

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-177920

(P2004-177920A)

(43) 公開日 平成16年6月24日(2004.6.24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G02B 27/02

G02B 26/10

G02B 27/22

G03B 21/00

G03B 21/62

F I

G02B 27/02

G02B 26/10

G02B 27/22

G03B 21/00

G03B 21/62

Z

1 O 4 Z

D

テーマコード (参考)

2 H O 2 1

2 H O 4 5

2 K 1 O 3

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 72 頁)

(21) 出願番号 特願2003-36619 (P2003-36619)  
 (22) 出願日 平成15年2月14日 (2003.2.14)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-232531 (P2002-232531)  
 (32) 優先日 平成14年8月9日 (2002.8.9)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
 (31) 優先権主張番号 特願2002-288404 (P2002-288404)  
 (32) 優先日 平成14年10月1日 (2002.10.1)  
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000000376  
 オリンパス株式会社  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目4番2号  
 (74) 代理人 100097777  
 弁理士 荏澤 弘  
 (74) 代理人 100088041  
 弁理士 阿部 龍吉  
 (74) 代理人 100092495  
 弁理士 蛭川 昌信  
 (74) 代理人 100092509  
 弁理士 白井 博樹  
 (74) 代理人 100095120  
 弁理士 内田 亘彦  
 (74) 代理人 100095980  
 弁理士 菅井 英雄

最終頁に続く

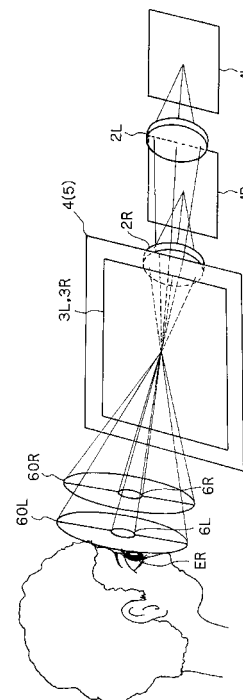
(54) 【発明の名称】 投影観察装置

(57) 【要約】

【課題】 観察方向により異なる映像を1つの表示面に同時に少なくとも2つ観察可能に表示する簡単な構成で照明効率の良い投影観察装置。

【解決手段】 映像を表示する表示素子1L、1Rと、表示素子1L、1Rに表示された映像3L、3Rを拡大投影する投影光学系2L、2Rと、投影光学系2L、2Rで投影された像近傍に配置された拡散板5と、投影光学系2L、2Rの射出瞳を観察者眼球位置EL、ERに投影する接眼光学系4とを備えており、拡散板5の拡散角は、半値全幅で20°以下である投影観察装置。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

映像を表示する表示素子と、前記表示素子に表示された映像を拡大投影する投影光学系と、前記投影光学系で投影された像近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する接眼光学系とを備えており、前記拡散板の拡散角は、半値全幅で  $20^\circ$  以下であることを特徴とする投影観察装置。

**【請求項 2】**

光源からの光束を偏向する走査手段と、前記走査手段からの光を所定の位置に集光する投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する接眼光学系とを備えており、前記拡散板の拡散角は、半値全幅で  $20^\circ$  以下であることを特徴とする投影観察装置。 10

**【請求項 3】**

光源からの光束を偏向する少なくとも 2 つの走査手段と、前記走査手段各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも 2 つの投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の接眼光学系とを備えており、前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が  $10^\circ$  以上であることを特徴とする投影観察装置。

**【請求項 4】**

光源からの光束を偏向する少なくとも 2 つの走査手段と、前記走査手段各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも 2 つの投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の凹面鏡からなる接眼光学系とを備えており、前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が  $10^\circ$  以上であることを特徴とする投影観察装置。 20

**【請求項 5】**

映像を表示する表示素子と、前記表示素子に表示された映像を拡大投影する投影光学系と、前記投影光学系で投影された像近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する凹面鏡とを備えており、前記透過型ホログラムからなる拡散板の拡散角は、半値全幅で  $20^\circ$  以下であることを特徴とする投影観察装置。 30

**【請求項 6】**

光源からの光束を偏向する走査手段と、前記走査手段からの光を所定の位置に集光する投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する凹面鏡とを備えており、前記透過型ホログラムからなる拡散板の拡散角は、半値全幅で  $20^\circ$  以下であることを特徴とする投影観察装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は投影観察装置に関し、所定の位置に投影された映像、あるいは所定の位置に形成された映像を、同時に、異なる方向から観察することができる投影観察装置に関するものである。 40

**【0002】****【従来の技術】**

従来、特許文献 1 には、ダブルレンチキュラスクリーンを使って観察方向により異なる画像の表示を同一のスクリーン上で行う方法が示されている。また、特許文献 2 には、回帰性スクリーンと 2 つのプロジェクターにより立体映像を表示するシステムが開示されている。また、本出願人は、特許文献 3 において、2 つの偏向鏡と偏心プリズムを組み合わせて両眼で観察可能な画像表示装置を提案している。また、特許文献 4 において、単一の 50

2次元走査ミラーと偏心プリズムを組み合わせて小型の光走査装置を構成することを提案している。

【0003】

【特許文献1】

特開平6 - 230738号公報

【0004】

【特許文献2】

特開平10 - 115878号公報

【0005】

【特許文献3】

10

特開平11 - 84291号公報

【0006】

【特許文献4】

特開2001 - 281583号公報

【0007】

【特許文献5】

特開平9 - 127312号公報

【0008】

【特許文献6】

20

特開2000 - 171618号公報

【0009】

【特許文献7】

米国特許第6, 124, 989号明細書

【0010】

【特許文献8】

特開2000 - 66105号公報

【0011】

【特許文献9】

特開平9 - 258642号公報

【0012】

30

【発明が解決しようとする課題】

しかし、ダブルレンチキュラスクリーンを用い方法は、2つのレンチキュラスクリーンの位置合わせを厳密にする必要がある。また、プロジェクターの光を効率的に観察者に向けることができないために、明るい観察像を得るためには非常に高輝度の光源が必要になる。

【0013】

また、回帰性スクリーンを用いる方法では、プロジェクター（投影光学系）の射出瞳位置に光線が収束してしまうために、効率の良い明るい観察像を観察することができない。

【0014】

また、映像表示装置において、1つの表示面に見る角度により異なる映像を表示する技術として、レンチキュラシートやパララックスバリア方式等が使われていたが、明るい観察像を解像度を下げることなく観察できるものはなかった。

40

【0015】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、所定の位置に投影された映像、あるいは所定の位置に形成された映像を、同時に、異なる方向から観察することができる投影観察装置を提供することである。また、簡単な構成でありながら、照明効率の良い投影観察装置を提供することである。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の第1の投影観察装置は、映像を表示する表示素子と、前記表

50

示素子に表示された映像を拡大投影する投影光学系と、前記投影光学系で投影された像近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する接眼光学系とを備えており、前記拡散板の拡散角は、半値全幅で $20^{\circ}$ 以下であることを特徴とするものである。

【0017】

本発明の第2の投影観察装置は、光源からの光束を偏向する走査手段と、前記走査手段からの光を所定の位置に集光する投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する接眼光学系とを備えており、前記拡散板の拡散角は、半値全幅で $20^{\circ}$ 以下であることを特徴とするものである。

【0018】

本発明の第3の投影観察装置は、光源からの光束を偏向する少なくとも2つの走査手段と、前記走査手段各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも2つの投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の接眼光学系とを備えており、前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が $10^{\circ}$ 以上であることを特徴とするものである。

【0019】

本発明は、光源からの光束を偏向する少なくとも2つの走査手段と、前記走査手段各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも2つの投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の凹面鏡からなる接眼光学系とを備えており、前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が $10^{\circ}$ 以上であることを特徴とする投影観察装置を含むものである。

【0020】

同様に、映像を表示する表示素子と、前記表示素子に表示された映像を拡大投影する投影光学系と、前記投影光学系で投影された像近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する凹面鏡とを備えており、前記透過型ホログラムからなる拡散板の拡散角は、半値全幅で $20^{\circ}$ 以下であることを特徴とする投影観察装置を含むものである。

【0021】

また、同様に、光源からの光束を偏向する走査手段と、前記走査手段からの光を所定の位置に集光する投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する凹面鏡とを備えており、前記透過型ホログラムからなる拡散板の拡散角は、半値全幅で $20^{\circ}$ 以下であることを特徴とする投影観察装置を含むものである。

【0022】

【発明の実施形態】

以下に、本発明において上記構成をとる理由とその作用について説明する。

【0023】

図1に、本発明の第1の投影観察装置の光学系の概念図を示す。本発明の投影観察装置は、映像を表示する表示素子1と、その表示素子1に表示された映像を拡大投影する投影光学系2と、投影光学系2で投影された映像3近傍に配置された拡散板5と、投影光学系2の射出瞳を観察者眼球E近傍に投影する接眼光学系4とを備えている。図1の場合は、1つの表示面（投影面）に左右の眼EL、ER用の映像を同時に表示する投影観察装置を図示してあるが、何れか一方だけでもよい。

【0024】

図1の場合は、左右の眼用の2つの表示素子1L、1Rが配置されている。この2つの表示素子1L、1Rには、同一の映像でも異なる映像でも表示することができる。また、同一の映像としては、左右視差のない映像でも左右視差のある映像でもよい。そして、2つの表示素子1L、1Rに対応して、2つの投影光学系2L、2Rが配置されている。よっ

10

20

30

40

50

て、2つの表示素子1 L、1 Rに表示された映像は、2つの投影光学系2 L、2 Rによって所定の位置に投影される。この所定の位置は共通の表示面（投影面）であって、ここには単一の接眼光学系4が配置されている。よって、接眼光学系4は、2つの表示素子1 L、1 R、2つの投影光学系2 L、2 R及び投影された映像3 L、3 Rに関して共通の光学系になる。

【0025】

2つの投影光学系2 L、2 Rによって投影された映像3 L、3 R（以下、投影像3 L、3 Rとする。）は、図1に示すように完全に重なった状態で接眼光学系4近傍に投影される。この構成により、接眼光学系4が小さくても、左右異なる映像、左右同一の映像又は左右同一で視差のある映像を小さい表示面に表示することが可能となる。なお、投影像3 L、3 Rの重なり具合は、多少ずれていても構わない。

10

【0026】

この接眼光学系4は、投影光学系2 L、2 Rの射出瞳を観察者側に投影する。図1では、投影された投影光学系2 L、2 Rの射出瞳（以下、射出瞳像とする。）を6 L、6 Rで示している。この射出瞳像6 L、6 Rの位置には、観察者の眼球E L、E Rが位置する。したがって、結果的に、接眼光学系4は投影光学系2 L、2 R各々の射出瞳を、観察者眼球E L、E R近傍に投影していることになる。このような接眼光学系4を備えることにより、投影光学系2 L、2 Rを射出した投影光線を効率良く観察者眼球E L、E Rに集めることが可能となる。その結果、低出力の光源を用いて表示素子1 L、1 Rを照明しても明るい観察像を観察することが可能となる。

20

【0027】

さらに、本発明では、投影像3 L、3 Rの近傍に共通の単一の拡散板5を配置している。そして、その拡散板5に所定の拡散特性を持たせている。これにより、図1に示すように、射出瞳像6 L、6 Rの瞳径が小さい場合であっても、観察しやすい大きさの射出瞳像6 L、6 Rに拡大することが可能となる。この結果、観察者の眼E L、E Rの位置が射出瞳像6 L、6 Rの位置から多少ずれても、投影像3 L、3 Rを観察像として観察することが可能になる。すなわち、観察しやすい投影観察装置を提供することが可能となる。

