

(19)日本国特許庁(JP)

**(12)特許公報(B2)**

(11)特許番号  
**特許第7205166号**  
**(P7205166)**

(45)発行日 令和5年1月17日(2023.1.17)

(24)登録日 令和5年1月6日(2023.1.6)

(51)国際特許分類

G 0 2 B    27/02 (2006.01)  
H 0 4 N    5/64 (2006.01)

F I

G 0 2 B    27/02  
H 0 4 N    5/64

Z  
5 1 1 A

請求項の数 1 (全18頁)

(21)出願番号 特願2018-206385(P2018-206385)  
(22)出願日 平成30年11月1日(2018.11.1)  
(65)公開番号 特開2020-71416(P2020-71416A)  
(43)公開日 令和2年5月7日(2020.5.7)  
審査請求日 令和3年10月5日(2021.10.5)

(73)特許権者 000002369  
セイコーホームズ株式会社  
東京都新宿区新宿四丁目1番6号  
(74)代理人 100179475  
弁理士 仲井 智至  
100216253  
弁理士 松岡 宏紀  
100225901  
弁理士 今村 真之  
井出 光隆  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ  
コーホームズ株式会社内  
米窪 政敏  
長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイ  
コーホームズ株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 表示装置

**(57)【特許請求の範囲】****【請求項1】**

第1光と、前記第1光よりも長波長である第2光と、を含む画像光を出射する画像光生成装置と、

前記画像光生成装置から出射された前記画像光の光路に沿って、

正のパワーを有する第1光学部と、

前記第1光を前記第2光よりも小さく回折させる第1回折素子を有し、正のパワーを有する第2光学部と、

正のパワーを有する第3光学部と、

前記第1光を前記第2光よりも小さく回折させる第2回折素子を有し、正のパワーを有する第4光学部と、を備え、

前記第1回折素子が前記画像光を回折させる第1回折角は、前記第2回折素子が前記画像光を回折させる第2回折角よりも小さく、

前記第2光学部は、前記第2回折素子に近い側の厚みが前記画像光生成装置に近い側の厚みよりも厚い形状のプリズムを有し、

前記プリズムは、前記第1光を前記第2光よりも大きく屈折させることを特徴とする表示装置。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、回折素子を利用して画像を表示する表示装置に関するものである。

**【背景技術】**

**【0002】**

ホログラフィック素子等の回折素子を用いた表示装置として、画像光生成装置から出射された画像光を回折素子によって観察者の眼に向けて偏向するものが提案されている。回折素子では、特定波長で最適な回折角度と回折効率が得られるように干渉縞が最適化されている。しかしながら、画像光は、特定波長を中心にして所定のスペクトル幅を有していることから、特定波長からはずれた周辺波長の光は、画像の解像度を低下させる原因となる。そこで、画像光生成装置から出射された画像光を反射型の第1回折素子によって、前方に配置された第2回折素子に向けて出射し、第1回折素子から出射された画像光を第2回折素子によって観察者の眼に向けて偏向する表示装置が提案されている。かかる構成によれば、第1回折素子によって周辺波長の光を補償して色収差をキャンセルすることができ、特定波長からはずれた周辺波長の光に起因する画像の解像度の低下を抑制することができる（例えば、下記特許文献1参照）。

10

**【先行技術文献】**

**【特許文献】**

**【0003】**

**【文献】特開2017-167181号公報**

**【発明の概要】**

**【発明が解決しようとする課題】**

20

**【0004】**

上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る表示装置は、画像光生成装置から出射された画像光の光路に沿って、正のパワーを有する第1光学部と、第1回折素子を有し、正のパワーを有する第2光学部と、正のパワーを有する第3光学部と、第2回折素子を有し、正のパワーを有する第4光学部と、を備え、前記第1回折素子が前記画像光を回折させる第1回折角は、前記第2回折素子が前記画像光を回折させる第2回折角とは異なり、前記光路において、前記第1光学部と前記第4光学部との間に、前記第2回折素子に対する前記画像光の入射角度を補正する補正光学系が設けられることを特徴とする。

**【課題を解決するための手段】**

**【0005】**

30

上記課題を解決するために、本発明の一態様に係る表示装置は、第1光と、前記第1光よりも長波長である第2光と、を含む画像光を出射する画像光生成装置と、前記画像光生成装置から出射された前記画像光の光路に沿って、正のパワーを有する第1光学部と、前記第1光を前記第2光よりも小さく回折させる第1回折素子を有し、正のパワーを有する第2光学部と、正のパワーを有する第3光学部と、前記第1光を前記第2光よりも小さく回折させる第2回折素子を有し、正のパワーを有する第4光学部と、を備え、前記第1回折素子が前記画像光を回折させる第1回折角は、前記第2回折素子が前記画像光を回折させる第2回折角よりも小さく、前記第2光学部は、前記第2回折素子に近い側の厚みが前記画像光生成装置に近い側の厚みよりも厚い形状のプリズムを有し、前記プリズムは、前記第1光を前記第2光よりも大きく屈折させることを特徴とする。

40

**【0006】**

上記態様に係る表示装置では、前記第2回折角は、前記第1回折角より大きいのが好ましい。

**【0007】**

上記態様に係る表示装置では、前記補正光学系は、前記光路上において前記第2光学部の前記第3光学部側に位置するのが好ましい。

**【0008】**

上記態様に係る表示装置では、前記補正光学系は、前記第1回折素子により分散された前記画像光を偏向するのが好ましい。

**【0009】**

50

上記態様に係る表示装置では、前記補正光学系は、前記光路上において前記第2光学部の前記第1光学部側に位置するのが好ましい。

**【0010】**

上記態様に係る表示装置では、前記補正光学系は、前記第1回折素子に対する前記画像光の入射角度を変化させるのが好ましい。

**【0011】**

上記態様に係る表示装置では、前記補正光学系は、前記第1回折素子に対する前記画像光の入射位置を変化させるのが好ましい。

**【0012】**

上記態様に係る表示装置では、前記補正光学系はプリズムで構成されるのが好ましい。

10

**【図面の簡単な説明】**

**【0013】**

【図1】第一実施形態の表示装置の外観図。

【図2】表示装置の光学系の説明図。

【図3A】回折素子の干渉縞の説明図。

【図3B】回折素子の干渉縞の別形態の説明図。

【図4】体積ホログラムにおける回折特性の説明図。

【図5】回折角度が同じ場合に第2回折素子から出射される光の説明図。

【図6A】第1および第2回折素子の回折角を小さい角度で揃えた場合の説明図。

【図6B】第1および第2回折素子の回折角を大きい角度で揃えた場合の説明図。

20

【図7】第1回折素子および第2回折素子の回折角度の関係を示した図。

【図8】回折角度を異ならせた場合に第2回折素子から出射される光の説明図。

【図9A】第1の補正光学系の説明図。

【図9B】第2の補正光学系の説明図。

【図9C】第3の補正光学系の説明図。

【図10】プリズムの拡大図。

【図11】光学系の光線図を模式的に示した図。

【図12】第二実施形態の光学系における第1および第2回折素子との間の光線図。

【図13】第2回折素子から出射される光の説明図。

【図14】図13に示す光が眼に入射する様子を示す説明図。

30

【図15】変形例に係る表示装置の構成図。

**【発明を実施するための形態】**

**【0014】**

(第一実施形態)

