部分反射体上に配設された四分の一波長位相子、又は絞り面2135に向き合う、レンズ2112の主表面上に配設された四分の一波長位相子が含まれる。反射偏光子は、直交軸(例えば、x軸及びy軸)に対して、像面2130に向けて凸状である。部分反射体は、実質的に平坦とすることができます。像面2130上の3つの場所での、3つの光線束が図示されている。各束内の光線は、絞り面2135では実質的に平行である。これらの光線は、主に絞り面2135から像面2130へと(例えば、カメラ用途において)進行することができ、又は、主に像面2130から絞り面2135へと(例えば、ディスプレイ用途において)進行することもできる。パネル2189は、ディスプレイパネルとすることもでき、又は画像記録パネルとすることもできる。

## 【0098】

図22は、第1のレンズ2212、第2のレンズ2222を有する光学積層体2220、像面2230、及び絞り面2235を含む、光学システム2200の断面図である。光

10

20

30

40

50

学積層体 2220 は、像面 2230 に向き合う、レンズ 2222 の主表面上に配設された、部分反射体を含み、絞り面 2235 に向き合う、レンズ 2222 の主表面上に配設された、反射偏光子を含む。光学システム 2200 内には、部分反射体に向き合う、反射偏光子上に配設された四分の一波長位相子、又は、反射偏光子に向き合う、部分反射体上に配設された四分の一波長位相子が含まれる。反射偏光子は、直交軸（例えば、x 軸及び y 軸）に対して、絞り面 2235 に向けて凸状である。部分反射体は、実質的に平坦なものとすることができる、又は、凸状若しくは凹状とすることもできる。像面 2230 上の 3 つの場所での、3 つの光線束が図示されている。各束内の光線は、絞り面 2235 では実質的に平行である。これらの光線は、主に絞り面 2235 から像面 2230 へと（例えば、カメラ用途において）進行することができ、又は、主に像面 2230 から絞り面 2235 へと（例えば、ディスプレイ用途において）進行することもできる。 10

#### 【0099】

図 23 は、第 1 のレンズ 2312、第 2 のレンズ 2322 を含む光学積層体 2320、第 3 のレンズ 2362 を含む光学積層体 2360、像面 2330、及び絞り面 2335 を含む、光学システム 2300 の断面図である。光学積層体 2320 は、絞り面 2335 に向き合う、第 2 のレンズ 2322 の主表面上に配設された、部分反射体を含み、像面 2330 に向き合う、第 3 のレンズ 2362 の主表面上に配設された、反射偏光子を含む。光学システム 2300 内には、部分反射体に向き合う、反射偏光子上に配設された四分の一波長位相子、又は、反射偏光子に向き合う、部分反射体上に配設された四分の一波長位相子が含まれる。反射偏光子及び部分反射体は、それぞれ、直交軸（例えば、x 軸及び y 軸）に対して、像面 2330 に向けて凸状である。像面 2330 上の 3 つの場所での、3 つの光線束が図示されている。各束内の光線は、絞り面 2335 では実質的に平行である。これらの光線は、主に絞り面 2335 から像面 2330 へと（例えば、カメラ用途において）進行することができ、又は、主に像面 2330 から絞り面 2335 へと（例えば、ディスプレイ用途において）進行することもできる。 20

#### 【0100】

図 10 は、頂点 1057 を有し、2 つの直交軸（例えば、x 軸及び y 軸）に対して湾曲している反射偏光子 1027 の断面図である。反射偏光子 1027 は、頂点 1057 を通過する光軸 1040 からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、頂点 1057 で光軸 1040 に対して垂直な（x - y 平面に平行な）平面 1057 からの変位  $s_1$  を有する、少なくとも 1 つの第 1 の場所 1052 を有する。比  $s_1 / r_1$  は、少なくとも 0.1、又は少なくとも 0.2 であり、かつ 0.8 未満、又は 0.6 未満とすることができる。例えば、一部の実施形態では、 $s_1 / r_1$  は、0.2 ~ 0.8 の範囲、又は 0.3 ~ 0.6 の範囲である。反射偏光子 1027 は、光軸 1040 からの半径方向距離  $r_2$ 、及び平面 1047 からの変位  $s_2$  を有する、少なくとも 1 つの第 2 の場所 1054 を有する。一部の実施形態では、 $s_2 / r_2$  は、少なくとも 0.3 であり、かつ 0.8 未満とすることができる。反射偏光子 1027 は、直径 D 及び最大サグ S m を有する。 30

#### 【0101】

一部の実施形態では、この反射偏光子は、光軸 1040 に対して回転対称である、又は実質的に回転対称である。フィルム又は構成要素の形状の方位変動が、約 10 パーセント以下である場合には、そのフィルム又は構成要素は、実質的に回転対称であると言うことができる。図 10 及び図 11 での実施形態では、方位変動とは、頂点 1057 を通る光軸 1040、又は頂点 1157 を通る光軸 1140 に対する、方位角座標による変動を指す。一部の実施形態では、 $s_1 / r_1$  の方位変動は、10 パーセント未満、又は 8 パーセント未満、又は 6 パーセント未満、又は 4 パーセント未満、又は 2 パーセント未満、又は 1 パーセント未満、又は更に 0.5 パーセント未満である。1 つ以上の場所 1052 は、光軸 1040 からの共通の半径方向距離  $r_1$  を有する場所の環とすることができる、同様に、1 つ以上の場所 1054 は、光軸 1040 からの共通の半径方向距離  $r_2$  を有する場所の環とすることができる。フィルムにしわを寄せることなく、フィルムを回転対称レンズ内に成型することができるほど、フィルムの形状の方位変動が十分に小さい場合には、その 40

フィルムは、回転対称であると言うことができる。フィルム又は構成要素の形状の方位変動が、約1パーセント以下、若しくは約0.5パーセント以下である場合には、そのフィルム又は構成要素は、回転対称であると言うことができる。座標s1及び座標r1は、光軸1040からの半径方向位置がr1以下であるか、又は、頂点1057からの、光軸に沿った距離がs1以下である、反射偏光子1027の領域A1を画定する。

#### 【0102】

図11は、反射偏光子1027に相当し得る、反射偏光子1127の正面図である。反射偏光子1127は、2つの直交軸（例えば、x軸及びy軸）に対して湾曲しており、頂点1157と、その頂点1157を通過する（z軸に平行な）光軸1140とを有する。反射偏光子1127は、ポリマー多層反射偏光子とすることができ、頂点1157で実質的に一軸配向されている、少なくとも1つの層を有し得る。例えば、この少なくとも1つの層の配向は、頂点1157での矢印によって示されるような、y方向のものとすることができる。この方向はまた、反射偏光子1127に関する遮断方向とすることもでき、直交方向（x方向）は、この反射偏光子に関する透過軸とすることができる。反射偏光子1127はまた、光軸1140から離れた、少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所1153で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所1152で、実質的に光学的一軸性である、少なくとも1つの層も含む。

#### 【0103】

ポリマー多層光学フィルムを熱成形することにより、反射偏光子1127を提供することができる。この光学フィルムは、最初は、y方向に沿った遮断軸で一軸配向された、少なくとも1つの層を有する。熱成形の間に、この光学フィルムは、熱成形工具の形状に適合するように延伸される。この光学フィルムが延伸される理由は、所望の形状が、2つの直交軸に対して湾曲しているためである。このこととは対照的に、1つの軸に対してのみ湾曲した形状に適合させるためには、光学フィルムを延伸する必要がない。熱成形のプロセスは、この光学フィルムを、第2の場所1152では実質的に一軸配向されたままに留めるが（このフィルムは、熱成形の間、この場所では、その配向方向に沿って延伸されるため）、第1の場所1153では、熱成形される際の光学フィルムの延伸により、二軸配向になり得る。第1の場所1153及び第2の場所1152での遮断軸は、それらの場所での矢印によって示されている。遮断軸は、第1の場所1153では、一度移行されている。透過軸は、遮断軸に直交し得るものであり、この透過軸もまた、第1の場所1153では、一度移行し得る。一部の実施形態では、反射偏光子1127の透過軸の（又は、遮断軸の）最大変動は、この反射偏光子の全域にわたって、若しくは、この反射偏光子の、s1及びr1によって画定される領域にわたって、若しくは、この反射偏光子の反射開口にわたって、約5度未満、又は約3度未満、又は約2度未満、又は約1.5度未満、又は約1度未満であり、s1及びs2は、反射偏光子1027に関して説明されるようなものである。反射開口とは、反射の際に光学システムによって利用される、その反射偏光子の部分を指す。反射開口は、実質的に、その反射偏光子の全域とすることができる、又は、その反射偏光子の境界付近の、反射偏光子の部分を除外することもできる。透過軸の最大変動は、透過軸と一定方向（例えば、図11でのx方向）との最大角度差から、その透過軸と一定方向との最小角度差を差し引いたものとして決定することができる。

#### 【0104】

本明細書で説明される光学システムのいずれかで使用される、反射偏光子のいずれも、第1の直線偏光状態を有する光を反射し、その第1の直線偏光状態に直交する第2の直線偏光状態を有する光を透過するように適合させることができ、直線反射偏光子とすることができる。

#### 【0105】

本説明の光学システムのいずれかで使用される、反射偏光子のいずれも、熱成形ポリマー多層光学フィルムとすることが可能、熱成形反射偏光子とすることができる。このポリマー多層光学フィルムは、交互配置された、複数の第1のポリマー層及び第2のポリマー層を含み得る。このことは、交互配置された第1のポリマー層1272及び第2のポリ

10

20

30

40

50

マー層 1 2 7 4 を含む、反射偏光子 1 2 2 7 の側面図である、図 1 2 に示されている。この図では、面外（厚さ） $z$  方向と、直交する面内の  $x$  方向及び  $y$  方向とが示されている。好適なポリマー多層反射偏光子は、例えば、米国特許第 5,882,774 号（Jonz a ら）、及び同第 6,609,795 号（Weber ら）で説明されている。

#### 【0106】

一部の実施形態では、第 1 のポリマー層 1 2 7 2 及び第 2 のポリマー層 1 2 7 4 のうちの少なくとも 1 つの層は、その層内的一部の場所で、実質的に一軸配向されているものと 10 することができる。一部の実施形態では、この多層光学フィルムは、熱成形の前には、実質的に同じであるが、幅方向（例えば、 $y$  方向）での屈折率とは異なる、長さ方向（例えば、 $x$  方向）及び厚さ方向（例えば、 $z$  方向）での屈折率を有する、少なくとも 1 つの層を有する。一部の実施形態では、この多層光学フィルムは、熱成形の前には、実質的に一軸延伸フィルムであり、少なくとも 0.7、又は少なくとも 0.8、又は少なくとも 0.85 の一軸特性度  $U$  を有し、この場合、 $U = (1 / MDDR - 1) / (TDDR^{1/2} - 1)$  であり、MDDR は、縦方向の延伸比として定義され、TDDR は、横方向の延伸比として定義されるものである。そのような一軸配向多層光学フィルムは、本説明と矛盾しない限りにおいて、参照により本明細書に組み込まれる、米国特許第 2010/0254002 号（Merrill ら）で説明されている。他の実施形態では、この多層光学フィルムは、熱成形の前には、実質的に一軸延伸されていない。

#### 【0107】

一軸配向多層反射偏光子としては、APF (3M Company より入手可能な、Advanced Polarizing Film) が挙げられる。APF は、交互配置された複数の第 1 のポリマー層及び第 2 のポリマー層を含み、第 1 のポリマー層は、実質的に同じであるが、幅方向（例えば、 $y$  方向）での屈折率とは異なる、長さ方向（例えば、 $x$  方向）及び厚さ方向（例えば、 $z$  方向）での屈折率を有する。例えば、 $x$  方向と  $z$  方向との屈折率の差の絶対値は、0.02 未満又は 0.01 未満とすることができます、 $x$  方向と  $y$  方向との屈折率の差の絶対値は、0.05 超又は 0.10 超とすることができます。APF は、幅方向に沿った遮断軸、及び長さ方向に沿った通過軸を有する、直線反射偏光子である。本説明の光学システムのいずれかで使用される、反射偏光子のいずれも、熱成形 APF とすることができます。別段の指定のない限り、屈折率とは、550 nm の波長での屈折率を指す。

#### 【0108】

一軸配向されていない反射偏光子は、DBEF (3M Company (St. Paul, MN) より入手可能な、Dual Brightness Enhancement Film) である。DBEF は、それぞれ、約 1.80、1.62、及び 1.50 の、幅方向、長さ方向、及び厚さ方向での屈折率を有する、第 1 の層を有し得るものであり、その一方で、APF は、それぞれ、約 1.80、1.56、及び 1.56 の、幅方向、長さ方向、及び厚さ方向での屈折率を有する、第 1 の層を有し得る。APF 及び DBEF の双方とも、実質的に等方性の第 2 の層を有し得る。一部の実施形態では、この光学システムは、DBEF を反射偏光子として使用することができます、一部の実施形態では、この光学システムは、APF を反射偏光子として使用することができます。更に他の実施形態では、DBEF 又は APF 以外の、多層ポリマー反射偏光子フィルムを使用することができます。APF は、2 つの直交軸に対して凸状の形状へと熱成形された場合に、DBEF に勝る改善をもたらすことが、予期せずして見出された。そのような改善としては、ディスプレイシステム内で使用される場合の、より高いコントラスト比、及び軸外色の低減が挙げられる。他の改善としては、透過軸及び遮断軸の向きの変動の低減が挙げられる。

#### 【0109】

DBEF 及び APF の双方とも、交互配置された複数のポリマー層を含む、ポリマー多層反射偏光子である。他の反射偏光子を、本説明の光学システム内で使用することもできる。一部の実施形態では、反射偏光子は、ワイアグリッド偏光子である。このワイアグリッド偏光子は、図 13A、図 13B に示されており、これらの図は、それぞれ、透明な基

10

20

30

40

50

材 1 3 7 0 上に配設されたワイアグリッド層 1 3 7 5 を含むワイアグリッド偏光子 1 3 2 7 の、概略上面図及び概略側面図である。そのようなワイアグリッド偏光子は、2 つの直交軸（例えば、x 軸及び y 軸）に対して湾曲した形状へと、熱成形することができる。ワイアグリッド層 1 3 7 5 は、その反射偏光子の遮断方向（y 方向）に延びる平行な列に（熱成形の前に）配置構成された、複数のワイア又は金属トレース 1 3 7 7 を含む。

【 0 1 1 0 】

一部の実施形態では、基材層上にワイアグリッド層を含む、ワイアグリッド偏光子を使用する代わりに、レンズの表面上に金属トレースを堆積させることによって、レンズ表面上にワイアグリッド偏光子が形成される。

【 0 1 1 1 】

一部の実施形態では、光学システムは、部分反射体と、反射偏光子と、それら反射偏光子と部分反射体との間に配設された、第 1 の四分の一波長位相子とを含む。部分反射体及び反射偏光子は、互いに隣接して離隔配置することができる。この光学システムは、像面及び絞り面を含み得るものであり、それら像面と絞り面との間に、部分反射体が配設され、像面と部分反射体との間に、反射偏光子が配設される。画像源が、像面を備える場合があり、絞り面は、射出瞳とすることができます、又は、画像記録装置が、像面を備える場合もあり、絞り面は、入射瞳とすることができます。画像源は、透明又は半透明とすることが可能な、ディスプレイパネルを含み得るものであり、画像源は、シャッタを更に含み得る。

一部の実施形態では、像面は、光学システムの外部の対象物から反射された光を受光するように、適合させることができる。部分反射体は、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有し、また、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光透過率も有し得る。それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、1 つ以上の連続的な波長範囲を含み得る。一部の場合には、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、可視波長範囲（例えば、400 nm ~ 700 nm）とすることができます。それら所望の複数の波長若しくは既定の複数の波長での、平均光反射率及び平均光透過率の双方とも、例えば、30 % ~ 70 %、又は 40 % ~ 60 % とすることができます。第 1 の四分の一波長位相子及び任意の追加的な四分の一波長位相子は、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長内の、少なくとも 1 つの波長での、四分の一波長位相子とすることができます。四分の一波長位相子は、その位相子の高速軸が、反射偏光子の透過軸又は遮断軸に対して 45 度に方向付けられるように、方向付けることができる。この反射偏光子は、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に対して湾曲している。この光学システムは、像面と絞り面との間に配設された、複数の表面（例えば、1 つ、2 つ、3 つ、又はそれよりも多くの光学レンズの主表面、例えば、図 1、図 2、図 5 ~ 図 9 を参照）を含み得るものであり、それら複数の表面の、1 つ以上の表面上に、反射偏光子、第 1 の四分の一波長位相子、及び部分反射体を配設することができる。それら複数の表面の、いずれか又は全ての表面は、非球面多項サグ式によって記述される形状を有し得る。この光学システムは、以下の条件のうちの任意の 1 つ、以下の条件のうちの任意の 2 つ、3 つ、4 つ、5 つ、6 つ、若しくは 7 つの任意の組み合わせ、又は以下の条件の全てを満たし得る。

( i ) 反射偏光子及び部分反射体のそれぞれは、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って像面に向けて凸状である；

( i i ) 反射偏光子は、少なくとも 1 つの層を備え、その少なくとも 1 つの層は、光軸から離れた、少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第 2 の場所で、実質的に光学的一軸性である、多層ポリマー反射偏光子であり、像面及び絞り面を通過する、いずれの主光線、若しくは実質的にいずれの主光線も、約 30 度未満、又は約 25 度未満、又は約 20 度未満の入射角で、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体のそれぞれに入射する；

( i i i ) 画像源が、像面を備え、この画像源が、歪みのない像を放出し、絞り面によって透過される、その放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約 10 % 未満となるように、部分反射体が、第 1 の形状を有し、反射偏光子が、異なる第 2 の形状を有

10

20

30

40

50

する；

(i v) 可視波長範囲内で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される、いずれの主光線、若しくは実質的にいずれの主光線も、絞り面での視野の、1.5 パーセント未満、又は 1.2 パーセント未満の、あるいは、20 分角未満、又は 10 分角未満の、絞り面での色分離距離を有する；

(v) 反射偏光子は、光軸に対して回転対称の、熱成形多層反射偏光子である。この反射偏光子は、例えば、APF、又は DBEF とすることができる、あるいは、ワイアグリッド偏光子とすることもできる；

(vi) 光学システムは、調節可能な処方（光屈折）補正を実現する。この処方補正は反射偏光子と部分反射体との間の調節可能な距離、及び／又は、像面と絞り面との間に配設されたレンズの調節可能な形状によって実現され得る；

(vii) 反射偏光子は、その反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有する、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有する。比  $s_1 / r_1$  は、少なくとも 0.1、又は少なくとも 0.2 であり、かつ 0.8 未満、又は 0.6 未満とすることができる；

(viii) 画像源が、像面を備え、絞り面でのコントラスト比は、光学システムの視野にわたって、少なくとも 40、又は少なくとも 50、又は少なくとも 60、又は少なくとも 80、又は少なくとも 100 である。

#### 【0112】

本説明の光学システムのいずれかで使用される、部分反射体のいずれも、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有し得るものであり、かつ／又は、所望の複数の波長又は既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光透過率を有し得る。それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、1 つの所望の波長範囲又は 1 つの既定の波長範囲とすることができる、あるいは、複数の所望の波長範囲又は複数の既定の波長範囲とすることもできる。本説明の光学システムのいずれも、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長内の、少なくとも 1 つの波長での、四分の一波長位相子である、1 つ以上の位相子を含み得る。それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、例えは、この光学システムが動作するように設計されている、任意の波長範囲とすることができる。それら既定の複数の波長又は所望の複数の波長は、可視範囲とすることができる、例えは、400 nm ~ 700 nm の波長範囲とすることができる。一部の実施形態では、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、赤外範囲とすることができる、あるいは、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの 1 つ以上を含み得る。一部の実施形態では、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、1 つの狭い波長帯域、又は複数の狭い波長帯域とすることができる、部分反射体は、ノッチ反射体とすることができる。一部の実施形態では、それら所望の複数の波長又は既定の複数の波長は、100 nm 以下又は 50 nm 以下の半値全幅を有する、少なくとも 1 つの連続的な波長範囲を含む。

#### 【0113】

本明細書で説明される光学システムのいずれかでは、文脈が明確にそうではないことを示さない限り、画像源が、像面を備え得るものであり、絞り面は、第 2 の光学システムの入射瞳と重なり合うように適合させることができ、射出瞳とすることができる。この第 2 の光学システムの入射瞳は、例えは、観察者の目の入射瞳とすることができる。本明細書で説明される光学システムのいずれかでは、文脈が明確にそうではないことを示さない限り、画像記録装置が、像面を備え得るものであり、絞り面は、入射瞳とすることができる。

#### 【0114】

本説明の光学システムのいずれも、実質的に平面状の像面、及び／又は実質的に平面状の絞り面を有し得るものであり、あるいは、これらの表面の一方又は双方は、湾曲状にすることもできる。像面は、最大横寸法 A を有し得るものであり、絞り面は、最大横寸法 B を有し得るものであり、A / B は、少なくとも 2、又は少なくとも 3、又は少なくとも 4

10

20

30

40

50

、又は少なくとも 5 である。一部の実施形態では、A / B は、例えば、2 ~ 20、又は3 ~ 10 の範囲とすることができる。

【 0 1 1 5 】

本説明の光学システムのいずれも、少なくとも 80 度の、少なくとも 90 度の、又は少なくとも 100 度の視野を有し得る。本説明の光学システムのいずれも、絞り面及び像面を通って透過される、少なくとも 1 つの主光線が、少なくとも 40 度、又は少なくとも 45 度、又は少なくとも 50 度の入射角で絞り面を通過し得るように、適合させることができる。

【 0 1 1 6 】

本説明の一部の態様では、本説明の光学システムのうちの任意の 1 つ以上を含む、装置が提供される。この装置は、例えば、ヘッドマウント式ディスプレイ若しくは投影システムなどのディスプレイ装置、投影器とすることも可能な照明器、ビームエキスパンダ、カメラ、又は拡大装置とすることことができ、あるいは、それらを含み得るものである。拡大装置は、例えば、望遠鏡、双眼鏡、又は顕微鏡とすることができる。

10

【 0 1 1 7 】

一部の実施形態では、反射偏光子は、熱成形されている。反射偏光子などの光学フィルムは、異方性の機械的特性を有し得るものであり、この特性により、熱成形光学フィルムの所望の形状を得ることが困難なものとなるが、これは、熱成形金型からフィルムを取り出した後の、その光学フィルムの異方性の収縮によるものである。この異方性の機械的特性は、反射偏光子の少なくとも一部の層内での、ポリマー分子の異方性の配向により、その多層ポリマー反射偏光子内に生じ得るものである。ポリマーフィルムの表面上にワイヤを備える、ワイヤグリッド偏光子での、異方性の機械的特性は、1 つの方向で延在し得るワイヤの異方性により生じ得るものである。本説明によれば、光学フィルムが異方性の機械的特性を有する場合に、所望の形状を有する光学フィルムを提供するための方法が見出された。

20

【 0 1 1 8 】

図 15 は、所望の形状を有する所望の光学フィルムの作製方法 1580 を示す、概略フロー図であり、この方法は、( i ) 所望の形状とは異なる第 1 の形状を有する外表面を有する、熱成形工具を準備するステップ(ステップ 1582)と、( i i ) 光学フィルムを加熱することにより、軟化光学フィルムを結果として得るステップ(ステップ 1584)と、( i i i ) この軟化光学フィルムを、少なくとも、直交する第 1 の方向及び第 2 の方向(例えば、図 16 の x 方向及び y 方向)に沿って、軟化フィルムを延伸させながら、第 1 の形状を有する外表面に適合させることにより、第 1 の形状を有する適合化光学フィルムを結果として得るステップ(ステップ 1586)と、( i v ) その適合化光学フィルムを冷却することにより、所望の形状を有する所望の光学フィルムを結果として得るステップ(ステップ 1588)と、を含む。冷却ステップは、光学フィルムを工具から離すステップを含み得る。例えば、一部の実施形態では、光学フィルムは、工具から取り外されて、放冷される。一部の実施形態では、この方法は、光学フィルム上に光学レンズを成型する(例えば、フィルムインサート成型する)ことにより、光学積層体を結果として得るステップを、更に含む。

30

【 0 1 1 9 】

一部の実施形態では、この所望の光学フィルムは、異方性の機械的特性を有する任意の光学フィルムであり、本明細書で説明される反射偏光子のうちのいずれかとすることができる。一部の実施形態では、この所望の光学フィルムは、四分の一波長コーティングを有する反射偏光子、あるいは、積層された反射偏光子フィルム及び四分の一波長位相子フィルムである。所望の形状は、その光学フィルムの(例えば、図 16 の z 軸に平行な)光軸に対して回転対称の形状とすることができる。この光学フィルムの光軸は、その光学フィルムを含む光学積層体の光軸と一致し得る。

40

【 0 1 2 0 】

図 16 は、光学フィルムを熱成形する際に使用するために好適な、熱成形工具 1681

50

の概略断面図である。熱成形工具 1681 は、外表面 1685 を有し、基底部 1687 上に配設された、ドーム状部分 1683 を含む。外表面 1685 は、例えば、楕円体の一部の形状を有し得る。この楕円体は、大径及び小径を有し得るものであり、大径と小径との比は、例えば、1.01～1.1 の範囲、又は 1.01～1.05 の範囲とすることができます。方法 1580 に従って、そのような楕円体の工具上で、反射偏光子フィルムを熱成形することにより、例えば、そのフィルムを工具から取り外して、そのフィルムを放冷した後に、回転対称の反射偏光子を提供することができる点が見出された。

### 【0121】

本説明の光学システムのいずれかに含めることが可能な、本説明の反射偏光子のいずれも、プロセス 1580 に従って、かつ/又は熱成形工具 1681 を使用して、熱成形することができます。反射偏光子、及び他の光学フィルムは、例えば、フィルムインサート成型プロセスで、そのフィルム上に好適なレンズ材料（例えば、ポリカーボネート）を射出成型することによって、光学レンズを含む光学積層体内に組み込むことができる。