【0028】

なお、接眼光学系4と拡散板5は、何れも投影光学系2 L、2 Rにより投影された投影像3 L、3 R近傍に配置される。よって、接眼光学系4の少なくとも1面に、拡散作用をする拡散面を一体に設けて拡散板5としてもよい。あるいは、拡散板5を接眼光学系4とは別体のものとしてもよい。

30

【0029】

ここで、拡散板5の拡散角は、半値全幅で20°以下であることが好ましい。拡散板5の拡散角が半値全幅で20°を越えると、拡散角が大きくなりすぎる。この場合、観察視域は広がるが、観察像の明るさが暗くなり、観察物体を照明する照明装置が大掛かりになってしまう。図1のように、両眼E L、E Rで左右同一な観察像を観察する場合には、上記のように拡散角は半値全幅で20°以下が好ましい。これ以上拡散角が大きいと、観察像が暗くなってしまう。

【0030】

さらに好ましくは、拡散板5の拡散角は、半値全幅で10°以上あるのが好ましい。このようにすると、両眼E L、E Rで観察することが可能となり、見やすい投影観察装置になる。

40

【0031】

図2に、本発明の第2の投影観察装置の光学系の概念図を示す。この場合も、1つの表示面に左右の眼E L、E R用の投影像3 L、3 Rを同時に表示する投影観察装置として図示してあるが、何れか一方だけでもよい。

【0032】

図2の場合は、左右の眼用の2つの光源7 L、7 Rが用意されている。それら光源7 L、7 Rからの光束は、左右の走査手段8 L、8 Rに入射して偏向される。偏向された光束は

50

投影光学系 9 L、9 R に入射し、所定の位置に集光する。この集光位置には走査パターンに応じた投影像 3 L、3 R が形成される。この場合も、投影像 3 L、3 R は左右異なる映像、左右同一の映像、あるいは左右同一で視差のある映像の何れであってもよい。投影像 3 L、3 R は完全に重ね合わさるように形成されるのが好ましいが、多少ずれていてもよい。なお、投影像 3 L、3 R の近傍には、接眼光学系 4 が配置されている。

【0033】

ここで、光源からの光束を 2 次元的に偏向する走査手段 8 L、8 R としては、特許文献 4 に示されたような単一の 2 次元走査ミラー、すなわち、2 次元方向に走査するジンバル構造の走査ミラーがある。あるいは、特許文献 3 に示されたような相互に直交する方向に光束を偏向する 2 つの偏向鏡の組み合わせ等がある。

10

【0034】

図 2 の構成でも、接眼光学系 4 は、投影光学系 9 L、9 R の射出瞳を観察者側に投影している。投影された投影光学系 9 L、9 R の射出瞳、すなわち射出瞳像は 6 L、6 R で示されている。この射出瞳像 6 L、6 R の位置には、観察者の眼球 E L、E R が位置する。このように、結果的に、接眼光学系 4 は投影光学系 9 L、9 R 各々の射出瞳を、観察者眼球 E L、E R 近傍に投影していることになる。このような接眼光学系 4 を備えることにより、図 2 の構成においても走査手段 8 L、8 R を射出した投影光線を、効率良く観察者眼球 E L、E R に集めることが可能となる。この結果、低出力の光源 7 L、7 R を用いても明るい観察像を観察することが可能となる。

【0035】

20

さらに、本発明でも投影像 3 L、3 R の近傍に、共通の単一の拡散板 5 を配置している。そして、その拡散板 5 に所定の拡散特性を持たせている。これにより、図 2 に示すように、射出瞳像 6 L、6 R の瞳径が小さい場合であっても、観察しやすい大きさの射出瞳像 6 L、6 R に拡大することが可能となる。この結果、観察者の眼 E L、E R の位置が出瞳像 6 L、6 R の位置から多少ずれても、投影像 3 L、3 R を観察像として観察することが可能になる。すなわち、観察しやすい投影観察装置を提供することが可能となる。

【0036】

なお、接眼光学系 4 と拡散板 5 は、何れも走査手段 8 L、8 R により形成された投影像 3 L、3 R 近傍に配置される。よって、接眼光学系 4 の少なくとも 1 面に、拡散作用をする拡散面を一体に設けて拡散板 5 としてもよい。あるいは、拡散板 5 を接眼光学系 4 とは別体のものとしてもよい。

30

【0037】

ここで、拡散板 5 の拡散角は、半値全幅で  $20^\circ$  以下であることが好ましい。拡散板 5 の拡散角が半値全幅で  $20^\circ$  を越えると、拡散角が大きくなりすぎる。この場合、観察視域は広がるが、観察像の明るさが暗くなり、観察物体を照明する照明装置が大掛かりになってしまう。図 2 のように、両眼 E L、E R で左右同一な観察像を観察する場合には、上記のように拡散角は半値全幅で  $20^\circ$  以下が好ましい。これ以上拡散角が大きいと、観察像が暗くなってしまう。

【0038】

さらに好ましくは、拡散板 5 の拡散角は、半値全幅で  $10^\circ$  以上あるのが好ましい。このようにすると、両眼 E L、E R で観察することが可能となり、見やすい投影観察装置になる。

40

【0039】

また、図 1、図 2 の配置で、左右の投影像 3 L、3 R として両眼視差のある映像を観察場合は、左右の眼で観察する映像が異なるために、拡散角が大きいとクロストークを起こす。この場合、立体像とは認識できず二重像として観察されてしまう。そのために、拡散板 5 の拡散角は半値全幅で  $8^\circ$  以下であることが好ましい。

【0040】

また、拡散板 5 は、光強度が  $1/10$  になる全幅において、拡散角が  $12^\circ$  以下であることが好ましい。少なくとも  $12^\circ$  以上に拡散する光線は観察者に届かないので、上記条

50

件を満足することが照明光の効率的利用につながる。なお、半値全幅から急に拡散光強度が低下する特性であることが好ましい。

#### 【0041】

次に、上記のような拡散角を得るための拡散板5の表面粗さについて説明する。

#### 【0042】

図3は拡散板5が透過型の場合である。透過型拡散板5から40cmの距離で63mmの大きさに光線を拡大しようとする、光線の拡散角は半値幅で4.5°の拡散角を持つことが必要になる。拡散板5表面の微細な凹凸で光線を屈折させる場合、その凹凸の形状をsin波形状と仮定し、拡散面の屈折率を1.5とする。すると、図4に示すように、入射角を $\theta_i$ 、屈折角を $\theta_r$ とし、 $\theta_r - \theta_i = 4.5^\circ$ とスネルの式から、入射角 $\theta_i$ は約8.86°の傾きを持つ必要があることが分かる。つまり、表面荒さの傾きの最大値は8.86°であることが必要である。ここで、面の形状は滑らかなsin波形状としていることから、その形状は、

$$y = a \times \sin(2\pi x / T)$$

で表される。ここで、aは振幅、Tは周期である。そして、その傾きは、

$$(\text{傾き}) = dy / dx = a \times \cos(2\pi x / T) \times 2\pi / T$$

となる。傾きが最大になるのは、 $x = 2\pi m$  (mは整数) のときであるから、

$$(\text{傾きの最大値}) = a \times 2\pi / T$$

となり、これが8.86°になるときのa/Tを求めればよいことになる。

#### 【0043】

$$(\text{傾きの最大値}) = a / T \times 2\pi = 8.86 / 180 \times \pi = 0.154$$

これからa/Tを求めると、

$$a / T = 0.0246$$

となる。ここで、JIS B0601による算術平均荒さRaとaの関係は、形状が正弦波の場合は、

$$Ra / \sqrt{2} = a$$

となり、さらに凹凸の平均間隔Smと上記周期Tの関係は、

$$Sm = T$$

となる。これより、表面粗さに関しては以下の結果を得る。

#### 【0044】

$$Sm = 28.7 Ra$$

の場合、拡散面の最大傾斜は8.83°となり、屈折率1.5の場合、光線の拡散半角4.5°、拡散全角で9°の拡散板が得られる。

#### 【0045】

次に、図5は拡散板5が反射型の場合である。反射型拡散板5から40cmの距離で63mmの大きさに光線を拡大しようとする、光線の拡散角は半値幅で4.5°の拡散角を持つことが必要になる。拡散板5表面の微細な凹凸で光線を反射させる場合、その凹凸の形状をsin波形状と仮定すると、図6に示すように、入射角、反射角を $\theta_i$ 、 $\theta_r$ とし、 $2\theta_i = 4.5^\circ$ から、入射角 $\theta_i$ は4.5°の半分の約2.25°の傾きを持つ必要があることが分かる。つまり、表面荒さの傾きの最大値は2.25°であることが必要である。ここで、面の形状は滑らかなsin波形状としていることから、その形状は、

$$y = a \times \sin(2\pi x / T)$$

で表される。そして、その傾きは、

$$(\text{傾き}) = dy / dx = a \times \cos(2\pi x / T) \times 2\pi / T$$

となる。傾きが最大になるのは、 $x = 2\pi m$  (mは整数) のときであるから、

$$(\text{傾きの最大値}) = a \times 2\pi / T$$

となり、これが2.25°になるときのa/Tを求めればよいことになる。

#### 【0046】

$$(\text{傾きの最大値}) = a / T \times 2\pi = 2.25 / 180 \times \pi = 0.03927$$

これからa/Tを求めると、

10

20

30

40

50

$$a / T = 0.00625$$

となる。ここで、JIS B 0601による算術平均粗さ  $R_a$  と  $a$  の関係は、形状が正弦波の場合は、

$$R_a / 2 = a$$

となり、さらに凹凸の平均間隔  $S_m$  と上記周期  $T$  の関係は、

$$S_m = T$$

となる。これより、表面粗さに関しては以下の結果を得る。

【0047】

$$S_m = 113.14 R_a$$

の場合、拡散面の最大傾斜は  $2.25^\circ$  となり、反射による拡散半角  $4.5^\circ$ 、拡散全角  $10^\circ$  の反射型拡散板 5 が得られる。

【0048】

これを、2回透過型拡散板、裏面鏡型拡散板についても検討すると、 $S_m / R_a$  と拡散半角との関係は、拡散面の凹凸面を  $\sin$  波形状に近似できる場合は、図7に示すようになる。

【0049】

以上のような知見から、拡散板 5 の表面粗さは、以下の条件を満足することが望ましい。

【0050】

$$5 < (S_m / R_a) < 1000 \quad \dots (1)$$

この条件は、拡散板 5 に好ましい拡散特性を持たせるために必要な条件であり、拡散特性を表面の微細な凹凸形状により与える場合である。光線を拡散させる方法に、拡散板 5 表面の微細な凹凸形状を用いると、拡散特性に波長依存性が非常に少なくなり好ましい。また、透過率も他の方法に比べて拡散板 5 表面でのフレネル反射のみになり、透過率の低下が少ない。さらに、AR（反射防止）コート等を行うことにより、さらに透過率を上げることが可能である。

【0051】

さらに好ましくは、

$$10 < (S_m / R_a) < 500 \quad \dots (1-1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0052】

また、本発明の拡散板 5 の拡散面は、以下条件を満足するようなランダムな凹凸形状にするのがよい。これにより、広い射出瞳径で、ざらつき感のないクリアーで明るい観察像を得ることができる。

【0053】

1回透過型の拡散板では、

$$5 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 70 \quad \dots (2)$$

2回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 80 \quad \dots (3)$$

表面反射型の拡散板では、

$$50 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (4)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 250 \quad \dots (5)$$

なる条件を満足することが好ましい。ここで、 $S_m$  は JIS B 0601 による表面の凹凸の平均間隔 ( $\mu m$ )、 $R_a$  は表面の中心線平均粗さ ( $\mu m$ )、 $E_p$  は拡散面から観察者の眼の位置までの距離 (：アイポイント ( $mm$ )) である。