以下、本発明の実施形態について、図面を参照して説明する。なお、以下の各図においては、各層や各部材を認識可能な程度の大きさにするため、各層や各部材の尺度や角度を実際とは異ならせしめている。

**【0015】**

図1は、本実施形態の表示装置100の外観の一態様を示す外観図である。図2は、図1に示す表示装置100の光学系10の一態様を示す説明図である。なお、以下の説明に用いる図面において必要に応じて、表示装置を装着した観察者に対する前後方向をZ軸に沿う方向とし、前後方向の一方側として表示装置を装着した観察者の前方を前側Z1とし、前後方向の他方側として表示装置を装着した観察者の後方を後側Z2としてある。また、表示装置を装着した観察者に対する左右方向をX軸に沿う方向とし、左右方向の一方側として表示装置を装着した観察者の右方を右側X1とし、左右方向の他方側として表示装置を装着した観察者の左方を左側X2としてある。また、表示装置を装着した観察者に対する上下方向をY軸方向に沿う方向とし、上下方向の一方側として表示装置を装着した観察者の上方を上側Y1とし、上下方向の他方側として表示装置を装着した観察者の下方を下側Y2としてある。

**【0016】**

40

50

図1に示す表示装置100は、頭部装着型の表示装置であり、画像光L0aを右眼Eaに入射させる右眼用光学系10aと、画像光L0bを左眼Ebに入射させる左眼用光学系10bとを有している。表示装置100は、例えば、眼鏡のような形状に形成される。具体的に、表示装置100は、右眼用光学系10aと左眼用光学系10bとを保持する筐体90をさらに備えている。表示装置100は、筐体90によって観察者の頭部に装着される。

#### 【0017】

表示装置100は、筐体90として、フレーム91と、フレーム91の右側に設けられ、観察者の右耳に係止されるテンプル92aと、フレーム91の左側に設けられ、観察者の左耳に係止されるテンプル92bと、を備えている。フレーム91は、両側部に収納空間91sを有しており、収納空間91s内に、後述する光学系10を構成する画像光投射装置等の各部品が収容されている。テンプル92a, 92bは、ヒンジ95によってフレーム91に対して折り畳み可能に連結されている。

10

#### 【0018】

右眼用光学系10aと左眼用光学系10bとは基本的な構成が同一である。従って、以下の説明では、右眼用光学系10aと左眼用光学系10bとを区別せずに光学系10として説明する。

#### 【0019】

続いて、図2を参照して表示装置100の光学系10の基本的な構成を説明する。

図2に示すように、本実施形態の光学系10では、画像光生成装置31から出射された画像光L0の光路に沿って、正のパワーを有する第1光学部L10と、正のパワーを有する第2光学部L20と、正のパワーを有する第3光学部L30と、正のパワーを有する第4光学部L40とが配置されている。

20

#### 【0020】

本実施形態において、正のパワーを有する第1光学部L10は、ミラー40および投射光学系32によって構成されている。正のパワーを有する第2光学部L20は、反射型の第1回折素子50によって構成されている。正のパワーを有する第3光学部L30は、導光系60によって構成されている。正のパワーを有する第4光学部L40は、反射型の第2回折素子70によって構成されている。本実施形態において、第1回折素子50および第2回折素子70は、反射型の回折素子である。

30

#### 【0021】

かかる光学系10において、画像光L0の進行方向に着目すると、画像光生成装置31は、投射光学系32に向けて画像光L0を出射し、投射光学系32は入射した画像光L0をミラー40に向けて出射する。ミラー40は反射面40aを有し、画像光L0を第1回折素子50に向けて反射する。ミラー40の反射面40aで反射された画像光L0は補正光学系45を透過して第1回折素子50に入射する。第1回折素子50で回折された画像光L0は導光系60に向けて出射される。導光系60は、入射した画像光L0を第2回折素子70に出射し、第2回折素子70は、入射した画像光L0を観察者の眼Eに向けて出射する。

#### 【0022】

40

本実施形態において、画像光生成装置31は画像光L0を生成する。

画像光生成装置31は、有機エレクトロルミネッセンス表示素子等の表示パネル310を備えている態様を採用することができる。かかる態様によれば、小型で高画質な画像表示が可能な表示装置100を提供することができる。また、画像光生成装置31は、照明光源(図示せず)と、照明光源から出射された照明光を変調する液晶表示素子等の表示パネル310とを備えている態様を採用してもよい。かかる態様によれば、照明光源の選択が可能なため、画像光L0の波長特性の自由度が広がるという利点がある。ここで、画像光生成装置31は、カラー表示可能な1枚の表示パネル310を有する態様を採用することができる。また、画像光生成装置31は、各色に対応する複数の表示パネル310と、複数の表示パネル310から出射された各色の画像光を合成する合成光学系とを有する態

50

様を採用してもよい。さらに、画像光生成装置 3 1 は、レーザー光をマイクロミラーデバイスで変調する態様を採用してもよい。この場合、マイクロミラーデバイスを駆動することでレーザー光を走査することにより、画像光を生成する。

#### 【 0 0 2 3 】

投射光学系 3 2 は画像光生成装置 3 1 が生成した画像光 L 0 を投射する光学系であって、第 1 レンズ 3 0 1 、第 2 レンズ 3 0 2 、第 3 レンズ 3 0 3 および第 4 レンズ 3 0 4 によって構成されている。第 1 レンズ 3 0 1 、第 2 レンズ 3 0 2 、第 3 レンズ 3 0 3 および第 4 レンズ 3 0 4 は自由曲面レンズや回転対称のレンズで構成される。また、投射光学系 3 2 は偏心光学系であってもよい。図 2 では、投射光学系 3 2 におけるレンズの数を 4 枚とした場合を例に挙げたが、レンズの枚数はこれに限定されることはなく、投射光学系 3 2 が 5 枚以上のレンズを備えていてもよい。また、各レンズは貼り合わせて投射光学系 3 2 を構成してもよい。

10

#### 【 0 0 2 4 】

導光系 6 0 は、周辺部より中央が凹んだ反射面 6 2 a を有するミラー 6 2 で構成されており、正のパワーを有している。ミラー 6 2 は、前後方向に向けて斜めに傾いた反射面 6 2 a を有している。なお、反射面 6 2 a は球面、非球面、または自由曲面からなる。本実施形態において、ミラー 6 2 は自由曲面からなる反射面 6 2 a を有した全反射ミラーである。但し、ミラー 6 2 をハーフミラーとしてもよく、この場合、外光を視認できる範囲を広くすることができる。

20

#### 【 0 0 2 5 】

続いて、第 1 回折素子 5 0 および第 2 回折素子 7 0 の構成について説明する。

本実施形態において、第 1 回折素子 5 0 および第 2 回折素子 7 0 は基本的な構成が同一である。以下では、第 2 回折素子 7 0 の構成を例に挙げて説明する。