### 【0122】

本説明の光学システムのいずれも、ヘッドマウント式ディスプレイ（例えば、仮想現実ディスプレイ）又はカメラ（例えば、携帯電話内に配設されたカメラ）などの装置内で、使用することができる。図 17 は、フレーム 1792、第 1 のディスプレイ部分 1794a 及び第 2 のディスプレイ部分 1794b、カメラ 1796、並びに視標追跡ユニット 1798 を含む、ヘッドマウント式ディスプレイ 1790 の概略上面図である。第 1 のディスプレイ部分 1794a は、外側表面 1782a 及び内側表面 1784a を含み、第 2 のディスプレイ部分 1794b は、外側表面 1782b 及び内側表面 1784b を含む。カメラ 1796 は、外側表面 1786 及び内側表面 1788 を含む。第 1 のディスプレイ部分 1794a 及び第 2 のディスプレイ部分 1794b のそれぞれは、本説明の光学システムのいずれかの像面を備える、ディスプレイパネルを含み得るものであり、この光学システムの絞り面は、ユーザの入射瞳に重なり合うように適合された、射出瞳である。例えば、第 1 のディスプレイ部分 1794a（及び、同様に第 2 のディスプレイ部分 1794b に関して）は、光学システム 100 の、像面 130 並びに第 1 の光学積層体 110 及び第 2 の光学積層体 120 を含み得る。像面 130 は、外側表面 1782a に隣接して配設することができ、絞り面 135 は、観察者に向けた（内側表面 1784a からマイナス z 方向の）、第 1 のディスプレイ部分 1794a の外側に存在し得る。一部の実施形態では、別個の複数のディスプレイパネルの代わりに、部分 1794a 及び部分 1794b にわたる単一のディスプレイパネルを使用することができる。

### 【0123】

任意選択的に省略することが可能な、カメラ 1796 は、本説明の任意の光学システムを含み得るものであり、絞り面は、その光学システムの入射瞳であり、画像記録装置が、像面を備える。例えば、カメラ 1796 は、光学システム 100 の、第 1 の光学積層体 110 及び第 2 の光学積層体 120 を含み得る。像面 130 は、内側表面 1788 に隣接して配設された、画像記録装置の表面とすることができます、絞り面 135 は、外側表面 1786 に隣接して配設することができ、又は、観察者から離れる方向で（外側表面 1786 からプラス z 方向で）、このカメラの外側に存在し得る。

### 【0124】

ヘッドマウント式ディスプレイ 1790 は、本説明の光学システムのうちの 3 つを含み得る。他の実施形態では、ヘッドマウント式ディスプレイ内には、1 つ又は 2 つのみの、本説明の光学システムが含まれる。例えば、一部の実施形態では、ヘッドマウント式ディスプレイは、本説明の単一の光学システムを含むことにより、ユーザの一方の目に像が提供されると同時に、他方の目は、そのユーザの環境を遮られずに見通すことができる。更に他の実施形態では、本説明の 4 つ以上の光学システムを含めることができる。例えば、それぞれが本説明の光学システムを含む、2 つのカメラユニットを含めることにより、図 17 と同様に 2 つのディスプレイユニットを利用しつつ、ユーザに立体視を提供する、又は複数の視点（例えば、ピクチャーラインピクチャー）を提供することができる。

10

20

30

40

50

## 【0125】

ヘッドマウント式ディスプレイ1790は、任意選択的に省略することが可能な、視標追跡ユニット1798を備える視標追跡システムを含み得る。このシステムは、画像センサ及び画像プロセッサを利用して、ユーザの瞳の直径及び位置を監視することができる。第1の部分1798内に含まれるディスプレイパネルからの光が、ユーザの瞳から反射して、第1の部分1798内に配設された光学システムの反射偏光子から、視標追跡ユニット1798内に反射し得る。あるいは、視標追跡ユニット1798は、第1の部分1794a内の反射構成要素に向けて光を放出する、光源（例えば、赤外光源）を含み得るものであり、その光は、観察者の目に向けて反射される。次いで、この光は、その目から反射して、第1の部分1794a内の反射構成要素から、視標追跡ユニット1798に向けて反射して戻る。

## 【0126】

この目監視システムが検出することが可能な、目の属性としては、目の視線方向、瞳の直径及び直径の変化、眼瞼のまばたき、視標追跡対象、並びに眼球の衝動性移動のうちの1つ以上を挙げることができる。視標追跡パラメータとしては、眼球回転の速度、及び、対象物の移動と目の移動との時間差若しくは位相を挙げることができる。眼球の衝動性移動は、その移動の持続時間、速度、及びパターンを含んでもよい。このシステムは、周囲光条件を考慮に入れ、瞳孔反射に基づいて、そのシステムのユーザの疲労及び認知処理負荷を定量化することができ、履歴データに基づいて、そのユーザに対して個人化することができる。

## 【0127】

一部の実施形態では、この視標追跡ユニットは、カメラ（例えば、赤／緑／青（RGB）カメラ、又は赤外線（IR）カメラ）を含み、このカメラは、本説明の光学システムを含む場合もあれば、又は含まない場合もあり、目の画像を捕捉することが可能なものである。IRカメラを使用することにより、周囲光条件を判定することができるが、これは、その目の画像の平均IR輝度が、周囲光レベルを示すためである。

## 【0128】

一部の実施形態では、ヘッドマウント式ディスプレイ1790は、瞳のサイズの変化を検出し、その情報を使用して、ユーザの疲労及び認知処理負荷を定量化するように適合された、視標追跡システムを含む。一部の実施形態では、ヘッドマウント式ディスプレイ1790は、以下のステップのうちの1つ以上又は全てを実施するように（例えば、組み込みプロセッサ上で実行されるアルゴリズムを使用して）適合される。

ステップ1：目のグレースケール画像を捕捉する。

ステップ2：ノイズをフィルタ除去する（例えば、ガウシアンフィルタを使用）。

ステップ3：目の画像内の各画素に関する、勾配の大きさ及び方向を算出する。

ステップ4：より高い勾配の大きさを有する画素を特定する（これらは、対象物の縁部である可能性が高い）。

ステップ5：例えば、人間の視覚認知のヘルムホルツの原理に従って、前ステップで特定された画素を接続することによって、縁部を特定する。

ステップ6：縁部の線分を、多項式によって定義される橢円又は他の形状の式と比較する。最小の橢円状の形状を、瞳として特定することができる。虹彩の面積もまた、判定することができ、精度を向上させるために使用することができる。閃光などの、画像内に存在し得る他の橢円形状は、除外することができる。

ステップ7：従前に行った線適合、及び目とカメラとの距離に基づいて、瞳のサイズ（例えば、直径又は面積）を算出する。

ステップ8：周囲光条件を考慮に入れるために、調整係数を決定して、算出された瞳のサイズに適用する。周囲光条件は、ヘッドマウント式ディスプレイ内に含まれる追加的センサを使用して、又は、捕捉した画像の輝度解析を介して、判定することができる。

ステップ9：任意選択的に、調整済みの瞳のサイズを、データベース内に保存する。この瞳のサイズは、時間の関数として記録することができ、時系列（経時的に作成された一

10

20

30

40

50

連のデータ点)として記憶させることができる。

【0129】

ヘッドマウント式ディスプレイ1790は、視標追跡ユニット1798を使用して判定された、瞳のサイズ及び/又は瞳の方向の情報に基づいて、第1の部分1794a及び第2の部分1794b内での、ディスプレイパネルによって生成される光の強度を変化させるように、適合させることができる。この視標追跡システムは、ユーザが見ている虚像の場所を検出するように構成することができ、この光学システムは、本明細書の他の箇所で説明されるように、その光学システム内の1つ以上のレンズの位置を調節することによって、立体的に提示されるような、その対象物の奥行きに、その虚像距離を合致させるべく調節するように、適合させることができる。

10

【0130】

一部の実施形態では、ヘッドマウント式ディスプレイ1790は、内側表面1784a及び/又は内側表面1784bに隣接して、度付きレンズを取り付けることができるように構成される。

【0131】

本説明の一部の態様では、本説明の光学システムを含む、装置が提供される。そのような装置の実施例は、本説明の光学システムのうちの1つ以上を含むヘッドマウント式ディスプレイ1790などの、ヘッドマウント式ディスプレイである。図24Aは、光学システム2400を含む装置2490の、概略上面図である。光学システム2400は、反射偏光子2427と、部分反射体2417と、それら反射偏光子2427と第1の四分の一波長位相子2425との間に配設された、第1の四分の一波長位相子2425とを含む。反射偏光子2427、部分反射体2417、及び第1の四分の一波長位相子2425は、本明細書の他の箇所で説明される、反射偏光子、部分反射体、又は第1の四分の一波長位相子のいずれかに相当し得る。例えば、一部の実施形態では、反射偏光子2427は、ポリマー多層反射偏光子(例えば、APF)であり、一部の実施形態では、反射偏光子2427は、ワイヤグリッド偏光子である。反射偏光子2427は、直交する第1の軸及び第2の軸に対して湾曲状のものとすることことができ、所望の形状へと熱成形することができる。部分反射体2417は、直交する第1の軸及び第2の軸に対して湾曲状のものとすることもできる。同様に、第1の四分の一波長位相子2425は、直交する第1の軸及び第2の軸に対して湾曲状のものとすることもできる。あるいは、平坦状のものとするか、又は1つの軸に対してのみ湾曲状のものとすることもできる。反射偏光子2427、部分反射体2417、及び第1の四分の一波長位相子2425は、本明細書の他の箇所で説明されるような、1つ以上のレンズの表面上に配設することができる。

20

【0132】

装置2490は、例えば、ディスプレイ装置、ビームエキスパンダ、カメラ、又は、望遠鏡、顕微鏡、双眼鏡などの拡大装置とすることができます。双眼鏡又はヘッドマウント式ディスプレイの場合には、2つ以上の光学システム2400を含めることができる。例えば、光学システム2400の2つ(それぞれの目に対して1つ)を含めることができ、2つの光学システムを含む装置の実施例が、図24Cに示される。ディスプレイ用途では、部分反射体2417が、そのディスプレイの画像形成装置(例えば、ディスプレイパネル)に向き合う状態に、光学システム2400を方向付けることができる。カメラ用途では、反射偏光子2427が、そのカメラの入射瞳に向き合い、部分反射体2417が、見られる対象物又は環境に向き合う状態に、光学システム2400を方向付けることができる。光学システム2400の絞り面は、光学システム2400の外部の対象物から反射された光を受光するように適合された、開口とすることができます。光学システム2400の像面は、画像記録装置の表面とすることができます。望遠鏡、顕微鏡、及び双眼鏡の用途では、光学システム2400を、対物部分装置で使用することができ、又は、その装置の接眼部で使用することもでき、反射偏光子は、いずれの場合にも観察者に向き合う。光学システム2400の像面は、光学システム2400の外部の対象物から反射された光を受光する

30

40

50

ように適合させることができ、光学システム 2400 の絞り面は、観察者の瞳に重なり合うように適合された、射出瞳とすることができます。

【0133】

図 24B は、図 24A の光学システム 2400 を含むディスプレイ装置 2490b の、概略上面図である。ディスプレイ装置 2490 は、透明又は半透明のディスプレイパネル 2431 と、シャッタ 2493 とを含む。本明細書の他の箇所で説明されるように、透明又は半透明のディスプレイパネル 2431 は、例えば、OLED パネル又はLCD パネルとすることができる、シャッタ 2493 は、例えば、PDL C シャッタ とすることができる。ディスプレイパネル 2431 は、反射偏光子 2417 に向けて凸状であるように示されている。他の実施形態では、ディスプレイパネル 2431 は、反射偏光子 2417 に向けて凹状とすることができます。更に他の実施形態では、ディスプレイパネル 2431 は、平坦なものとすることができます、又は実質的に平坦なものとすることができます（かつ、実質的に平面状の像面を有し得る）。ディスプレイパネル 2431（及び、その像面）は、2 つの直交軸に対して湾曲状のものとすることができます、又は、1 つの軸に対してのみ湾曲状のものとすることができます。シャッタ 2493 は、ディスプレイパネル 2431 と同じ形状、又は異なる形状を有し得る。シャッタ 2493 は、2 つの直交軸に対して湾曲状のものとすることができます、又は1 つの軸に対してのみ湾曲状のものとすることができます、あるいは、実質的に平坦なもの（実質的に平面状のもの）とすることもできる。光学システム 2400 に周囲光が進入することを可能にする、又は、光学システム 2400 に周囲光が進入することを阻止するために、シャッタ 2493 を利用することができます。ディスプレイ装置 2490b は、光学システム 2400 とディスプレイパネル 2431 との間に配設された、任選択的な追加的偏光子 2468 を含み得る。任選択的な追加的偏光子 2468 は、直線偏光子とすることができます、反射偏光子又は吸収偏光子とすることもできる。一部の実施形態では、任選択的な追加的偏光子 2468 が含まれることはない、又は、任選択的な追加的偏光子 2468 を、例えば、ディスプレイパネル 2431 の構成要素として含めることができます。任選択的な追加的偏光子 2468 は、図示のように、実質的に平坦なものとすることができます、又は、1 つの軸に対して、若しくは2 つの直交軸に対して、湾曲状のものとすることもできる。

【0134】

図 24C は、接眼部分 2497-1 内に第 1 の光学システム 2400-1 を含み、接眼部分 2497-2 内に第 2 の光学システム 2400-2 を含む、装置 2490c の概略上面図である。装置 2490c は、例えば、双眼鏡又は顕微鏡とすることができます。第 1 の光学システム 2400-1 は、反射偏光子 2427-1 と、部分反射体 2417-1 と、それら反射偏光子 2427-1 と四分の一波長位相子 2425-1 の間に配設された、四分の一波長位相子 2425-1 を含む。第 2 の光学システム 2400-2 は、反射偏光子 2427-2 と、部分反射体 2417-2 と、それら反射偏光子 2427-2 と四分の一波長位相子 2425-2 の間に配設された、四分の一波長位相子 2425-2 を含む。反射偏光子 2427-1 及び反射偏光子 2427-2、部分反射体 2417-1 及び部分反射体 2417-2、並びに四分の一波長位相子 2425-1 及び四分の一波長位相子 2425-2 は、本明細書の他の箇所で説明される、反射偏光子、部分反射体、又は四分の一波長位相子のいずれかに相当し得る。反射偏光子 2427-1 及び反射偏光子 2427-2 は、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に対して湾曲状のものとすることができます、所望の形状へと熱成形することができます。部分反射体 2417-1 及び部分反射体 2417-2 もまた、任意選択的に、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に対して湾曲状のものとすることができます、あるいは、図示のように平坦状のものとするか、又は1 つの軸に対してのみ湾曲状のものとすることもできる。同様に、四分の一波長位相子 2425-1 及び四分の一波長位相子 2425-2 は、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に対して湾曲状のものとすることができます、あるいは、図示のように平坦状のものとするか、又は1 つの軸に対してのみ湾曲状のものとすることもできる。反射偏光子 2427-1 及び反射偏光子 2427-2、部分反射体 2417-1 及び部分反射体 2417-2、並びに四分の一波長位相子

10

20

30

40

50

2425-1 及び四分の一波長位相子 2425-2 は、本明細書の他の箇所で説明されるような、1つ以上のレンズの表面上に配設することができる。

【0135】

装置 2490c は、対物部分 2499-1 及び対物部分 2499-2 を含む。対物部分 2499-1 及び対物部分 2499-2 は、見られている対象物に向き合うように適合され、接眼部分は、観察者の目に向き合うように適合される。光学システム 2400-1 ( 及び、同様に光学システム 2400-2 に関して ) の像面は、部分反射体 2417-1 と対物部分 2499-1 との間に存在し得るか、対物部分 2499-1 内部に存在し得るか、又は接眼部分 2497-1 と対物部分 2499-1 との間に存在し得る。光学システム 2400-1 ( 及び、同様に光学システム 2400-2 に関して ) の絞り面は、ユーザの瞳に重なり合うように適合された、射出瞳とすることができる。 10

【0136】

対物部分 2499-1 は、1つ以上の光学レンズ 2491-1 を含み得るものであり、対物部分 2499-2 は、1つ以上の光学レンズ 2491-2 を含み得る。代替的実施形態では、接眼部分 2497-1 及び対物部分 2499-1 は、望遠鏡又は顕微鏡として使用するために、接眼部分 2497-2 及び対物部分 2499-2 を伴わずに提供される。

【0137】

図 25 は、本明細書で説明される光学システムのうちのいずれかを含み得る装置 2590 と、偏光ビーム分割システム 2504a を含む照明器 2502a とを含む、装置 2590a の概略側面図である。装置 2590a は、例えば、照明器として説明することができ、例えば、小型投影システムとすることができます。偏光ビーム分割システム 2504a は、偏光ビームスプリッタ 2500a、並びに第 1 の反射構成要素 2532a 及び第 2 の反射構成要素 2534a を含む。照明器 2502a は、光源 2550a を更に含む。偏光ビームスプリッタ 2500a は、偏光ビームスプリッタ 100 に相当し得るものであり、第 1 のプリズム 2510a 及び第 2 のプリズム 2520a、並びに反射偏光子 2530a を含む。第 1 のプリズム 2510a は、入力面 2512a、出力面 2514a、及び第 1 の斜辺 2516a を含む。入力面 2512a は、入力アクティブ領域 2513a を有し、出力面 2514a は、出力アクティブ領域 2515a を有する。装置 2590 は、最大受光領域 2543a を有する。第 2 のプリズム 2520a は、結像面 2524a 及び第 2 の斜辺 2526a を有する。反射偏光子 2530a は、第 1 の斜辺 2516a と第 2 の斜辺 2526a の間に配設されている。光源 2550a は、エンベロープ 2552a 及び中心光線 2556a を有する光ビームを生成し、この中心光線 2556a は、第 1 区画、第 2 区画、第 3 区画、及び第 4 区画、2557a-1 ~ 2557a-4 を有する、折り返し光軸 2557a を画定する。第 1 の反射構成要素 2532a は、光源 2550a の反対側で偏光ビームスプリッタ 2500a に隣接して配設され、第 2 の反射構成要素 2534a は、装置 2590 の反対側で偏光ビームスプリッタ 2500a に隣接して配設されている。 30

【0138】

一部の実施形態では、第 1 のプリズム 2510a は、第 1 の体積を有し、第 2 のプリズム 2520a は、第 2 の体積を有し、第 1 の体積は、第 2 の体積の約半分以下 ( 又は、約 60 パーセント以下、若しくは約 40 パーセント以下 ) である。 40

【0139】

装置 2590 は、ビームエキスパンダとすることができます、装置 2490 に相当し得る。装置 2590 は、反射偏光子と、部分反射体と、それら反射偏光子と部分反射体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子とを含み得る。ビームエキスパンダとして使用される場合、装置 2590 は、部分反射体に入射する入力光ビームを受光して、拡大された出力光ビームを透過するように、適合させることができ。例えば、入力光ビームは、収束するか若しくは平行化されたものとすることができます、出力光ビームは、発散するものとすることができます、又は、入力光ビームは、第 1 の発散角を有し得るものであり、出力光ビームは、より大きい第 2 の発散角を有し得る。装置 2590 は、部分反射体が照明器 2502a に向き合うように、方向付けることができる。追加的偏光子 ( 例えば、追加的な反射 50

偏光子又は吸収偏光子)を、装置 2590 と出力面 2514aとの間に配設することができる、又は、装置 2590 内に、反射偏光子の反対側で部分反射体の近位に含めることもできる。照明器 2502a は、小型照明システムを提供し得るものであり、装置 2590 は、より広い視野を提供するための、ビームエキスパンダとして使用することができる。装置 2590 と共に使用することが可能な他の照明器が、2015年6月30日出願の「Illuminator」と題された米国特許出願第 62/186944 号で説明されており、本説明と矛盾しない限りにおいて、参照により本明細書に組み込まれる。装置 2590 は、互いに隣接して離隔配置された、部分反射体及び反射偏光子を含む、ビームエキスパンダとすることができます、このビームエキスパンダは、部分反射体に入射する収束光を受光して、反射偏光子を通して発散光を透過するように、適合させることができます。

10

#### 【0140】

第 2 の反射構成要素 2534a は、最大アクティブ領域 2536a を有する。第 2 の反射構成要素 2534a は、画像形成装置とすることができます、最大アクティブ領域 2536a は、その画像形成装置の最大画像領域とすることができます。エンベロープ 2554a 内に、第 2 の反射構成要素 2534a から、光が(例えば、反射されることによって)放出される。第 1 の反射構成要素 2532a 及び第 2 の反射構成要素 2534a の一方若しくは双方は、70 パーセント超、又は 80 パーセント超、又は 90 パーセント超の正反射率を有し得る。第 1 の反射構成要素 2532a 及び / 又は第 2 の反射構成要素 2534a は、平坦状のものとすることができます、又は 1 つ以上の軸で湾曲状のものとすることもできる。

20

#### 【0141】

一部の実施形態では、第 2 の反射構成要素 2534a は、その上に入射する光を変調するように適合される。例えば、第 2 の反射構成要素 2534a は、空間的に変調された偏光状態を有する光を反射する、画像形成装置とすることができます。第 2 の反射構成要素 2534a は、画素化することができます、パターン化光を生成することができます。エンベロープ 2554a 内の、第 2 の反射構成要素 2534a から反射された光は、収束パターン化光とすることができます。第 2 の反射構成要素 2534a として利用することができます、好適な画像形成装置としては、シリコン基板上液晶(LCoS)装置が挙げられる。この LCoS 装置は、平坦状のものとすることができます、又は 1 つ以上の軸で湾曲状のものとすることもできる。

30

#### 【0142】

図 25 内の様々な構成要素は、例示の明瞭性のために、離隔配置されて示されている。しかしながら、例えば、これらの様々な構成要素を直接接触させるか、又は、光学的に透明な接着剤によって取り付けることも可能である点を理解されたい。一部の実施形態では、反射偏光子 2530a は、光学的に透明な接着剤層を使用して、第 1 のプリズム 2510a 及び第 2 のプリズム 2520a の一方若しくは双方に取り付けられる。一部の実施形態では、装置 2590 は、光学的に透明な接着剤で、出力面 2514a に取り付けられる。一部の実施形態では、光源 2550a は、入力面 2512a に直接隣接させることができます、又は、光学的に透明な接着剤層によって、入力面 2512a に取り付けることができます。一部の実施形態では、第 1 の反射構成要素 2532a 及び / 又は第 2 の反射構成要素 2534a は、光学的に透明な接着剤で、第 2 のプリズム 2520a に取り付けることができます。反射偏光子 2530a は、本明細書の他の箇所で説明される反射偏光子のうちのいずれかとすることができます。一部の実施形態では、反射偏光子 2530a は、ポリマー多層反射偏光子、ワイヤグリッド偏光子、マクニール型反射偏光子、又はコレストリック反射偏光子である。

40

#### 【0143】

折り返し光軸 2557a は、光源 2550a から第 1 の反射構成要素 2532a へと第 1 の方向(正の x 方向)で延びる第 1 区画 2557a - 1 と、第 1 の方向の反対の第 2 の方向(負の x 方向)で延びる第 2 区画 2557a - 2 と、第 3 の方向(負の y 方向)で延びる第 3 区画 2557a - 3 と、第 3 の方向の反対の第 4 の方向(正の y 方向)で延びる

50

第4区画2557a-4とを含む。第1区画2557a-1と第2区画2557a-2とは重なり合うが、例示の容易性のために、図25では、それらは小さい間隔を置いて示されている。同様に、第3区画2557a-3と第4区画2557a-4とは重なり合うが、例示の容易性のために、図25では、それらは小さい間隔を置いて示されている。第1の方向及び第2の方向は、実質的に、第3の方向及び第4の方向に直交する。第1の反射構成要素2532aは、実質的に、第1区画2557a-1に対して垂直であり、第2の反射構成要素2534aは、実質的に、第3区画2557a-3に対して垂直である。

【0144】

光源2550aは、エンベロープ2552aを有する光ビームを生成し、このエンベロープ2552aは、照明器2502aによって使用される、光源2550aからの光で照明される入力面2512aの領域としての、入力アクティブ領域2513aを画定する。光源2550aは、エンベロープ2552aの外側の光を、実質的に生成し得ないものである、又は、このエンベロープの外側に生成されるいずれの光も、装置2590に進入することなく、この照明器から抜け出る角度のものである。

【0145】

光源2550aからの光の少なくとも一部分は、順に、第1のプリズム2510aを通って透過され、反射偏光子2530aを通って透過され、第2のプリズム2520aを通って透過され、第1の反射構成要素2532aから反射され、第2のプリズム2520aに戻って透過され、反射偏光子2530aから反射され、第2のプリズム2520aを通って透過され、第2の反射構成要素2534aに入射し、第2の反射構成要素2534aから反射され、第2のプリズム2520a及び反射偏光子2530a及び第1のプリズム2510aを通って透過され、最終的に、装置2590を通って照明器から出射される。このことは、図25で、中心光線2556aに関して示されている。一部の実施形態では、第1の反射構成要素2532aは、四分の一波長位相子とすることが可能な、偏光回転子を含む。反射偏光子2530aの通過軸に沿った偏光を有する、光源2550aからの光は、反射偏光子2530aを通って透過され、次いで、第1の反射構成要素2532aから、反射偏光子2530aに向けて反射して戻ることになる。第1の反射構成要素2532aが、四分の一波長位相子を含む実施形態では、そのような光は、反射偏光子2530aに向けて反射して戻る場合、その四分の一波長位相子を2回通過する。その場合、この光は、反射偏光子2530aの通過軸に実質的に直交する偏光を有し、そのため、反射偏光子2530aから第2の反射構成要素2534aに向けて反射し、その第2の反射構成要素2534aは、反射偏光子2530aに向けて、空間的に変調された光を放出して（例えば、反射させて）戻すことができる。この空間的に変調された光は、空間的に変調された偏光を有し得る。反射偏光子2530aの通過軸に沿った偏光を有する、その空間的に変調された光の部分は、結像光として反射偏光子2530aを通過し、出力アクティブ領域2515aを通って第1のプリズム2510aから出射され、装置2590を通って照明器から出射されることになる。

【0146】

照明器2502aは、折り返し光路型照明器2502aを通過する（エンベロープ2552a内の）光ビームを、画像形成装置（第2の反射構成要素2534a）上に方向付け、その画像形成装置から、（エンベロープ2554a内の）収束パターン化光を反射させることによって、画像が投影されることを可能にする。折り返し光路型照明器2502aを通過する光ビームを方向付けするステップは、偏光ビームスプリッタ2500aに光を通過させて第1の反射構成要素2532aに方向付けるステップと、その光の少なくとも一部を、偏光ビームスプリッタ2500aに向けて反射させて戻すステップと、その偏光ビームスプリッタ2500aからの光の少なくとも一部を、画像形成装置に向けて反射させるステップとを含む。この収束パターン化光の少なくとも一部分は、偏光ビームスプリッタ2500aを通って、かつ装置2590を通って透過される。