【0054】

上記条件式 (2) ~ (5) の下限を下回ると、拡散角が小さくなりすぎ、広い瞳径を得ることが難しくなる。また、上限を上回ると、拡散しすぎてしまい観察像が暗くなってしまう。

【0055】

10

20

30

40

50



なお、接眼光学系 4 にフレネルレンズを用いる場合には、拡散面の凹凸形状をランダムな配置にすることがより好ましい。凹凸形状に周期性があると、フレネルレンズのピッチと拡散面との間でモアレ縞が発生して観察像に重畳し、見にくい像となってしまう。

【0056】

上記条件式(2)～(5)については、それぞれ以下のようにさらに限定することがより望ましい。

【0057】

1 回透過型の拡散板では、

$$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 40 \quad \dots (2-1)$$

2 回透過型の拡散板では、

$$15 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 60 \quad \dots (3-1)$$

表面反射型の拡散板では、

$$70 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 150 \quad \dots (4-1)$$

裏面反射型の拡散板では、

$$100 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (5-1)$$

さらに好ましくは、拡散板の拡散面の表面の凹凸の平均間隔  $S_m$  は、

$$S_m < 200 \mu m \quad \dots (6)$$

なる条件を満足することが好ましい。この条件(6)は、観察画面のザラザラ感に関係している。拡散面の凹凸が  $200 \mu m$  以上だと、特に本発明のように投影光学系 2、 $2_1$ 、 $2_2$  からの光束が細い(NAが小さい)光線で拡散板 4 近傍に投影像を形成する投影観察装置においては、この  $S_m$  が映像のザラザラ感(シンチレーション)に大きく影響する。そのため、条件(1)～(5)を満足しながら、本条件(6)を満足するような拡散面であることが重要である。この条件(6)を満足しないで、 $S_m$  が  $200 \mu m$  以上になると、ひどいときは観察者の眼を移動した場合に画面全体が細かく瞬くように見えるシンチレーションが見えてしまう。また、そこまでひどくなくても、映像がすりガラスに投影された映像のように画像のクリア感がなくなり、鮮やかな映像を観察することができない。

【0058】

さらに好ましくは、

$$S_m < 100 \mu m \quad \dots (6-1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0059】

さらに好ましくは、

$$S_m < 50 \mu m \quad \dots (6-2)$$

なる条件を満足することが望ましい。

【0060】

さて、以上のような条件を満足する本発明の拡散板 5 としては、本出願人による特願 2001-370950 の作製方法で作製した拡散板が使用可能である。その拡散板としては、以下のものがある。

(1) サンドブラスト法により粒径が制限された球形ビーズを吹き付けて形成されたランダム配置の凹面群あるいはその凹面群に相似的な凹面群、又は、これら凹面群に相補的な凸面群を有する拡散板。

(2) 金属基板に球形ビーズを吹き付けて形成されたランダム配置の凹面群を型として透明基板に複製することにより作製された(1)の拡散板。

(3) 金属基板上に形成した加工層に球形ビーズを吹き付けて形成されたランダム配置の凹面群を金属基板表面に相似的に転写して形成されたランダム配置の凹面群を型として透明基板に複製することにより作製された(1)の拡散板。

(4) 前記球形ビーズの粒径が  $0.01 mm$  から  $2 mm$  のガラスビーズからなる(1)から(3)の拡散板。

(5) 前記球形ビーズを吹き付ける空気圧が  $0.5 \sim 3.0 kg/cm^2$  である(4) 50

の拡散板。

(6) 前記金属基板が真鍮からなる(2)、(4)、(5)の拡散板。

(7) 前記金属基板が前記球形ビーズより硬度の高い金属からなる(3)、(4)、(5)の拡散板。

(8) 前記金属基板の表面に形成された凹面群を射出成形あるいはプレス成形により透明基板に複製した(2)~(7)の拡散板。

(9) 基板上に樹脂の液滴を噴霧して付着させることにより形成されたランダム配置の凸面群を基板表面に相似的に転写して形成されたランダム配置の凸面群、又は、その凸面群に相補的な凹面群を有する拡散板。

#### 【0061】

さらに、特許文献5に記載されている拡散板を使うことができる。この拡散板は、透明基体の片面又は両面を粗面化して作製したものである。透明基体の片面又は両面を粗面化する方法としては、例えば以下の(1)~(4)の方法がある。(1)透明基体の片面又は両面をエッチング処理する方法、(2)樹脂にフィラーを、必要に応じて、水や有機溶剤と共に分散した塗料又はインクをコーティングや印刷を行うことにより、透明基体の片面若しくは両面上に単層又は多層に分けて設ける方法、(3)樹脂やフィラー単体又はこの混合物からなる粉体を静電粉体コーティングや粉体電着コーティングにより、透明基体の片面又は両面に設ける方法、(4)有機又は無機のフィラーを樹脂と共に、熱と圧力を加えることにより溶融し、この溶融物を押し出し成形や射出成形等によりフィルム化して成形する方法。この場合に、この拡散板のHAZE値(JISK7105)が、10~40

10

20

#### 【0062】

また、特許文献6で作製した拡散板を使うこともできる。この拡散板を作製する方法は、基体上に直接又は他の層を介して結着層を積層する工程と、フィラーを加圧媒体によって結着層に埋め込む工程と、その工程で得た積層体に付着した余剰フィラーを除去する工程とを具備している。

#### 【0063】

接眼光学系4としては、前記したように、フレネルレンズやフレネル反射鏡のようにフレネル面により構成されていることが望ましい。また、接眼光学系4は、偏心フレネル反射面で構成することができ、接眼光学系4をフレネルレンズやフレネル反射鏡のようにフレネル面により構成することにより、接眼光学系4を薄く構成できる。その結果、投影観察装置を小型で折り畳みやすいものにすることができ、また、後記の実施例のように凹面鏡1枚から構成されていてもよい

30

また、接眼光学系4を反射光学系で構成することにより、観察者側に投影された投影光学系2L、2Rや9L、9Rの射出瞳(射出瞳像)における収差の発生が少なくなる。その結果、拡散板5の拡散性を上げなくても、観察視域が広くとれる。また、不要な方向に拡散する光が少なくなる分、照明の光量を増やさずに明るい観察像を観察できる。特に、本発明のように、接眼光学系4の光軸が偏心している光学系においては偏心収差の発生が大きい。しかも、接眼光学系4がシンプルな場合は、この偏心収差を補正する面を他に設けることが難しい。このような点から、元々偏心収差の発生が少ない反射光学系を使うことは好ましいといえる。

40

#### 【0064】

また、接眼光学系4をフレネル面で構成すると、接眼光学系4を薄くすることが可能である。これは、フレネル面は略平面で構成することが可能であることによる。また、反射型のフレネル面では、光学作用面である輪帯状の反射面の光軸に垂直な面に対してなす角度が小さくなることにより、フレネルレンズで問題となるフレネル端面(非作用面)でのゴースト光の発生が少なくなる。また、光線の透過効率も高くできる。また、走査手段8<sub>1</sub>、8<sub>2</sub>で決まる2つの光軸のなす角度を後記のように大きくとる場合には望ましいものとなる。

#### 【0065】

50

図 8 に、本発明の第 3 の投影観察装置の光学系の概念図を示す。本発明の第 3 の投影観察装置は、複数の観察者が異なる方向から、映像を同時に観察することができる投影観察装置である。図 8 に示す投影観察装置は、図 2 と同じように、2 つの光源  $7_1$ 、 $7_2$  と、2 つの走査手段  $8_1$ 、 $8_2$ 、及び、2 つの投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を有する。そして、接眼光学系 4 と拡散板 5 の近傍に投影像  $3_1$ 、 $3_2$  を形成し、異なる観察者  $M_1$ 、 $M_2$  の眼  $E_1$ 、 $E_2$  に見 2 つの映像が投影されるように構成されている。また、図 8 では、接眼光学系 4 で投影された投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の射出瞳、すなわち射出瞳像を  $6_1$ 、 $6_2$  で示している。また、拡散板 5 で拡大された射出瞳像を  $6_{01}$ 、 $6_{02}$  で示してある。なお、図 1 のような 2 つの表示素子と 2 つの投影光学系を用いる投影観察装置についても、同様に構成できる。

10

#### 【0066】

接眼光学系 4 近傍に形成される投影像  $3_1$ 、 $3_2$  は、図 8 に示すように少なくとも一部が重なるように形成される。この構成により、接眼光学系 4 と拡散板 5 が構成する表示面が小さくても、異なる映像を小さい表示面に表示することが可能となる。

#### 【0067】

さて、図 8 の構成では、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を介して走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  から接眼光学系 4 に至る光軸は接眼光学系 4 と交差する。そこで、何れか一方の光軸が交差する点における接眼光学系 4 の垂線とその光軸とのなす角は  $10^\circ$  以上であることが望ましい。この点について、図 9 を用いて説明する。

#### 【0068】

図 9 に示すように、走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  から投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を介して接眼光学系 4 に至る光軸は、拡散板 5 と接眼光学系 4 の略中心を通過して観察者  $M_1$ 、 $M_2$  の眼球位置に到達する。なお、ここでは、拡散板 5 の拡散作用は考えないとしている。

20

#### 【0069】

本発明の投影観察装置としては、1 つの表示面に形成された映像を、少なくとも 2 人以上で異なる方向から観察する個人用ディスプレイとしての使用が考えられる。この場合、表示面と観察者の距離は  $40\text{ cm} \sim 1\text{ m}$  程度になる。一方、2 人以上の観察者、ここでは 2 人の観察者  $M_1$ 、 $M_2$  は顔を寄せて合って観察することはないので、両者の顔の中心間の距離は  $40\text{ cm}$  以上離れると思われる。この場合、投影光学系  $9_1$  の光軸と投影光学系  $9_2$  の光軸とのなす角度は、 $53^\circ \sim 22.6^\circ$  になる。このように、お互いの顔が近づくことによる心理的ファクターを考えると、点 P における接眼光学系 4 の垂線 N と投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の光軸（投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を介して走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  から接眼光学系 4 に入射する光軸）の少なくとも何れ一方の光軸とのなす角は  $10^\circ$  以上であることが望ましい。ここで、点 P は、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の光軸の少なくとも何れか一方が、接眼光学系 4 と交差する点である。また、接眼光学系 4 の垂線 N とは、接眼光学系 4 の主面に対する垂線であり、接眼光学系 4 をフレネルレンズやフレネル反射鏡で構成する場合は、そのレンズや反射鏡に対する垂線となる。

30

#### 【0070】

図 9 は 2 次元偏心的に走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  と投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を配置した場合であるが、3 次元偏心的に配置する場合も同様のことが言える。図 10 は、走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  と投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を 3 次元偏心的に配置したときの模式図である。なお、図 10 では、一方の走査手段  $8_1$  と投影光学系  $9_1$  のみしか図示していない。また、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の射出瞳をそれぞれ  $16_1$ 、 $16_2$  で示し、それらの接眼光学系 4 による投影像である射出瞳像を  $6_1$ 、 $6_2$  で示してある。図 10 に示すように、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を 3 次元偏心的に配置する場合も、図 9 と同様に、点 P における垂線 N と投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の光軸とのなす角を、 $10^\circ$  以上にすることが望ましい。

40

#### 【0071】

ところで、本発明の場合も、拡散板 5 の拡散角は半値全幅で  $20^\circ$  以下であることが好ましい。拡散板 5 に上記条件の拡散特性を持たせることにより、観察者別に各々の投影像 3