#### 【 0 0 2 6 】

図 3 A は、図 2 に示す第 2 回折素子 7 0 の干渉縞 7 5 1 の説明図である。図 3 A に示すように、第 2 回折素子 7 0 は、反射型体積ホログラフィック素子 7 5 を備えており、反射型体積ホログラフィック素子 7 5 は部分反射型回折光学素子である。このため、第 2 回折素子 7 0 は、部分透過反射性のコンバイナーを構成している。従って、外光も第 2 回折素子 7 0 を介して眼 E に入射するため、観察者は、画像光生成装置 3 1 で形成した画像光 L 0 と外光（背景）とが重畠した画像を認識することができる。

30

#### 【 0 0 2 7 】

第 2 回折素子 7 0 は、観察者の眼 E と対向しており、画像光 L 0 が入射する第 2 回折素子 7 0 の入射面 7 1 は、眼 E から離れる方向に凹んだ凹曲面になっている。換言すれば、入射面 7 1 は、画像光 L 0 の入射方向において、周辺部に対して中央部が凹んで湾曲した形状となっている。このため、画像光 L 0 を観察者の眼 E に向けて効率良く集光させることができる。

#### 【 0 0 2 8 】

第 2 回折素子 7 0 は、特定波長に対応するピッチを有した干渉縞 7 5 1 を有している。干渉縞 7 5 1 は屈折率等の差としてホログラム感光層に記録されており、干渉縞 7 5 1 は特定の入射角度に対応するように、第 2 回折素子 7 0 の入射面 7 1 に対して一方方向に傾いている。従って、第 2 回折素子 7 0 は、画像光 L 0 を所定の方向に回折して偏向する。特定波長および特定の入射角度とは、画像光 L 0 の波長と入射角度に対応する。かかる構成の干渉縞 7 5 1 は、参照光 L r および物体光 L s を用いてホログラフィック感光層に干渉露光を行うことにより形成することができる。

40

#### 【 0 0 2 9 】

本実施形態では、画像光 L 0 がカラー表示用であるため、後述する赤色光 L R 、緑色光 L G および青色光 L B を含む。このため、第 2 回折素子 7 0 は、特定波長に対応するピッチで形成された干渉縞 7 5 1 R 、7 5 1 G 、7 5 1 B を有している。例えば、干渉縞 7 5 1 R は、580 nm から 700 nm の波長範囲のうち、例えば、波長 615 nm の赤色光 L R に対応するピッチで形成される。干渉縞 7 5 1 G は、500 nm から 580 nm の波

50

長範囲のうち、例えば、波長 535 nm の緑色光 L<sub>G</sub> に対応するピッチで形成される。干渉縞 751B は、400 nm から 500 nm の波長範囲のうち、例えば、波長 460 nm の青色光 L<sub>B</sub> に対応するピッチで形成される。かかる構成は、各波長に対応する感度を有するホログラフィック感光層を形成した状態で、各波長の参照光 L<sub>rR</sub>、L<sub>rG</sub>、L<sub>rB</sub>、および物体光 L<sub>sR</sub>、L<sub>sG</sub>、L<sub>sB</sub> を用いてホログラフィック感光層に干渉露光を行うことにより形成することができる。

#### 【0030】

なお、各波長に対応する感度を有する感光材料をホログラフィック感光層に分散させておき、各波長の参照光 L<sub>rR</sub>、L<sub>rG</sub>、L<sub>rB</sub> および物体光 L<sub>sR</sub>、L<sub>sG</sub>、L<sub>sB</sub> を用いてホログラフィック感光層に干渉露光を行うことによって、図 3B に示すように 1 つの層に干渉縞 751R、751G、751B を重畠した干渉縞 751 を形成してもよい。また、参照光 L<sub>rR</sub>、L<sub>rG</sub>、L<sub>rB</sub> および物体光 L<sub>sR</sub>、L<sub>sG</sub>、L<sub>sB</sub> として球面波の光を用いてもよい。

10

#### 【0031】

第 2 回折素子 70 と基本的な構成が同一である第 1 回折素子 50 は、反射型体積ホログラフィック素子 55 を備えている。第 1 回折素子 50 は、画像光 L<sub>0</sub> が入射する入射面 51 が、凹んだ凹曲面になっている。換言すれば、入射面 51 は、画像光 L<sub>0</sub> の入射方向において、周辺部に対して中央部が凹んで湾曲した形状となっている。そのため、画像光 L<sub>0</sub> を導光系 60 に向けて効率良く偏向させることができる。

#### 【0032】

図 4 は、第 1 回折素子 50 および第 2 回折素子 70 を構成する体積ホログラムにおける回折特性を説明した図である。図 4 は、体積ホログラム上の 1 点に光線が入射したときの、特定波長と周辺波長の回折角の差を示したものである。図 4 には、特定波長を 531 nm としたとき、波長が 526 nm の周辺波長の光の回折角度のずれを実線 L<sub>526</sub> で示し、波長が 536 nm の周辺波長の光の回折角度のずれを点線 L<sub>536</sub> で示してある。図 4 に示すように、ホログラムに記録された同じ干渉縞に光線が入射した場合でも、長波長の光線ほど大きく回折し、短波長の光線ほど回折しにくい。そのため、本実施形態のように 2 つの回折素子、すなわち第 1 回折素子 50 および第 2 回折素子 70 を用いた際、特定波長に対する長波長の光および短波長の光における光線角度をそれぞれ考慮して入射させないと適正に波長補償できない。すなわち第 2 回折素子 70 で発生する色収差をキャンセルできなくなる。

20

#### 【0033】

図 2 に示す光学系 10 では、特開 2017-167181 号公報に記載されているように、第 1 回折素子 50 と第 2 回折素子 70 との間での中間像の形成回数と、ミラー 62 での反射回数の和が奇数か偶数かに対応して、第 2 回折素子 70 への入射方向等を適正化してあるため、波長補償、すなわち色収差をキャンセル可能である。

30

#### 【0034】

ここで、第 1 回折素子 50 および第 2 回折素子 70 の回折角度が同じ場合について考える。すなわち、第 1 回折素子 50 および第 2 回折素子 70 の回折角度が同じ回折素子で構成されている場合について考える。図 5 は第 1 回折素子 50 および第 2 回折素子 70 の回折角度が同じ場合に第 2 回折素子 70 から出射される光の説明図である。なお、図 5 では、画像光 L<sub>0</sub> の特定波長の光 L<sub>1</sub>（実線）に加えて、長波長側の光 L<sub>2</sub>（一点鎖線）、および特定波長に対して短波長側の光 L<sub>3</sub>（点線）も図示してある。

40

#### 【0035】

図 5 に示すように、第 1 回折素子 50 に入射した画像光 L<sub>0</sub> は、第 1 回折素子 50 によって回折されることで偏向する。このとき、図 4 に示したように体積ホログラムからなる第 1 回折素子 50 では、特定波長に対して長波長側の光 L<sub>2</sub> の回折角度 <sub>2</sub> が特定波長の光 L<sub>1</sub> の回折角度 <sub>1</sub> より大きくなる。また、特定波長に対して短波長側の光 L<sub>3</sub> の回折角度 <sub>3</sub> が特定波長の光 L<sub>1</sub> の回折角度 <sub>1</sub> より小さくなる。従って、第 1 回折素子 50 を出射した画像光 L<sub>0</sub> は、波長毎に偏向されて分散することとなる。