【0147】

光源2550aからの光は、その光が、第1の反射構成要素2532a及び反射偏光子

10

20

30

40

50

2530aから反射された後に、第2の反射構成要素2534aの最大領域を照射する。この最大領域は、最大アクティブ領域2536aに等しいものとすることができる。あるいは、最大アクティブ領域2536aは、反射性である、第2の反射構成要素2534aの最大領域とすることもできる。例えば、第2の反射構成要素2534aは、最大画像領域を有する、画像形成装置とすることができる。この最大画像領域の外側で画像形成装置に入射するいずれの光も、装置2590に向けて反射させることはできない。この場合には、最大アクティブ領域2536aは、その画像形成装置の最大画像領域となる。最大アクティブ領域2536aは、出力面2514a上の出力アクティブ領域2515a、及び装置2590の最大受光領域2543aを画定するが、これは、最大アクティブ領域2536aから装置2590に向けて、エンベロープ2554a内で光が反射され、その光が、実質的に出力アクティブ領域2515a内でのみ、出力面2514aを照射し、実質的に最大受光領域2543a内でのみ、装置2590を照射するためである。照明器2502aは、第2の反射構成要素2534aから反射されて装置2590を通過する、エンベロープ2554a内の光が、それら第2の反射構成要素2534aと装置2590との間で収束するように構成されている。このことにより、最大アクティブ領域2536aよりも小さい出力アクティブ領域2515aよりも、最大アクティブ領域2536aが小さくなるという結果が得られる。10

#### 【0148】

一部の実施形態では、入力アクティブ領域2513a及び/又は出力アクティブ領域2515aは、最大画像領域とすることが可能な、最大アクティブ領域2536aの、約60パーセント未満、又は約50パーセント未満（すなわち、約半分未満）、又は約40パーセント未満、又は約35パーセント未満である。一部の実施形態では、入力面2512aの最大表面積（入力面2512aの総面積）は、最大画像領域の約半分未満である。一部の実施形態では、出力面2514aの最大表面積（出力面2514aの総面積）は、最大画像領域の約半分未満である。20

#### 【0149】

光源2550a、又は本説明の光源のいずれかは、1つ以上の実質的に単色の発光素子を含み得る。例えば、光源2550aは、赤色、緑色、又は青色の発光ダイオード（LED）を含み得る。シアン及び黄色などの、他の色もまた、含めることができる。あるいは、又は更には、広域スペクトル（例えば、白色、又は実質的に白色）光源を利用することができる。一部の実施形態では、光源2550aは、青色発光体及び蛍光体を含む。一部の実施形態では、光源2550aは、個別の光源からの光を組み合わせるために利用することが可能な、結合器を含む（例えば、この結合器は、赤色LED、緑色LED、及び青色LEDからの光を組み合わせることができる）。光源2550aは、偏光素子を含み得ることにより、実質的に単一の偏光状態を有する光が、反射偏光子2530aに向けて、第1のプリズム2510a内に方向付けられる。一部の実施形態では、光源2550aは、LED、有機発光ダイオード（OLED）、レーザ、レーザダイオード、白熱照明素子、及びアーク灯のうちの1つ以上とすることができます、あるいは、これらのうちの1つ以上を含み得る。光源2550aはまた、LEDなどの発光素子に加えて、集光レンズなどのレンズも含み得る。一部の実施形態では、第1のプリズム又は第2のプリズムは、所望の光学度数（optical power）を提供するために、1つ以上の湾曲面を有し得る。30

#### 【0150】

本説明の光学システムは、ヘッドマウント式ディスプレイの構成要素として使用される場合に、顔面に適合するように設計することが可能な、不均一な縁部プロファイルを有する、1つ以上のレンズを含み得る。それらのレンズは、平均的な顔面に適合する縁部プロファイル、顔面形状のカテゴリに適合する縁部プロファイルを有し得るか、又は、個人の顔面用に設計することもできる。

#### 【0151】

図27Aは、頭部10上に位置決めされたヘッドマウント式ディスプレイの、光学システム2700の斜視図であり、この頭部10の鉛直プロファイルは、右目12を中心とし40

ている。光学システム 2700 のレンズは、眉からの間隙若しくはレリーフ (relief) 18、及び頬からの間隙若しくはレリーフ 16 を提供している。光学システム 2700 は、ディスプレイパネル 2731 を含むものであり、ディスプレイパネルが光学システムの像面を備え得る、本説明の光学システムのうちのいずれかに相当し得る。図 27B は、光学システム 2700 の上面図であり、光学システム 2700 のレンズは、こめかみからのレリーフ 26、及び鼻梁からのレリーフ 28 を提供している。

【0152】

図 27C は、光学システム 2700 の別の上面図である。ディスプレイパネル 2731 は、この光学システムのレンズによって頭部の目内に集束される光を放出する、画素 34a、画素 34b、及び画素 34c を有する。画素 34a からの光の主光線 38 は、46 度の入射角で目に送られる。こめかみからのレンズアセンブリ 36 のレリーフの程度が、より大きくなると、画素 34c からの主光線 40 は、より大きな 60 度の入射角で目に送られることが可能となる。

【0153】

これらのレンズアセンブリのレリーフは、そのレンズアセンブリを構成するレンズを成型する際に、作り出すことができる。あるいは、顔面の適切な測定値を使用して、それらのレンズを個人用にカスタム研磨することもできる。レンズに提供されるレリーフにより、ユーザに対して可視となるディスプレイ領域を、制限することができる。一部の実施形態では、コンピュータ制御ディスプレイパネル 2731 に、レリーフのデータが提供され、そのコンピュータは、例えば、消費電力を低減するために、かつ / 又はゴースト像からの可視のアーチファクトを低減するために、そのディスプレイ領域を、ユーザに対して可視となる区域に限定することができる。

【0154】

顔面からの整合した量のレンズのレリーフを提供することの利点は、周囲光を画像で有效地に遮断しつつも、依然として、目の付近に適切な空気循環を提供することができる点である。これらの光学システムのレンズの拡張表面を利用することにより、ユーザに対する視野及び快適性の双方を改善することができる。

【実施例】

【0155】

実施例 1

光学システム 200 と同様の光学システムをモデル化した。第 2 の四分の一波長位相子を、第 2 主表面 216 上に配設した。表面 224、226、214、及び 216 に相当する表面のそれぞれは、式 1 によって記述される非球面の表面と見なし、多項式係数 D、E、F、G、H、I . . . のそれぞれは、ゼロに等しいものとした。円錐定数 k は、0.0424355 とし、表面半径、 $r = 1/c$  は、-36.82391 mm とした。表 1 は、これらの表面のそれぞれを説明するパラメータを列挙するものである。

【0156】

【表 1】

表 1

表面	タイプ	半径(mm)	厚さ(mm)	材料	直径(mm)	円錐定数
OBJ	標準	無限大	無限大		0	0
STO	標準	無限大	23.8204		15	0
2	EVENASPH	-36.82391	2.19729	POLYCARB	46.22652	0.04243522
3	EVENASPH	-36.82391	10.34174		48.50417	0.04243522
4	EVENASPH	-36.82391	-10.34174	ミラー	58.17894	0.04243522
5	EVENASPH	-36.82391	10.34174	ミラー	44.64956	0.04243522
6	EVENASPH	-36.82391	2.19729	E48R	60	0.04243522
7	EVENASPH	-36.82391	2		62	0.04243522
IMA	標準	無限大			54.72404	0

【0157】

この表中の表面の数字は、絞り面 235 (表面 1) から出発して像面 230 (表面 8 又は IMA) で終了する光線が、表面に入射する回数を計数するものである。表面 2 は、第 40

10

20

30

40

50

1表面224に相当し、表面3及び表面5は、第2表面226に相当し、表面4及び表面6は、第1表面214に相当し、表面7は、表面216に相当する。直径とは、その表面の有効口径を指すものとし、E V A N A S P Hとは、偶数次の非球面を指す( $r$ の偶数乗のみが、式1の展開に現れる)ものとし、半径は、式1のパラメータ $c$ の逆数であり、円錐定数は、式1のパラメータ $k$ であり、IMAとは、像面230を指すものとする。

#### 【0158】

第1の光学レンズ212は、1.53の屈折率を有する、Zenon E48Rとしてモデル化し、第2の光学レンズ222は、1.585の屈折率を有する、ポリカーボネートとしてモデル化した。焦点距離は32.26271mmとし、視野は90度とし、画像の高さは27.14mmとし(像面230の直径は54.28mmとした)、F#は2.13とし、アイレリーフ(絞り面から第1のレンズの表面までの距離)は23.8mmとし、アイボックス(絞り面235の直径)は15mmとした。

10

#### 【0159】

像面によって放出され、絞り面を通って透過された各主光線は、その主光線が第1の光学積層体又は第2の光学積層体に入射する場合は毎回、約20度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射するものとした。

#### 【0160】

この光学システムは、絞り面で90度の視野を有していた。像面及び絞り面を通って透過された、486nm及び656nmの波長を有する主光線は、絞り面での視野の約0.12パーセントである、3.4分角の、絞り面での最大色分離距離を有していた。

20

#### 【0161】

##### 実施例2

光学システム200と同様の光学システムをモデル化した。第2の四分の一波長位相子を、第2主表面216上に配設した。表面224、226、214、及び216に相当する表面のそれぞれは、式1によって記述される非球面の表面と見なした。表2及び表3は、これらの表面のそれぞれを説明するパラメータを列挙するものである。これらの表中の用語は、実施例1のものと同様である。表3の非球面多項式係数に関する単位は、mmの1-多項式のべき数乗である。

#### 【0162】

#### 【表2】

30

表2

表面	タイプ	半径(mm)	厚さ(mm)	材料	直径(mm)	円錐定数
OBJ	標準	無限大	-250		500	0
STO	標準	無限大	15		6.848	0
2	EVENASPH	-23.17192	2.5	POLYCARB	25	0
3	EVENASPH	-18.85196	4.691073		26.56958	0.5582269
4	EVENASPH	-19.44056	-4.691073	ミラー	30.63103	-9.582783
5	EVENASPH	-18.85196	4.691073	ミラー	24.31869	0.5582269
6	EVENASPH	-19.44056	2	E48R	31	-9.582783
7	EVENASPH	-19.44056	0.621		31	-9.582783
8	標準	無限大	0.281	PMMA	28.60935	0
9	標準	無限大	0.01		28.66299	0
10	標準	無限大	0.7	N-BK7	28.66585	0
11	標準	無限大	0		28.79723	0
IMA	標準	無限大			28.79723	0

40

#### 【0163】

## 【表3】

表3

多項式の次数	係数パラメータ	表面3,5	表面4, 6, 7
$r^2$	D	0.000000E+00	0.000000E+00
$r^4$	E	1.245489E-05	-1.462422E-04
$r^6$	F	1.393604E-07	9.569876E-07
$r^8$	G	-1.860081E-09	-6.019644E-09
$r^{10}$	H	2.407929E-11	2.373262E-11
$r^{12}$	I	-1.266371E-13	-5.331213E-14
$r^{14}$	J	2.853295E-16	4.901801E-17

10

## 【0164】

これらの表中の表面の数字は、絞り面235（表面1）から出発して像面230（表面12又はIMA）で終了する光線が、表面に入射する回数を計数するものである。表面2は、第1表面224に相当し、表面3及び表面5は、第2表面226に相当し、表面4及び表面6は、第1表面214に相当し、表面7は、表面216に相当する。表面8～表面11は、像面230上に配設された表面層を指す。

## 【0165】

第1の光学レンズ212は、1.53の屈折率を有する、Zenon E48Rとしてモデル化し、第2の光学レンズ222は、1.585の屈折率を有する、ポリカーボネートとしてモデル化した。焦点距離は17.560mmとし、視野は90度とし、画像の高さは14.36mmとし（像面230の直径は28.72mmとした）、F#は2.55とし、アイレリーフは15mmとし、アイボックス（絞り面235の直径）は10.0mmとした。

20

## 【0166】

像面によって放出され、絞り面を通って透過された各主光線は、その主光線が第1の光学積層体又は第2の光学積層体に入射する場合は毎回、約20度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射するものとした。

## 【0167】

この光学システムは、絞り面で90度の視野を有していた。像面及び絞り面を通って透過された、486nm及び656nmの波長を有する主光線は、絞り面での視野の約0.38パーセントである、10.8分角の、絞り面での最大色分離距離を有していた。

30

## 【0168】

実施例3

光学システム600と同様の光学システムをモデル化した。表面614及び表面616に相当する表面のそれぞれは、式1によって記述される非球面の表面と見なした。表4及び表5は、これらの表面のそれぞれを説明するパラメータを列挙するものである。この表中の用語は、実施例1及び実施例2のものと同様である。

## 【0169】

## 【表4】

表4

表面	種類	半径(mm)	厚さ(mm)	材料	直径	円錐定数
OBJ	標準	無限大	無限大		0	0
STO	標準	無限大	19.43519		15	0
2	EVENASPH	-32.97361	6.734839	POLYCARB	42.67275	-0.6680006
3	EVENASPH	-32.97361	-6.734839	ミラー	49.63501	-0.6680006
4	EVENASPH	-32.97361	6.734839	ミラー	42.06153	-0.6680006
5	EVENASPH	-32.97361	21.79455		46.89222	-0.6680006
IMA	標準	無限大			66.72897	0

40

## 【0170】

## 【表5】

表5

多項式の次数	係数パラメータ	表面2,3,4,5
$r^2$	D	0
$r^4$	E	-2.231952E-06
$r^6$	F	-1.907497E-09
$r^8$	G	1.062720E-12
$r^{10}$	H	-5.475949E-15
$r^{12}$	I	6.686581E-18
$r^{14}$	J	-4.780909E-21

## 【0171】

10

これらの表中の表面の数字は、絞り面635（表面1）から出発して像面630（表面6又はIMA）で終了する光線が、表面に入射する回数を計数するものである。表面2及び表面4は、第1表面614に相当し、表面3及び表面5は、第2表面616に相当する。

## 【0172】

焦点距離は35.0mmとし、視野は90度とし、画像の高さは33.3mmとし（像面630の直径は66.6mmとした）、F#は2.3とし、アイレリーフは19.4mmとし、アイボックス（絞り面635の直径）は15mmとした。

## 【0173】

20

像面によって放出され、絞り面を通って透過された各主光線は、その主光線が第1の光学積層体又は第2の光学積層体に入射する場合は毎回、約20度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射するものとした。

## 【0174】

この光学システムは、絞り面で90度の視野を有していた。像面及び絞り面を通って透過された、486nm及び656nmの波長を有する主光線は、絞り面での視野の約0.9パーセントである、29.5分角の、絞り面での最大色分離距離を有していた。

## 【0175】

## 実施例4

光学システム800と同様の光学システムをモデル化した。第3の光学レンズ862の第2主表面866上に、反射偏光子を配設し、その反射偏光子上に、第1の四分の一波長位相子を配設した。第2の光学レンズ822の第1主表面824上に、部分反射体を配設し、第2の光学レンズ822の第2主表面826上に、第2の四分の一波長位相子を配設した。表面864、866、824、826、814、及び816に相当する表面のそれぞれは、式1によって記述される非球面の表面と見なした。表6及び表7は、これらの表面のそれぞれを説明するパラメータを列挙するものである。これらの表中の用語は、先行の実施例のものと同様である。

30

## 【0176】

## 【表6】

表6

表面	種類	半径(mm)	厚さ(mm)	材料	直径(mm)	円錐定数
OBJ	標準	無限大	無限大		0	0
STO	標準	無限大	11.01475		9	0
2	EVENASPH	-16.25782	2	POLYCARB	21.26634	0
3	EVENASPH	-17.44541	2.513635		23.93589	0.7369043
4	EVENASPH	-16.75009	-2.513635	ミラー	25.75788	-0.1016067
5	EVENASPH	-17.44541	2.513635	ミラー	23.35747	0.7369043
6	EVENASPH	-16.75009	5	E48R	24.5425	-0.1016067
7	EVENASPH	-12.77019	1		26.71183	-0.491206
8	EVENASPH	-157.2536	6	E48R	30.82226	-11.8657
9	EVENASPH	-18.4783	6.867862		31.77972	-0.4304748
IMA	標準	無限大			32.24099	0

## 【0177】

40

50

## 【表7】

表7

多項式の次数	係数パラメータ	表面3,5	表面9
$r^2$	D	0.000000E+00	0.000000E+00
$r^4$	E	3.286842E-05	1.398664E-04
$r^6$	F	1.861485E-07	-5.794668E-07
$r^8$	G	-1.944055E-09	1.220044E-09
$r^{10}$	H	1.540250E-11	-9.383593E-13
$r^{12}$	I	0.000000E+00	0.000000E+00
$r^{14}$	J	0.000000E+00	0.000000E+00

## 【0178】

10

これらの表中の表面の数字は、絞り面835（表面1）から出発して像面830（表面10又はIMA）で終了する光線が、表面に入射する回数を計数するものである。表面2は、第1表面864に相当し、表面3及び表面5は、第2表面866に相当し、表面4及び表面6は、第1表面824に相当し、表面7は、表面266に相当し、表面8は、表面814に相当し、表面9は、表面816に相当する。

## 【0179】

焦点距離は19.180mmとし、視野は82度とし、画像の高さは15.89mmとし（像面830の直径は31.87mmとした）、F#は2.12とし、アイレリーフは11mmとし、アイボックス（絞り面835の直径）は9mmとした。

## 【0180】

20

像面によって放出され、絞り面を通って透過された各主光線は、その主光線が第1の光学積層体又は第2の光学積層体に入射する場合は毎回、約20度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射するものとした。

## 【0181】

この光学システムは、絞り面で80度の視野を有していた。像面及び絞り面を通って透過された、486nm及び656nmの波長を有する主光線は、絞り面での視野の約0.52パーセントである、14.9分角の、絞り面での最大色分離距離を有していた。

## 【0182】

実施例5

光学システム200と同様の光学システムをモデル化した。第2の四分の一波長位相子を、第2主表面216上に配設した。表面224、226、214、及び216に相当する表面のそれぞれは、式1によって記述される非球面の表面と見なし、多項式係数D、E、F、G、H、I...のそれぞれは、ゼロに等しいものとした。表8は、これらの表面のそれぞれを説明するパラメータを列挙するものであり、その用語は、先行の実施例のものと同様である。

## 【0183】

## 【表8】

表8

表面	種類	半径(mm)	厚さ(mm)	材料	直径(mm)	円錐定数
OBJ	標準	無限大	無限大		0	0
STO	標準	無限大	25		15	0
2	EVENASPH	-40.49115	4.85538	E48R	49.67147	0.7502449
3	EVENASPH	-40.49115	8.498641		54.28738	0.7502449
4	EVENASPH	-40.24456	-8.498641	ミラー	63	0.2694101
5	EVENASPH	-40.49115	8.498641	ミラー	50.62275	0.7502449
6	EVENASPH	-40.24456	5.013904	POLYCARB	63	0.2694101
7	EVENASPH	-31.18185	14.48671		67	-3.575525
IMA	標準	無限大			102.1176	0

## 【0184】

この表中の表面の数字は、絞り面235（表面1）から出発して像面230（表面8又はIMA）で終了する光線が、表面に入射する回数を計数するものである。表面2は、第1表面224に相当し、表面3及び表面5は、第2表面226に相当し、表面4及び表面

40

50

6は、第1表面214に相当し、表面7は、表面216に相当する。直径とは、その表面の有効口径を指すものとし、EVANASPHとは、偶数次の非球面を指す( $r$ の偶数乗のみが、式1の展開に現れる)ものとし、半径は、式1のパラメータcの逆数であり、円錐定数は、式1のパラメータkであり、IMAとは、像面230を指すものとする。

【0185】

第1の光学レンズ212は、1.53の屈折率を有する、Zenon E48Rとしてモデル化し、第2の光学レンズ222は、1.585の屈折率を有する、ポリカーボネットとしてモデル化した。焦点距離は42.7mmとし、視野は100度とし、画像の高さは50.94mmとし(像面230の直径は101.88mmとした)、F#は3.25とし、アイレリーフは25mmとし、アイボックス(絞り面235の直径)は15mmとした。

【0186】

像面によって放出され、絞り面を通って透過された各主光線は、その主光線が第1の光学積層体又は第2の光学積層体に入射する場合は毎回、約20度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射するものとした。

【0187】

この光学システムは、絞り面で100度の視野を有していた。像面及び絞り面を通って透過された、486nm及び656nmの波長を有する主光線は、絞り面での視野の約0.29パーセントである、11.9分角の、絞り面での最大色分離距離を有していた。

【0188】

像面230で生成される歪みのない像をシミュレートし、その像の絞り面235での歪みが、1パーセント未満であると判定された。

【0189】

実施例6～実施例8

DBEF(実施例6)、APF(実施例7)、及び四分の一波長位相子コーティングを有するAPF(実施例8)を熱成形して、レンズの外表面の幾何形状に、幾何学的に合致するフィルムを得た。これらのフィルムを、射出成型工具のレンズキャビティ内に適合するようにトリミングして、そのレンズキャビティの表面上に定置した。これらのトリミング済みフィルムは、63mmの直径、及び87mmの曲率半径を有するものとした。射出成型ポリカーボネット樹脂を使用して、そのフィルム上にレンズを形成した。これらのフィルムは、本説明の光学システム内で使用される場合に、そのレンズの、絞り面に向き合う側に形成するものとした。実施例7では、本説明の光学システム内で使用される場合に、APFが絞り面に向き合い、四分の一波長位相子が絞り面から離れる方向を向くよう、レンズ上にフィルムを形成した。

【0190】

これらのフィルムの熱成形は、MAACシート給送熱成形システム内で行い、真空を使用して、熱成形工具1681と同様の熱成形工具の外表面上に、加熱されたフィルムを引き込むものとした。この外表面は、結果として得られる熱成形フィルムが、冷却及び弛緩の後に回転対称となるように、短軸の約1.02倍の主軸を有する、ほぼ橢円体の形状を有するものとした。この熱成形プロセスのパラメータは、以下のものとした：シートのオーブン温度=320°F～380°F(160～193)；成形時間=18秒；及び、シートの成形温度=330°F～365°F(156～185)。

【0191】

熱成形されたDBEF(実施例6)及びAPF(実施例7)の反射偏光子試料の像を、非偏光の近ランパート光源を使用して、それらの試料を通過する光を、解析偏光子を含むカメラに放出して取得するものとし、この解析偏光子は、反射偏光子の遮断軸からの様々な角度で、その解析偏光子の遮断軸と合わせるものとした。ゼロ度では、双方のフィルムは、実質的に透過性であり、より高角度では、DBEFは、APF試料では存在しなかった光学的アーチファクトを示した。例えば、70度の角度では、APF試料は実質的に均一な暗さであったが、その一方で、DBEF試料は、色付きの環を示した。このフィルム

10

20

30

40

50

インサート射出成型プロセスは、Krauss-Maffei (Germany) によって構築された、往復スクリュー式水平クランプ射出成型システム内で行った。使用した射出成型工具は、6ベースレンズ部品用のものとし、Bayer MAKROLON 3107-550115ポリカーボネート樹脂 (Bayer Materials Science LLC (Pittsburgh, PA) より入手可能) を使用して、レンズを形成した。この射出成型プロセスのパラメータは、以下のものとした：金型温度 = 180 °F (82 °C)；溶融温度 = 560 °F (293 °C)；充填時間 = 1.56 秒；保持時間 = 5.5 秒；保持圧力 = 11,000 psi (75.8 MPa)；冷却時間 = 15 秒。

#### 【0192】

実施例9～実施例11

10

反射偏光子を、50.8 mmの直径及び38.6 mmの曲率半径を有する凸状の回転対称形状へと、実施例6～実施例8で概説されるように熱成形した。これらの反射偏光子は、DBEF (実施例9)、APF (実施例10)、及びワイヤグリッド偏光子 (実施例11)とした。偏光能の向きを、Axometrics AXOSCAN旋光計 (Axometrics, Inc. (Huntsville, AL) より入手可能) を使用して、各試料について測定した。各試料について、フィルムの頂点を中心とし、直径20 mmの円形の開口を有する、その試料の領域を特定し、その開口内での、その試料の透過軸の最大変動 (一定方向からの透過軸の最大角偏差から、その一定方向からの透過軸の最小角偏差を差し引いたもの) を判定した。DBEF については、最大変動は1.707度であり、APF については、最大変動は0.751度であり、ワイヤグリッド偏光子については、最大変動は0.931度であった。その領域の境界は、それらの試料の回転対称軸から10 mmの半径方向距離で、1.32 mmのサグを有するものとした。

20

#### 【0193】

以下は、例示的実施形態の列挙である。

実施形態1は、光学システムであって、

像面と、

絞り面と

像面と絞り面との間に配設され、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って像面に向けて凸状の第1の光学積層体であって、

第1の光学レンズと、

30

所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、

を備える、第1の光学積層体と、

第1の光学積層体と絞り面との間に配設され、第1の軸及び第2の軸に沿って像面に向けて凸状の第2の光学積層体であって、

第2の光学レンズと、

第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する多層反射偏光子と、

反射偏光子と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子と、

を備える、第2の光学積層体と、

を備える、光学システムである。

40

#### 【0194】

実施形態2は、画像源が、像面を備え、絞り面が、射出瞳である、実施形態1の光学システムである。

#### 【0195】

実施形態3は、画像源が、ディスプレイパネルを備える、実施形態2の光学システムである。

#### 【0196】

実施形態4は、ディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態3の光学システムである。

#### 【0197】

50

実施形態 5 は、画像源が、シャッタを備える、実施形態 2 ~ 実施形態 4 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 1 9 8 】

実施形態 6 は、画像源が、光学システムの外部の対象物から反射された光を受光するよう適合された開口を備える、実施形態 1 の光学システムである。

【 0 1 9 9 】

実施形態 7 は、画像記録装置が、像面を備え、絞り面が、入射瞳である、実施形態 1 の光学システムである。

【 0 2 0 0 】

実施形態 8 は、光学システムが、像面を通って透過される中心光線の光路によって画定される折り返し光軸を中心とする、実施形態 1 ~ 実施形態 7 のうちのいずれかの光学システムである。 10

【 0 2 0 1 】

実施形態 9 は、絞り面が、第 2 の光学システムの入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態 1 ~ 実施形態 8 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 0 2 】

実施形態 10 は、第 2 の光学システムが、入射瞳で受け取った像を記録するように適合されている、実施形態 9 の光学システムである。

【 0 2 0 3 】

実施形態 11 は、絞り面が、観察者の目の入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態 1 の光学システムである。 20

【 0 2 0 4 】

実施形態 12 は、画像源が、像面を備え、画像源が、非偏光を放出する、実施形態 1 の光学システムである。

【 0 2 0 5 】

実施形態 13 は、第 1 の光学積層体が、部分反射体と像面との間に配設された第 2 の四分の一波長位相子を更に備える、実施形態 1 ~ 実施形態 12 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 0 6 】

実施形態 14 は、画像源が、像面を備え、画像源が、偏光を放出する、実施形態 1 の光学システムである。 30

【 0 2 0 7 】

実施形態 15 は、偏光が直線偏光である、実施形態 14 の光学システムである。

【 0 2 0 8 】

実施形態 16 は、偏光が円偏光である、実施形態 14 の光学システムである。

【 0 2 0 9 】

実施形態 17 は、偏光が橢円偏光である、実施形態 14 の光学システムである。

【 0 2 1 0 】

実施形態 18 は、部分反射体が、第 2 の反射偏光子である、実施形態 1 ~ 実施形態 17 のうちのいずれかの光学システムである。 40

【 0 2 1 1 】

実施形態 19 は、部分反射体が、所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光透過率を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 18 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 1 2 】