50

$1$ 、 $3_2$  を観察させることが可能となる。この条件の上限の  $20^\circ$  を越えると、投影像  $3_1$ 、 $3_2$  が異なる映像の場合、異なる映像がダブって見える「クロストーク」が発生する。このため、観察者は、表示内容を正しく観察することができなくなってしまう。また、上限の  $20^\circ$  を越えると、拡散角が大きくなりすぎ観察像の明るさが暗くなる。そのため、必要な光量を確保しようとする、光源  $7_1$ 、 $7_2$  が大掛かりになってしまう。なお、投影像  $3_1$ 、 $3_2$  が同一映像の場合、クロストークの問題は生じない。

#### 【0072】

また、拡散板 5 は、10 分の 1 全幅で拡散角が  $40^\circ$  以下となる拡散特性を有することが好ましい。少なくとも  $40^\circ$  以上に拡散する光線は観察者に届かない。よって、上記条件を満足することにより、無駄な照明光が減り、照明光の利用効率が向上する。その結果、光源  $7_1$ 、 $7_2$  として小型で低出力のものを使うことが可能となる。なお、半値全幅から急に拡散光強度が低下する特性であることが好ましい。

10

#### 【0073】

さらに、拡散板 5 は、10 分の 1 全幅で拡散角が  $30^\circ$  以下となる拡散特性を有することが好ましい。上記条件を満足することが照明の効率的利用につながる。少なくとも  $30^\circ$  以上に拡散する光線は観察者にあまり届かないので、上記条件を満足することが照明の効率的利用につながる。なお、半値全幅から急に拡散光強度が低下する特性であることが好ましい。

#### 【0074】

次に、図 9、図 10 に示す構成では、接眼光学系 4 に対して斜め方向から走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  で走査された映像を投影する配置となっている。このような配置で、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を回転対称な光学系で構成すると、投影された像はアオリ像となって像歪みが発生する。この像歪みは、図 10 に示すように、走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  で走査されて形成された表示面と、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の主面と、接眼光学系 4 の主面とを平行に配置し、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を光軸に垂直にシフトした形態にすることにより補正できる。あるいは、シャイムフルクの法則を満たすようにこの三者を配置することにより、その像歪みを補正することができる。

20

#### 【0075】

また、このような像歪みは、走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  により形成する像を、その像歪みをキャンセルするように予め歪ませて表示することにより、電氣的に補正することもできる。さらに、上記の光学的な補正方法と電氣的な補正方法の両方を用いることも可能なことは言うまでもない。

30

#### 【0076】

また、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  としては偏心光学系を使うことが望ましい。その場合、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  は回転非対称面を有することが望ましい。なお、回転非対称な曲面形状としては、限定的でないが、自由曲面を用いることが望ましい。自由曲面は、例えば特許文献 7 (特許文献 8) の (a) 式により定義される自由曲面であり、その定義式の Z 軸が自由曲面の軸となる。

#### 【0077】

また、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の少なくとも 1 つは、屈折率 ( $n$ ) が 1 よりも大きい ( $n > 1$ ) 媒質で形成された偏心プリズムを 1 個以上備えた偏心プリズム光学系から構成する。その偏心プリズムは、走査手段あるいは表示素子から射出された光束をプリズム内に入射する入射面と、その光束をプリズム内で反射する少なくとも 1 つの反射面と、光束をプリズム外に射出する射出面とを有する。そして、その少なくとも 1 つの反射面が、光束にパワーを与える曲面形状を有し、その曲面形状が偏心によって発生する収差を補正する回転非対称な面形状にて構成されているものとするのが好ましい。これにより、像歪補正能力が格段に向上する。特に、少なくとも 2 つの投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の光軸の相互になす角が  $30^\circ$  以上の場合には好ましい。

40

#### 【0078】

なお、本発明において投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  として用いる偏心プリズム光学系は、偏

50

心プリズムを 1 個又は複数個用いたものでもよい。あるいは、図 1 1 に模式的に示すように、回転対称なレンズ系と偏心プリズムを組み合わせたものを用いてもよい。

#### 【0079】

偏心プリズムの 1 例としては、走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第 1 反射面と、その第 1 反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第 2 反射面と、その第 2 反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面から第 1 反射面へ向かう光束と第 2 反射面から射出面へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置を有し、入射面、第 1 反射面、第 2 反射面、射出面の少なくとも 1 面が非回転対称面からなる偏心プリズムがある。

10

#### 【0080】

このような偏心プリズムを用いると、プリズム内の光路が交差光路になり、反射面（第 1 反射面と第 2 反射面）での入射角度が小さくなる。その結果、偏心収差の発生を小さくすることができる。

#### 【0081】

あるいは、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  に用いる偏心プリズムのもう 1 つの例としては、走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第 1 反射面と、その第 1 反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第 2 反射面と、その第 2 反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面と第 2 反射面とを 1 面で兼用した偏心プリズムがある。

20

#### 【0082】

この第 2 反射面と入射面とを兼用するタイプの偏心プリズムは、第 2 反射面で光線を大きく屈曲させ、第 1 反射面は少ない屈曲角で光線を第 2 反射面へと反射するために、プリズム光学系の入射光線方向の厚さを薄くすることが可能なものである。

#### 【0083】

さて、以上のように、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を偏心プリズム光学系で構成すると、以下のような利点がある。それは、接眼光学系 4 に対して斜め方向から走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  で形成された映像を入射させる場合、偏心プリズム光学系を面对称形状に構成することにより、アオリ像の像歪みを補正することが容易になることである。すなわち、この斜め配置により発生する像歪みは、所定の方角から見た時に非対称な形状をしているが、投

30

#### 【0084】

偏心プリズム光学系によって発生する非対称な像歪みの発生方向と一致する。そのため、偏心プリズム光学系の偏心収差によりその像歪みを補正することが可能となり、収差補正が容易になる。なお、所定の方角とは、投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の光軸が接眼光学系 4 と交差する点を P とし、この点 P を含む偏心プリズム光学系の対称面方向のことである。

40

#### 【0085】

もちろん、この場合も、このような像歪みは、走査手段  $8_1$ 、 $8_2$  で形成する像をその像歪みをキャンセルするように予め歪ませて表示することにより、電氣的に補正することもできる。さらに、上記の光学的な補正方法と電氣的な補正方法の両方を用いることも可能なことは言うまでもない。

#### 【0086】

ところで、このように投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  を面对称形状の偏心プリズム光学系で構成して用いる場合においても、点 P における接眼光学系 4 の垂線と投影光学系  $9_1$ 、 $9_2$  の光軸（少なくとも一方）とのなす角を、上記の通り  $10^\circ$  以上とする必要がある。

次に偏心プリズムと走査手段の好ましい配置を図 1 1 を用いて説明する。図 1 1 において、点 P は偏心プリズム光学系  $9_1$  の光軸と接眼光学系 4 との交点である。偏心プリズム光学系  $9_1$  は対称面を有し、対称面が点 P を含むように偏心プリズム光学系  $9_1$  が配置されている。また、偏心プリズム光学系  $9_1$  の入射面側（物体面側）には、走査手段  $8_1$  が配置されている。そして、走査手段  $8_1$  によって映像が接眼光学系 4 近傍に形

50

成されたときに、映像を形成する光束が移動する方向、すなわち縦走査方向又は横走査方向が接眼光学系 4 の縦又は横方向と略一致するように、走査手段 8<sub>1</sub> を光軸の周りで回転させて配置する。偏心プリズム光学系 9<sub>2</sub> と走査手段 8<sub>2</sub> についても同じように配置する。

#### 【0087】

このような走査手段 8<sub>1</sub>、8<sub>2</sub> の配置により、接眼光学系 4 に対する投影光学系 9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> の斜め配置によって発生する回転非対称な像歪みを、面对称形状の偏心プリズム光学系で補正できる。それだけでなく、何れの投影光学系 9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> の偏心プリズム光学系も、同一形状のものとして用意すれば良い。よって、例えば相互に面对称な形状のように、左右の投影光学系 9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> を異なる形状に構成する場合に比べて、投影光学系 9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> の製造コストを大幅に下げることが可能となる。

10

#### 【0088】

なお、走査手段 8<sub>1</sub>、8<sub>2</sub> として、特許文献 4 に示されたような 2 次元方向に走査するジンバル構造の走査ミラーを用いることができる。この場合には、投影光学系 9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> は必ずしも用いる必要ない。

#### 【0089】

ところで、以上の図 1、図 2、図 8 ~ 図 11 の構成の投影観察装置においては、拡散板 5 として、拡散特性に指向性のある微細な凹凸面又は粗面からなるものを主として想定していたが、拡散板 5 としてホログラムからなる拡散板をそれぞれの投影観察装置に用いてもよい。ホログラムからなる拡散板としては、透過型ホログラムと反射型ホログラムとが考えられる。ここで、体積型感光材料中に記録されたホログラムの場合、透過型ホログラムは波長選択性が低く、反射型ホログラムは波長選択性が高い。カラー像を表示する投影観察装置に用いる場合には、R (赤色)、G (緑色)、B (青色) 3 波長の光を拡散させるために 3 つのホログラム干渉縞を多重記録する必要があるため、ホログラムとしては波長選択性が比較的低い透過型ホログラムを用いる方が望ましい。そして、投影観察装置を小型に構成するには、接眼光学系として凹面鏡 (フレネル凹面反射鏡を含む) を用いてこのような透過型ホログラムからなる拡散板と組み合わせる構成することが望ましい。以下、このような透過型ホログラムからなる拡散板 25 と凹面鏡 24 からなる接眼光学系とを用いて構成する投影観察装置について説明するが、以後のこの構成の投影観察装置においては、表示素子、光源、走査手段の図示は省く。しかしながら、図 1、図 2 等と同様に、これらは投影光学系 2、9 の入射側に配置される。また、以後のこの構成の投影観察装置において、左右あるいは複数の光学系の中、何れか 1 つだけを示し、他は省略して説明する。

20

30

#### 【0090】

図 12 (a) に、本発明に基づき構成されたこのような投影観察装置の光学系の概念図を、また、図 12 (b) に、その投影観察装置の配置例を示す。なお、図 12 (b) において、凹面鏡 24 はフレネル凹面反射鏡で構成されている。上記のように、表示素子、光源、走査手段は図示を省かれている。図 12 (b) では、表示素子に表示された映像、あるいは、それら光源からの光束が走査手段で偏向されて形成された映像は、投影光学系 2 (9) で拡大投影される。そして、その投影像近傍には透過型ホログラムからなる拡散板 25 と、接眼光学系とが配置されている。接眼光学系は凹面鏡 24 からなり、投影光学系 2 (9) の射出瞳を所定の位置に形成する。この所定の位置は、観察者 M の眼球と略一致している。投影光学系 2 (9) の接眼光学系 24 により形成された射出瞳像 6 は、拡散板 25 によって観察しやすい大きさの射出瞳像 60 に拡大される。これにより、観察者 M の眼 E の位置が射出瞳像 6 の位置から多少ずれても、投影像を観察像として観察することが可能になる。この結果、図 1 等の場合と同様に、観察しやすい投影観察装置が得られる。

40

#### 【0091】

ここで、本発明における特徴は、図 12 (a) に示すように、透過型ホログラムからなる拡散板 25 は接眼光学系の凹面鏡 24 の入射側に配置されるため、投影光学系 2 (9) から装置の射出瞳 60 の位置に至る光線は、透過型ホログラム 25 を往復で計 2 回透過する点にある。このような特徴を有するため、光は透過型ホログラム 25 で 2 度回折されるこ

50

とになる。このことを踏まえて、本発明では1回目（凹面鏡24に入射する前）の透過型ホログラム25を透過する角度と、2回目（凹面鏡24に入射した後）の透過型ホログラム25を透過する角度とを積極的に異ならせて、そのホログラムの角度選択性により何れか一方での回折を避けるようにしている。そのための配置については、後記する。