50

### 【 0 0 3 6 】

第1回折素子50を出射した画像光L0は、導光系60を経由して第2回折素子70に入射し、第2回折素子70によって回折されることで偏向する。その際、第1回折素子50から第2回折素子70までの光路において、中間像の形成が1回行われるとともに、ミラー62での反射が1回行われる。従って、画像光L0と第2回折素子70の入射面法線との間の角度を入射角とすると、特定波長に対して長波長側の光L2は、特定波長の光L1における入射角<sub>11</sub>よりも大きな入射角<sub>12</sub>となり、特定波長に対して短波長側の光L3は、特定波長の光L1における入射角<sub>11</sub>よりも小さな入射角<sub>13</sub>となる。また、上述したように特定波長に対して長波長側の光L2の回折角度<sub>2</sub>は、特定波長の光L1の回折角度<sub>1</sub>よりも大きくなり、特定波長に対して短波長側の光L3の回折角度<sub>3</sub>は、特定波長の光L1の回折角度<sub>1</sub>よりも小さくなる。

10

### 【 0 0 3 7 】

従って、特定波長に対して長波長側の光L2は、特定波長の光L1よりも大きな入射角で第1回折素子50に入射するが、特定波長に対して長波長側の光L2の回折角度が、特定波長の光L1の回折角度よりも大きいため、結果として第2回折素子70から出射するときには、特定波長に対して長波長側の光L2と特定波長の光L1は略平行な光となる。これに対して、特定波長に対して短波長側の光L3は、特定波長の光L1よりも小さな入射角で第1回折素子50に入射するが、特定波長に対して短波長側の光L3の回折角度が、特定波長の光L1の回折角度よりも小さいため、結果として第2回折素子70から出射するときには、特定波長に対して短波長側の光L3と特定波長の光L1は略平行な光となる。このようにして、図5に示すように、第2回折素子70を出射した画像光L0は、略平行な光として観察者の眼Eに入射する。よって、波長毎の網膜E0での結像位置ずれが抑制されて、第2回折素子70で発生する色収差をキャンセルできる。

20

### 【 0 0 3 8 】

このように第1回折素子50および第2回折素子70の回折角度を同じにすることで色収差をキャンセルする場合、第1回折素子50と第2回折素子70との間には共役関係が成立する。ここで、共役関係とは、第1回折素子50の第1の位置から出射した光が正パワーを持つ導光系60によって集光され、第2回折素子70の第1の位置に対応する第2の位置に入射する関係をいう。

### 【 0 0 3 9 】

30

しかしながら、上述のように第1回折素子50および第2回折素子70の回折角度を揃えることで共役関係を成立させる場合、以下の問題が生じる。

### 【 0 0 4 0 】

図6Aは第1回折素子50および第2回折素子70の回折角を小さい角度で揃えた場合の説明図である。図6Bは第1回折素子50および第2回折素子70の回折角を大きい角度で揃えた場合の説明図である。なお、図6Aおよび図6Bにおいて、光軸に沿って配置される各光学部を簡略化して太い矢印で示してある。

### 【 0 0 4 1 】

図6Aでは、第1回折素子50および第2回折素子70の回折角を小さい角度で揃えている。図6Bでは、第1回折素子50および第2回折素子70の回折角を角度<sub>2</sub>よりも大きい角度<sub>3</sub>で揃えている。

40

図6Aに示されるように、第1回折素子50および第2回折素子70の回折角を小さい角度<sub>2</sub>で揃えると、観察者の顔における輪郭MCに沿って各光学部材を配置することで表示装置の小型化を図ることが可能となる。しかしながら、図6Aに示されるように、ミラー40と導光系60とが干渉し、画像光の一部が欠けるという問題が生じる。

### 【 0 0 4 2 】

一方、図6Bに示すように、第1回折素子50および第2回折素子70の回折角を大きい角度<sub>3</sub>で揃えると、ミラー40と導光系60との間隔が広がることで両者の干渉は回避できる。しかしながら、観察者の顔における輪郭MCから離れた位置に各光学部材が配置されることになるため、結果的に表示装置の大型化という問題が生じる。

50

### 【0043】

そこで、本実施形態の光学系10では第1回折素子50および第2回折素子70の回折角度を異ならせるようにした。図7は本実施形態の光学系10における第1回折素子50および第2回折素子70の回折角度の関係を示した図である。

図7に示すように、本実施形態の光学系10では、第1回折素子50における画像光L0の第1回折角 $\alpha_1$ と第2回折素子70における画像光L0の第2回折角 $\beta_1$ とが異なっている。具体的に、第2回折角 $\beta_1$ は第1回折角 $\alpha_1$ より大きい。本実施形態の光学系10によれば、第2回折角 $\beta_1$ を第1回折角 $\alpha_1$ より大きくすることで、観察者の眼Eに大きな画角で画像光L0を入射させるとともに、観察者の顔における輪郭MCに沿って各光学部を配置することができる。従って、光学系10を含む表示装置自体の小型化を実現できる。

10

### 【0044】

ところで、上述のように第1回折素子50および第2回折素子70の回折角度 $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ をそれぞれ異ならせることで表示装置を小型化できるが、後述のように新たな問題が生じる。

### 【0045】

図8は第1回折素子50および第2回折素子70の回折角度を異ならせた場合に第2回折素子70から出射される光の説明図である。なお、図8に示す光路上には後述する補正光学系45が配置されていないものとする。図8では、画像光L0の特定波長の光L1(実線)に加えて、長波長側の光L2(一点鎖線)、および特定波長に対して短波長側の光L3(点線)も図示してある。

20

### 【0046】

図8に示すように、第1回折素子50に入射した画像光L0は、第1回折素子50によって回折されることで偏向する。このとき、図8に示すように第1回折素子50を出射した画像光L0は、波長毎に偏向されて分散することとなる。

### 【0047】

第1回折素子50を出射した画像光L0は第2回折素子70で回折されることで偏向する。このとき、第2回折素子70の回折角度は第1回折素子50の回折角度と異なるため、図8に示すように、特定波長の光L1に対して長波長側の光L2および短波長側の光L3は拡がった状態で出射される。このようにして、図8に示すように、第2回折素子70を出射した画像光L0は波長毎に網膜E0での結像位置にずれが生じるので、色収差をキャンセルできず、画像光L0の解像度の低下という問題が生じる。

30

### 【0048】

この問題を解消すべく、本実施形態の光学系10は、図2に示したように、画像光L0の光路において第1光学部L10と第4光学部L40との間に、第2回折素子70に対する画像光L0の入射角度を補正する補正光学系45を設けている。

### 【0049】

続いて、補正光学系45として考えられる3つの構成例について図面を参照しながら説明する。

図9Aは第1の補正光学系45Aの説明図であり、図9Bは第2の補正光学系45Bの説明図であり、図9Cは第3の補正光学系45Cの説明図である。

40

なお、図9A、図9Bおよび図9Cでは、第2回折素子70の第2回折角 $\beta_1$ が第1回折素子50の第1回折角 $\alpha_1$ より大きいものとする。

### 【0050】

図9Aに示される第1の補正光学系45Aは、画像光L0の光路において、第1回折素子50と第2回折素子70との間に設けられる。第1回折素子50から出射された画像光L0は、波長毎に分散した状態で補正光学系45に入射する。第1の補正光学系45Aは波長毎に分散した画像光L0における第2回折素子70に対する入射角を補正する。具体的に、第1の補正光学系45は、第1回折素子50における画像光L0の回折角の不足分を補うように補正する。このように第1の補正光学系45Aによれば、第2回折素子70