実施形態 20 は、所望の複数の波長が、少なくとも 1 つの連続的な波長範囲を含む、実施形態 1 ~ 実施形態 19 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 1 3 】

実施形態 21 は、所望の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態 1 ~ 実施形態 20 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 1 4 】

実施形態 22 は、可視範囲が、400 nm ~ 700 nm である、実施形態 21 の光学システムである。

【0215】

実施形態 23 は、所望の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態 1 ~ 実施形態 20 のうちのいずれかの光学システムである。

【0216】

実施形態 24 は、所望の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの 1 つ以上を含む、実施形態 1 ~ 実施形態 20 のうちのいずれかの光学システムである。

【0217】

実施形態 25 は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態 1 ~ 実施形態 21 のうちのいずれかの光学システムである。 10

【0218】

実施形態 26 は、所望の複数の波長が、1 つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも 1 つが、100 nm 以下の半値全幅を有する、実施形態 25 の光学システムである。

【0219】

実施形態 27 は、半値全幅が 50 nm 以下である、実施形態 26 の光学システムである。

【0220】

実施形態 28 は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 27 のうちのいずれかの光学システムである。 20

【0221】

実施形態 29 は、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、実施形態 28 の光学システムである。

【0222】

実施形態 30 は、 $s_1 / r_1$  が、0.2 ~ 0.8 の範囲である、実施形態 28 の光学システムである。

【0223】

実施形態 31 は、 $s_1 / r_1$  が、0.3 ~ 0.6 の範囲である、実施形態 28 の光学システムである。 30

【0224】

実施形態 32 は、多層反射偏光子が、光軸からの半径方向距離  $r_2$ 、及び、平面からの変位  $s_2$  を有し、 $s_2 / r_2$  が、少なくとも 0.3 である第 2 の場所を有する、実施形態 28 ~ 実施形態 31 のうちのいずれかの光学システムである。

【0225】

実施形態 33 は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有し、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定されるこの反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 2 度未満である、実施形態 1 ~ 実施形態 27 のうちのいずれかの光学システムである。 40

【0226】

実施形態 34 は、反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 33 の光学システムである。

【0227】

実施形態 35 は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 1 ~ 実施形態 34 のうちのいずれかの光学システムである。 50

## 【0228】

実施形態36は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1度未満である、実施形態1～実施形態34のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0229】

実施形態37は、像面が、最大横寸法Aを有し、絞り面が、最大横寸法Bを有し、A/Bが、少なくとも3である、実施形態1～実施形態36のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0230】

実施形態38は、第1の光学レンズが、第2の光学レンズに向き合う第1主表面と、像面に向き合う反対側の第2主表面とを有し、第2の光学レンズが、絞り面に向き合う第1主表面と、第1の光学レンズに向き合う反対側の第2主表面とを有する、実施形態1～実施形態37のうちのいずれかの光学システムである。 10

## 【0231】

実施形態39は、部分反射体が、第1のレンズの第1主表面又は第2主表面上に配設される、実施形態38の光学システムである。

## 【0232】

実施形態40は、部分反射体が、第1のレンズの第1主表面上に配設され、第2の四分の一波長位相子が、第1のレンズの第2主表面上に配設される、実施形態38の光学システムである。 20

## 【0233】

実施形態41は、部分反射体が、第1のレンズの第2主表面上に配設され、第2の四分の一波長位相子が、第1のレンズの第2主表面の反対側でその部分反射体上に配設される、実施形態38の光学システムである。

## 【0234】

実施形態42は、第2の四分の一波長位相子が、第1の光学レンズの第1主表面上に配設され、部分反射体が、第1の光学レンズの第1主表面の反対側でその第2の四分の一波長位相子上に配設される、実施形態38の光学システムである。

## 【0235】

実施形態43は、第1の四分の一波長位相子が、第2の光学レンズの第2主表面上に配設され、多層反射偏光子が、第2の光学レンズの第1主表面上に配設される、実施形態38の光学システムである。 30

## 【0236】

実施形態44は、多層反射偏光子が、第2の光学レンズの第2主表面上に配設され、第1の四分の一波長位相子が、第2の光学レンズの第2主表面の反対側でその多層反射偏光子上に配設される、実施形態38の光学システムである。

## 【0237】

実施形態45は、多層反射偏光子が、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、第2の光学積層体の光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態1～実施形態44のうちのいずれかの光学システムである。 40

## 【0238】

実施形態46は、多層反射偏光子が、第2の光学積層体の光軸に対して実質的に回転対称の熱成形多層反射偏光子である、実施形態1～実施形態45のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0239】

実施形態47は、多層反射偏光子が、第2の光学積層体の光軸に対して回転対称の熱成形多層反射偏光子である、実施形態1～実施形態46のうちのいずれかの光学システムである。 50

**【0240】**

実施形態48は、像面及び絞り面を通過する実質的にいずれの主光線も、約25度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射する、実施形態1～実施形態47のうちのいずれかの光学システムである。

**【0241】**

実施形態49は、第1の光学積層体と第2の光学積層体とが、実質的に同じ形状を有する、実施形態1～実施形態48のうちのいずれかの光学システムである。

**【0242】**

実施形態50は、第1の光学積層体と第2の光学積層体とが、異なる形状を有する、実施形態1～実施形態48のうちのいずれかの光学システムである。 10

**【0243】**

実施形態51は、第1のレンズ及び第2のレンズのそれぞれが、プラノレンズである、実施形態1～実施形態50のうちのいずれかの光学システムである。

**【0244】**

実施形態52は、第1の光学レンズと第2の光学レンズとが、実質的に同じ形状を有する、実施形態1～実施形態48のうちのいずれかの光学システムである。

**【0245】**

実施形態53は、第1の光学レンズと第2の光学レンズとが、異なる形状を有する、実施形態1～実施形態48のうちのいずれかの光学システムである。

**【0246】**

実施形態54は、像面が、実質的に平面状である、実施形態1～実施形態53のうちのいずれかの光学システムである。 20

**【0247】**

実施形態55は、像面が湾曲している、実施形態1～実施形態53のうちのいずれかの光学システムである。

**【0248】**

実施形態56は、画像源が、像面を備え、この画像源が、歪みのない像を放出し、絞り面によって透過されるその放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約10%未満となるように、部分反射体が、第1の形状を有し、反射偏光子が、異なる第2の形状を有する、実施形態1の光学システムである。 30

**【0249】**

実施形態57は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の5%未満である、実施形態56の光学システムである。

**【0250】**

実施形態58は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の3%未満である、実施形態56の光学システムである。

**【0251】**

実施形態59は、可視波長範囲内で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、絞り面での視野の1.5パーセント未満の絞り面での色分離距離を有する、実施形態1～実施形態58のうちのいずれかの光学システムである。 40

**【0252】**

実施形態60は、絞り面での色分離距離が、絞り面での視野の1.2パーセント未満である、実施形態59の光学システムである。

**【0253】**

実施形態61は、可視波長範囲内で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、20分角未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態1～実施形態60のうちのいずれかの光学システムである。

**【0254】**

50

実施形態 6 2 は、絞り面での色分離距離が、10 分角未満である、実施形態 6 1 の光学システムである。

【 0 2 5 5 】

実施形態 6 3 は、部分反射体が第 1 の形状を有し、多層反射偏光子が第 2 の形状を有し、それら第 1 の形状及び第 2 の形状の一方若しくは双方が、非球面多項サグ式によって記述される、実施形態 1 ~ 実施形態 6 2 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 5 6 】

実施形態 6 4 は、多層反射偏光子が、交互配置された複数のポリマー層を備える、実施形態 1 ~ 実施形態 6 3 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 5 7 】

実施形態 6 5 は、多層反射偏光子が、APF である、実施形態 1 ~ 実施形態 6 4 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 5 8 】

実施形態 6 6 は、多層反射偏光子が、熱成形 APF である、実施形態 1 ~ 実施形態 6 4 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 5 9 】

実施形態 6 7 は、多層反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子を備える、実施形態 1 ~ 実施形態 6 4 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 6 0 】

実施形態 6 8 は、多層反射偏光子が、回転対称である、実施形態 1 ~ 実施形態 6 7 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 6 1 】

実施形態 6 9 は、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体の少なくとも一方が、絞り面及び像面に対して調節可能な位置を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 6 8 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 6 2 】

実施形態 7 0 は、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体の少なくとも一方が、調節可能な形状を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 6 9 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 6 3 】

実施形態 7 1 は、光学システムであって、

像面と、

絞り面と

像面と絞り面との間に配設された第 1 の光学積層体であって、

第 1 の光学レンズと、

所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体と、

を備える、第 1 の光学積層体と、

第 1 の光学積層体と絞り面との間に配設された第 2 の光学積層体であって、

第 2 の光学レンズと、

少なくとも 1 つの層を備える多層反射偏光子であって、その少なくとも 1 つの層は、第 2 の光学積層体の光軸から離れた、その少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第 2 の場所で、実質的に光学的一軸性である、多層反射偏光子と、

反射偏光子と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子と、

を備える、第 2 の光学積層体と、

を備え、

像面及び絞り面を通過する実質的にいずれの主光線も、約 30 度未満の入射角で、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体のそれぞれに入射する、

光学システムである。

【 0 2 6 4 】

実施形態 7 2 は、画像源が、像面を備え、絞り面が、射出瞳である、実施形態 7 1 の光

10

20

30

40

50

学システムである。

【0265】

実施形態73は、画像源が、ディスプレイパネルを備える、実施形態72の光学システムである。

【0266】

実施形態74は、ディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態73の光学システムである。

【0267】

実施形態75は、画像源が、シャッタを備える、実施形態72～実施形態74のうちのいずれかの光学システムである。

【0268】

実施形態76は、画像源が、光学システムの外部の対象物から反射された光を受光するように適合された開口を備える、実施形態71の光学システムである。

【0269】

実施形態77は、画像記録装置が、像面を備え、絞り面が、入射瞳である、実施形態71の光学システムである。

【0270】

実施形態78は、光学システムが、像面を通って透過される中心光線の光路によって画定される折り返し光軸を中心とする、実施形態71～実施形態77のうちのいずれかの光学システムである。

【0271】

実施形態79は、絞り面が、第2の光学システムの入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態71～実施形態78のうちのいずれかの光学システムである。

【0272】

実施形態80は、第2の光学システムが、入射瞳で受け取った像を記録するように適合されている、実施形態79の光学システムである。

【0273】

実施形態81は、絞り面が、観察者の目の入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態71の光学システムである。

【0274】

実施形態82は、画像源が、像面を備え、画像源が、非偏光を放出する、実施形態71の光学システムである。

【0275】

実施形態83は、第1の光学積層体が、部分反射体と像面との間に配設された第2の四分の一波長位相子を更に備える、実施形態71～実施形態82のうちのいずれかの光学システムである。

【0276】

実施形態84は、画像源が、像面を備え、画像源が、偏光を放出する、実施形態71の光学システムである。

【0277】

実施形態85は、偏光が直線偏光である、実施形態84の光学システムである。

【0278】

実施形態86は、偏光が円偏光である、実施形態84の光学システムである。

【0279】

実施形態87は、偏光が橢円偏光である、実施形態84の光学システムである。

【0280】

実施形態88は、部分反射体が、第2の反射偏光子である、実施形態71～実施形態87のうちのいずれかの光学システムである。

【0281】

実施形態89は、部分反射体が、所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過

10

20

30

40

50

率を有する、実施形態 7 1 ~ 実施形態 8 8 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 8 2 】

実施形態 9 0 は、所望の複数の波長が、少なくとも 1 つの連続的な波長範囲を含む、実施形態 7 1 ~ 実施形態 8 9 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 8 3 】

実施形態 9 1 は、所望の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態 7 1 ~ 実施形態 9 0 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 8 4 】

実施形態 9 2 は、可視範囲が、400 nm ~ 700 nm である、実施形態 9 1 の光学システムである。

10

【 0 2 8 5 】

実施形態 9 3 は、所望の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態 7 1 ~ 実施形態 9 2 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 8 6 】

実施形態 9 4 は、所望の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの 1 つ以上を含む、実施形態 7 1 ~ 実施形態 9 3 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 8 7 】

実施形態 9 5 は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態 7 1 ~ 実施形態 9 1 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 8 8 】

実施形態 9 6 は、所望の複数の波長が、1 つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも 1 つが、100 nm 以下の半値全幅を有する、実施形態 9 5 の光学システムである。

20

【 0 2 8 9 】

実施形態 9 7 は、半値全幅が 50 nm 以下である、実施形態 9 6 の光学システムである。

【 0 2 9 0 】

実施形態 9 8 は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有する、実施形態 7 1 ~ 実施形態 9 7 のうちのいずれかの光学システムである。

30

【 0 2 9 1 】

実施形態 9 9 は、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、実施形態 9 8 の光学システムである。

【 0 2 9 2 】

実施形態 100 は、 $s_1 / r_1$  が、0.2 ~ 0.8 の範囲である、実施形態 9 8 の光学システムである。

【 0 2 9 3 】

実施形態 101 は、 $s_1 / r_1$  が、0.3 ~ 0.6 の範囲である、実施形態 9 8 の光学システムである。

40

【 0 2 9 4 】

実施形態 102 は、多層反射偏光子が、光軸からの半径方向距離  $r_2$ 、及び、平面からの変位  $s_2$  を有し、 $s_2 / r_2$  が、少なくとも 0.3 である第 2 の場所を有する、実施形態 9 8 ~ 実施形態 101 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 2 9 5 】

実施形態 103 は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である少なくとも 1 つの第 1 の場所をフィルム上に有し、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定されるこの反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 2 度未満である、実施形態 7 1 ~ 実施形態 9 7 のうちのいずれかの

50

光学システムである。

【0296】

実施形態104は、反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1.5度未満である、実施形態103の光学システムである。

【0297】

実施形態105は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1.5度未満である、実施形態71～実施形態104のうちのいずれかの光学システムである。

【0298】

実施形態106は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1度未満である、実施形態71～実施形態104のうちのいずれかの光学システムである。

【0299】

実施形態107は、第1の光学レンズが、第2の光学レンズに向き合う第1主表面と、像面に向き合う反対側の第2主表面とを有し、第2の光学レンズが、絞り面に向き合う第1主表面と、第1の光学レンズに向き合う反対側の第2主表面とを有する、実施形態71～実施形態106のうちのいずれかの光学システムである。

【0300】

実施形態108は、部分反射体が、第1のレンズの第1主表面又は第2主表面上に配設される、実施形態107の光学システムである。

【0301】

実施形態109は、部分反射体が、第1のレンズの第1主表面上に配設され、第2の四分の一波長位相子が、第1のレンズの第2主表面上に配設される、実施形態108の光学システムである。

【0302】

実施形態110は、部分反射体が、第1のレンズの第2主表面上に配設され、第2の四分の一波長位相子が、第1のレンズの第2主表面の反対側でその部分反射体上に配設される、実施形態108の光学システムである。

【0303】

実施形態111は、第2の四分の一波長位相子が、第1の光学レンズの第1主表面上に配設され、部分反射体が、第1の光学レンズの第1主表面の反対側でその第2の四分の一波長位相子上に配設される、実施形態107の光学システムである。

【0304】

実施形態112は、第1の四分の一波長位相子が、第2の光学レンズの第2主表面上に配設され、多層反射偏光子が、第2の光学レンズの第1主表面上に配設される、実施形態107の光学システムである。

【0305】

実施形態113は、多層反射偏光子が、第2の光学レンズの第2主表面上に配設され、第1の四分の一波長位相子が、第2の光学レンズの第2主表面の反対側でその多層反射偏光子上に配設される、実施形態107の光学システムである。

【0306】

実施形態114は、像面が、最大横寸法Aを有し、絞り面が、最大横寸法Bを有し、A/Bが、少なくとも3である、実施形態71～実施形態113のうちのいずれかの光学システムである。

【0307】

実施形態115は、多層反射偏光子が、第2の光学積層体の光軸に対して実質的に回転対称の、熱成形多層反射偏光子である、実施形態71～実施形態114のうちのいずれかの光学システムである。

【0308】

実施形態116は、多層反射偏光子が、第2の光学積層体の光軸に対して回転対称の、

10

20

30

40

50

熱成形多層反射偏光子である、実施形態 71～実施形態 115 のうちのいずれかの光学システムである。

【0309】

実施形態 117 は、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体の一方若しくは双方が、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って像面に向けて凸状である、実施形態 71～実施形態 116 のうちのいずれかの光学システムである。

【0310】

実施形態 118 は、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体の双方が、第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って像面に向けて凸状である、実施形態 117 の光学システムである。

【0311】

実施形態 119 は、多層反射偏光子が、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って像面に向けて凸状である、実施形態 71～実施形態 118 のうちのいずれかの光学システムである。

【0312】

実施形態 120 は、第 1 の光学積層体と第 2 の光学積層体とが、実質的に同じ形状を有する、実施形態 71～実施形態 119 のうちのいずれかの光学システムである。

【0313】

実施形態 121 は、第 1 の光学積層体と第 2 の光学積層体とが、異なる形状を有する、実施形態 71～実施形態 119 のうちのいずれかの光学システムである。

【0314】

実施形態 122 は、第 1 のレンズ及び第 2 のレンズのそれぞれが、プラノレンズである、実施形態 71～実施形態 121 のうちのいずれかの光学システムである。

【0315】

実施形態 123 は、第 1 の光学レンズと第 2 の光学レンズとが、実質的に同じ形状を有する、実施形態 71～実施形態 119 のうちのいずれかの光学システムである。

【0316】

実施形態 124 は、第 1 の光学レンズと第 2 の光学レンズとが、異なる形状を有する、実施形態 71～実施形態 119 のうちのいずれかの光学システムである。

【0317】

実施形態 125 は、像面が、実質的に平面状である、実施形態 71～実施形態 124 のうちのいずれかの光学システムである。

【0318】

実施形態 126 は、像面が湾曲している、実施形態 71～実施形態 124 のうちのいずれかの光学システムである。

【0319】

実施形態 127 は、像面及び絞り面を通過する実質的にいずれの主光線も、約 25 度未満の入射角で、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体のそれぞれに入射する、実施形態 71～実施形態 126 のうちのいずれかの光学システムである。

【0320】

実施形態 128 は、画像源が、像面を備え、この画像源が、歪みのない像を放出し、絞り面によって透過されるその放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約 10 %未満となるように、部分反射体が、第 1 の形状を有し、反射偏光子が、異なる第 2 の形状を有する、実施形態 71 の光学システムである。

【0321】

実施形態 129 は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の 5 %未満である、実施形態 128 の光学システムである。

【0322】

実施形態 130 は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の 3 %未満である、実施形態 128 の光学システムである。

【0323】

10

20

30

40

50

実施形態 131 は、可視波長範囲内で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、絞り面での視野の 1.5 パーセント未満の絞り面での色分離距離を有する、実施形態 71 ~ 実施形態 130 のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0324】

実施形態 132 は、絞り面での色分離距離が、絞り面での視野の 1.2 パーセント未満である、実施形態 131 の光学システムである。

## 【0325】

実施形態 133 は、可視波長範囲内で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、20 分角未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態 71 ~ 実施形態 132 のうちのいずれかの光学システムである。 10

## 【0326】

実施形態 134 は、絞り面での色分離距離が、10 分角未満である、実施形態 133 の光学システムである。

## 【0327】

実施形態 135 は、部分反射体が第 1 の形状を有し、多層反射偏光子が第 2 の形状を有し、それら第 1 の形状及び第 2 の形状の一方若しくは双方が、非球面多項サグ式によって記述される、実施形態 71 ~ 実施形態 134 のうちのいずれかの光学システムである。 20

## 【0328】

実施形態 136 は、多層反射偏光子が、交互配置された複数のポリマー層を備える、実施形態 71 ~ 実施形態 135 のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0329】

実施形態 137 は、多層反射偏光子が、熱成形 A P F である、実施形態 71 ~ 実施形態 136 のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0330】

実施形態 138 は、多層反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子を備える、実施形態 71 ~ 実施形態 136 のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0331】

実施形態 139 は、多層反射偏光子が、回転対称である、実施形態 71 ~ 実施形態 138 のうちのいずれかの光学システムである。 30

## 【0332】

実施形態 140 は、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体の少なくとも一方が、絞り面及び像面に対して、ユーザによる調節が可能な位置を有する、実施形態 71 ~ 実施形態 139 のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0333】

実施形態 141 は、第 1 の光学積層体及び第 2 の光学積層体の少なくとも一方が、ユーザによる調節が可能な形状を有する、実施形態 71 ~ 実施形態 140 のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0334】

実施形態 142 は、光学システムであって、  
歪みのない像を放出する、画像源と、  
射出瞳と、

直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って画像源に向けて凸状の第 1 の形状を有し、既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体と、

第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って画像源に向けて凸状の異なる第 2 の形状を有し、これにより、射出瞳によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、約 10 % 未満となる、反射偏光子と、

を備える、光学システムである。

## 【0335】

50

実施形態 143 は、射出瞳によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、約 5 % 未満である、実施形態 142 の光学システムである。

【0336】

実施形態 144 は、射出瞳によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、約 3 % 未満である、実施形態 142 の光学システムである。

【0337】

実施形態 145 は、画像源と射出瞳との間に配設された、一体型光学積層体が、第 1 の光学レンズ、第 1 の四分の一波長位相子、部分反射体、及び反射偏光子を備える、実施形態 142 ~ 実施形態 144 のうちのいずれかの光学システムである。

【0338】

実施形態 146 は、第 1 の四分の一波長位相子が、画像源に向き合う、第 1 の光学レンズの第 1 主表面上に配設され、部分反射体が、第 1 の光学レンズの反対側でその四分の一波長位相子上に配設される、実施形態 145 の光学システムである。

【0339】

実施形態 147 は、部分反射体が、画像源に向き合う、第 1 の光学レンズの第 1 主表面上に配設される、実施形態 145 の光学システムである。

【0340】

実施形態 148 は、第 1 の四分の一波長位相子が、第 1 主表面の反対側で第 1 の光学レンズの第 2 主表面上に配設される、実施形態 147 の光学システムである。

【0341】

実施形態 149 は、反射偏光子が、第 1 の光学レンズの反対側で第 1 の四分の一波長位相子上に配設される、実施形態 147 の光学システムである。

【0342】

実施形態 150 は、一体型光学積層体が、第 2 の四分の一波長位相子を更に備える、実施形態 145 ~ 実施形態 149 のうちのいずれかの光学システムである。

【0343】

実施形態 151 は、第 2 の四分の一波長位相子が、画像源に向き合う、部分反射体の主表面上に配設される、実施形態 150 の光学システムである。

【0344】

実施形態 152 は、既定の複数の波長で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、画像源によって放出され、射出瞳によって透過される実質的にいずれの主光線も、その射出瞳での視野の 1.5 % 未満の、射出瞳での色分離距離を有する、実施形態 142 ~ 実施形態 151 のうちのいずれかの光学システムである。

【0345】

実施形態 153 は、既定の複数の波長で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、画像源によって放出され、射出瞳によって透過される実質的にいずれの主光線も、20 分角未満の、射出瞳での色分離距離を有する、実施形態 142 ~ 実施形態 152 のうちのいずれかの光学システムである。

【0346】

実施形態 154 は、光学システムであって、

画像源と、

射出瞳と、

画像源と射出瞳との間に配設された第 1 の光学積層体であって、

第 1 の光学レンズと、

既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体と、

を備える、第 1 の光学積層体と、

第 1 の光学積層体と射出瞳との間に配設された第 2 の光学積層体であって、

第 2 の光学レンズと、

多層反射偏光子と、

反射偏光子と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子と、

10

20

30

40

50

を備える、第2の光学積層体と、  
を備え、

既定の複数の波長で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、画像源によって放出され、射出瞳によって透過される実質的にいずれの主光線も、その射出瞳での視野の1.5%未満の、射出瞳での色分離距離を有し、多層反射偏光子が、2つの直交軸に対して凸状である、

光学システムである。

【0347】

実施形態155は、射出瞳での色分離距離が、射出瞳での視野の1.2パーセント未満である、実施形態154の光学システムである。

10

【0348】

実施形態156は、射出瞳での色分離距離が、20分角未満である、実施形態154又は実施形態155の光学システムである。

【0349】

実施形態157は、射出瞳での色分離距離が、10分角未満である、実施形態154又は実施形態155の光学システムである。

【0350】

実施形態158は、光学システムであって、

画像源と、

射出瞳と、

20

画像源と射出瞳との間に配設された、第1の光学積層体であって、

第1の光学レンズと、

既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、

を備える、第1の光学積層体と、

第1の光学積層体と射出瞳との間に配設された、第2の光学積層体であって、

第2の光学レンズと、

多層反射偏光子と、

反射偏光子と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子と、

を備える、第2の光学積層体と、

を備え、

30

既定の複数の波長で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、画像源によって放出され、射出瞳によって透過される実質的にいずれの主光線も、20分角未満の、射出瞳での色分離距離を有し、多層反射偏光子が、2つの直交軸に対して凸状である、

光学システムである。

【0351】

実施形態159は、射出瞳での色分離距離が、10分角未満である、実施形態158の光学システムである。

【0352】

実施形態160は、射出瞳での色分離距離が、射出瞳での視野の1.5パーセント未満である、実施形態158又は実施形態159の光学システムである。

40

【0353】

実施形態161は、射出瞳での色分離距離が、射出瞳での視野の1.2パーセント未満である、実施形態158～実施形態160のうちのいずれかの光学システムである。

【0354】

実施形態162は、第1の光学積層体及び第2の光学積層体の少なくとも一方が、絞り面及び像面に対して調節可能な位置を有する、実施形態154～実施形態160のうちのいずれかの光学システムである。

【0355】

実施形態163は、第1の光学積層体及び第2の光学積層体の少なくとも一方が、調節

50

可能な形状を有する、実施形態 154～実施形態 162 のうちのいずれかの光学システムである。

【0356】

実施形態 164 は、第 1 の光学積層体が、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って画像源に向けて凸状である、実施形態 154～実施形態 163 のうちのいずれかの光学システムである。

【0357】

実施形態 165 は、第 2 の光学積層体が、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って画像源に向けて凸状である、実施形態 154～実施形態 164 のうちのいずれかの光学システムである。

10

【0358】

実施形態 166 は、画像源が、最大横寸法 A を有し、射出瞳が、最大横寸法 B を有し、A / B が、少なくとも 3 である、実施形態 142～実施形態 165 のうちのいずれかの光学システムである。

【0359】

実施形態 167 は、画像源からの少なくとも 1 つの主光線が、少なくとも 40 度の入射角で、射出瞳を通過する、実施形態 142～実施形態 166 のうちのいずれかの光学システムである。

【0360】

実施形態 168 は、光学システムが、画像源によって放出される中心光の光路によって画定される折り返し光軸を中心とする、実施形態 142～実施形態 167 のうちのいずれかの光学システムである。