#### 【0092】

そして、透過型ホログラムからなる拡散板25は上記の拡散板5と同様に、その拡散角が、同様の理由で半値全幅で $20^\circ$ 以下であることが好ましい。さらに、拡散角は半値全幅で $10^\circ$ 以上あるのが好ましい。

#### 【0093】

また、その拡散板25は、10分の1全幅の拡散角が $40^\circ$ 以下となる拡散特性を有することが好ましい。さらに、10分の1全幅で拡散角が $30^\circ$ 以下となる拡散特性を有することが好ましい。

また、図1、図2の場合のように、立体像を観察する構成の場合は、透過型ホログラムからなる拡散板25の拡散角は半値全幅で $8^\circ$ 以下であることが好ましい。また、10分の1全幅の拡散角が $12^\circ$ 以下であることが好ましい。

#### 【0094】

次に、透過型ホログラムからなる拡散板25の屈曲作用と波長分散の関係、接眼光学系の凹面鏡24と透過型ホログラムからなる拡散板25の配置関係について説明する。透過型ホログラムからなる拡散板25は、参照光と拡散光源（2次光源）からの物体光との干渉記録によって作製される。この時、参照光と物体光が同軸（インライン）配置での記録であると、図13（a）に示したように、投影光学系2（9）からの軸上主光線26は、拡散板25に1回目の入射をして拡散板25で屈曲されずに直通する。そして、拡散板25を直通した主光線は、凹面鏡24で反射されて方向を変え、拡散板25を裏面側から入射して拡散板25を直通する。この際、1回目の入射の際に入射光の入射角度が、透過型ホログラム（拡散板25）の再生光入射角度（回折効率がピーク近傍になる角度）を満足していれば、1回目の透過の際に直通する主光線の周りに回折による拡散光が分布し、2回目の透過の際にはその拡散光はほとんど直通する。一方、2回目の入射の際に入射光の入射角度が、再生光入射角度を満足していれば、1回目の透過の際には軸上主光線26は回折されずにほとんど直通し、2回目の透過の際に直通する主光線の周りに回折による拡散光が分布する。いずれの場合も、0次光 $27_0$ と主光線 $27_1$ は同じ方向に進む。図13（a）はこの様子を示したものであり、拡散光は図示していない。この図では、拡散板25で回折されない0次光 $27_0$ と回折された拡散光中の主光線（中心光線） $27_1$ のみを図示してあり、0次光 $27_0$ と主光線 $27_1$ は同じ方向に進み、装置の射出瞳60の中心に達する。したがって、図13（a）に示すように、透過型ホログラムからなる拡散板25が拡散作用のみで、光路の屈曲作用を持たない場合は、拡散光だけでなく回折により拡散されない0次光 $27_0$ が射出瞳60に達する。その結果、観察される映像中心に0次光 $27_0$ のスポットが見えることになり望ましくない。

#### 【0095】

そこで、透過型ホログラムからなる拡散板25として、参照光と物体光が相互に同軸でないオフライン配置の関係で記録したものをを用いる。このようなオフライン配置で記録した拡散板25は、再生光入射角度を満足して回折する場合に光線の屈曲と共に波長分散が生じる。その屈曲方向によって図13（b）、（c）のような光路と、図14（a）、（b）のような光路とをとる。ただし、図13（b）、（c）は拡散板25の再生光入射角度条件が1回目の入射の際に満足する場合であり、図14（a）、（b）は2回目の入射の際に満足する場合である。図13（b）、図14（a）は、拡散板25の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が小さくなる方向の場合であり、図13（c）、図14（b）は、入射角に対して回折角が大きくなる方向の場合である。各図中、拡散光の図示は省き、拡散板25で回折して屈曲されたR、G、Bの波長の主光線（中心光線）をそれぞれ $27_R$ 、 $27_G$ 、 $27_B$ で示してある。各図から明らかなように、拡散板25のとして光線の屈曲作用を持つ透過型ホログラムを用いると、ホログラムで回折されない0

次光  $27_0$  を回折光  $27_R$ 、 $27_G$ 、 $27_B$  から分離できる。その結果、装置の射出瞳 60 に入射しないように構成可能になる。具体的には、装置の射出瞳 60 の位置で、射出瞳 60 の中心からその瞳径の 2 分の 1 以上離れて 0 次光  $27_0$  が入射するように構成することが望ましい。

【0096】

なお、透過型ホログラムでの屈曲角（偏角）を上記入射角と回折角の差の絶対値で定義し、かつ、その屈曲角を d 線（波長  $587.6\text{ nm}$ ）で測るとした場合、屈曲角が小さすぎると、上記のように観察像中に 0 次光が入射する。逆に、大きすぎると、波長分散が大きくなりすぎて射出瞳 60 で R、G、B の 3 波長が重なる範囲、すなわち色再現性良く観察できる射出瞳範囲が小さくなりすぎてしまう。

10

【0097】

したがって、透過型ホログラムからなる拡散板 25 の d 線での屈曲角（偏角）は、  
 $\theta > 1^\circ$  ・・・(7)

の関係を満たす必要がある。

【0098】

さらに好ましくは、

$$\theta > 2^\circ \quad \text{・・・(7-1)}$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0099】

さらに好ましくは、

$$\theta > 10^\circ \quad \text{・・・(7-2)}$$

なる条件を満足することが望ましい。

20

【0100】

また、

$$\theta < 45^\circ \quad \text{・・・(8)}$$

の関係を満たす必要がある。

【0101】

さらに好ましくは、

$$\theta < 20^\circ \quad \text{・・・(8-1)}$$

なる条件を満足することが好ましい。

30

【0102】

上記の条件 (7-2) と (8-1) を組み合わせると、次の条件 (9) となる。

【0103】

$$10^\circ < \theta < 20^\circ \quad \text{・・・(9)}$$

この条件 (9) についてさらに説明する。この条件の下限の  $10^\circ$  を下回ると、0 次光と表示像を観察可能にする正規観察光との分離が少なくなる。そのため、観察者が僅かに頭を動かすと、0 次光が眼に入ってまぶしくなることが多くなる。また、この条件の上限の  $20^\circ$  を越えると、透過型ホログラム 25 による色分散が大きくなり、その結果観察範囲が狭くなってしまう。

【0104】

さらに、R を  $700\text{ nm}$  の波長の光、B を  $400\text{ nm}$  の波長の光としたとき、回折光  $27_R$  と  $27_B$  の間の回折角の差は、小さい程望ましい。具体的には、 $18^\circ$  以下であることが、上記のように色再現性良く観察できる射出瞳範囲が小さくなりすぎないために必要である。また、装置の射出瞳 60 の位置では、R を  $700\text{ nm}$  の波長の光、B を  $400\text{ nm}$  の波長の光としたとき、回折光  $27_R$  と  $27_B$  の間の入射位置の差も小さい程望ましい。具体的には、射出瞳 60 の瞳径の 2 分の 1 以下であるように構成することが望ましい。

40

【0105】

ところで、図 13、図 14 においては、投影光学系 2 (9) からの軸上主光線 26 あるいは 0 次光  $27_0$  は凹面鏡 24 に斜め（凹面鏡 24 の入射位置での法線に対して角度  $\alpha$  を

50



なす。)に入射することを考えていた。ここで、軸上主光線 26 あるいは 0 次光 27<sub>0</sub> が凹面鏡 24 に略直角 ( 0° ) に入射すると、拡散板 25 を 2 度通過した後にホログラムから射出する主光線 27<sub>R</sub>、27<sub>G</sub>、27<sub>B</sub> は軸上主光線 26 と略反対方向に向かう。そのため、装置の射出瞳 60 の位置と投影光学系 2 ( 9 ) が干渉することになる。そこで、凹面鏡 24 に入射する投影光学系 2 ( 9 ) からの軸上主光線 26 又はその 0 次光 27<sub>0</sub> の凹面鏡 24 への入射角 は、

$$0^\circ < \theta < 45^\circ \quad \dots (10)$$

の関係を満たすことが望ましい。

【0106】

さらに好ましくは、

$$5^\circ < \theta < 20^\circ \quad \dots (10-1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0107】

この条件 ( 10 - 1 ) についてさらに説明する。この条件の下限の 5° を上回ると、凹面鏡 24 の偏心量が小さくなる。そのため、拡散板 25 で共役再生が起こり、表示像観察に利用可能な光量が低下する。また、この条件の上限の 20° を越えると、凹面鏡 24 の偏心量が大きくなりすぎる。そのため、投影される瞳収差が大きくなり、均一な明るさの像を観察することが困難になってしまう。

【0108】

また、図 13、図 14 においては、投影光学系 2 ( 9 ) からの軸上主光線 26 が透過型ホログラムからなる拡散板 25 及びその裏面側の凹面鏡 24 に入射する位置は、それぞれの略中心で、拡散板 25 と凹面鏡 24 の間には偏心はないものとした。その場合、図 13、図 14 から明らかなように、拡散板 25 を 2 度通過した投影光 ( 回折光 ) 27<sub>R</sub>、27<sub>G</sub>、27<sub>B</sub> は拡散板 25 に対して角度をなしており、装置の射出瞳 60 は拡散板 25 の正面には位置せず斜め方向から投影された映像を見ることになり、観察される像はアオリ像となって像歪みが発生する。そこで、図 15 ( a ) ~ ( c ) に示すように、凹面鏡 24 を拡散板 25 に対して偏心させて ( 何れの図も上方へ偏心させている。 )、凹面鏡 24 で反射された主光線 27<sub>R</sub>、27<sub>G</sub>、27<sub>B</sub> が拡散板 25 を 2 度目に通過して拡散板 25 に対して略直角をなすようにしている。なお、図 15 ( a ) ~ ( c ) はそれぞれ図 13 ( a ) ~ ( c ) に対応する場合である。

【0109】

なお、投影光学系 2 ( 9 ) からの拡散板 25 上に斜め方向から投影像を入射させるので、拡散板 25 上での投影像もアオリ像となって像歪みが発生する。そのため、投影光学系 2 ( 9 ) はこのようなアオリ像の像歪みを補正する機能を持ったものと使用するのが望ましい。

【0110】

また、装置の射出瞳 60 を拡散板 25 の正面に位置するようにし、かつ、投影光学系 2 ( 9 ) からの軸上主光線 26 あるいは 0 次光 27<sub>0</sub> は凹面鏡 24 に斜めに入射することにより、拡散板 25 に入射する投影光学系 2 ( 9 ) からの投影光がその表面で反射してノイズ光になる表面正反射光を装置の射出瞳 60 に入射させないようにする効果も得られる。

【0111】

なお、上記の屈曲角 ( 偏角 ) と凹面鏡 24 への入射角 の比 / は、

$$0.01 < \theta / \alpha < 1000 \quad \dots (11)$$

の関係を満たすことが望ましい。

【0112】

さらに好ましくは、

$$0.5 < \theta / \alpha < 2 \quad \dots (11-1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0113】

10

20

30

40

50

この条件 ( 1 1 - 1 ) についてさらに説明する。この条件の下限の 0 . 5 を下回ると、透過型ホログラム 2 5 の屈曲角が小さくなる。そのため、透過型ホログラム 2 5 で回折しない 0 次光が装置の射出瞳 6 0 に入射してしまい、観察像にスポットフレアーがのることになる。また、上限の 2 を越えると、凹面鏡 2 4 の偏心量が比較的小さくなる。この場合、透過型ホログラム 2 5 に入射した後、凹面鏡 2 4 で反射してから、透過型ホログラム 2 5 の裏面で極僅かではあるがフレネル反射により反射され、再度凹面鏡 2 4 で反射する光線が存在する。そして、その光線が射出瞳 6 0 に入射してしまう。この光線もスポットフレアーとして観察されてしまうので、好ましくない。