50

から出射される際に図 5 に示したように特定波長の光およびその周辺波長の光が略平行となるように、波長毎に分散した画像光 L 0 の出射角を補正可能となる。

#### 【 0 0 5 1 】

図 9 B に示される第 2 の補正光学系 4 5 B は、画像光 L 0 の光路において、第 1 回折素子 5 0 の光入射側、すなわち第 1 光学部 L 1 0 側に設けられる。この場合、第 2 の補正光学系 4 5 B は、第 1 光学部 L 1 0 と第 2 光学部 L 2 0 との間に設けられることになる（図 2 参照）。図 9 B に示すように、第 2 の補正光学系 4 5 B は、第 1 回折素子 5 0 に対する画像光 L 0 の入射角度を波長毎、すなわち、特定波長の光 L 1 、長波長側の光 L 2 および短波長側の光 L 3 每にそれぞれ補正する。第 2 の補正光学系 4 5 B は、例えば、画像光 L 0 における長波長側の光 L 2 および短波長側の光 L 3 に対して予め角度をつけることで第 1 回折素子 5 0 の回折角を補正する。このように第 2 の補正光学系 4 5 B によれば、第 2 回折素子 7 0 から出射される際に図 5 に示したように特定波長の光およびその周辺波長の光が略平行となるように、画像光 L 0 を第 1 回折素子 5 0 に入射させることが可能となる。

#### 【 0 0 5 2 】

図 9 C に示される第 3 の補正光学系 4 5 C は、画像光 L 0 の光路において、第 1 回折素子 5 0 の光入射側に設けられる。この場合、第 3 の補正光学系 4 5 C は、第 1 光学部 L 1 0 と第 2 光学部 L 2 0 との間に設けられることになる（図 2 参照）。図 9 C に示すように、第 3 の補正光学系 4 5 C は、第 1 回折素子 5 0 に入射する画像光 L 0 の入射位置と角度をそれぞれ適切に補正する。第 1 回折素子 5 0 を構成する体積ホログラムの回折角は場所ごとで異なっている。第 3 の補正光学系 4 5 C は、例えば、画像光 L 0 における特定波長の光 L 1 、長波長側の光 L 2 および短波長側の光 L 3 における第 1 回折素子 5 0 に対する入射位置をそれぞれ適切な位置に補正する。このように第 3 の補正光学系 4 5 C によれば、第 2 回折素子 7 0 から出射される際に図 5 に示したように特定波長の光およびその周辺波長の光が略平行となるように、第 1 回折素子 5 0 から出射された画像光 L 0 の第 2 回折素子 7 0 に対する入射角を補正可能となる。

#### 【 0 0 5 3 】

このような図 9 A 、図 9 B および図 9 C に示した各補正光学系 4 5 A ~ 4 5 C のいずれかを用いれば第 2 回折素子 7 0 を出射した画像光 L 0 を略平行な光として観察者の眼 E に入射させることができる。よって、波長毎の網膜 E 0 での結像位置ずれが抑制されて、第 2 回折素子 7 0 で発生する色収差をキャンセルできる。したがって、上述の各補正光学系 4 5 A ~ 4 5 C のいずれを本実施形態の補正光学系 4 5 として採用すれば、第 1 回折素子 5 0 および第 2 回折素子 7 0 における回折角を異ならせた構造を採用しつつ、第 2 回折素子 7 0 で発生する色収差をキャンセルすることで高い画質を得ることができる。つまり、2 つの回折素子によって適正に波長補償を行いつつ、回折角を異ならせることで表示装置 1 0 0 の小型化を図ることができる。

#### 【 0 0 5 4 】

上述した補正光学系 4 5 A ~ 4 5 C としては、図 9 A 、図 9 B および図 9 C に示したように画像光 L 0 を偏向可能なパワーを有するものであればよく、例えば、自由曲面を有したミラーやレンズあるいはプリズム等を用いることができる。特にプリズムを用いれば光の分散を利用して画像光 L 0 における第 2 回折素子 7 0 に対する入射角度を補正し易くなる。なお、プリズムはウェッジを有したウェッジプリズムでもよい。

#### 【 0 0 5 5 】

具体的に本実施形態の光学系 1 0 では、補正光学系 4 5 としてプリズム 4 5 a を用いた。プリズム 4 5 a は、後述するように図 9 A から図 9 C で示した各補正光学系 4 5 A ~ 4 5 C の機能を全て有している。

#### 【 0 0 5 6 】

本実施形態において、プリズム 4 5 a は第 2 光学部 L 2 0 を構成する第 1 回折素子 5 0 と一緒に設けられている。プリズム 4 5 a は第 1 回折素子 5 0 を支持する支持部材としての機能を持つ。本実施形態において、プリズム 4 5 a は、プリズム 4 5 a は画像光 L 0 が入射あるいは出射される光入射出射面 4 5 a 1 を有する。プリズム 4 5 a は、観察者の眼

Eに近い側の厚みが厚く、観察者の眼Eから遠い側の厚みが薄い形状を有している。また、プリズム45aは、第1回折素子50に対して左側X2に位置する第2回折素子70に近い側の厚みが厚く、第1回折素子50に対して右側X1に位置する画像光生成装置31に近い側の厚みが薄い形状を有していると換言することもできる。

光入射出射面45a1は、観察者の眼Eに近づくにつれて前側Z1に突出するように傾斜する面で構成されている。また、光入射出射面45a1は、第2回折素子70に近づくにつれて前側Z1に突出するように傾斜する面で構成されると換言することもできる。

#### 【0057】

図10はプリズム45aの拡大図である。図10では、画像光L0の特定波長の光L1(実線)に加えて、長波長側の光L2(一点鎖線)、および特定波長に対して短波長側の光L3(点線)も図示してある。10

#### 【0058】

図10に示すように、画像光L0は光入射出射面45a1からプリズム45a内に入射する。このとき、光の分散によってプリズム45aの入射時に、短波長側の光L3が最も大きく屈折し、長波長側の光L2の屈折率が最も小さく屈折し、特定波長の光L1は短波長側の光L3および長波長側の光L2の間の大きさで屈折する。そして、特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3はプリズム45a内を透過して第1回折素子50に入射する。特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3はプリズム45aで分散されることによって第1回折素子50の異なる場所に入射する。また、特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3における第1回折素子50に対する入射角度はそれぞれ異なる。20

#### 【0059】

このようにプリズム45aは、画像光L0を分散させることで第1回折素子50に対する特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3の入射位置を変化させることができる。プリズム45aは、画像光L0の光路上において第1回折素子50(第2光学部L20)の第1光学部L10側に位置する(図2参照)。すなわち、プリズム45aは、図9Cに示した第3の補正光学系45Cにおける「第1回折素子50に入射する画像光L0の入射位置を波長毎に変えるように補正する」という機能を有すると言える。

#### 【0060】

上述のようにプリズム45aは、画像光L0を分散させることで第1回折素子50に対する特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3の入射角度を変化させることができる。プリズム45aは、画像光L0の光路上において第1回折素子50(第2光学部L20)の第1光学部L10側に位置する(図2参照)。すなわち、プリズム45aは、図9Bに示した第2の補正光学系45Bにおける「第1回折素子50に対する画像光L0の入射角度を波長毎に補正する」という機能を有すると言える。30