20

【0361】

実施形態 169 は、射出瞳が、第 2 の光学システムの入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態 142～実施形態 168 のうちのいずれかの光学システムである。

【0362】

実施形態 170 は、第 2 の光学システムが、入射瞳で受け取った像を記録するように適合されている、実施形態 169 の光学システムである。

【0363】

実施形態 171 は、射出瞳が、観察者の目の入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態 142～実施形態 169 のうちのいずれかの光学システムである。

30

【0364】

実施形態 172 は、画像源が、非偏光を放出する、実施形態 142～実施形態 171 のうちのいずれかの光学システムである。

【0365】

実施形態 173 は、画像源が、偏光を放出する、実施形態 142～実施形態 171 のうちのいずれかの光学システムである。

【0366】

実施形態 174 は、偏光が直線偏光である、実施形態 173 の光学システムである。

【0367】

実施形態 175 は、偏光が円偏光である、実施形態 173 の光学システムである。

40

【0368】

実施形態 176 は、偏光が橜円偏光である、実施形態 173 の光学システムである。

【0369】

実施形態 177 は、部分反射体が、第 2 の反射偏光子である、実施形態 142～実施形態 176 のうちのいずれかの光学システムである。

【0370】

実施形態 178 は、部分反射体が、既定の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光透過率を有する、実施形態 142～実施形態 177 のうちのいずれかの光学システムである。

50

## 【0371】

実施形態179は、既定の複数の波長が、1つ以上の既定の波長範囲を含む、実施形態142～実施形態178のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0372】

実施形態180は、既定の複数の波長が、可視範囲を含む、実施形態142～実施形態179のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0373】

実施形態181は、可視範囲が、400 nm～700 nmである、実施形態180の光学システムである。

## 【0374】

実施形態182は、既定の複数の波長が、赤外範囲を含む、実施形態142～実施形態179のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0375】

実施形態183は、既定の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの1つ以上を含む、実施形態142～実施形態179のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0376】

実施形態184は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態142～実施形態180のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0377】

実施形態185は、既定の複数の波長が、100 nm以下の半値全幅を有する、少なくとも1つの波長範囲を含む、実施形態184の光学システムである。

## 【0378】

実施形態186は、既定の複数の波長が、50 nm以下の半値全幅を有する、少なくとも1つの波長範囲を含む、実施形態184の光学システムである。

## 【0379】

実施形態187は、反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.1である、少なくとも1つの第1の場所を有する、実施形態142～実施形態186のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0380】

実施形態188は、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.2である、実施形態187の光学システムである。

## 【0381】

実施形態189は、 $s_1/r_1$ が、0.2～0.8の範囲である、実施形態187の光学システムである。

## 【0382】

実施形態190は、 $s_1/r_1$ が、0.3～0.6の範囲である、実施形態187の光学システムである。

## 【0383】

実施形態191は、多層反射偏光子が、光軸からの半径方向距離 $r_2$ 、及び、平面からの変位 $s_2$ を有し、 $s_2/r_2$ が、少なくとも0.3である、第2の場所を有する、実施形態187～実施形態190のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0384】

実施形態192は、多層反射偏光子が、その反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.2である、少なくとも1つの第1の場所を有し、 $s_1$ 及び $r_1$ によって画定される、この反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約2度未満である、実施形態142～実施形態186のうちのいずれかの光学システムである。

10

20

30

40

50

## 【0385】

実施形態193は、反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1.5度未満である、実施形態192の光学システムである。

## 【0386】

実施形態194は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1.5度未満である、実施形態142～実施形態193のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0387】

実施形態195は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1度未満である、実施形態142～実施形態193のうちのいずれかの光学システムである。 10

## 【0388】

実施形態196は、反射偏光子が、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、第2の光学積層体の光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態142～実施形態195のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0389】

実施形態197は、反射偏光子が、その反射偏光子の光軸に対して実質的に回転対称の熱成形多層反射偏光子である、実施形態142～実施形態196のうちのいずれかの光学システムである。 20

## 【0390】

実施形態198は、反射偏光子が、その反射偏光子の光軸に対して回転対称の熱成形多層反射偏光子である、実施形態142～実施形態197のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0391】

実施形態199は、画像源によって放出され、射出瞳を通って透過される実質的にいずれの主光線も、約25度未満の入射角で、反射偏光子及び部分反射体のそれぞれに入射する、実施形態142～実施形態198のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0392】

実施形態200は、部分反射体が第1の形状を有し、反射偏光子が第2の形状を有し、それら第1の形状及び第2の形状の一方若しくは双方が、非球面多項サグ式によって記述される、実施形態142～実施形態202のうちのいずれかの光学システムである。 30

## 【0393】

実施形態201は、反射偏光子が、交互配置された複数のポリマー層を備える、実施形態142～実施形態200のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0394】

実施形態202は、反射偏光子が、熱成形A P Fである、実施形態142～実施形態201のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0395】

実施形態203は、反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子を備える、実施形態142～実施形態201のうちのいずれかの光学システムである。 40

## 【0396】

実施形態204は、反射偏光子が、回転対称である、実施形態142～実施形態203のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0397】

実施形態205は、画像源が、ディスプレイパネルを備える、実施形態142～実施形態204のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0398】

実施形態206は、ディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態205の 50

光学システムである。

【0399】

実施形態207は、画像源が、シャッタを備える、実施形態204又は実施形態205の光学システムである。

【0400】

実施形態208は、光学システムであって、

最大横寸法Aを有する像面と、

最大横寸法Bを有し、A/Bが少なくとも3である絞り面と、

像面と絞り面との間に配設された一体型光学積層体であって、

第1の光学レンズと、

既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、

第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する多層反射偏光子と、

既定の複数の波長内の少なくとも1つの波長での、第1の四分の一波長位相子と、

を備える、一体型光学積層体と、

を備え、

絞り面及び像面を通って透過される少なくとも1つの主光線が、少なくとも40度の入射角で、絞り面を通過する、

光学システムである。

【0401】

実施形態209は、一体型光学積層体が、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って像面に向けて凸状である、実施形態208の光学システムである。

【0402】

実施形態210は、可視波長範囲内で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、絞り面での視野の1.5パーセント未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態208又は実施形態209の光学システムである。

【0403】

実施形態211は、絞り面での色分離距離が、絞り面での視野の1.2パーセント未満である、実施形態208～実施形態210のうちのいずれかの光学システムである。

【0404】

実施形態212は、可視波長範囲内で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、20分角未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態208～実施形態211のうちのいずれかの光学システムである。

【0405】

実施形態213は、絞り面での色分離距離が、10分角未満である、実施形態208～実施形態212のうちのいずれかの光学システムである。

【0406】

実施形態214は、画像源が、像面を備え、絞り面が、射出瞳である、実施形態208～実施形態213のうちのいずれかの光学システムである。

【0407】

実施形態215は、画像源が、ディスプレイパネルを備える、実施形態214の光学システムである。

【0408】

実施形態216は、ディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態215の光学システムである。

【0409】

実施形態217は、画像源が、シャッタを備える、実施形態214～実施形態216のうちのいずれかの光学システムである。

10

20

30

40

50

**【0410】**

実施形態218は、画像源が、光学システムの外部の対象物から反射された光を受光するように適合された開口を備える、実施形態208の光学システムである。

**【0411】**

実施形態219は、画像記録装置が、像面を備え、絞り面が、入射瞳である、実施形態208～実施形態213のうちのいずれかの光学システムである。

**【0412】**

実施形態220は、光学システムが、像面を通って透過される中心光線の光路によって画定される、折り返し光軸を中心とする、実施形態208～実施形態219のうちのいずれかの光学システムである。

10

**【0413】**

実施形態221は、絞り面が、第2の光学システムの入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態208の光学システムである。

**【0414】**

実施形態222は、第2の光学システムが、入射瞳で受け取った像を記録するように適合されている、実施形態221の光学システムである。

**【0415】**

実施形態223は、絞り面が、観察者の目の入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態208の光学システムである。

**【0416】**

実施形態224は、画像源が、像面を備え、画像源が、非偏光を放出する、実施形態208の光学システムである。

20

**【0417】**

実施形態225は、既定の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、第2の四分の一波長位相子を更に備え、この第2の四分の一波長位相子が、部分反射体と像面との間に配設され、第1の四分の一波長位相子が、多層反射偏光子と部分反射体との間に配設される、実施形態208～実施形態224のうちのいずれかの光学システムである。

**【0418】**

実施形態226は、画像源が、像面を備え、画像源が、偏光を放出する、実施形態208の光学システムである。

30

**【0419】**

実施形態227は、偏光が直線偏光である、実施形態226の光学システムである。

**【0420】**

実施形態228は、偏光が円偏光である、実施形態226の光学システムである。

**【0421】**

実施形態229は、偏光が橢円偏光である、実施形態226の光学システムである。

**【0422】**

実施形態230は、部分反射体が、第2の反射偏光子である、実施形態208～実施形態229のうちのいずれかの光学システムである。

**【0423】**

実施形態231は、部分反射体が、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有する、実施形態208～実施形態230のうちのいずれかの光学システムである。

40

**【0424】**

実施形態232は、既定の複数の波長が、少なくとも1つの連続的な波長範囲を含む、実施形態208～実施形態231のうちのいずれかの光学システムである。

**【0425】**

実施形態233は、既定の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態208～実施形態232のうちのいずれかの光学システムである。

**【0426】**

50

実施形態 234 は、可視範囲が、400 nm ~ 700 nm である、実施形態 233 の光学システムである。

【0427】

実施形態 235 は、既定の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態 208 ~ 実施形態 234 のうちのいずれかの光学システムである。

【0428】

実施形態 236 は、既定の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの 1 つ以上を含む、実施形態 208 ~ 実施形態 235 のうちのいずれかの光学システムである。

【0429】

実施形態 237 は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態 208 ~ 実施形態 236 のうちのいずれかの光学システムである。

【0430】

実施形態 238 は、既定の複数の波長が、1 つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも 1 つが、100 nm 以下の半値全幅を有する、実施形態 237 の光学システムである。

【0431】

実施形態 239 は、半値全幅が 50 nm 以下である、実施形態 238 の光学システムである。

【0432】

実施形態 240 は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有する、実施形態 208 ~ 実施形態 239 のうちのいずれかの光学システムである。

【0433】

実施形態 241 は、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、実施形態 240 の光学システムである。

【0434】

実施形態 242 は、 $s_1 / r_1$  が、0.2 ~ 0.8 の範囲である、実施形態 240 の光学システムである。

【0435】

実施形態 243 は、 $s_1 / r_1$  が、0.3 ~ 0.6 の範囲である、実施形態 240 の光学システムである。

【0436】

実施形態 244 は、多層反射偏光子が、光軸からの半径方向距離  $r_2$ 、及び、平面からの変位  $s_2$  を有し、 $s_2 / r_2$  が、少なくとも 0.3 である、第 2 の場所を有する、実施形態 240 の光学システムである。

【0437】

実施形態 245 は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有し、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定されるこの反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 2 度未満である、実施形態 208 ~ 実施形態 244 のうちのいずれかの光学システムである。

【0438】

実施形態 246 は、反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 245 の光学システムである。

【0439】

実施形態 247 は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 208 ~ 実施形態 246 のうちのいずれかの光学シ

10

20

30

40

50

ステムである。

【0440】

実施形態248は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1度未満である、実施形態209～実施形態246のうちのいずれかの光学システムである。

【0441】

実施形態249は、多層反射偏光子が、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、第2の光学積層体の光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態208～実施形態248のうちのいずれかの光学システムである。

【0442】

実施形態250は、多層反射偏光子が、第2の光学積層体の光軸に対して実質的に回転対称の、熱成形多層反射偏光子である、実施形態208～実施形態249のうちのいずれかの光学システムである。

【0443】

実施形態251は、多層反射偏光子が、第2の光学積層体の光軸に対して回転対称の、熱成形多層反射偏光子である、実施形態208～実施形態250のうちのいずれかの光学システムである。

【0444】

実施形態252は、像面及び絞り面を通過する、実質的にいずれの主光線も、約25度未満の入射角で、部分反射体、多層反射偏光子、及び第1の四分の一波長位相子のそれぞれに入射する、実施形態208～実施形態251のうちのいずれかの光学システムである。

【0445】

実施形態253は、画像源が、像面を備え、この画像源が、歪みのない像を放出し、絞り面によって透過される、その放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約10%未満となるように、部分反射体が、第1の形状を有し、反射偏光子が、異なる第2の形状を有する、実施形態208の光学システムである。

【0446】

実施形態254は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約5%未満である、実施形態253の光学システムである。

【0447】

実施形態255は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約3%未満である、実施形態253の光学システムである。

【0448】

実施形態256は、部分反射体が第1の形状を有し、多層反射偏光子が第2の形状を有し、それら第1の形状及び第2の形状の一方若しくは双方が、非球面多項サグ式によって記述される、実施形態208～実施形態255のうちのいずれかの光学システムである。

【0449】

実施形態257は、多層反射偏光子が、交互配置された複数のポリマー層を備える、実施形態208～実施形態256のうちのいずれかの光学システムである。

【0450】

実施形態258は、多層反射偏光子が、熱成形A P Fである、実施形態208～実施形態257のうちのいずれかの光学システムである。

【0451】

実施形態259は、多層反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子を備える、実施形態208～実施形態257のうちのいずれかの光学システムである。

【0452】

実施形態260は、多層反射偏光子が、回転対称である、実施形態208～実施形態2

10

20

30

40

50

59のうちのいずれかの光学システムである。

【0453】

実施形態261は、一体型光学積層体が、第2の光学レンズを備える、実施形態208～実施形態260のうちのいずれかの光学システムである。

【0454】

実施形態262は、第1の四分の一波長位相子が、第1の光学レンズと第2の光学レンズとの間に配設される、実施形態261の光学システムである。

【0455】

実施形態263は、多層反射偏光子が、絞り面に向き合う、第2の光学レンズの主表面上に配設され、部分反射体が、像面に向き合う、第1の光学レンズの主表面上に配設される、実施形態261又は実施形態262の光学システムである。 10

【0456】

実施形態264は、光学システムであって、

像面と、

実質的に平面状の絞り面と、

それら像面と絞り面との間に配設された、

第1の光学レンズ、第2の光学レンズ、及び第3の光学レンズと、

既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、

第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する多層反射偏光子と、 20

既定の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、第1の四分の一波長位相子と、を備え、

この光学システムは、像面と絞り面との間に配設された複数の主表面を備え、各主表面が、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って像面に向けて凸状であり、少なくとも6つの異なる主表面が、6つの異なる凸面を有する、

光学システムである。

【0457】

実施形態265は、複数の主表面が、第1の光学レンズの反対側の第1主表面及び第2主表面と、第2の光学レンズの反対側の第1主表面及び第2主表面と、第3の光学レンズの反対側の第1主表面及び第2主表面とを含み、各第1主表面が、絞り面に向き合い、各第2主表面が、像面に向き合う、実施形態264の光学システムである。 30

【0458】

実施形態266は、第2の光学レンズが、第1の光学レンズと第3の光学レンズとの間に配設され、第3の光学レンズが、絞り面と第1の光学レンズとの間に配設される、実施形態265の光学システムである。

【0459】

実施形態267は、部分反射体が、第2の光学レンズの第1主表面上に配設される、実施形態266の光学システムである。

【0460】

実施形態268は、多層反射偏光子が、第3の光学レンズの第2主表面上に配設される、実施形態266又は実施形態267の光学システムである。 40

【0461】

実施形態269は、第1の四分の一波長位相子が、多層反射偏光子上に配設される、実施形態268の光学システムである。

【0462】

実施形態270は、既定の複数の波長内の、少なくとも1つの波長での、第2の四分の一波長位相子を更に備え、この第2の四分の一波長位相子が、第2の光学レンズの第2主表面上に配設される、実施形態266～実施形態269のうちのいずれかの光学システムである。

【0463】

実施形態 271 は、反射偏光子が、第3の光学レンズの第1主表面上に配設され、第1の四分の一波長位相子が、第3の光学レンズの第2主表面上に配設される、実施形態 265 の光学システムである。

【0464】

実施形態 272 は、部分反射体が、第2の光学レンズの第1主表面又は第2主表面上に配設される、実施形態 271 の光学システムである。

【0465】

実施形態 273 は、画像源が、像面を備え、絞り面が、射出瞳である、実施形態 264 ~ 実施形態 272 のうちのいずれかの光学システムである。

【0466】

実施形態 274 は、画像源が、ディスプレイパネルを備える、実施形態 273 の光学システムである。

10

【0467】

実施形態 275 は、ディスプレイパネルが、実質的に透明である、実施形態 274 の光学システムである。

【0468】

実施形態 276 は、画像源が、シャッタを備える、実施形態 273 ~ 実施形態 275 のうちのいずれかの光学システムである。

【0469】

実施形態 277 は、画像記録装置が、像面を備え、絞り面が、入射瞳である、実施形態 264 ~ 実施形態 272 のうちのいずれかの光学システムである。

20

【0470】

実施形態 278 は、光学システムが、像面を通って透過される中心光線の光路によって画定される、折り返し光軸を中心とする、実施形態 264 ~ 実施形態 277 のうちのいずれかの光学システムである。

【0471】

実施形態 279 は、絞り面が、第2の光学システムの入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態 264 ~ 実施形態 278 のうちのいずれかの光学システムである。

【0472】

実施形態 280 は、第2の光学システムが、入射瞳で受け取った像を記録するように適合されている、実施形態 279 の光学システムである。

30

【0473】

実施形態 281 は、絞り面が、観察者の目の入射瞳に重なり合うように適合されている、実施形態 264 ~ 実施形態 272 のうちのいずれかの光学システムである。

【0474】

実施形態 282 は、画像源が、像面を備え、画像源が、非偏光を放出する、実施形態 264 ~ 実施形態 272 のうちのいずれかの光学システムである。

【0475】

実施形態 283 は、光学積層体システムが、既定の複数の波長内の、少なくとも 1 つの波長での、第2の四分の一波長位相子を更に備え、この第2の四分の一波長位相子が、部分反射体と像面との間に配設され、第1の四分の一波長位相子が、多層反射偏光子と部分反射体との間に配設される、実施形態 264 ~ 実施形態 269 のうちのいずれかの光学システムである。

40

【0476】

実施形態 284 は、画像源が、像面を備え、画像源が、偏光を放出する、実施形態 264 ~ 実施形態 272 のうちのいずれかの光学システムである。

【0477】

実施形態 285 は、偏光が直線偏光である、実施形態 284 の光学システムである。

【0478】

実施形態 286 は、偏光が円偏光である、実施形態 284 の光学システムである。

50

## 【0479】

実施形態287は、偏光が橜円偏光である、実施形態284の光学システムである。

## 【0480】

実施形態288は、部分反射体が、第2の反射偏光子である、実施形態264～実施形態287のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0481】

実施形態289は、部分反射体が、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有する、実施形態264～実施形態288のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0482】

実施形態290は、既定の複数の波長が、少なくとも1つの連続的な波長範囲を含む、実施形態264～実施形態289のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0483】

実施形態291は、既定の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態264～実施形態290のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0484】

実施形態292は、可視範囲が、400nm～700nmである、実施形態291の光学システムである。

## 【0485】

実施形態293は、既定の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態264～実施形態292のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0486】

実施形態294は、既定の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの1つ以上を含む、実施形態264～実施形態293のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0487】

実施形態295は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態264～実施形態294のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0488】

実施形態296は、既定の複数の波長が、1つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも1つが、100nm以下の半値全幅を有する、実施形態295の光学システムである。

## 【0489】

実施形態297は、半値全幅が50nm以下である、実施形態296の光学システムである。

## 【0490】

実施形態298は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離r1、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位s1を有し、s1/r1が、少なくとも0.1である、少なくとも1つの第1の場所を有する、実施形態264～実施形態297のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0491】

実施形態299は、s1/r1が、少なくとも0.2である、実施形態298の光学システムである。

## 【0492】

実施形態300は、s1/r1が、0.2～0.8の範囲である、実施形態298の光学システムである。

## 【0493】

実施形態301は、s1/r1が、0.3～0.6の範囲である、実施形態298の光学システムである。

## 【0494】

10

20

30

40

50

実施形態 302 は、多層反射偏光子が、光軸からの半径方向距離  $r_2$ 、及び、平面からの変位  $s_2$  を有し、 $s_2 / r_2$  が、少なくとも 0.3 である、第 2 の場所を有する、実施形態 298 ~ 実施形態 301 のうちのいずれかの光学システムである。

【0495】

実施形態 303 は、多層反射偏光子が、その多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有し、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定されるこの反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 2 度未満である、実施形態 264 ~ 実施形態 297 のうちのいずれかの光学システムである。

10

【0496】

実施形態 304 は、反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 303 の光学システムである。

【0497】

実施形態 305 は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 264 ~ 実施形態 304 のうちのいずれかの光学システムである。

【0498】

実施形態 306 は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1 度未満である、実施形態 264 ~ 実施形態 304 のうちのいずれかの光学システムである。

20

【0499】

実施形態 307 は、多層反射偏光子が、少なくとも 1 つの層を備え、その少なくとも 1 つの層は、第 2 の光学積層体の光軸から離れた、その少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第 2 の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態 264 ~ 実施形態 306 のうちのいずれかの光学システムである。

【0500】

実施形態 308 は、多層反射偏光子が、第 2 の光学積層体の光軸に対して実質的に回転対称の熱成形多層反射偏光子である、実施形態 264 ~ 実施形態 307 のうちのいずれかの光学システムである。

30

【0501】

実施形態 309 は、多層反射偏光子が、第 2 の光学積層体の光軸に対して回転対称の熱成形多層反射偏光子である、実施形態 264 ~ 実施形態 308 のうちのいずれかの光学システムである。

【0502】

実施形態 310 は、像面及び絞り面を通過する、実質的にいずれの主光線も、約 2.5 度未満の入射角で、部分反射体、多層反射偏光子、及び第 1 の四分の一波長位相子のそれぞれに入射する、実施形態 264 ~ 実施形態 309 のうちのいずれかの光学システムである。

40

【0503】

実施形態 311 は、画像源が、像面を備え、この画像源が、歪みのない像を放し、絞り面によって透過される、その放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約 10 % 未満となるように、部分反射体が、第 1 の形状を有し、反射偏光子が、異なる第 2 の形状を有する、実施形態 264 ~ 実施形態 272 のうちのいずれかの光学システムである。

【0504】

実施形態 312 は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約 5 % 未満である、実施形態 311 の光学システムである。

【0505】

50

実施形態 313 は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約 3 %未満である、実施形態 311 の光学システムである。

【0506】

実施形態 314 は、可視波長範囲内で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、像面によって放出され、絞り面によって透過される、実質的にいずれの主光線も、絞り面での視野の 1.5 パーセント未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態 264 ~ 実施形態 313 のうちのいずれかの光学システムである。

【0507】

実施形態 315 は、絞り面での色分離距離が、絞り面での視野の 1.2 パーセント未満である、実施形態 314 の光学システムである。

10

【0508】

実施形態 316 は、可視波長範囲内で、少なくとも 150 nm 離れた少なくとも第 1 の波長及び第 2 の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、20 分角未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態 264 ~ 実施形態 315 のうちのいずれかの光学システムである。

【0509】

実施形態 317 は、絞り面での色分離距離が、10 分角未満である、実施形態 316 の光学システムである。

【0510】

実施形態 318 は、部分反射体が第 1 の形状を有し、多層反射偏光子が第 2 の形状を有し、それら第 1 の形状及び第 2 の形状の一方若しくは双方が、非球面多項サグ式によって記述される、実施形態 264 ~ 実施形態 249 のうちのいずれかの光学システムである。

20

【0511】

実施形態 319 は、多層反射偏光子が、交互配置された複数のポリマー層を備える、実施形態 264 ~ 実施形態 318 のうちのいずれかの光学システムである。

【0512】

実施形態 320 は、多層反射偏光子が、熱成形 A P F である、実施形態 264 ~ 実施形態 319 のうちのいずれかの光学システムである。

【0513】

実施形態 321 は、多層反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子を備える、実施形態 264 ~ 実施形態 319 のうちのいずれかの光学システムである。

30

【0514】

実施形態 322 は、多層反射偏光子が、回転対称である、実施形態 264 ~ 実施形態 321 のうちのいずれかの光学システムである。

【0515】

実施形態 323 は、第 1 の光学レンズ、第 2 の光学レンズ、及び第 3 の光学レンズのうちの少なくとも 1 つが、絞り面及び像面に対して、ユーザによる調節が可能な位置を有する、実施形態 264 ~ 実施形態 322 のうちのいずれかの光学システムである。

【0516】

実施形態 324 は、第 1 の光学レンズ、第 2 の光学レンズ、及び第 3 の光学レンズのうちの少なくとも 1 つが、ユーザによる調節が可能な形状を有する、実施形態 264 ~ 実施形態 323 のうちのいずれかの光学システムである。

40

【0517】

実施形態 325 は、像面が、実質的に平面状である、実施形態 264 ~ 実施形態 324 のうちのいずれかの光学システムである。

【0518】

実施形態 326 は、像面が湾曲している、実施形態 264 ~ 実施形態 324 のうちのいずれかの光学システムである。

【0519】

実施形態 327 は、光学システムの視野にわたって、少なくとも 40 の、絞り面でのコ

50

ントラスト比を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 326 のうちのいずれかの光学システムである。

**【0520】**

実施形態 328 は、光学システムの視野にわたって、少なくとも 50 の、絞り面でのコントラスト比を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 327 のうちのいずれかの光学システムである。

**【0521】**

実施形態 329 は、光学システムの視野にわたって、少なくとも 60 の、絞り面でのコントラスト比を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 328 のうちのいずれかの光学システムである。

10

**【0522】**

実施形態 330 は、光学システムの視野にわたって、少なくとも 80 の、絞り面でのコントラスト比を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 329 のうちのいずれかの光学システムである。

**【0523】**

実施形態 331 は、光学システムの視野にわたって、少なくとも 100 の、絞り面でのコントラスト比を有する、実施形態 1 ~ 実施形態 330 のうちのいずれかの光学システムである。

**【0524】**

実施形態 332 は、少なくとも 1 つのレンズが、不均一な縁部プロファイルを有する、実施形態 1 ~ 実施形態 333 のうちのいずれかの光学システムである。

20

**【0525】**

実施形態 333 は、光学システムがヘッドマウント式ディスプレイ内で使用される場合に、縁部プロファイルが、顔面に適合化された形状を備える、実施形態 332 の光学システムである。

**【0526】**

実施形態 334 は、熱成形多層反射偏光子であって、その熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸に対して実質的に回転対称であり、その光軸に直交する、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って凸状であり、

頂点から離れた少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的一軸性である少なくとも 1 つの内部層と、

30

光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、その反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所と、