【 0 1 1 4 】

さらに好ましくは、

$1 < \frac{1}{2} < 1.5$

・・・ ( 1 1 - 2 )

なる条件を満足することが、スポットフレアーの点でより好ましい。

【 0 1 1 5 】

ところで、透過型ホログラムからなる拡散板 2 5 を用いる場合は、表示素子 1、1 L、1 R を照明する光源、あるいは、走査手段 8、8 L、8 R、8<sub>1</sub>、8<sub>2</sub> に入射させる光束を発生する光源 7、7 L、7 R、7<sub>1</sub>、7<sub>2</sub> は、単色性の高い LED や LD を RGB 3 色組み合わせる光源を用いることが望ましい。

【 0 1 1 6 】

以下に、本発明の投影観察装置の光学系の実施例について説明する。

【 0 1 1 7 】

まず、接眼光学系 4 の実施例について説明する。本発明の投影観察装置に用いる接眼光学系 4 の実施例は、実施例 1 ないし実施例 3 である。また、各実施例の光路図を図 1 6 ~ 図 1 8 に示す。各実施例において、光線追跡を面 1 1 ( 物体面 ) から面 1 2 ( 像面 ) までの逆光線追跡で行っている。ここで、面 1 1 は観察者瞳位置に相当し、面 1 2 は投影光学系 9 L、9 R、9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> ( 図 2 ~ 図 3、図 9 ~ 図 1 1 ) の射出瞳 1 6<sub>1</sub>、1 6<sub>2</sub> ( 図 1 0 ) 位置に相当する。なお、実際の投影観察装置では、接眼光学系近傍に拡散作用を有する拡散面、又は拡散作用を有する拡散板を配置してある。しかしながら、以下に示す実施例 1 乃至 3 においては、拡散板あるいは拡散面はないものとしている。

【 0 1 1 8 】

また、各面は接眼光学系 4 を基準とし、そこからの偏心量で表しており、拡散作用を持つ拡散面は接眼光学系 4 の面近傍に配置する。

【 0 1 1 9 】

画面 ( 接眼光学系 ) の大きさは、何れも 1 6 2 . 5 6 × 1 2 1 . 9 2 mm の大きさである。

【 0 1 2 0 】

実施例 1 は、図 1 6 に示すように、アナモルフィック反射鏡 3 1 を接眼光学系 4 とて構成した例である。

【 0 1 2 1 】

実施例 2 は、図 1 7 に示すように、自由曲面を反射面 3 2 として接眼光学系 4 を構成した例である。

【 0 1 2 2 】

実施例 3 は、図 1 8 に示すように、入射面 3 4 を平面、裏面 3 5 をフレネル反射面としたフレネル裏面反射鏡 3 3 で接眼光学系 4 を構成した例である。

【 0 1 2 3 】

なお、以上の実施例 1 ~ 3 の構成パラメータは後記する。

【 0 1 2 4 】

次に、投影光学系 9 L、9 R、9<sub>1</sub>、9<sub>2</sub> の実施例について説明する。本発明の投影観察装置に用いる投影光学系の実施例は、実施例 4 及び実施例 5 である。また、各実施例の光路図を図 1 9 乃至 1 8 に示す。実施例 4 及び 5 においては、順光線追跡を行っている。すなわち、光源 7 から走査面 4 0 に向かう順に、光線追跡を行っている。偏心の基準座

10

20

30

40

50

標は、光源 7 を基準としそこからの偏心量で表してある。走査面 40 の大きさは、何れも  $162.56 \times 121.92 \text{ mm}$  の大きさである。

#### 【0125】

実施例 4 を図 19 と図 20 に示す。図 19 は、光学系の光源 7 から走査面 40 に至る全体の Y - Z 断面内の光路図である。また、図 20 は、その主要部の Y - Z 断面内の光路図である。

#### 【0126】

光源 7 から出た光線は、照明光学系を構成する凸平正レンズ 71 を経て略平行光にされ、その光束は直交する 2 つの軸周りで回動する走査ミラー 80 に入射する。走査ミラー 80 で反射されて走査された光束は、投影光学系 9 を構成する自由曲面からなる偏心反射鏡 91 と 92 で順に反射された後、遠方に配置された走査面 40 上に走査線を形成する。ここで、凸平正レンズ 71 の第 2 面は非球面からなる。この実施例の走査ミラー 80 の直交する 2 軸 (X 軸、Y 軸) 回りの傾き角は X 軸回りの傾き角  $\pm 10.9886^\circ$ 、Y 軸回りの傾き角  $\pm 13.3719^\circ$  である。

#### 【0127】

実施例 5 を図 21 と図 22 に示す。図 21 は、光学系の光源 7 から走査面 40 に至る全体の Y - Z 断面内の光路図である。また、図 22 は、その主要部の Y - Z 断面内の光路図である。

#### 【0128】

光源 7 から出た光線は、照明光学系を構成する光源 7 側に凹面を向けた正メニスカスレンズ 72 を経て略平行光にされ、その光束は直交する 2 つの軸周りで回動する走査ミラー 80 に入射する。走査ミラー 80 で反射されて走査された光束は、投影光学系 9 を構成する偏心プリズム 90 の第 1 面 93 からプリズム内に入射する。入射した光束は第 2 面 94 で反射し、次いで第 3 面 95 で反射して、その反射光はプリズム内で第 1 面 93 から第 2 面 94 に向かう光路と交差して、第 4 面 96 からプリズム外に射出する。そして、遠方に配置された走査面 40 上に走査線を形成する。ここで、正メニスカスレンズ 72 の第 2 面は非球面からなる。また、偏心プリズム 90 の第 2 面 94、第 3 面 95 は自由曲面からなる。この実施例の走査ミラー 80 の直交する 2 軸 (X 軸、Y 軸) 回りの傾き角は X 軸回りの傾き角  $\pm 1.5924^\circ$ 、Y 軸回りの傾き角  $\pm 0.69452^\circ$  である。

#### 【0129】

次に、投影光学系 2 (9) の射出瞳を拡大投影する凹面鏡 24 と透過型ホログラムからなる拡散板 25 の組み合わせ光学系の実施例 6 ~ 13 について説明する。何れの実施例においても、凹面鏡 24 はフレネル凹面反射鏡 24' から構成されている。また、各実施例において、光線追跡は、投影光学系 2 (9) の射出瞳 16 を物体面とし、装置の射出瞳 (射出瞳 16 の拡大された射出瞳像) 60 を像面とし、投影光学系 2 (9) の射出瞳 16 の中心から装置の射出瞳 60 までの順光線追跡で行っている。

#### 【0130】

実施例 6 の Y - Z 断面内の光路図を図 23 に示す。また、図 24 にこの実施例の拡散板 25 に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す。そして、図 25 にこの実施例における射出瞳 60 位置での波長  $400 \text{ nm}$ 、波長  $586 \text{ nm}$ 、波長  $700 \text{ nm}$  での射出瞳像の重なり具合と、0 次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図 24、図 25 中の数字は  $\text{mm}$  単位である。

#### 【0131】

実施例 6 は、図 13 (b) に対応して再生光入射角度条件が 1 回目の入射の際に満足し、2 回目には回折せず、かつ、拡散板 25 の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が小さくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡 24' はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量を  $MY$ 、軸上主光線 10 の透過型ホログラム 25 による偏角量を  $\theta$ 、フレネル凹面反射鏡 24' への入射角を  $\phi$  とするとすると、 $MY = 89.27 \text{ mm}$

$$= 13.15^\circ \text{ (屈折率 } 1.49 \text{ の硝材中で)}$$

10

20

30

40

50

$= 7.02^\circ$  (屈折率 1.49 の硝材中で)  
である。

【0132】

また、この実施例の透過型ホログラム 25 の露光条件は、図 24 中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホログラム 25 の面の軸上主光線 10 の入射点を原点にして、ホログラム面を X - Y 面とし、投影光学系 2 (9) の射出瞳 16 から離れる方向を Z 軸とするとき、露光のための第 1 光源位置 (X1, Y1, Z1) は以下の通りであり、点光源とする。

【0133】

$(X1, Y1, Z1) = (0, 297.11, -578.12)$

また、第 2 光源位置 (X2, Y2, Z2) は以下の通りであり、光源位置を中心に 82 mm の面積を持つ拡散面光源とする。

【0134】

$(X2, Y2, Z2) = (0, 235.57, -605.67)$

以上の露光条件で作製した透過型ホログラムを拡散板 25 として使用することにより、拡散板 25 により拡散された光束は、フレネル凹面反射鏡 24' で反射された後、観察者瞳面で 60 の拡大瞳 60 となる。

【0135】

実施例 7 の Y - Z 断面内の光路図を図 26 に示す。また、図 27 にこの実施例の拡散板 25 に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す。そして、図 28 にこの実施例における射出瞳 60 位置での波長 400 nm、波長 586 nm、波長 700 nm での射出瞳像の重なり具合と、0 次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図 27、図 28 中の数字は mm 単位である。

【0136】

実施例 7 は、図 13 (c) に対応して再生光入射角度条件が 1 回目の入射の際に満足し、2 回目には回折せず、かつ、拡散板 25 の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が大きくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡 24' はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量を MY、軸上主光線 10 の透過型ホログラム 25 による偏角量を、フレネル凹面反射鏡 24' への入射角を とするとすると、  
 $MY = 130.46 \text{ mm}$

$= 6.61^\circ$  (屈折率 1.49 の硝材中で)

$= 10.29^\circ$  (屈折率 1.49 の硝材中で)

である。

【0137】

また、この実施例の透過型ホログラム 25 の露光条件は、図 27 中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホログラム 25 の面の軸上主光線 10 の入射点を原点にして、ホログラム面を X - Y 面とし、投影光学系 2 (9) の射出瞳 16 から離れる方向を Z 軸とするとき、露光のための第 1 光源位置 (X1, Y1, Z1) は以下の通りであり、点光源とする。

【0138】

$(X1, Y1, Z1) = (0, 297.11, -578.12)$

また、第 2 光源位置 (X2, Y2, Z2) は以下の通りであり、光源位置を中心に 82 mm の面積を持つ拡散面光源とする。

【0139】

$(X2, Y2, Z2) = (0, 341.33, -553.14)$

以上の露光条件で作製した透過型ホログラムを拡散板 25 として使用することにより、拡散板 25 により拡散された光束は、フレネル凹面反射鏡 24' で反射された後、観察者瞳面で 60 の拡大瞳 60 となる。

【0140】

実施例 8 の Y - Z 断面内の光路図を図 29 に示す。また、図 30 にこの実施例の拡散板 25 に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す。そして、図 31 にこの実施例における射出瞳 60 位置での波長 400 nm、波長 586 nm、波長 700 nm での射出瞳像の重なり

り具合と、0次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図30、図31中の数字はmm単位である。

【0141】

実施例8は、図13(b)に対応して再生光入射角度条件が1回目の入射の際に満足し、2回目には回折せず、かつ、拡散板25の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が小さくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡24'はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量をMY、軸上主光線10の透過型ホログラム25による偏角量を、フレネル凹面反射鏡24'への入射角をとするとすると、  
 $MY = 90.64 \text{ mm}$

$$= 14.28^\circ \text{ (屈折率 } 1.62 \text{ の硝材中で)}$$

$$= 6.46^\circ \text{ (屈折率 } 1.62 \text{ の硝材中で)}$$

である。

【0142】

また、この実施例の透過型ホログラム25の露光条件は、図30中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホログラム25の面の軸上主光線10の入射点を原点にして、ホログラム面をX-Y面とし、投影光学系2(9)の射出瞳16から離れる方向をZ軸とするとき、露光のための第1光源位置(X1, Y1, Z1)は以下の通りであり、点光源とする。