#### 【0061】

図10に示すように、第1回折素子50は場所によって回折角が異なることから、特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3をそれぞれ異なる角度で回折させる。第1回折素子50で回折された特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3は、再びプリズム45a内を透過して光入射出射面45a1から射出される。特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3は、プリズム45aからそれぞれ異なる方向に射出される。40

#### 【0062】

このようにプリズム45aは、画像光L0を波長ごとに異なる方向に偏向することで、特定波長の光L1、長波長側の光L2および短波長側の光L3における第2回折素子70に対する入射角度をそれぞれ調整することができる。プリズム45aは、画像光L0の光路上において第1回折素子50(第2光学部L20)の第3光学部L30側に位置する(図2参照)。すなわち、プリズム45aは、図9Aに示した第1の補正光学系45Aにおける「第1回折素子50における画像光L0の回折角の不足分を補うように補正する」という機能を有すると言える。50

**【 0 0 6 3 】**

以上のように、本実施形態の光学系 1 0 によれば、補正光学系 4 5 としてプリズム 4 5 a を用いることで、図 9 A 、図 9 B および図 9 C に示した各補正光学系 4 5 A ~ 4 5 C を全て組み合わせた機能を得ることができる。よって、本実施形態の光学系 1 0 によれば、プリズム 4 5 a を用いることで、第 2 回折素子 7 0 に対する画像光 L 0 の入射角度を精度良く補正可能である。

**【 0 0 6 4 】**

従って、本実施形態の光学系 1 0 によれば、互いに回折角の異なる第 1 回折素子 5 0 および第 2 回折素子 7 0 を用いる場合であっても、補正光学系 4 5 によって第 2 回折素子 7 0 を出射した画像光 L 0 を略平行な光として観察者の眼 E に入射させることができる。よって、波長毎の網膜 E 0 での結像位置ずれが抑制されて、第 2 回折素子 7 0 で発生する色収差をキャンセルできる。よって、画像光の解像度の劣化を抑えることができる。10

**【 0 0 6 5 】**

すなわち、本実施形態の光学系 1 0 によれば、第 1 回折素子 5 0 および第 2 回折素子 7 0 における回折角を異ならせた構造を採用しつつ、第 2 回折素子 7 0 で発生する色収差をキャンセルして高い画質を得ることができる。つまり、本実施形態の光学系 1 0 によれば、2 つの回折素子によって適正に波長補償を行いつつ、回折角を異ならせることで表示装置 1 0 0 の小型化を図ることができる。

**【 0 0 6 6 】**

図 1 1 は本実施形態の光学系 1 0 の光線図を模式的に示した図である。図 1 1 において、光軸に沿って配置された各光学部を太い矢印で示してある。また、図 1 1 では、画像光生成装置 3 1 の中心から出射される画像光の光線を実線 L a で示し、画像光生成装置 3 1 の端部から出射される画像光の主光線を一点鎖線 L b で示している。また、図 1 1 は、画像光生成装置 3 1 から出射された光の進行を示すものである。なお、図 1 1 においては、図を簡略化するため、すべての光学部を透過型として図示している。以下の説明において、「中間像」とは、1 画素から出射された光線（実線 L a ）が集まる個所であり、「瞳」とは、各画角の主光線（一点鎖線 L b ）が集まる個所である。20

**【 0 0 6 7 】**

図 1 1 に示されるように、本実施形態の光学系 1 0 は、画像光生成装置 3 1 から出射された画像光の光路に沿って、正のパワーを有する第 1 光学部 L 1 0 と、第 1 回折素子 5 0 を備え、正のパワーを有する第 2 光学部 L 2 0 と、正のパワーを有する第 3 光学部 L 3 0 と、第 2 回折素子 7 0 を備え、正のパワーを有する第 4 光学部 L 4 0 とが設けられている。30

**【 0 0 6 8 】**

本実施形態の光学系 1 0 では、第 1 光学部 L 1 0 と第 3 光学部 L 3 0 との間に画像光の第 1 中間像 P 1 が形成され、第 2 光学部 L 2 0 と第 4 光学部 L 4 0 との間に瞳 R 1 が形成され、第 3 光学部 L 3 0 と第 4 光学部 L 4 0 との間に画像光の第 2 中間像 P 2 が形成され、第 4 光学部 L 4 0 は、画像光を平行光化して射出瞳 R 2 を形成する。その際、第 3 光学部 L 3 0 は、第 2 光学部 L 2 0 から射出された画像光の画角の主光線を発散光として第 4 光学部 L 4 0 に入射させる。

**【 0 0 6 9 】**

本実施形態の光学系 1 0 において、瞳 R 1 は、第 2 光学部 L 2 0 と第 4 光学部 L 4 0 との間のうち、第 2 光学部 L 2 0 と第 3 光学部 L 3 0 との間に形成される。40

**【 0 0 7 0 】**

従って、本実施形態の光学系 1 0 によれば、投射光学系 3 2 と導光系 6 0 との間に画像光の第 1 中間像 P 1 が形成され、導光系 6 0 の近傍に瞳 R 1 が形成され、導光系 6 0 と第 2 回折素子 7 0 との間に画像光の第 2 中間像 P 2 が形成され、第 2 回折素子 7 0 は、画像光を平行光化して射出瞳 R 2 を形成する。

**【 0 0 7 1 】**

本実施形態の光学系 1 0 において、第 1 中間像 P 1 は、第 1 光学部 L 1 0 （投射光学系 3 2 ）と第 2 光学部 L 2 0 （第 1 回折素子 5 0 ）との間に形成される。50

**【 0 0 7 2 】**

本実施形態の光学系 10 によれば、以下に示す 3 つの条件（条件 1、2、3）を満たしている。

条件 1：画像光生成装置 31 の 1 つの点から出射した光線は、網膜 E0 に 1 つの点として結像される。

条件 2：光学系の入射瞳と眼球の瞳が共役である。

条件 3：第 1 回折素子 50 と第 2 回折素子 70 との間で周辺波長を補償する。

**【 0 0 7 3 】**

より具体的には、図 11 に示す一点鎖線 Lb から分かるように、画像光生成装置 31 の 1 つの点から出射した光線は、網膜 E0 に 1 つの点として結像されるという条件 1 を満たすので、観察者は 1 画素を視認することができる。また、図 11 に示す実線 La から分かるように、光学系 10 の入射瞳と眼 E の瞳 E1 とが共役（瞳の共役）の関係にあるという条件 2 を満たすので、画像光生成装置 31 で生成した画像の全域を視認することができる。また、上述したように補正光学系 45 を設けることで、第 1 回折素子 50 と第 2 回折素子 70 との間で画像光 L0 の周辺波長を補償するという条件 3 を満たすため、第 2 回折素子 70 で発生する色収差をキャンセルすることができる。10

**【 0 0 7 4 】****( 第二実施形態 )**

続いて、第二実施形態に係る表示装置について説明する。上記実施形態の光学系では、補正光学系によって特定波長の光、短波長側の光および長波長側の光が第 2 回折素子 70 上の一点に入射するように画像光を補正する場合を説明したが、本実施形態は特定波長の光、短波長側の光および長波長側の光における入射位置が第 2 回折素子 70 上でわずかに異なる場合について説明する。20