を有する、

熱成形多層反射偏光子である。

**【0527】**

実施形態 335 は、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定される反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 2 度未満である、実施形態 334 の熱成形多層反射偏光子である。

40

**【0528】**

実施形態 336 は、反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 335 の光学システムである。

**【0529】**

実施形態 337 は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1.5 度未満である、実施形態 334 ~ 実施形態 336 のうちのいずれかの光学システムである。

**【0530】**

実施形態 338 は、反射偏光子の反射開口内での、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1 度未満である、実施形態 334 ~ 実施形態 336 のうちのいずれかの光学システ

50

ムである。

【0531】

実施形態339は、上記の少なくとも1つの内部層が、頂点から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的二軸性である、実施形態334～実施形態338のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0532】

実施形態340は、熱成形多層反射偏光子であって、その熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸に対して実質的に回転対称であり、その光軸に直交する、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って凸状であり、

光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.2である、その反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所を有し、

$s_1$ 及び $r_1$ によって画定されるこの反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約2度未満である、

熱成形多層反射偏光子である。

【0533】

実施形態341は、反射偏光子の透過軸の最大変動が、約1.5度未満である、実施形態340の熱成形多層反射偏光子である。

【0534】

実施形態342は、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、反射偏光子の光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態340又は実施形態341の熱成形多層反射偏光子である。

【0535】

実施形態343は、 $s_1/r_1$ が、約0.8未満である、実施形態334～実施形態342のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0536】

実施形態344は、反射偏光子が、光軸からの半径方向距離 $r_2$ 、及び、平面からの変位 $s_2$ を有し、 $s_2/r_2$ が、少なくとも0.3である、第2の場所を有する、実施形態334～実施形態343のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0537】

実施形態345は、 $s_1/r_1$ の方位変動が、10パーセント未満である、実施形態34～実施形態344のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0538】

実施形態346は、 $s_1/r_1$ の方位変動が、8パーセント未満である、実施形態334～実施形態344のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0539】

実施形態347は、 $s_1/r_1$ の方位変動が、6パーセント未満である、実施形態334～実施形態344のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0540】

実施形態348は、 $s_1/r_1$ の方位変動が、4パーセント未満である、実施形態334～実施形態344のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0541】

実施形態349は、 $s_1/r_1$ の方位変動が、2パーセント未満である、実施形態334～実施形態344のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0542】

実施形態350は、 $s_1/r_1$ の方位変動が、1パーセント未満である、実施形態334～実施形態344のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0543】

実施形態351は、交互配置された複数のポリマー層を備える、実施形態334～実施

10

20

30

40

50

形態 350 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0544】

実施形態 352 は、熱成形 A P F である、実施形態 334 ~ 実施形態 351 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0545】

実施形態 353 は、ワイヤグリッド偏光子を備える、実施形態 334 ~ 実施形態 351 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である。

【0546】

実施形態 354 は、2つの直交方向に対して湾曲している表面を有し、その表面上に配設された実施形態 334 ~ 実施形態 353 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子を備える、レンズである。 10

【0547】

実施形態 355 は、光学積層体であって、

第 1 のレンズと、

第 1 のレンズに隣接する第 2 のレンズと、

第 1 のレンズと第 2 のレンズとの間に配設された四分の一波長位相子と、

第 1 のレンズの反対側で第 2 のレンズ上に配設された、反射偏光子と、

第 2 のレンズの反対側で第 1 のレンズ上に配設された、部分反射体と、

を備え、

反射偏光子が、2つの直交軸に対して湾曲しており、この光学積層体が、一体型光学積層体である。 20

光学積層体である。

【0548】

実施形態 356 は、第 1 のレンズが、第 1 の材料を含み、第 2 のレンズが、第 2 の材料を含む、実施形態 355 の光学積層体である。

【0549】

実施形態 357 は、第 1 の材料と第 2 の材料とが同じである、実施形態 356 の光学積層体である。

【0550】

実施形態 358 は、第 1 の材料と第 2 の材料とが異なる、実施形態 356 の光学積層体である。 30

【0551】

実施形態 359 は、第 1 の材料及び第 2 の材料の少なくとも一方が、ポリマーである、実施形態 355 の光学積層体である。

【0552】

実施形態 360 は、第 1 の材料が、第 1 のポリマーであり、第 2 の材料が、第 2 のポリマーである、実施形態 359 の光学積層体である。

【0553】

実施形態 361 は、第 1 のポリマーと第 2 のポリマーとが異なる、実施形態 360 の光学積層体である。 40

【0554】

実施形態 362 は、第 1 のレンズと第 2 のレンズとが、異なるアッベ数を有する、実施形態 355 、又は実施形態 356 、又は実施形態 358 ~ 実施形態 361 のうちのいずれか 1 つの光学積層体である。

【0555】

実施形態 363 は、第 1 のレンズのアッベ数と第 2 のレンズのアッベ数との差が、5 ~ 50 の範囲である、実施形態 362 の光学積層体である。

【0556】

実施形態 364 は、第 1 のレンズ及び第 2 のレンズの一方が、4.5 超のアッベ数を有し、第 1 のレンズ及び第 2 のレンズの他方が、4.5 未満のアッベ数を有する、実施形態 35 50

5 ~ 実施形態 3 6 3 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 5 7 】

実施形態 3 6 5 は、第 1 のレンズ及び第 2 のレンズの一方が、50 超のアッベ数を有し、第 1 のレンズ及び第 2 のレンズの他方が、40 未満のアッベ数を有する、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 6 4 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 5 8 】

実施形態 3 6 6 は、反射偏光子が、実施形態 3 3 4 ~ 実施形態 3 5 3 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 6 5 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 5 9 】

10

実施形態 3 6 7 は、部分反射体が、所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 6 6 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 6 0 】

実施形態 3 6 8 は、部分反射体が、所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光透過率を有する、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 6 7 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 6 1 】

実施形態 3 6 9 は、部分反射体が、反射偏光子である、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 6 8 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 6 2 】

実施形態 3 7 0 は、所望の複数の波長が、少なくとも 1 つの連続的な波長範囲を含む、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 6 9 のうちのいずれかの光学積層体である。

20

【 0 5 6 3 】

実施形態 3 7 1 は、所望の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 7 0 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 6 4 】

実施形態 3 7 2 は、可視範囲が、400 nm ~ 700 nm である、実施形態 3 7 1 の光学積層体である。

【 0 5 6 5 】

実施形態 3 7 3 は、所望の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 7 2 のうちのいずれかの光学積層体である。

30

【 0 5 6 6 】

実施形態 3 7 4 は、所望の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの 1 つ以上を含む、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 7 3 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 6 7 】

実施形態 3 7 5 は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 7 4 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 6 8 】

実施形態 3 7 6 は、所望の複数の波長が、1 つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも 1 つが、100 nm 以下の半値全幅を有する、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 7 5 のうちのいずれかの光学積層体である。

40

【 0 5 6 9 】

実施形態 3 7 7 は、半値全幅が 50 nm 以下である、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 7 6 のうちのいずれかの光学積層体である。

【 0 5 7 0 】

実施形態 3 7 8 は、像面と、絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された、実施形態 3 5 5 ~ 実施形態 3 7 6 のうちのいずれかの光学積層体とを備える、光学システムである。

【 0 5 7 1 】

実施形態 3 7 9 は、像面と、絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された、実施

50

形態 334～実施形態 353 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子とを備える、光学システムである。

【0572】

実施形態 380 は、

像面と反射偏光子との配設された四分の一波長位相子と、像面と四分の一波長位相子との間に配設された部分反射体とを更に備える、

実施形態 379 の光学システムである。

【0573】

実施形態 381 は、反射偏光子が、実施形態 334～実施形態 353 のうちのいずれかによる熱成形多層反射偏光子である、実施形態 1～実施形態 333 のうちのいずれかの光学システムである。 10

【0574】

実施形態 382 は、光学積層体の作製方法であって、

工具軸を中心とし、その工具軸に対して回転非対称の外表面を有する熱成形工具を準備するステップと、

光学フィルムを加熱することにより、軟化光学フィルムを結果として得るステップと、

少なくとも直交する第1の方向及び第2の方向に沿って工具軸から離れる方向にその軟化フィルムを延伸させながら、この軟化光学フィルムを外表面に適合させることにより、その適合化フィルムの光軸に対して回転非対称であり、その光軸が工具軸と一致している適合化光学フィルムを結果として得るステップと、 20

その適合化光学フィルムを冷却することにより、光軸に対して回転対称の、対称性光学フィルムを結果として得るステップと、

その対称性光学フィルム上に光学レンズを成型することにより、光学積層体を結果として得るステップと、

を含む、方法である。

【0575】

実施形態 383 は、冷却ステップが、光学フィルムを工具から離すステップを更に含む、実施形態 382 の方法である。

【0576】

実施形態 384 は、光学レンズを成型するステップが、光学フィルムの反対側で光学レンズ上に第2のフィルムを成型するステップを含む、実施形態 382 又は実施形態 383 の方法である。 30

【0577】

実施形態 385 は、第2のフィルムが、部分反射体を備える、実施形態 384 の方法である。

【0578】

実施形態 386 は、光学フィルムが、反射偏光子を備える、実施形態 382～実施形態 385 のうちのいずれかの方法である。

【0579】

実施形態 387 は、光学フィルムが、四分の一波長位相子を更に備える、実施形態 386 の方法である。 40

【0580】

実施形態 388 は、反射偏光子が、多層ポリマー反射偏光子である、実施形態 386 又は実施形態 387 の方法である。

【0581】

実施形態 389 は、反射偏光子が、APF である、実施形態 388 の方法である。

【0582】

実施形態 390 は、反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子である、実施形態 386 又は実施形態 387 の方法である。

【0583】

10

20

30

40

50

実施形態 391 は、所望の形状を有する所望の光学フィルムの作製方法であって、所望の形状とは異なる第1の形状を有する外表面を有する熱成形工具を準備するステップと、

光学フィルムを加熱することにより、軟化光学フィルムを結果として得るステップと、少なくとも直交する第1の方向及び第2の方向に沿ってその軟化フィルムを延伸させながら、この軟化光学フィルムを第1の形状を有する外表面に適合させることにより、第1の形状を有する適合化光学フィルムを結果として得るステップと、

その適合化光学フィルムを冷却することにより、所望の形状を有する所望の光学フィルムを結果として得るステップと、

を含む、方法である。

10

【0584】

実施形態 392 は、冷却ステップが、適合化光学フィルムを工具から離すステップを更に含む、実施形態 391 の方法である。

【0585】

実施形態 393 は、所望の形状が、所望の光学フィルムの光軸に対して回転対称である、実施形態 391 又は実施形態 392 の方法である。

【0586】

実施形態 394 は、熱成形工具が、工具軸を中心とし、外表面が、工具軸に対して回転非対称である、実施形態 391 ~ 実施形態 393 のうちのいずれかの方法である。

【0587】

実施形態 395 は、所望の光学フィルム上に光学レンズを成型することにより、光学積層体を結果として得るステップを更に含む、実施形態 391 ~ 実施形態 393 のうちのいずれかの方法である。

20

【0588】

実施形態 396 は、光学レンズを成型するステップが、所望の光学フィルムの反対側で光学レンズ上に第2のフィルムを成型するステップを含む、実施形態 395 の方法である。

【0589】

実施形態 397 は、第2のフィルムが、部分反射体を備える、実施形態 396 の方法である。

30

【0590】

実施形態 398 は、所望の光学フィルムが、反射偏光子を備える、実施形態 391 ~ 実施形態 397 のうちのいずれかの方法である。

【0591】

実施形態 399 は、所望の光学フィルムが、四分の一波長位相子を更に備える、実施形態 398 の方法である。

【0592】

実施形態 400 は、反射偏光子が、多層ポリマー反射偏光子である、実施形態 398 又は実施形態 399 の方法である。

【0593】

40

実施形態 401 は、反射偏光子が、APF である、実施形態 400 の方法である。

【0594】

実施形態 402 は、反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子である、実施形態 398 又は実施形態 399 の方法である。

【0595】

実施形態 403 は、光学システムであって、

像面と、

絞り面と

像面と絞り面との間に配設された第1の光学積層体であって、

第1の光学レンズと、

50

所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体と、  
を備える、第 1 の光学積層体と、

第 1 の光学積層体と絞り面との間に配設された第 2 の光学積層体であって、  
第 2 の光学レンズと、

その第 2 の光学積層体の光軸に対して回転対称であり、その光軸に直交する、直交する  
第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って像面に向けて凸状の熱成形多層反射偏光子であって、その  
熱成形多層反射偏光子の頂点を通過する光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その頂点で  
光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である  
、少なくとも 1 つの第 1 の場所を有する、熱成形多層反射偏光子と、

反射偏光子と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子と、 10

を備える、第 2 の光学積層体と、

を備える、光学システムである。

【 0 5 9 6 】

実施形態 404 は、画像源が、像面を備え、絞り面が、射出瞳である、実施形態 403  
の光学システムである。

【 0 5 9 7 】

実施形態 405 は、画像源が、ディスプレイパネルを備える、実施形態 404 の光学シ  
ステムである。

【 0 5 9 8 】

実施形態 406 は、ディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態 405 の  
光学システムである。 20

【 0 5 9 9 】

実施形態 407 は、画像源が、シャッタを備える、実施形態 404 ~ 実施形態 406 の  
うちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 0 0 】

実施形態 408 は、画像源が、光学システムの外部の対象物から反射された光を受光す  
るよう適合された、開口を備える、実施形態 403 の光学システムである。

【 0 6 0 1 】

実施形態 409 は、画像記録装置が、像面を備え、絞り面が、入射瞳である、実施形態  
403 の光学システムである。 30

【 0 6 0 2 】

実施形態 410 は、光学システムが、像面を通って透過される中心光線の光路によって  
画定される折り返し光軸を中心とする、実施形態 403 ~ 実施形態 409 のうちのいずれ  
かの光学システムである。

【 0 6 0 3 】

実施形態 411 は、絞り面が、第 2 の光学システムの入射瞳に重なり合うように適合さ  
れている、実施形態 403 ~ 実施形態 410 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 0 4 】

実施形態 412 は、第 2 の光学システムが、入射瞳で受け取った像を記録するように適合  
されている、実施形態 411 の光学システムである。 40

【 0 6 0 5 】

実施形態 413 は、絞り面が、観察者の目の入射瞳に重なり合うように適合されている  
、実施形態 403 の光学システムである。

【 0 6 0 6 】

実施形態 414 は、画像源が、像面を備え、画像源が、非偏光を放出する、実施形態 4  
03 の光学システムである。

【 0 6 0 7 】

実施形態 415 は、第 1 の光学積層体が、部分反射体と像面との間に配設された第 2 の  
四分の一波長位相子を更に備える、実施形態 403 ~ 実施形態 414 のうちのいずれかの  
光学システムである。 50

## 【0608】

実施形態416は、画像源が、像面を備え、画像源が、偏光を放送出する、実施形態403の光学システムである。

## 【0609】

実施形態417は、偏光が直線偏光である、実施形態416の光学システムである。

## 【0610】

実施形態418は、偏光が円偏光である、実施形態416の光学システムである。

## 【0611】

実施形態419は、偏光が橜円偏光である、実施形態416の光学システムである。

## 【0612】

実施形態420は、部分反射体が、第2の反射偏光子である、実施形態403～実施形態419のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0613】

実施形態421は、部分反射体が、所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光透過率を有する、実施形態403～実施形態420のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0614】

実施形態422は、所望の複数の波長が、少なくとも1つの連続的な波長範囲を含む、実施形態403～実施形態421のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0615】

実施形態423は、所望の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態403～実施形態422のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0616】

実施形態424は、可視範囲が、400nm～700nmである、実施形態423の光学システムである。

## 【0617】

実施形態425は、所望の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態403～実施形態424のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0618】

実施形態426は、所望の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの1つ以上を含む、実施形態403～実施形態425のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0619】

実施形態427は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態403～実施形態426のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0620】

実施形態428は、所望の複数の波長が、1つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも1つが、100nm以下の半値全幅を有する、実施形態427の光学システムである。

## 【0621】

実施形態429は、半値全幅が50nm以下である、実施形態428の光学システムである。

## 【0622】

実施形態430は、s1/r1が、少なくとも0.2である、実施形態403～実施形態429のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0623】

実施形態431は、s1/r1が、0.2～0.8の範囲である、実施形態403～実施形態430のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0624】

実施形態432は、s1/r1が、0.3～0.6の範囲である、実施形態403～実

10

20

30

40

50

施形態 4 3 1 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 2 5 】

実施形態 4 3 3 は、多層反射偏光子が、光軸からの半径方向距離  $r_2$  、及び、平面からの変位  $s_2$  を有し、 $s_2 / r_2$  が、少なくとも 0 . 3 である、第 2 の場所を有する、実施形態 4 2 4 ~ 実施形態 4 3 2 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 2 6 】

実施形態 4 3 4 は、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定される反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 2 度未満である、実施形態 4 0 3 ~ 実施形態 4 3 3 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 2 7 】

実施形態 4 3 5 は、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定される反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1 . 5 度未満である、実施形態 4 0 3 ~ 実施形態 4 3 3 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 2 8 】

実施形態 4 3 6 は、 $s_1$  及び  $r_1$  によって画定される反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約 1 度未満である、実施形態 4 0 3 ~ 実施形態 4 3 3 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 2 9 】

実施形態 4 3 7 は、第 1 の光学レンズが、第 2 の光学レンズに向き合う第 1 主表面と、像面に向き合う反対側の第 2 主表面とを有し、第 2 の光学レンズが、絞り面に向き合う第 1 主表面と、第 1 の光学レンズに向き合う反対側の第 2 主表面とを有する、実施形態 4 0 3 ~ 実施形態 4 3 6 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 3 0 】

実施形態 4 3 8 は、部分反射体が、第 1 のレンズの第 1 主表面又は第 2 主表面上に配設される、実施形態 4 3 7 の光学システムである。

【 0 6 3 1 】

実施形態 4 3 9 は、部分反射体が、第 1 のレンズの第 1 主表面上に配設され、第 2 の四分の一波長位相子が、第 1 のレンズの第 2 主表面上に配設される、実施形態 4 3 7 の光学システムである。

【 0 6 3 2 】

実施形態 4 4 0 は、部分反射体が、第 1 のレンズの第 2 主表面上に配設され、第 2 の四分の一波長位相子が、第 1 のレンズの第 2 主表面の反対側でその部分反射体上に配設される、実施形態 4 3 7 の光学システムである。

【 0 6 3 3 】

実施形態 4 4 1 は、第 2 の四分の一波長位相子が、第 1 の光学レンズの第 1 主表面上に配設され、部分反射体が、第 1 の光学レンズの第 1 主表面の反対側でその第 2 の四分の一波長位相子上に配設される、実施形態 4 3 7 の光学システムである。

【 0 6 3 4 】

実施形態 4 4 2 は、第 1 の四分の一波長位相子が、第 2 の光学レンズの第 2 主表面上に配設され、多層反射偏光子が、第 2 の光学レンズの第 1 主表面上に配設される、実施形態 4 3 7 の光学システムである。

【 0 6 3 5 】

実施形態 4 4 3 は、多層反射偏光子が、第 2 の光学レンズの第 2 主表面上に配設され、第 1 の四分の一波長位相子が、第 2 の光学レンズの第 2 主表面の反対側でその多層反射偏光子上に配設される、実施形態 4 3 7 の光学システムである。

【 0 6 3 6 】

実施形態 4 4 4 は、多層反射偏光子が、少なくとも 1 つの層を備え、その少なくとも 1 つの層は、第 2 の光学積層体の光軸から離れた、その少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第 2 の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態 4 0 3 ~ 実施形態 4 4 3 のうちのい

10

20

30

40

50

ずれかの光学システムである。

【0637】

実施形態445は、像面及び絞り面を通過する実質的にいずれの主光線も、約25度未満の入射角で、第1の光学積層体及び第2の光学積層体のそれぞれに入射する、実施形態403～実施形態444のうちのいずれかの光学システムである。

【0638】

実施形態446は、第1の光学積層体と第2の光学積層体とが、実質的に同じ形状を有する、実施形態403～実施形態445のうちのいずれかの光学システムである。

【0639】

実施形態447は、第1の光学積層体と第2の光学積層体とが、異なる形状を有する、実施形態403～実施形態445のうちのいずれかの光学システムである。

【0640】

実施形態448は、第1のレンズ及び第2のレンズのそれぞれが、プラノレンズである、実施形態403～実施形態447のうちのいずれかの光学システムである。

【0641】

実施形態449は、第1の光学レンズと第2の光学レンズとが、実質的に同じ形状を有する、実施形態403～実施形態448のうちのいずれかの光学システムである。

【0642】

実施形態450は、第1の光学レンズと第2の光学レンズとが、異なる形状を有する、実施形態403～実施形態448のうちのいずれかの光学システムである。

【0643】

実施形態451は、像面が、実質的に平面状である、実施形態403～実施形態450のうちのいずれかの光学システムである。

【0644】

実施形態452は、像面が、実質的に湾曲している、実施形態403～実施形態450のうちのいずれかの光学システムである。

【0645】

実施形態453は、画像源が、像面を備え、この画像源が、歪みのない像を放出し、絞り面によって透過される、その放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約10%未満となるように、部分反射体が、第1の形状を有し、反射偏光子が、異なる第2の形状を有する、実施形態403の光学システムである。

【0646】

実施形態454は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約5%未満である、実施形態453の光学システムである。

【0647】

実施形態455は、絞り面によって透過される、放出された歪みのない像の歪みが、絞り面での視野の約3%未満である、実施形態453の光学システムである。

【0648】

実施形態456は、可視波長範囲内で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、絞り面での視野の1.5パーセント未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態403～実施形態455のうちのいずれかの光学システムである。

【0649】

実施形態457は、絞り面での色分離距離が、絞り面での視野の1.2パーセント未満である、実施形態456の光学システムである。

【0650】

実施形態458は、可視波長範囲内で、少なくとも150nm離れた少なくとも第1の波長及び第2の波長を有し、像面及び絞り面を通って透過される実質的にいずれの主光線も、20分角未満の、絞り面での色分離距離を有する、実施形態403～実施形態457のうちのいずれかの光学システムである。

10

20

30

40

50

## 【0651】

実施形態459は、絞り面での色分離距離が、10分角未満である、実施形態458の光学システムである。

## 【0652】

実施形態460は、部分反射体が第1の形状を有し、多層反射偏光子が第2の形状を有し、それら第1の形状及び第2の形状の一方若しくは双方が、非球面多項サグ式によって記述される、実施形態403～実施形態459のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0653】

実施形態461は、多層反射偏光子が、交互配置された複数のポリマー層を備える、実施形態403～実施形態460のうちのいずれかの光学システムである。

10

## 【0654】

実施形態462は、多層反射偏光子が、熱成形APFである、実施形態403～実施形態461のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0655】

実施形態463は、多層反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子を備える、実施形態403～実施形態461のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0656】

実施形態464は、第1の光学積層体及び第2の光学積層体の少なくとも一方が、絞り面及び像面に対して調節可能な位置を有する、実施形態403～実施形態463のうちのいずれかの光学システムである。

20

## 【0657】

実施形態465は、第1の光学積層体が、調節可能な形状を有する、実施形態403～実施形態464のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0658】

実施形態466は、光学システムであって、  
所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、  
第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する多層反射偏光子であって、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って凸状であり、その多層反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所が、その多層反射偏光子の光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その多層反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.1である、多層反射偏光子と、  
部分反射体と多層反射偏光子との間に配設された第1の四分の一波長位相子と、  
を備え、

30

多層反射偏光子が、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、

光学システムである。

## 【0659】

実施形態467は、多層反射偏光子が、部分反射体に隣接して配設され、部分反射体から離隔配置される、実施形態466の光学システムである。

40

## 【0660】

実施形態468は、第1の光学積層体が、第1の光学レンズ及び部分反射体を備える、実施形態466又は実施形態467の光学システムである。

## 【0661】

実施形態469は、第2の光学積層体が、第2の光学レンズ及び多層反射偏光子を備える、実施形態466～実施形態468のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0662】

実施形態470は、光学システムであって、  
第1の光学積層体であって、

50

第 1 の光学レンズと、

所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体と、

を備える、第 1 の光学積層体と、

第 1 の光学積層体に隣接して配設され、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って凸状の第 2 の光学積層体であって、

第 2 の光学レンズと、

第 1 の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する光を実質的に反射する多層反射偏光子であって、その多層反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所が、第 2 の光学積層体の光軸からの半径方向距離  $r_1$  及び、その多層反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である、多層反射偏光子と、

第 2 の光学積層体と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子と、

を備える、第 2 の光学積層体と、

を備え、

多層反射偏光子が、少なくとも 1 つの層を備え、その少なくとも 1 つの層は、光軸から離れた、その少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第 2 の場所で、実質的に光学的一軸性である、

光学システムである。

#### 【 0 6 6 3 】

実施形態 471 は、光学システムであって、

第 1 の光学積層体であって、

第 1 の光学レンズと、

所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光反射率を有する部分反射体と、

を備える、第 1 の光学積層体と、

第 1 の光学積層体に隣接して配設され、直交する第 1 の軸及び第 2 の軸に沿って凸状の第 2 の光学積層体であって、

第 2 の光学レンズと、

第 1 の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第 2 の偏光状態を有する光を実質的に反射する反射偏光子であって、その反射偏光子上の少なくとも 1 つの第 1 の場所が、第 2 の光学積層体の光軸からの半径方向距離  $r_1$  及び、その反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である反射偏光子と、

第 2 の光学積層体と第 1 の光学積層体との間に配設された第 1 の四分の一波長位相子と、

を備える、第 2 の光学積層体と、

を備え、

この光学システムが、その光学システムの視野にわたって、少なくとも 50 のコントラスト比を有する、

光学システムである。

#### 【 0 6 6 4 】

実施形態 472 は、コントラスト比が、少なくとも 60 である、実施形態 471 の光学システムである。

#### 【 0 6 6 5 】

実施形態 473 は、コントラスト比が、少なくとも 80 である、実施形態 471 の光学システムである。

#### 【 0 6 6 6 】

実施形態 474 は、コントラスト比が、少なくとも 100 である、実施形態 471 の光学システムである。

10

20

30

40

50

## 【0667】

実施形態475は、第2の光学積層体が、第1の光学積層体から離隔配置される、実施形態469～実施形態474のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0668】

実施形態476は、光学システムであって、  
第1の光学積層体であって、  
第1の光学レンズと、  
所望の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、  
を備える、第1の光学積層体と、  
第1の光学積層体に隣接して配設され、直交する第1の軸及び第2の軸に沿って凸状の  
第2の光学積層体であって、  
第2の光学レンズと、  
第1の偏光状態を有する光を実質的に透過し、直交する第2の偏光状態を有する光を実質的に反射する反射偏光子であって、その反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所が、第2の光学積層体の光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1/r_1$ が、少なくとも0.1である反射偏光子と、