【0143】

$$(X1, Y1, Z1) = (0, 297.11, -578.12)$$

また、第2光源位置(X2, Y2, Z2)は以下の通りであり、光源位置を中心に8220mmの面積を持つ拡散面光源とする。

【0144】

$$(X2, Y2, Z2) = (0, 235.70, -605.76)$$

以上の露光条件で作製した透過型ホログラムを拡散板25として使用することにより、拡散板25により拡散された光束は、フレネル凹面反射鏡24'で反射された後、観察者瞳面で60の拡大瞳60となる。

【0145】

実施例9のY-Z断面内の光路図を図32に示す。また、図33にこの実施例の拡散板25に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す。そして、図34にこの実施例における射出瞳60位置での波長400nm、波長586nm、波長700nmでの射出瞳像の重なり具合と、0次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図33、図34中の数字はmm単位である。

【0146】

実施例9は、図14(a)に対応して再生光入射角度条件が2回目の入射の際に満足し、1回目には回折せず、かつ、拡散板25の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が小さくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡24'はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量をMY、軸上主光線10の透過型ホログラム25による偏角量を、フレネル凹面反射鏡24'への入射角をとするとすると、  
 $MY = 89.27 \text{ mm}$

$$= 3.76^\circ \text{ (屈折率 } 1.49 \text{ の硝材中で)}$$

$$= 10.80^\circ \text{ 屈折率 } 1.49 \text{ の硝材中で)}$$

である。

【0147】

また、この実施例の透過型ホログラム25の露光条件は、図33中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホログラム25の面の軸上主光線10の入射点を原点にして、ホログラム面をX-Y面とし、投影光学系2(9)の射出瞳16から離れる方向をZ軸とするとき、露光のための第1光源位置(X1, Y1, Z1)は以下の通りであり、点光源とする。

【0148】

$$(X1, Y1, Z1) = (0, 0, -450)$$

また、第2光源位置(X2, Y2, Z2)は以下の通りであり、光源位置を中心に6050

10

20

30

40

50

mmの面積を持つ拡散面光源とする。

【0149】

$(X2, Y2, Z2) = (0, -41.73, -424.62)$

以上の露光条件で作製した透過型ホログラムを拡散板25として使用することにより、フレネル凹面反射鏡24'で反射された後、拡散板25により拡散された光束は、観察者瞳面で60の拡大瞳60となる。

【0150】

実施例10のY-Z断面内の光路図を図35に示す。また、図36にこの実施例の拡散板25に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す。そして、図37にこの実施例における射出瞳60位置での波長450nm、波長550nm、波長650nmでの射出瞳像の重なり具合と、0次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図36、図37中の数字はmm単位である。

【0151】

実施例10は、図13(b)に対応して再生光入射角度条件が1回目の入射の際に満足し、2回目には回折せず、かつ、拡散板25の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が小さくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡24'はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量をMY、軸上主光線10の透過型ホログラム25による偏角量を、フレネル凹面反射鏡24'への入射角をとするとすると、  
 $MY = 43.23 \text{ mm}$

$= 15.00^\circ$  (屈折率1.4924の硝材中で)

$= 3.36^\circ$  (屈折率1.4924の硝材中で)

である。

【0152】

また、この実施例の透過型ホログラム25の露光条件は、図36(a)中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホログラム25の面の軸上主光線10の入射点を原点にして、ホログラム面をX-Y面とし、投影光学系2(9)の射出瞳16から離れる方向をZ軸とすると、ホログラムの寸法を、図36(b)に示すように、縦×横を190mm×250mmのものをを用い、露光のための第1光源位置(X1, Y1, Z1)は以下の通りであり、点光源とする。

【0153】

$(X1, Y1, Z1) = (0, 297.11, -578.12)$

また、第2光源中心位置(X2, Y2, Z2)は以下の通りであり、図36(c)に示すように、縦×横が144.74mm×86.67mmの面積を持つ拡散面光源とする。

【0154】

$(X2, Y2, Z2) = (0, 136.36, -635.53)$

以上の露光条件で作製した透過型ホログラムを拡散板25として使用することにより、拡散板25により拡散された光束は、フレネル凹面反射鏡24'で反射された後、図37に示すように、観察者瞳面で色再現性良く観察できる射出瞳範囲が縦×横が60mm×60mmの正方形の拡大瞳60となり、その中に60の円形瞳が可能になる。この実施例の瞳の色収差(波長450nmの射出瞳像と波長650nmの射出瞳像とのズレ)は40.2mmとなる。

【0155】

なお、本実施例のように、透過型ホログラム25を露光する際に用いる拡散面光源として長方形のものをを用い、射出瞳60を正方形のものとすると、観察者が色再現性良く表示像を観察できる範囲が円形瞳の場合より広がるので好ましい。以下の、実施例11～13の場合も同様。

【0156】

実施例11のY-Z断面内の光路図を図38に示す。また、図39にこの実施例の拡散板25に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す。そして、図40にこの実施例における射出瞳60位置での波長450nm、波長550nm、波長650nmでの射出瞳像の重

10

20

30

40

50

なり具合と、0次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図39、図40中の数字はmm単位である。

【0157】

実施例11は、図14(a)に対応して再生光入射角度条件が2回目の入射の際に満足し、1回目には回折せず、かつ、拡散板25の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が小さくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡24'はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量をMY、軸上主光線10の透過型ホログラム25による偏角量を、フレネル凹面反射鏡24'への入射角をとするとすると、 $MY = 49.77\text{ mm}$

$$= 12.30^\circ \text{ (屈折率 } 1.4924 \text{ の硝材中で)}$$

$$= 12.60^\circ \text{ (屈折率 } 1.4924 \text{ の硝材中で)}$$

である。

【0158】

また、この実施例の透過型ホログラム25の露光条件は、図39(a)中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホログラム25の面の軸上主光線10の入射点を原点にして、ホログラム面をX-Y面とし、投影光学系2(9)の射出瞳16から離れる方向をZ軸とすると、ホログラムの寸法を、図39(b)に示すように、縦×横を190mm×250mmのものを扱い、露光のための第1光源位置(X1, Y1, Z1)は以下の通りであり、点光源とする。

【0159】

$$(X1, Y1, Z1) = (0, -96.13, -439.65)$$

また、第2光源中心位置(X2, Y2, Z2)は以下の通りであり、図39(c)に示すように、縦×横が112mm×60mmの面積を持つ拡散面光源とする。

【0160】

$$(X2, Y2, Z2) = (0, 0, -450.00)$$

以上の露光条件で作製した透過型ホログラムを拡散板25として使用することにより、フレネル凹面反射鏡24'で反射された後、拡散板25により拡散された光束は、図40に示すように、観察者瞳面で色再現性良く観察できる射出瞳範囲が縦×横が60mm×60mmの正方形の拡大瞳60となり、その中に60の円形瞳が可能になる。この実施例の瞳の色収差(波長450nmの射出瞳像と波長650nmの射出瞳像とのズレ)は52mmとなる。

【0161】

実施例12のY-Z断面内の光路図を図41に示す。また、図42にこの実施例の拡散板25に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す。そして、図43にこの実施例における射出瞳60位置での波長450nm、波長550nm、波長650nmでの射出瞳像の重なり具合と、0次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図42、図43中の数字はmm単位である。

【0162】

実施例12は、図13(c)に対応して再生光入射角度条件が1回目の入射の際に満足し、2回目には回折せず、かつ、拡散板25の屈曲方向が法線に対する入射角に対して回折角が大きくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡24'はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量をMY、軸上主光線10の透過型ホログラム25による偏角量を、フレネル凹面反射鏡24'への入射角をとするとすると、 $MY = 157.23\text{ mm}$

$$= 15.00^\circ \text{ (屈折率 } 1.4924 \text{ の硝材中で)}$$

$$= 12.57^\circ \text{ (屈折率 } 1.4924 \text{ の硝材中で)}$$

である。

【0163】

また、この実施例の透過型ホログラム25の露光条件は、図42(a)中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホログラム25の面の軸上主光線10の入射点を原点にして、ホ

로그램面をX-Y面とし、投影光学系2(9)の射出瞳16から離れる方向をZ軸とすると、ホ로그램の寸法を、図42(b)に示すように、縦×横を190mm×250mmのものをいい、露光のための第1光源位置(X1, Y1, Z1)は以下の通りであり、点光源とする。

【0164】

(X1, Y1, Z1) = (0, 297.11, -578.12)

また、第2光源中心位置(X2, Y2, Z2)は以下の通りであり、図42(c)に示すように、縦×横が144.44mm×86.67mmの面積を持つ拡散面光源とする。

【0165】

(X2, Y2, Z2) = (0, 435.32, -482.72)

以上の露光条件で作製した透過型ホ로그램を拡散板25として使用することにより、拡散板25により拡散された光束は、フレネル凹面反射鏡24'で反射された後、図43に示すように、観察者瞳面で色再現性良く観察できる射出瞳範囲が縦×横が60mm×60mmの正方形の拡大瞳60となり、その中に60の円形瞳が可能になる。この実施例の瞳の色収差(波長450nmの射出瞳像と波長650nmの射出瞳像とのズレ)は40mmとなる。

【0166】

実施例13のY-Z断面内の光路図を図44に示す。また、図45にこの実施例の拡散板25に用いる透過型ホ로그램の撮影配置を示す。そして、図46にこの実施例における射出瞳60位置での波長450nm、波長550nm、波長650nmでの射出瞳像の重なり具合と、0次光及び表面反射光の入射位置を示す。なお、図45、図46中の数字はmm単位である。

【0167】

実施例13は、図14(b)に対応して再生光入射角度条件が2回目の入射の際に満足し、1回目には回折せず、かつ、拡散板25の屈曲方向が法線に対する入射角に対して大きくなる方向の場合の例ある。また、フレネル凹面反射鏡24'はフレネル裏面鏡で構成されており、そのフレネル裏面鏡の偏心量をMY、軸上主光線10の透過型ホ로그램25による偏角量を、フレネル凹面反射鏡24'への入射角をとするとすると、

MY = 171.54mm

= 15.00° (屈折率1.4924の硝材中で)

= 2.88° (屈折率1.4924の硝材中で)

である。

【0168】

また、この実施例の透過型ホ로그램25の露光条件は、図45(a)中に示す通り、露光の際の座標系を透過型ホ로그램25の面の軸上主光線10の入射点を原点にして、ホ로그램面をX-Y面とし、投影光学系2(9)の射出瞳16から離れる方向をZ軸とすると、ホ로그램の寸法を、図45(b)に示すように、縦×横を190mm×250mmのものをいい、露光のための第1光源位置(X1, Y1, Z1)は以下の通りであり、点光源とする。

【0169】

(X1, Y1, Z1) = (0, 116.62, -434.63)

また、第2光源中心位置(X2, Y2, Z2)は以下の通りであり、図39(c)に示すように、縦×横が128mm×60mmの面積を持つ拡散面光源とする。

【0170】

(X2, Y2, Z2) = (0, 0, -450.00)

以上の露光条件で作製した透過型ホ로그램を拡散板25として使用することにより、フレネル凹面反射鏡24'で反射された後、拡散板25により拡散された光束は、図46に示すように、観察者瞳面で色再現性良く観察できる射出瞳範囲が縦×横が60mm×60mmの正方形の拡大瞳60となり、その中に60の円形瞳が可能になる。この実施例の瞳の色収差(波長450nmの射出瞳像と波長650nmの射出瞳像とのズレ)は68mm