**【 0 0 7 5 】**

図 12 は、本実施形態の光学系 10A における第 1 回折素子 50 と第 2 回折素子 70 との間の光線図である。図 13 は、第 2 回折素子 70 から出射される光の説明図である。図 14 は、図 13 に示す光が眼 E に入射する様子を示す説明図である。なお、図 12 には、特定波長の光を実線 Le で示し、波長が特定波長 - 10 nm の光を一点鎖線 Lf で示し、波長が特定波長 + 10 nm の光を二点鎖線 Lg で示してある。図 14 には、図面に向かって最も左側に、波長が特定波長 - 10 nm の光（図 13 に一点鎖線 Lf で示す光）が眼 E に入射する様子を示し、図面に向かって最も右側に、波長が特定波長 + 10 nm の光（図 13 に二点鎖線 Lg で示す光）が眼 E に入射する様子を示し、その間には、特定波長 - 10 nm から特定波長 + 10 nm まで波長を変化させた光が眼 E に入射する様子を示してある。なお、図 14 には、特定波長の光が眼 E に入射する様子を示していないが、特定波長の光が眼 E に入射する様子は、左から 3 番目に示す様子と左から 4 番目に示す様子との中間の様子となる。30

**【 0 0 7 6 】**

この場合、図 13 に示すように、特定波長からずれた周辺波長の光では、第 2 回折素子 70 に入射する状態が異なる。ここで、第 2 回折素子 70 では、光軸に近づくほど干渉縞数が少なくなり、光を曲げる力が弱い。このため、長波長側の光を光軸側に入射させ、短波長側の光を端の方に入射させれば、特定波長の光、および周辺波長の光は平行光化されるため、波長補償と同様な効果を得ることができる。40

**【 0 0 7 7 】**

この場合、図 13 に示すように波長によって光線位置がずれるため、瞳に入射する光線径が径 a から径 b へと大きくなる。その時の瞳孔に入射する光線強度の様子を示したのが図 14 である。図 14 から分かるように、特定波長近傍では瞳孔を満たす事ができないが、周辺波長の光は、特定波長の光とずれた位置に入射するため、瞳孔径を満たすことができる。その結果、観察者は画像を見やすくなる等の利点を得ることができる。

**【 0 0 7 8 】****( 変形例 )**

10

20

30

40

50

図15は変形例に係る表示装置101の構成図である。本変形例の表示装置101は、図15に示すように、画像光L0aを右眼Eaに入射させる右眼用光学系10aと、画像光L0bを左眼Ebに入射させる左眼用光学系10bと、右眼用光学系10aおよび左眼用光学系10bを保持するフレーム90と、を備えている。

#### 【0079】

本変形例の表示装置101は、右眼用光学系10aおよび左眼用光学系10bにおいて、画像光L0を上側Y1から下側Y2に進行させることで観察者の眼Eに出射させる構成を有している。

#### 【0080】

本変形例の表示装置101においても上述の光学系10を有している。そのため、本変形例の表示装置101においても、2つの回折素子によって適正に波長補償を行いつつ、装置の小型化を図ることができる。

10

#### 【0081】

以上、本発明の表示装置に係る一実施形態について説明したが、本発明は上記に限定されることはなく、発明の趣旨を逸脱しない範囲において適宜変更可能である。

例えば、上記実施形態では、第2回折素子70における画像光L0の第2回折角が第1回折素子50における画像光L0の第1回折角よりも大きい場合を例に挙げたが、本発明はこれに限定されない。すなわち、本発明において、第2回折素子70における第2回折角と第1回折素子50における第1回折角とは互いに異なっていればよく、第1回折角が第2回折角よりも大きくててもよい。このように第1回折角を第2回折角よりも大きくする場合においても、補正光学系を設けることで、2つの回折素子によって適正に波長補償を行いつつ、表示装置の小型化を図ることが可能となる。

20

#### 【0082】

また、上記実施形態では、補正光学系45を第2光学部L20の第1回折素子50と一緒に設ける場合を例に挙げたが、補正光学系45を設ける場所はこれに限られない。例えば、補正光学系45を投射光学系32を構成する複数のレンズの一部に設けてもよい。

#### 【0083】

また、上記実施形態の補正光学系45を構成するプリズム45aは、図9Aから図9Cで示した各補正光学系45A～45Cの機能を全て有する場合を例に挙げたが、本発明の補正光学系はこれに限定されず、上記補正光学系45A～45Cの機能の少なくとも1つを有していればよい。

30

#### 【0084】

##### [他の表示装置への適用]

上記実施形態では、頭部装着型の表示装置100を例示したが、ヘッドアップディスプレイやハンドヘルドディスプレイやプロジェクター用光学系等に対して本発明を適用してもよい。

#### 【符号の説明】

#### 【0085】

10, 10A…光学系、31…画像光生成装置、45, 45A…補正光学系、45a…プリズム、50…第1回折素子、70, 70a, 70b…第2回折素子、100, 101…表示装置、L0, L0a, L0b…画像光、L10…第1光学部、L20…第2光学部、L30…第3光学部、L40…第4光学部、1…第1回折角、1…第2回折角。