第2の光学積層体と第1の光学積層体との間に配設された第1の四分の一波長位相子と、  
を備える、第2の光学積層体と、  
を備え、  
この光学システムが、調節可能な光屈折補正を実現するように適合されている、  
光学システムである。

## 【0669】

実施形態477は、反射偏光子が、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態466～実施形態476のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0670】

実施形態478は、反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子である、実施形態466～実施形態476のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0671】

実施形態479は、調節可能な光屈折補正が、第1の光学積層体と第2の光学積層体との間の調節可能な距離、第1の光学積層体の調節可能な形状、及び第2の光学積層体の調節可能な形状のうちの1つ以上によって実現される、実施形態476の光学システムである。

## 【0672】

実施形態480は、像面と、絞り面と、それら像面と絞り面との間に配設された部分反射体と、その部分反射体と絞り面との間に配設された反射偏光子とを更に備える、実施形態466～実施形態479のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0673】

実施形態481は、反射偏光子が、直交する第1の軸及び第2の軸に対して像面に向けて凸状である、実施形態480の光学システムである。

## 【0674】

実施形態482は、部分反射体が、直交する第1の軸及び第2の軸に対して像面に向けて凸状である、実施形態480又は実施形態481の光学システムである。

## 【0675】

実施形態483は、像面及び絞り面を通過する実質的にいずれの主光線も、約30度未満の入射角で、部分反射体及び反射偏光子のそれぞれに入射する、実施形態480～実施

10

20

30

40

50

形態 4 8 2 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 7 6 】

実施形態 4 8 4 は、像面及び絞り面を通過する実質的にいずれの主光線も、約 25 度未満の入射角で、部分反射体及び反射偏光子のそれぞれに入射する、実施形態 4 8 0 ~ 実施形態 4 8 2 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 7 7 】

実施形態 4 8 5 は、反射偏光子が、 A P F である、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 7 7 、又は実施形態 4 7 9 ~ 実施形態 4 8 2 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 7 8 】

実施形態 4 8 6 は、反射偏光子が、熱成形 A P F である、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 7 7 、又は実施形態 4 7 9 ~ 実施形態 4 8 5 のうちのいずれかの光学システムである。 10

【 0 6 7 9 】

実施形態 4 8 7 は、部分反射体が、第 2 の反射偏光子である、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 8 6 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 8 0 】

実施形態 4 8 8 は、部分反射体が、所望の複数の波長で、少なくとも 30 % の平均光透過率を有する、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 8 7 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 8 1 】

実施形態 4 8 9 は、所望の複数の波長が、少なくとも 1 つの連続的な波長範囲を含む、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 8 8 のうちのいずれかの光学システムである。 20

【 0 6 8 2 】

実施形態 4 9 0 は、所望の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 8 9 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 8 3 】

実施形態 4 9 1 は、可視範囲が、 400 nm ~ 700 nm である、実施形態 4 9 0 の光学システムである。

【 0 6 8 4 】

実施形態 4 9 2 は、所望の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 9 1 のうちのいずれかの光学システムである。 30

【 0 6 8 5 】

実施形態 4 9 3 は、所望の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの 1 つ以上を含む、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 9 2 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 8 6 】

実施形態 4 9 4 は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 9 3 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 8 7 】

実施形態 4 9 5 は、所望の複数の波長が、 1 つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも 1 つが、 100 nm 以下の半値全幅を有する、実施形態 4 9 4 の光学システムである。 40

【 0 6 8 8 】

実施形態 4 9 6 は、半値全幅が 50 nm 以下である、実施形態 4 9 5 の光学システムである。

【 0 6 8 9 】

実施形態 4 9 7 は、  $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 9 6 のうちのいずれかの光学システムである。

【 0 6 9 0 】

実施形態 4 9 8 は、  $s_1 / r_1$  が、 0.2 ~ 0.8 の範囲である、実施形態 4 6 6 ~ 実施形態 4 9 7 のうちのいずれかの光学システムである。 50

## 【0691】

実施形態499は、 $s_1 / r_1$ が、0.3～0.6の範囲である、実施形態466～実施形態498のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0692】

実施形態500は、反射偏光子が、光軸からの半径方向距離 $r_2$ 、及び、平面からの変位 $s_2$ を有し、 $s_2 / r_2$ が、少なくとも0.3である、第2の場所を有する、実施形態466～実施形態499のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0693】

実施形態501は、 $s_1$ 及び $r_1$ によって画定される反射偏光子の領域に関して、その反射偏光子の透過軸の最大変動が、約2度未満である、実施形態466～実施形態500のうちのいずれかの光学システムである。 10

## 【0694】

実施形態502は、ビームエキスパンダである、実施形態466～実施形態501のうちのいずれかの光学システムである。

## 【0695】

実施形態503は、実施形態466～実施形態501のうちのいずれかの光学システムを備える、ビームエキスパンダである。

## 【0696】

実施形態504は、実施形態503のビームエキスパンダと、パターン化光を放出するように適合された画像形成装置とを備え、そのパターン化光をビームエキスパンダに向けて方向付けるように構成された、投影システムである。 20

## 【0697】

実施形態505は、ビームエキスパンダの光学システムが、部分反射体が画像形成装置に向き合う状態に、方向付けされる、実施形態504の投影システムである。

## 【0698】

実施形態506は、画像形成装置とビームエキスパンダとの間に配設された偏光ビームスプリッタを更に備える、実施形態504又は実施形態505の投影システムである。

## 【0699】

実施形態507は、ビームエキスパンダと偏光ビームスプリッタとの間に配設された第2の反射偏光子を更に備える、実施形態506の投影システムである。 30

## 【0700】

実施形態508は、偏光ビームスプリッタが、第1のプリズム及び第2のプリズムと、それら第1のプリズム及び第2のプリズムの斜面に沿って第1のプリズムと第2のプリズムとの間に配設された平坦な反射偏光子とを備える、実施形態506又は実施形態507の投影システムである。

## 【0701】

実施形態509は、第1のプリズムが、第2のプリズムと画像形成装置との間に配設される、実施形態508の投影システムである。

## 【0702】

実施形態510は、第1のプリズムが、第1の体積を有し、第2のプリズムが、第2の体積を有し、第1の体積が、第2の体積の約半分以下である、実施形態508又は実施形態509の投影システムである。 40

## 【0703】

実施形態511は、実施形態503のビームエキスパンダ、及び照明器を備え、その照明器からの光出力を、ビームエキスパンダに向けて方向付けるように構成された、投影システムである。

## 【0704】

実施形態512は、照明器が、

偏光ビームスプリッタであって、

入力面、出力面、及び第1の斜辺を有する、第1のプリズムと、 50

結像面及び第2の斜辺を有し、この第2の斜辺が、第1の斜辺に隣接して配設されている、第2のプリズムと、

第1の斜辺と第2の斜辺との間に配設された、第2の反射偏光子と、  
を備える、偏光ビームスプリッタと、

入力面に隣接して配設され、その入力面上に入力アクティブ領域を画定する、光源と、  
光源から放出された光を受光し、パターン化光を放出するための、結像面に隣接して配  
設された画像形成装置であって、最大画像領域を有し、この最大画像領域が、出力面上に  
出力アクティブ領域を画定する、画像形成装置と、

を備え、

入力アクティブ領域及び出力アクティブ領域の一方若しくは双方が、最大画像領域の約  
10  
半分未満である、実施形態511の投影システムである。

#### 【0705】

実施形態513は、入力アクティブ領域が、最大画像領域の約半分未満である、実施形  
態512の投影システムである。

#### 【0706】

実施形態514は、出力アクティブ領域が、最大画像領域の約半分未満である、実施形  
態512の投影システムである。

#### 【0707】

実施形態515は、入力アクティブ領域及び出力アクティブ領域のそれぞれが、最大画像  
領域の約半分未満である、実施形態512の投影システムである。  
20

#### 【0708】

実施形態516は、入力面の最大表面積が、最大画像領域の約半分未満である、実施形  
態512の投影システムである。

#### 【0709】

実施形態517は、出力面の最大表面積が、最大画像領域の約半分未満である、実施形  
態512の投影システムである。

#### 【0710】

実施形態518は、入力面の最大表面積が、最大画像領域の約半分未満であり、出力面  
の表面積が、最大画像領域の約半分未満である、実施形態512の投影システムである。  
30

#### 【0711】

実施形態519は、光源の反対側で偏光ビームスプリッタに隣接して配設された、反射  
構成要素を更に備える、実施形態512の投影システムである。

#### 【0712】

実施形態520は、第2の反射偏光子が、ポリマー多層反射偏光子、ワイヤグリッド偏  
光子、マクニール型反射偏光子、又はコレストリック反射偏光子である、実施形態512  
の投影システムである。

#### 【0713】

実施形態521は、第2の反射偏光子が、ポリマー多層反射偏光子である、実施形態5  
12の投影システムである。  
40

#### 【0714】

実施形態522は、光学システムが、光屈折補正を実現するように適合されている、実  
施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態378～実施形態381のうち  
のいずれか、又は実施形態403～実施形態475のうちのいずれかの光学システムで  
ある。

#### 【0715】

実施形態523は、光屈折補正が調節可能である、実施形態522の光学システムであ  
る。

#### 【0716】

実施形態524は、実施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態37  
50

8～実施形態381のうちのいずれか、又は実施形態403～実施形態523のうちのいずれかの光学システムを備える、装置である。

【0717】

実施形態525は、ヘッドマウント式ディスプレイである、実施形態524の装置である。

【0718】

実施形態526は、ビームエキスパンダ、照明器、又は投影器である、実施形態524の装置である。

【0719】

実施形態527は、カメラである、実施形態524の装置である。 10

【0720】

実施形態528は、望遠鏡、顕微鏡、又は双眼鏡である、実施形態524の装置である。

【0721】

実施形態529は、第1の光学システムを備え、その第1の光学システムが、実施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態378～実施形態381のうちのいずれか、又は実施形態403～実施形態523のうちのいずれかの光学システムである、ヘッドマウント式ディスプレイである。

【0722】

実施形態530は、視標追跡システムを更に備える、実施形態529のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。 20

【0723】

実施形態531は、光学システムが、視標追跡システムから受信した信号に応答して、反射偏光子の位置、又は部分反射体の位置を調節するように適合されている、実施形態530のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0724】

実施形態532は、第2の光学システムを更に備え、その第2の光学システムが、実施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態378～実施形態381のうちのいずれか、又は実施形態403～実施形態523のうちのいずれかの光学システムである、実施形態529のヘッドマウント式ディスプレイである。 30

【0725】

実施形態533は、視標追跡システムを更に備える、実施形態532のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0726】

実施形態534は、光学システムが、視標追跡システムから受信した信号に応答して、第1の光学システムの反射偏光子の位置、又は第1の光学システムの部分反射体の位置を調節するように適合されている、実施形態533のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0727】

実施形態535は、光学システムが、視標追跡システムから受信した信号に応答して、第2の光学システムの反射偏光子の位置、又は第2の光学システムの部分反射体の位置を調節するように適合されている、実施形態533又は実施形態534のヘッドマウント式ディスプレイである。 40

【0728】

実施形態536は、ヘッドマウント式ディスプレイであって、

第1の光学システムであって、

第1の像面と、

第1の射出瞳と、

第1の射出瞳と第1の像面との間に配設され、2つの直交軸に対して凸状の第1の反射偏光子と、 50

第1の反射偏光子と第1の像面との間に配設され、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する第1の部分反射体と、

第1の反射偏光子と第1の部分反射体との間に配設された第1の四分の一波長位相子と、  
、  
を備える、第1の光学システムと、

第1の光学システムの近位に配設された、第2の光学システムであって、

第2の像面と、

第2の射出瞳と、

第2の射出瞳と第2の像面との間に配設され、2つの直交軸に対して凸状の第2の反射偏光子と、

第2の反射偏光子と第2の像面との間に配設され、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する第2の部分反射体と、

第2の反射偏光子と第2の部分反射体との間に配設された第2の四分の一波長位相子と、  
、  
を備える、第2の光学システムと、

を備える、ヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0729】**

実施形態537は、画像源が、第1の像面及び第2の像面を備える、実施形態536のヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0730】**

実施形態538は、画像源が、ディスプレイパネルを備える、実施形態537のヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0731】**

実施形態539は、ディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態538のヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0732】**

実施形態540は、画像源が、シャッタを備える、実施形態537～実施形態539のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0733】**

実施形態541は、第1の画像源が、第1の像面を備え、第2の画像源が、第2の像面を備える、実施形態536のヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0734】**

実施形態542は、第1の画像源が、第1のディスプレイパネルを備える、実施形態536のヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0735】**

実施形態543は、第1のディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態542のヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0736】**

実施形態544は、第1の画像源が、第1のシャッタを備える、実施形態541～実施形態543のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0737】**

実施形態545は、第2の画像源が、第2のディスプレイパネルを備える、実施形態541～実施形態544のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0738】**

実施形態546は、第2のディスプレイパネルが、透明又は半透明である、実施形態545のヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0739】**

実施形態547は、第2の画像源が、第2のシャッタを備える、実施形態541～実施形態546のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

**【0740】**

10

20

30

40

50

実施形態 548 は、第1の像面及び第2の像面が、実質的に平面状である、実施形態 536 ~ 実施形態 547 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0741】

実施形態 549 は、第1の像面及び第2の像面の一方若しくは双方が、湾曲している、実施形態 536 ~ 実施形態 547 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0742】

実施形態 550 は、第1の光学システムが、第1の光学レンズを備える、実施形態 536 ~ 実施形態 549 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0743】

実施形態 551 は、第1の反射偏光子が、第1の光学レンズの主表面上に配設される、実施形態 550 のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0744】

実施形態 552 は、第1の光学レンズが、不均一な縁部プロファイルを有する、実施形態 550 又は実施形態 551 のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0745】

実施形態 553 は、第2の光学システムが、第2の光学レンズを備える、実施形態 536 ~ 実施形態 552 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0746】

実施形態 554 は、第2の反射偏光子が、第2の光学レンズの主表面上に配設される、実施形態 553 のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0747】

実施形態 555 は、第2の光学レンズが、不均一な縁部プロファイルを有する、実施形態 553 又は実施形態 554 のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0748】

実施形態 556 は、第1の反射偏光子が、実施形態 334 ~ 実施形態 353 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である、実施形態 536 ~ 実施形態 555 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0749】

実施形態 557 は、第2の反射偏光子が、実施形態 334 ~ 実施形態 353 のうちのいずれかの熱成形多層反射偏光子である、実施形態 536 ~ 実施形態 556 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0750】

実施形態 558 は、視標追跡システムを更に備える、実施形態 536 ~ 実施形態 557 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0751】

実施形態 559 は、第1の光学システムが、視標追跡システムから受信した信号に応答して、第1の反射偏光子と第1の部分反射体との間の距離を調節するように適合されている、実施形態 558 のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0752】

実施形態 560 は、第2の光学システムが、視標追跡システムから受信した信号に応答して、第2の反射偏光子と第2の部分反射体との間の距離を調節するように適合されている、実施形態 558 又は実施形態 559 のヘッドマウント式ディスプレイである。

【0753】

実施形態 561 は、既定の複数の波長が、少なくとも 1 つの連続的な波長範囲を含む、実施形態 536 ~ 実施形態 560 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

【0754】

実施形態 562 は、既定の複数の波長が、可視範囲の波長を含む、実施形態 536 ~ 実施形態 561 のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

10

20

30

40

50

## 【0755】

実施形態563は、可視範囲が、400nm～700nmである、実施形態562のヘッドマウント式ディスプレイである。

## 【0756】

実施形態564は、既定の複数の波長が、赤外範囲の波長を含む、実施形態536～実施形態563のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

## 【0757】

実施形態565は、既定の複数の波長が、赤外波長、可視波長、及び紫外波長のうちの1つ以上を含む、実施形態536～実施形態564のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。 10

## 【0758】

実施形態566は、部分反射体が、ノッチ反射体である、実施形態536～実施形態565のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

## 【0759】

実施形態567は、既定の複数の波長が、1つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも1つが、100nm以下の半値全幅を有する、実施形態566の光学ヘッドマウント式ディスプレイである。

## 【0760】

実施形態568は、既定の複数の波長が、1つ以上の連続的な波長範囲を含み、それら連続的な波長範囲のうちの少なくとも1つが、50nm以下の半値全幅を有する、実施形態566の光学ヘッドマウント式ディスプレイである。 20

## 【0761】

実施形態569は、第1の光学システムが、実施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態378～実施形態381のうちのいずれか、又は実施形態403～実施形態523のうちのいずれかの光学システムである、実施形態536～実施形態568のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

## 【0762】

実施形態570は、第2の光学システムが、実施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態378～実施形態381のうちのいずれか、又は実施形態403～実施形態523のうちのいずれかの光学システムである、実施形態536～実施形態569のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。 30

## 【0763】

実施形態571は、仮想現実ディスプレイである、実施形態529～実施形態570のうちのいずれかのヘッドマウント式ディスプレイである。

## 【0764】

実施形態572は、カメラであって、  
開口と、  
画像記録装置と、  
開口と画像記録装置との間に配設され、2つの直交軸に対して湾曲している反射偏光子と、 40

反射偏光子と画像記録装置との間に配設され、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、

反射偏光子と部分反射体との間に配設された四分の一波長位相子と、  
を備える、カメラである。

## 【0765】

実施形態573は、第1の光学積層体を更に備え、この第1の光学積層体が、第1のレンズ及び部分反射体を含む、実施形態572のカメラである。

## 【0766】

実施形態574は、第2の光学積層体を更に備え、この第2の光学積層体が、第2のレンズ及び反射偏光子を含む、実施形態572又は実施形態573のカメラである。 50

## 【0767】

実施形態575は、一体型光学積層体を更に備え、この一体型光学積層体が、第1の光学レンズ、反射偏光子、部分反射体、及び四分の一波長位相子を備える、実施形態572のカメラである。

## 【0768】

実施形態576は、一体型光学積層体が、第1の光学レンズに隣接する第2の光学レンズを更に備え、四分の一波長位相子が、第1の光学レンズと第2の光学レンズとの間に配設され、部分反射体が、第2の光学レンズの反対側で第1の光学レンズの主表面上に配設され、反射偏光子が、第1の光学レンズの反対側で第2の光学レンズの主表面上に配設される、実施形態575のカメラである。

10

## 【0769】

実施形態577は、反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所が、その反射偏光子の光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1 / r_1$ が、少なくとも0.1である、実施形態572～実施形態576のうちのいずれかのカメラである。

## 【0770】

実施形態578は、 $s_1 / r_1$ が、少なくとも0.2である、実施形態577のカメラである。

## 【0771】

実施形態579は、反射偏光子が、少なくとも1つの層を備え、その少なくとも1つの層は、光軸から離れた、その少なくとも1つの層上の少なくとも1つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも1つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態577又は実施形態578のカメラである。

20

## 【0772】

実施形態580は、反射偏光子が、熱成形APFである、実施形態572～実施形態579のうちのいずれかのカメラである。

## 【0773】

実施形態581は、反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子である、実施形態572～実施形態578のうちのいずれかのカメラである。

## 【0774】

30

実施形態582は、反射偏光子が、画像記録装置に向けて凸状である、実施形態572～実施形態581のうちのいずれかのカメラである。

## 【0775】

実施形態583は、カメラが、光学システムを備え、この光学システムが、反射偏光子、四分の一波長位相子、及び部分反射体、像面及び絞り面を含み、像面が、画像記録装置の表面であり、絞り面が、開口によって画定された表面である、実施形態572のカメラである。

## 【0776】

実施形態584は、光学システムが、実施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態378～実施形態381のうちのいずれか、又は実施形態403～実施形態523のうちのいずれかによって更に特徴付けられる、実施形態583のカメラである。

40

## 【0777】

実施形態585は、ビームエキスパンダであって、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、部分反射体に隣接して配設され、部分反射体から離隔配置され、2つの直交軸に対して湾曲している反射偏光子と、反射偏光子と部分反射体との間に配設された四分の一波長位相子と、を備える、ビームエキスパンダである。

## 【0778】

実施形態586は、ビームエキスパンダが、部分反射体に入射する収束光を受光して、

50

反射偏光子を通して発散光を透過するように適合されている、実施形態 585 のビームエキスパンダである。

【0779】

実施形態 587 は、第1の光学積層体を更に備え、この第1の光学積層体が、第1のレンズ及び部分反射体を含む、実施形態 585 又は実施形態 586 のビームエキスパンダである。

【0780】

実施形態 588 は、第2の光学積層体を更に備え、この第2の光学積層体が、第2のレンズ及び反射偏光子を含む、実施形態 585 ~ 実施形態 587 のうちのいずれかのビームエキスパンダである。

10

【0781】

実施形態 589 は、一体型光学積層体を更に備え、この一体型光学積層体が、第1の光学レンズ、反射偏光子、部分反射体、及び四分の一波長位相子を備える、実施形態 585 又は実施形態 586 のビームエキスパンダである。

【0782】

実施形態 590 は、一体型光学積層体が、第1の光学レンズに隣接する第2の光学レンズを更に備え、四分の一波長位相子が、第1の光学レンズと第2の光学レンズとの間に配設され、部分反射体が、第2の光学レンズの反対側で第1の光学レンズの主表面上に配設され、反射偏光子が、第1の光学レンズの反対側で第2の光学レンズの主表面上に配設される、実施形態 589 のビームエキスパンダである。

20

【0783】

実施形態 591 は、反射偏光子上の少なくとも 1 つの第1の場所が、その反射偏光子の光軸からの半径方向距離  $r_1$ 、及び、その反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位  $s_1$  を有し、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.1 である、実施形態 585 ~ 実施形態 590 のうちのいずれかのビームエキスパンダである。

【0784】

実施形態 592 は、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、実施形態 591 のビームエキスパンダである。

【0785】

実施形態 593 は、反射偏光子が、少なくとも 1 つの層を備え、その少なくとも 1 つの層は、光軸から離れた、その少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第1の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第2の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態 585 ~ 実施形態 592 のうちのいずれかのビームエキスパンダである。

30

【0786】

実施形態 594 は、反射偏光子が、熱成形 A P F である、実施形態 585 ~ 実施形態 593 のうちのいずれかのビームエキスパンダである。

【0787】

実施形態 595 は、反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子である、実施形態 585 ~ 実施形態 592 のうちのいずれかのビームエキスパンダである。

40

【0788】

実施形態 596 は、光源と、その光源からの光を受光してパターン化光を放出するように配設された画像形成装置と、その画像形成装置からのパターン化光が部分反射体に入射するように配設された、実施形態 585 ~ 実施形態 595 のうちのいずれかのビームエキスパンダとを備える、投影システムである。

【0789】

実施形態 597 は、画像形成装置とビームエキスパンダとの間に配設された、偏光ビームスプリッタを更に備える、実施形態 596 の投影システムである。

【0790】

実施形態 598 は、光源と、その光源からの光を受光して、収束パターン化光を放出す

50

るよう配設された画像形成装置と、ビームエキスパンダとを備える投影システムであって、このビームエキスパンダが、

既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、

部分反射体に隣接して配設され、部分反射体から離隔配置され、2つの直交軸に対して湾曲している反射偏光子と、

反射偏光子と部分反射体との間に配設された四分の一波長位相子と、

を備え、

このビームエキスパンダが、画像形成装置からの収束パターン化光が部分反射体に入射して、そのビームエキスパンダが発散パターン化光を透過するように配設されている、投影システムである。

10

【0791】

実施形態599は、ビームエキスパンダが、実施形態586～実施形態595のうちのいずれかによって更に特徴付けられる、実施形態598の投影システムである。

【0792】

実施形態600は、画像形成装置とビームエキスパンダとの間に配設された偏光ビームスプリッタを更に備える、実施形態598又は実施形態599の投影システムである。

【0793】

実施形態601は、照明器であって、

2つの直交方向に対して湾曲している反射偏光子を備える、ビームエキスパンダと、偏光ビームスプリッタであって、

20

入力面、出力面、及び第1の斜辺を有する、第1のプリズムと、

第1面及び第2の斜辺を有し、この第2の斜辺が、第1の斜辺に隣接して配設されている、第2のプリズムと、

第1の斜辺と第2の斜辺との間に配設された第2の反射偏光子と、

を備える、偏光ビームスプリッタと、

入力面に隣接して配設され、その入力面上に入力アクティブ領域を画定する、光源と、

光源から放出された光を受光し、収束光を放出するための、第1面に隣接して配設された反射構成要素であって、最大アクティブ領域を有し、この最大アクティブ領域が、出力面上に出力アクティブ領域を画定する、反射構成要素と、

を備え、

30

ビームエキスパンダが、収束光を受光して、発散光を透過するように配設され、入力アクティブ領域及び出力アクティブ領域の一方若しくは双方が、反射構成要素の最大アクティブ領域の約半分未満である、照明器である。

【0794】

実施形態602は、ビームエキスパンダが、反射偏光子に隣接して離隔配置された部分反射体を更に備え、この部分反射体が、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有し、この部分反射体が、偏光ビームスプリッタと反射偏光子との間に配設される、実施形態601の照明器である。

【0795】

実施形態603は、反射偏光子と部分反射体との間に配設された四分の一波長位相子を更に備える、実施形態602の照明器である。

40

【0796】

実施形態604は、ビームエキスパンダが、実施形態585～実施形態595のうちのいずれかによって更に特徴付けられる、実施形態601～実施形態603のうちのいずれかの照明器である。

【0797】

実施形態605は、反射構成要素が、画像形成装置である、実施形態601～実施形態604のうちのいずれかの照明器である。

【0798】

実施形態606は、画像投影器である、実施形態601～実施形態605のうちのいず

50

れかの照明器である。

【0799】

実施形態607は、光学システムを備える拡大装置であって、この光学システムが、射出瞳と、射出瞳に近位の、2つの直交軸に対して湾曲している反射偏光子と、射出瞳の反対側で反射偏光子に隣接して配設された部分反射体であって、反射偏光子から離隔配置され、既定の複数の波長で、少なくとも30%の平均光反射率を有する部分反射体と、反射偏光子と部分反射体との間に配設された四分の一波長位相子と、を備える、拡大装置である。

【0800】

実施形態608は、光学システムが、実施形態1～実施形態333のうちのいずれか、又は実施形態378～実施形態381のうちのいずれか、又は実施形態403～実施形態523のうちのいずれかによって更に特徴付けられる、実施形態607の拡大装置である。

【0801】

実施形態609は、対物部分及び接眼部分を更に備える、実施形態607又は実施形態608の拡大装置である。

【0802】

実施形態610は、対物部分が、反射偏光子、部分反射体、及び四分の一波長位相子を備える、実施形態609の拡大装置である。

【0803】

実施形態611は、接眼部分が、光学システムを備える、実施形態609の拡大装置である。

【0804】

実施形態612は、光学システムが、第1の光学積層体を更に備え、この第1の光学積層体が、第1のレンズ及び部分反射体を含む、実施形態607～実施形態611のうちのいずれかの拡大装置である。