40

## 【図面】

## 【図 1】

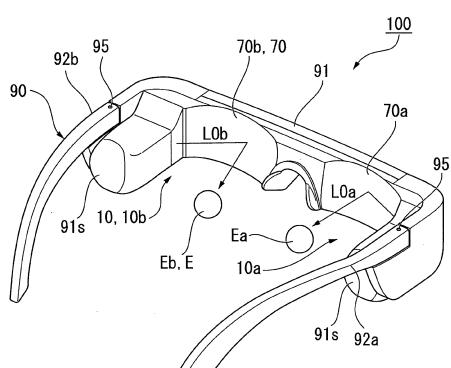


図 1

## 【図 2】

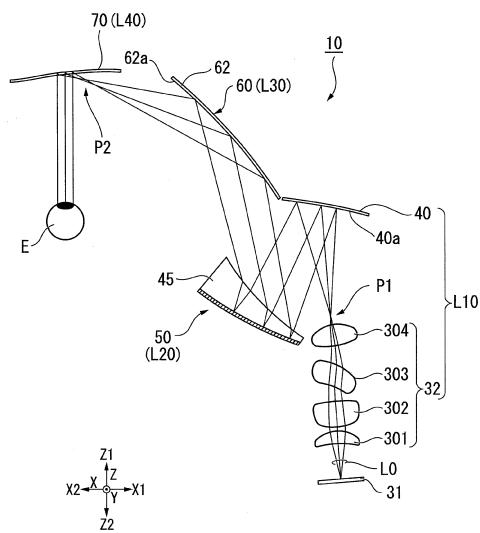


図 2

10

20

## 【図 3 A】

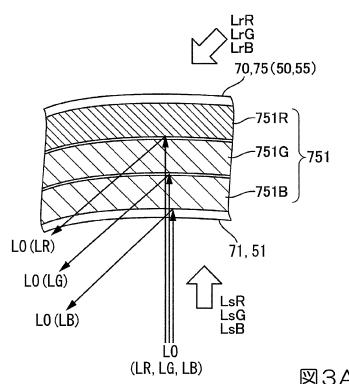


図 3A

## 【図 3 B】

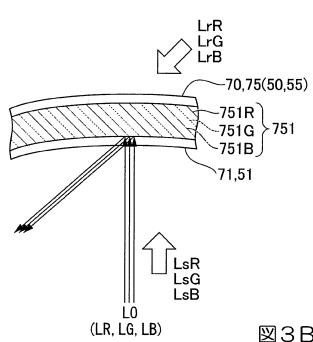


図 3B

30

40

50

【図 4】

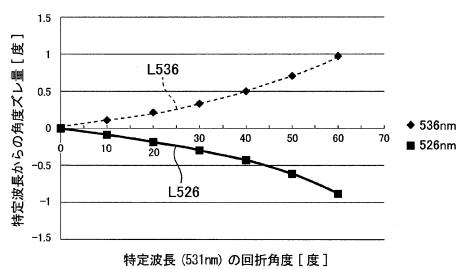


図4

【図 5】

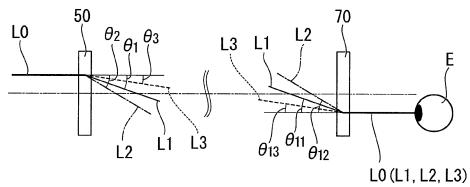


図5

10

【図 6 A】

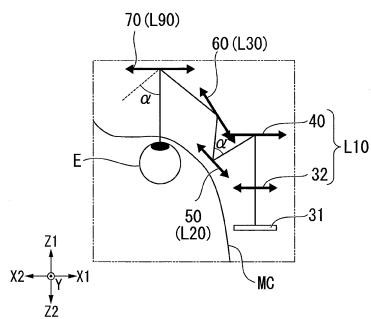


図6A

【図 6 B】

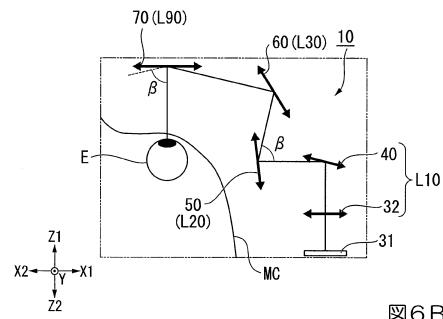


図6B

20

【図 7】

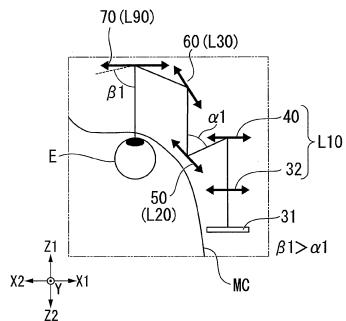


図7

【図 8】

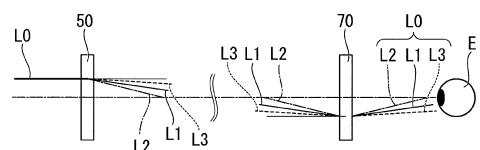


図8

30

40

50

【図 9 A】

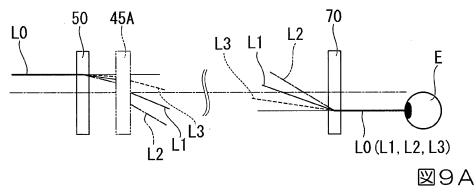


図9A

【図 9 B】

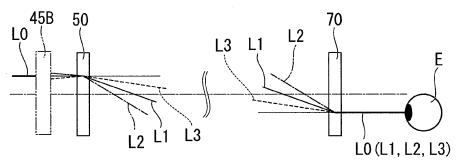


図9B

【図 9 C】

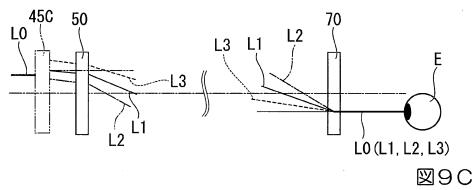


図9C

【図 10】

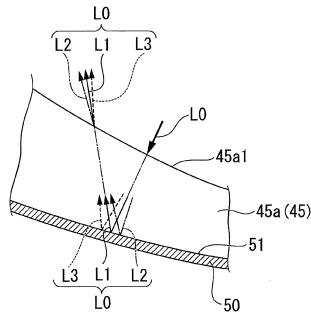


図10

10

20

【図 11】

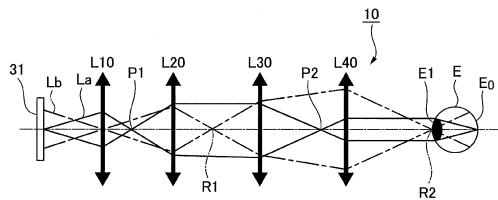


図11

【図 12】

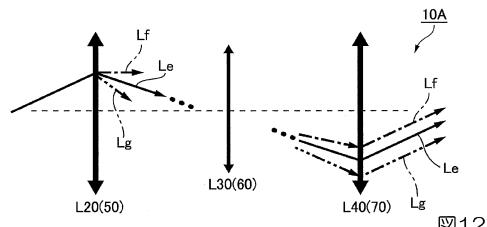


図12

30

40

50

【図 1 3】

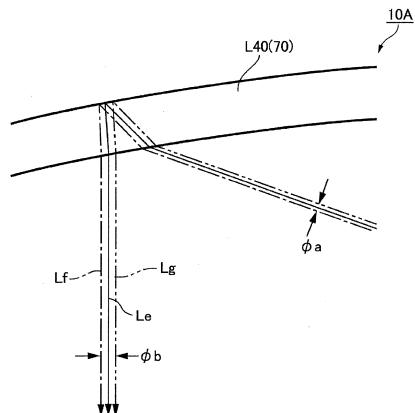


図13

【図 1 4】



10

20

図14

【図 1 5】

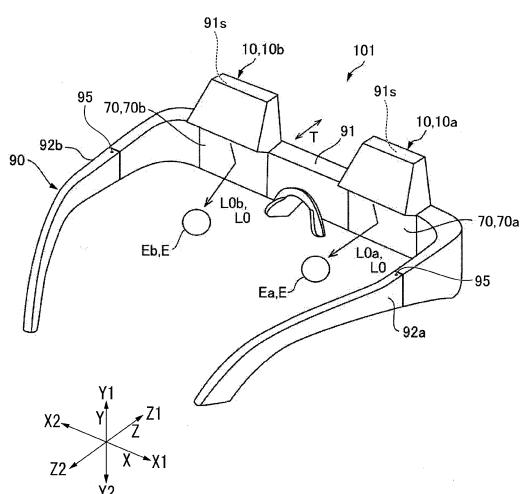


図15

30

40

50

---

フロントページの続き

審査官 鈴木 俊光

(56)参考文献      特開2018-087949 (JP, A)  
                  米国特許第05396349 (US, A)  
                  特表平08-506429 (JP, A)  
                  特開2016-109923 (JP, A)  
                  米国特許第06788442 (US, B1)  
                  特開平05-346508 (JP, A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G 02 B    27 / 01    -    27 / 02  
H 04 N    5 / 64  
H 04 N    13 / 344