【0805】

実施形態613は、光学システムが、第2の光学積層体を更に備え、この第2の光学積層体が、第2のレンズ及び反射偏光子を含む、実施形態607～実施形態612のうちのいずれかの拡大装置である。

【0806】

実施形態614は、光学システムが、一体型光学積層体を更に備え、この一体型光学積層体が、第1の光学レンズ、反射偏光子、部分反射体、及び四分の一波長位相子を備える、実施形態607～実施形態611のうちのいずれかの拡大装置である。

【0807】

実施形態615は、一体型光学積層体が、第1の光学レンズに隣接する第2の光学レンズを更に備え、四分の一波長位相子が、第1の光学レンズと第2の光学レンズとの間に配設され、部分反射体が、第2の光学レンズの反対側で第1の光学レンズの主表面上に配設され、反射偏光子が、第1の光学レンズの反対側で第2の光学レンズの主表面上に配設される、実施形態614の拡大装置である。

【0808】

実施形態616は、双眼鏡、望遠鏡、又は顕微鏡である、実施形態607～実施形態615のうちのいずれかの拡大装置である。

【0809】

実施形態617は、反射偏光子上の少なくとも1つの第1の場所が、その反射偏光子の光軸からの半径方向距離 $r_1$ 、及び、その反射偏光子の頂点で光軸に対して垂直な平面からの変位 $s_1$ を有し、 $s_1 / r_1$ が、少なくとも0.1である、実施形態607～実施形態616のうちのいずれかの拡大装置である。

10

20

30

40

50

**【 0 8 1 0 】**

実施形態 618 は、 $s_1 / r_1$  が、少なくとも 0.2 である、実施形態 617 の拡大装置である。

**【 0 8 1 1 】**

実施形態 619 は、反射偏光子が、少なくとも 1 つの層を備え、その少なくとも 1 つの層は、光軸から離れた、その少なくとも 1 つの層上の少なくとも 1 つの第 1 の場所で、実質的に光学的二軸性であり、光軸から離れた少なくとも 1 つの第 2 の場所で、実質的に光学的一軸性である、実施形態 607 ~ 実施形態 618 のうちのいずれかの拡大装置である。

**【 0 8 1 2 】**

実施形態 620 は、反射偏光子が、熱成形 A P F である、実施形態 607 ~ 実施形態 619 のうちのいずれかの拡大装置である。

**【 0 8 1 3 】**

実施形態 621 は、反射偏光子が、ワイヤグリッド偏光子である、実施形態 607 ~ 実施形態 618 のうちのいずれかの拡大装置である。

**【 0 8 1 4 】**

特に指示がない限り、本明細書及び特許請求の範囲で使用される、数量、特性の測定値などを表現する、全ての数値は、用語「約」によって修飾されているものとして理解されたい。したがって、そうではないことが示されない限り、本明細書及び特許請求の範囲に記載される数値パラメータは、本出願の教示を利用して当業者が得ようとする所望の特性に応じて変動し得る、近似値である。特許請求の範囲に対する均等論の適用を制限しようとするものではなく、各数値パラメータは、少なくとも、報告される有効桁数を考慮し、通常の四捨五入法を適用することによって解釈されるべきである。本発明の広義の範囲を記載する数値範囲及び数値パラメータは、近似値ではあるが、いずれの数値も、本明細書で説明される具体例に記載される限りにおいて、それらは、適度に可能な範囲で正確に報告されるものである。しかしながら、いずれの数値も、試験又は測定の限界に関連付けられた、誤差を含む可能性がある。

**【 0 8 1 5 】**

図中の要素に関する説明は、特に指示がない限り、又は文脈が明確にそうではないことを示さない限り、他の図中の対応する要素にも等しく適用されることを理解されたい。本明細書では、具体的な実施形態が図示及び説明されているが、本開示の範囲から逸脱することなく、それら図示及び説明された具体的な実施形態を、様々な代替的及び / 又は等価的な実装で置き換えることができる点が、当業者には理解されるであろう。本出願は、本明細書で論じられた具体的な実施形態の、あらゆる適合例又は変形例を包含することを意図するものである。それゆえ、本開示は、特許請求の範囲及びその等価物によってのみ限定されるものとする。

10

20

30

【図1】

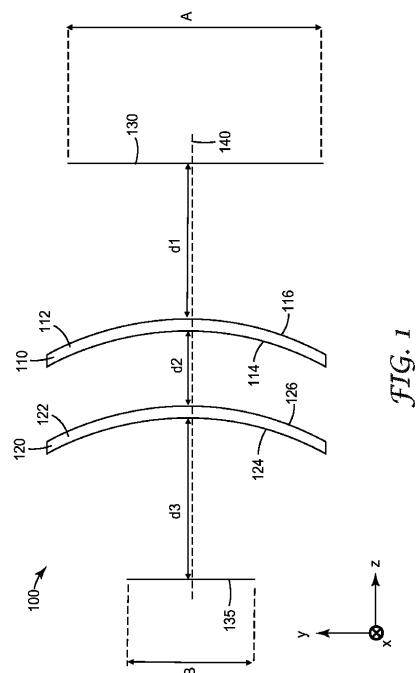


FIG. 1

【図2】

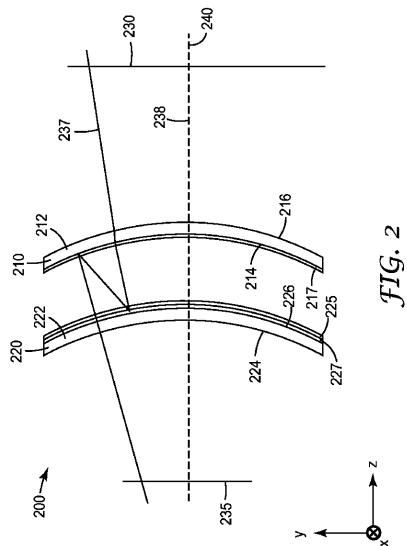


FIG. 2

【図3 A】

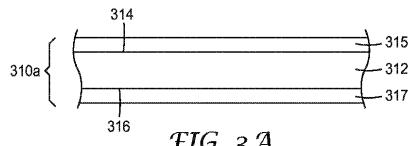


FIG. 3A

【図3 B】

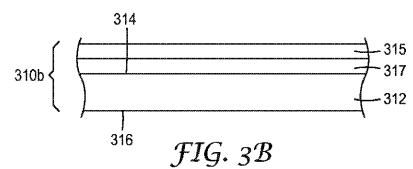


FIG. 3B

【図4 B】

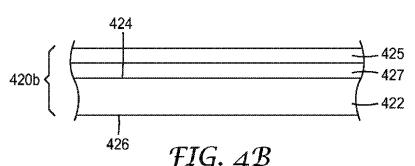


FIG. 4B

【図3 C】

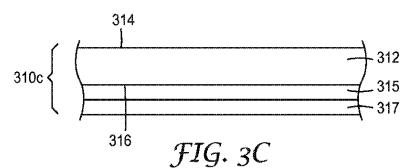


FIG. 3C

【図4 C】

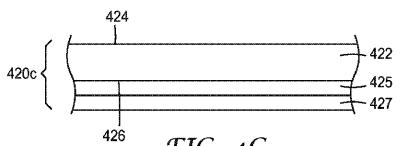


FIG. 4C

【図4 A】

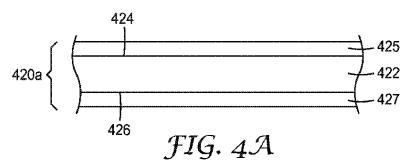


FIG. 4A

【 5 】

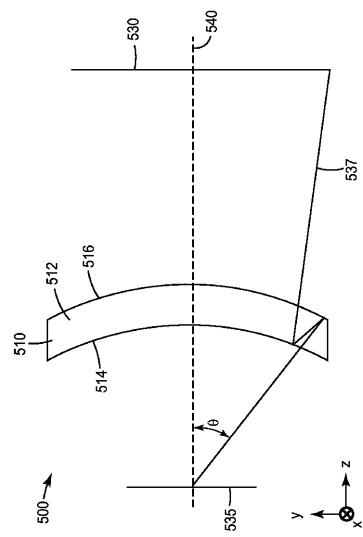


FIG. 5

【 図 6 】

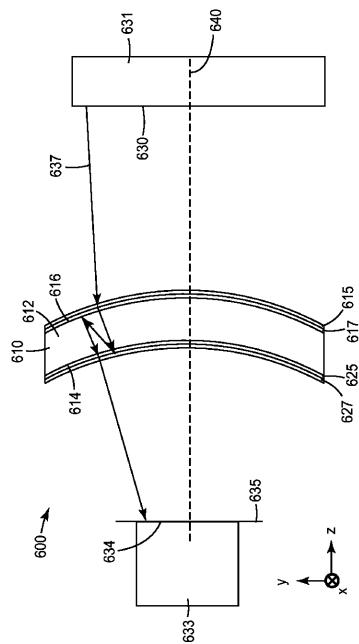


FIG. 6

【 四 7 】

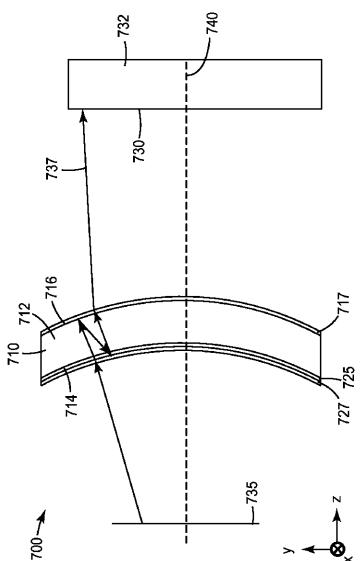


FIG. 7

【図8】

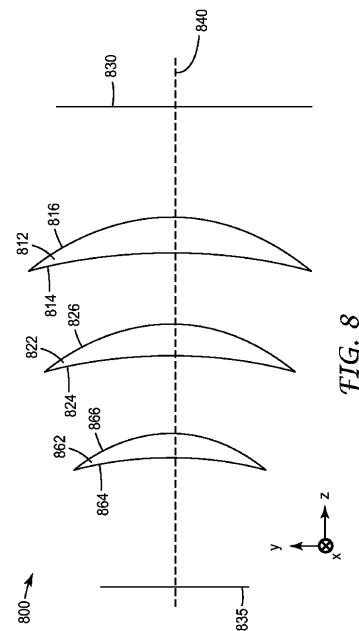


FIG. 8

【図9】

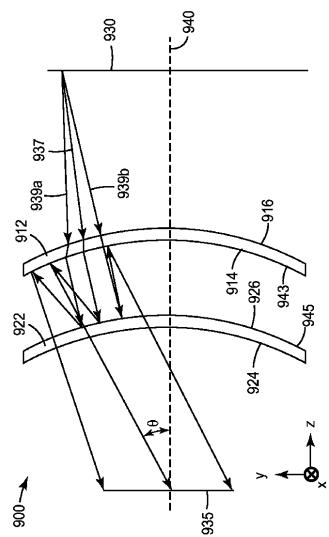


FIG. 9

【図10】

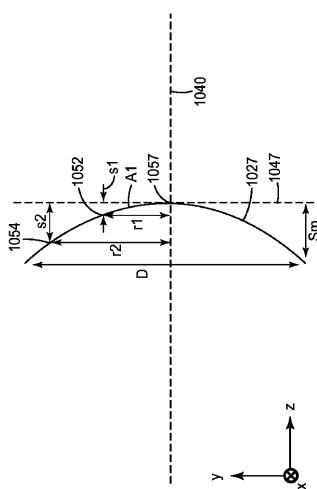


FIG. 10

【図11】

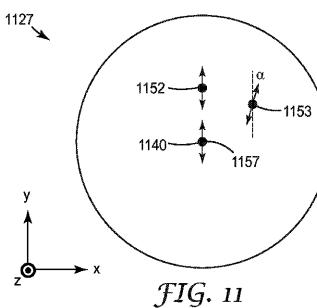


FIG. 11

【図12】

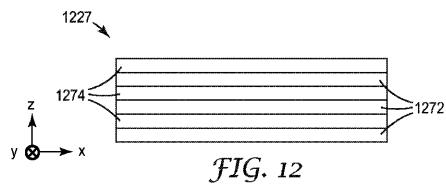


FIG. 12

【図13B】

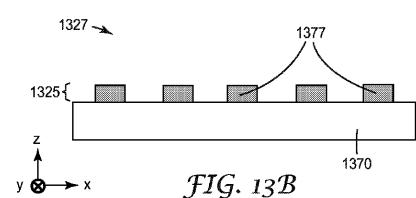


FIG. 13B

【図13A】

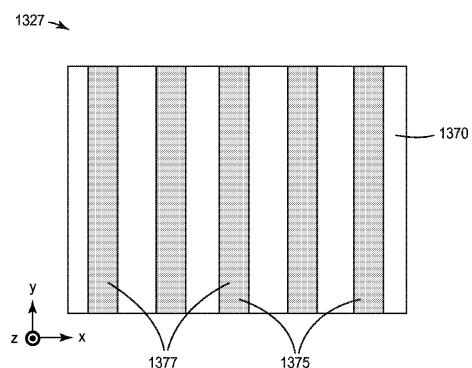


FIG. 13A

【図14】

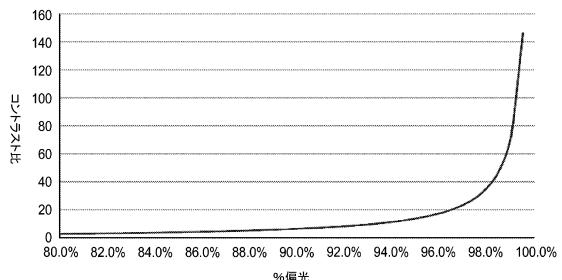


FIG. 14

【図15】

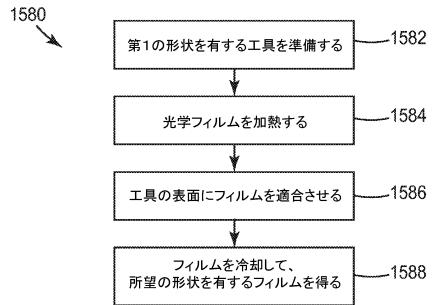


FIG. 15

【図16】

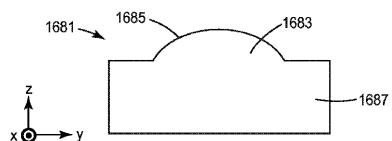


FIG. 16

【図18】

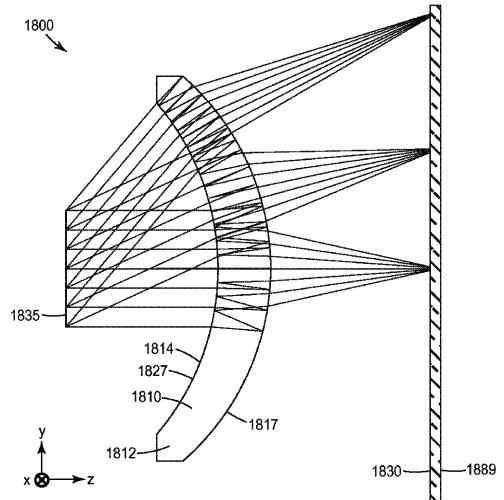


FIG. 18

【図17】

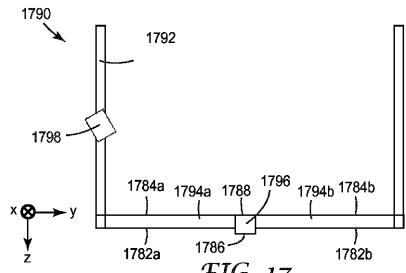


FIG. 17

【図19】

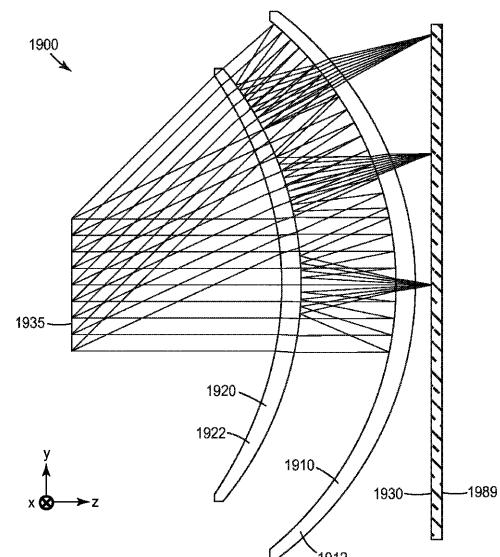


FIG. 19

【図20】

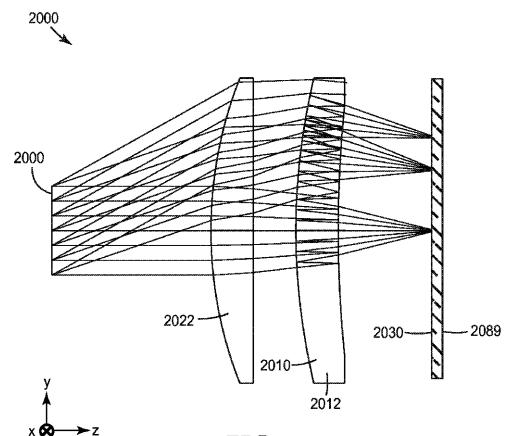


FIG. 20

【図21】

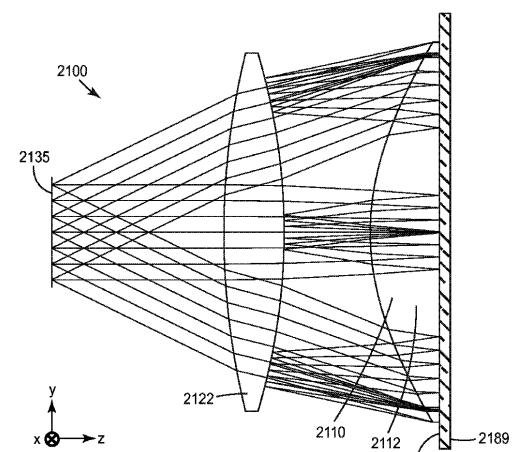


FIG. 21

【図22】

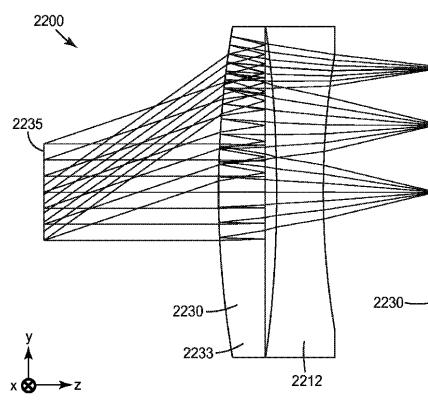


FIG. 22

【図23】

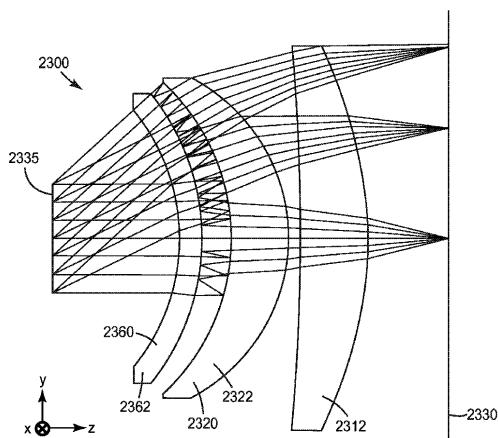


FIG. 23

【図24B】

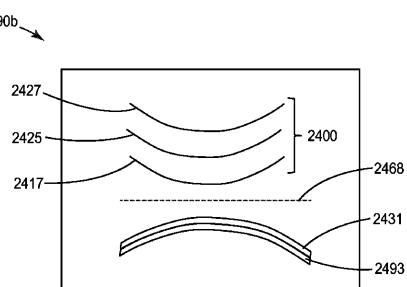


FIG. 24B

【図24A】

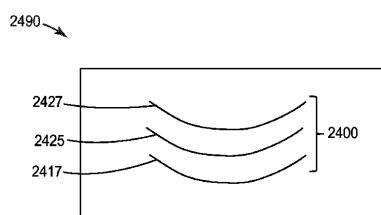


FIG. 24A

【図24C】

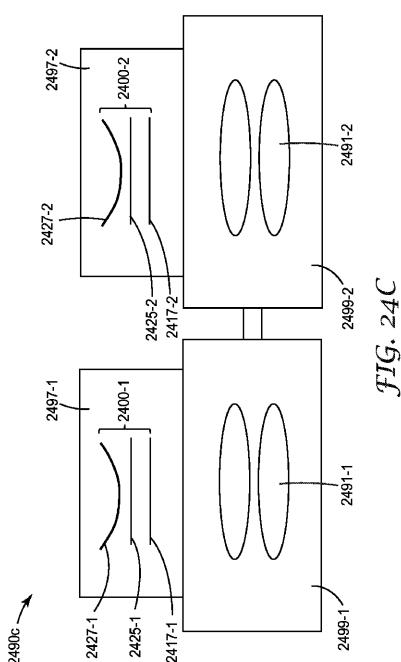


FIG. 24C

【図25】

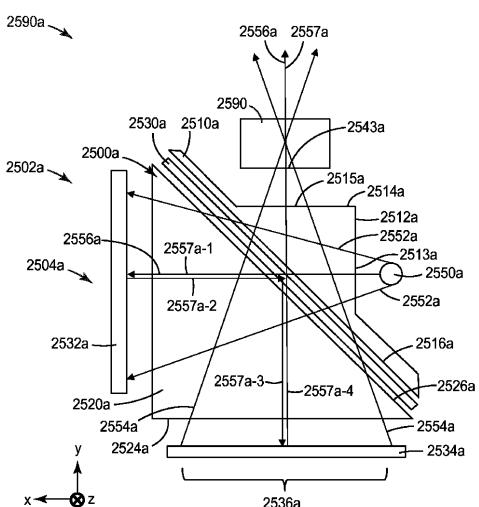


FIG. 25

【図26】

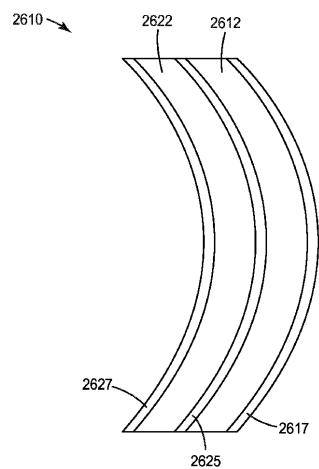


FIG. 26

【図27A】

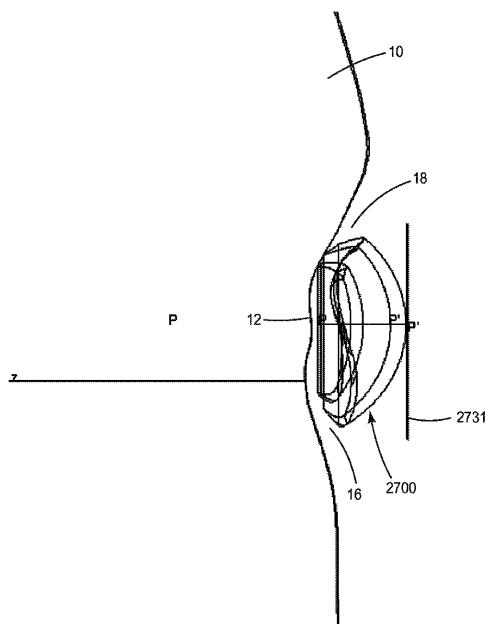


FIG. 27A

【図27B】

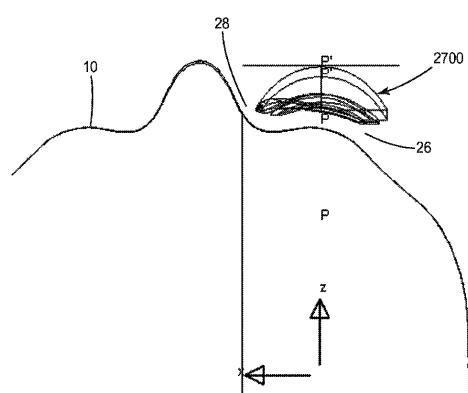


FIG. 27B

【図27C】

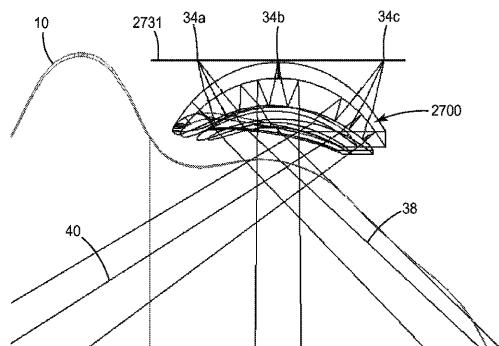


FIG. 27C

【図 2 8 A】

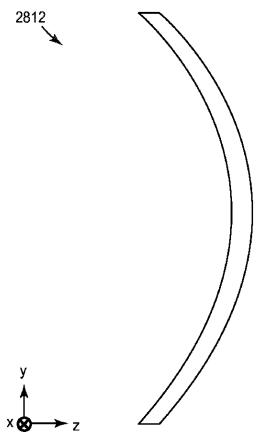


FIG. 28A

【図 2 8 B】

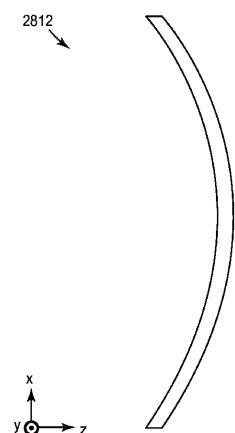


FIG. 28B

---

フロントページの続き

(74)代理人 100154656  
弁理士 鈴木 英彦

(74)代理人 100165526  
弁理士 阿部 寛

(72)発明者 アンバー, グレッグ エー.  
アメリカ合衆国, ミネソタ州, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427  
, スリーエム センター

(72)発明者 ウォン, ティモシー エル.  
アメリカ合衆国, ミネソタ州, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427  
, スリーエム センター

(72)発明者 オーダーカーク, アンドリュー ジェイ.  
アメリカ合衆国, ミネソタ州, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427  
, スリーエム センター

(72)発明者 ユン, ジシェン  
アメリカ合衆国, ミネソタ州, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 33427  
, スリーエム センター

審査官 吉川 陽吾

(56)参考文献 特開2013-130647(JP, A)  
特表2002-544561(JP, A)  
特開2013-200482(JP, A)  
国際公開第00/70386(WO, A1)  
国際公開第2014/130283(WO, A1)  
米国特許出願公開第2014/0029096(US, A1)  
米国特許出願公開第2002/0154406(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC G02B5/30  
G02B3/00