10

20

30

40

50



mとなる。

【0171】

図25、図28、図31、図34から明らかなように、実施例6～9においては、装置の射出瞳60の位置で、波長700nmの光軸と波長400nmの光軸の入射位置の差が射出瞳の瞳径の2分の1以下であり、RGBの瞳が重なって色再現性良く観察できる射出瞳範囲が広がっており、その範囲には0次光とホログラムでの表面反射光が入射していないことが分かる。

【0172】

また、図37、図40、図43、図46から明らかなように、実施例10～13においては、装置の射出瞳60の位置で、波長650nmの光軸と波長650nmの光軸の入射位置の差（色収差）が射出瞳の瞳径の略2分の1以下であり、RGBの瞳が重なって色再現性良く観察できる射出瞳範囲が広がっており（何れも縦×横が60mm×60mmの正方形の範囲）、その範囲には0次光とホログラムでの表面反射光が入射していないことが分かる。なお、実施例10～13は、実施例6～9に比べて、0次光の入射位置が拡大瞳60からより遠くなるように設定した実施例である。

10

【0173】

以下に、上記実施例1～13の構成パラメータを示す。上記のように、実施例1～3においては、軸上主光線10を、物体面11中心を出て絞り面（接眼光学系4の入射面位置に配置されている。）中心を通り像面12の中心に至る光線で定義する。また、実施例4～5においては、軸上主光線10を、光源7中心を出て光学系の瞳を形成する走査ミラー80中心を通り走査面40に至る光線で定義する。実施例6～13においては、軸上主光線10を、投影光学系2（9）の射出瞳16の中心を出て透過型ホログラムからなる拡散板25の中心通り装置の射出瞳60中心に至る光線で定義する。

20

【0174】

そして、実施例1～3においては、逆光線追跡において、絞り面中心を原点とし、絞り面をX-Y面とし、絞り面に垂直な方向をZ軸方向とし、接眼光学系4の裏面に向かう方向をZ軸正方向としている。実施例4～5においては、順光線追跡において、光源7の中心を原点とし、軸上主光線10の進行方向をZ軸正方向とし、投影光学系9の偏心面をY-Z面としている。実施例6～13においては、順光線追跡において、投影光学系2（9）の射出瞳16の中心を原点とし、瞳面をX-Y面とし、瞳に垂直な軸上主光線10の進行方向をZ軸正方向としている。

30

【0175】

そして、偏心面については、光学系の原点からその面の面頂位置の偏心量（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれX、Y、Z）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記（a）式のZ軸、非球面については、下記（b）式のZ軸、アナモルフィック面については、下記（c）式のZ軸）のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ、 $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ （°））とが与えられている。その場合、 $\alpha$ と $\beta$ の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 $\gamma$ の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸の $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ の回転のさせ方は、面の中心軸とそのXYZ直交座標系を、まずX軸の回りで反時計回りに $\alpha$ 回転させ、次に、その回転した面の中心軸を新たな座標系のY軸の回りで反時計回りに $\beta$ 回転させると共に1度回転した座標系もY軸の回りで反時計回りに $\gamma$ 回転させ、次いで、その2度回転した面の中心軸を新たな座標系の新たな座標系のZ軸の回りで時計回りに $\gamma$ 回転させるものである。

40

【0176】

また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は、例えば特許文献7（特許文献8）の（a）式により定義される自由曲面であり、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0177】

また、非球面は、以下の定義式で与えられる回転対称非球面である。

【0178】

$$Z = (Y^2 / R) / [1 + \{1 - (1 + K) Y^2 / R^2\}^{1/2}] \\ + AY^4 + BY^6 + CY^8 + DY^{10} + \dots \quad \dots (b)$$

ただし、Zを光の進行方向を正とした光軸（軸上主光線）とし、Yを光軸と垂直な方向にとる。ここで、Rは近軸曲率半径、Kは円錐定数、A、B、C、D、...はそれぞれ4次、6次、8次、10次の非球面係数である。この定義式のZ軸が回転対称非球面の軸となる。

【0179】

10

また、アナモルフィック面の形状は以下の式により定義する。面形状の原点を通り、光学面に垂直な直線がアナモルフィック面の軸となる。

【0180】

$$Z = (C_x \cdot X^2 + C_y \cdot Y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) C_x^2 \cdot X^2 \\ - (1 + K_y) C_y^2 \cdot Y^2\}^{1/2}] \\ + \sum R_n \{ (1 - P_n) X^2 + (1 + P_n) Y^2 \}^{(n+1)}$$

ここで、例としてn = 4（4次項）を考えると、展開したとき、以下の式（c）で表すことができる。

20

【0181】

$$Z = (C_x \cdot X^2 + C_y \cdot Y^2) / [1 + \{1 - (1 + K_x) C_x^2 \cdot X^2 \\ - (1 + K_y) C_y^2 \cdot Y^2\}^{1/2}] \\ + R_1 \{ (1 - P_1) X^2 + (1 + P_1) Y^2 \}^2 \\ + R_2 \{ (1 - P_2) X^2 + (1 + P_2) Y^2 \}^3 \\ + R_3 \{ (1 - P_3) X^2 + (1 + P_3) Y^2 \}^4 \\ + R_4 \{ (1 - P_4) X^2 + (1 + P_4) Y^2 \}^5 \\ \dots (c)$$

30

ただし、Zは面形状の原点に対する接平面からのズレ量、C<sub>x</sub>はX軸方向曲率、C<sub>y</sub>はY軸方向曲率、K<sub>x</sub>はX軸方向円錐係数、K<sub>y</sub>はY軸方向円錐係数、R<sub>n</sub>は非球面項回転対称成分、P<sub>n</sub>は非球面項回転非対称成分である。なお、X軸方向曲率半径R<sub>x</sub>、Y軸方向曲率半径R<sub>y</sub>と曲率C<sub>x</sub>、C<sub>y</sub>との間には、

$$R_x = 1 / C_x, \quad R_y = 1 / C_y$$

の関係にある。

【0182】

なお、データの記載されていない自由曲面に関する項は0である。屈折率については、d線（波長587.56nm）に対するものを表記してある。長さの単位はmmである。

40

【0183】

以下に、上記実施例1～13の構成パラメータを示す。なお、以下の表中の“FFS”は自由曲面、“ASS”は非球面、“ANM”はアナモルフィック面、“FL”はフレネル面、“RE”は反射面、“SM”は走査ミラー、“HOE”は透過型ホログラム、“PIM”は画像投影面をそれぞれ示す。

【0184】

## 実施例1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	$\infty$		偏心(1)		

1 ANM(1) (絞り面, RE)

像 面	$\infty$		偏心(2)		
	ANM(1)				

R x -502.13

10

K x  $1.0632 \times 10^{+1}$

R 1  $5.3570 \times 10^{-1}$

R 2  $6.9470 \times 10^{-1}$

R y -399.96

K y  $1.0632 \times 10^{+1}$

P 1  $1.0015 \times 10^{-8}$

P 2  $1.9188 \times 10^{-13}$

20

偏心(1)

X -500.00 Y 150.38 Z -852.87

$\alpha$  -10.00  $\beta$  -30.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 150.00 Y -45.12 Z -255.86

$\alpha$  10.00  $\beta$  30.00  $\gamma$  0.00

。

【 0 1 8 5 】

30

## 実施例2

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	$\infty$		偏心(1)		

1 F F S (1) (絞り面, RE)

像 面	$\infty$		偏心(2)		
	F F S (1)				

C<sub>4</sub>  $-9.4100 \times 10^{-4}$  C<sub>6</sub>  $-1.2455 \times 10^{-3}$

40

偏心(1)

X -500.00 Y 150.38 Z -852.87

$\alpha$  -10.00  $\beta$  -30.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 150.00 Y -45.12 Z -255.86

$\alpha$  10.00  $\beta$  30.00  $\gamma$  0.00

。

【 0 1 8 6 】

50

## 実施例 3

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	$\infty$		偏心(1)		
1	$\infty$ (絞り面)			1.5163	64.1
2	A S S (1) (R E, F L)		偏心(2)	1.5163	64.1
3	$\infty$				
像 面	$\infty$		偏心(3)		

10

A S S (1)

R -1039.03

K  $9.3942 \times 10^{+1}$ A  $-4.0647 \times 10^{-8}$ B  $5.7192 \times 10^{-12}$ 

偏心(1)

X -500.00 Y 150.38 Z -852.87

 $\alpha$  -10.00  $\beta$  -30.00  $\gamma$  0.00

20

偏心(2)

X 0.00 Y -0.07 Z 2.00

 $\alpha$  -0.49  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(3)

X 150.00 Y -45.12 Z -255.86

 $\alpha$  10.00  $\beta$  30.00  $\gamma$  0.00

30

。

【 0 1 8 7 】

## 実施例 4

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	$\infty$				
1	1.36		偏心(1)	1.5163	64.1
2	A S S (1)		偏心(2)		
3	$\infty$ (絞り面, S M)		偏心(3)		
4	F F S (1) (R E)		偏心(4)		10
5	F F S (2) (R E)		偏心(5)		
像 面	$\infty$		偏心(6)		
	A S S (1)				
R	$\infty$				
K	$-6.4654 \times 10^{+6}$				
A	$1.4044 \times 10^{-1}$				
B	$-2.8953 \times 10^{-1}$				20
	F F S (1)				
C <sub>4</sub>	$-7.9957 \times 10^{-3}$	C <sub>6</sub>	$-1.5691 \times 10^{-2}$	C <sub>8</sub>	$-8.7517 \times 10^{-3}$
C <sub>10</sub>	$-9.2783 \times 10^{-4}$	C <sub>11</sub>	$-8.7817 \times 10^{-4}$	C <sub>13</sub>	$-5.7719 \times 10^{-4}$
C <sub>15</sub>	$-3.5738 \times 10^{-5}$				
	F F S (2)				
C <sub>4</sub>	$-9.5591 \times 10^{-3}$	C <sub>6</sub>	$-1.0370 \times 10^{-2}$	C <sub>8</sub>	$-1.0324 \times 10^{-3}$
C <sub>10</sub>	$-2.0894 \times 10^{-4}$	C <sub>11</sub>	$-6.6411 \times 10^{-6}$	C <sub>13</sub>	$-1.7961 \times 10^{-5}$
C <sub>15</sub>	$-2.8612 \times 10^{-6}$				30
	偏心(1)				
X	0.00	Y	0.00	Z	2.80
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
	偏心(2)				
X	0.00	Y	0.00	Z	3.80
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
	偏心(3)				40

X	0.00	Y	0.00	Z	5.80
$\alpha$	45.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	-2.00	Z	5.80
$\alpha$	-45.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

偏心(5)

X	0.00	Y	-2.00	Z	8.00
$\alpha$	-45.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

偏心(6)

X	0.00	Y	-292.00	Z	8.00
$\alpha$	0.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

【 0 1 8 8 】

## 実施例5

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	$\infty$				
1	-4.6344		偏心(1)	1.5163	64.1
2	A S S (1)		偏心(2)		
3	$\infty$ (絞り面, S M)		偏心(3)		
4	$\infty$		偏心(4)	1.5163	64.1
5	F F S (1) (R E)		偏心(5)	1.5163	64.1
6	F F S (2) (R E)		偏心(6)	1.5163	64.1
7	$\infty$		偏心(7)		
像 面	$\infty$		偏心(8)		

A S S (1)

R -1.06

K  $-5.4859 \times 10^{-1}$ A  $2.2734 \times 10^{-2}$ B  $5.2264 \times 10^{-3}$ 

F F S (1)

C<sub>4</sub>  $-7.3742 \times 10^{-2}$  C<sub>6</sub>  $-1.3926 \times 10^{-1}$  C<sub>8</sub>  $-1.2695 \times 10^{-2}$ C<sub>10</sub>  $1.3989 \times 10^{-3}$  C<sub>11</sub>  $-1.1007 \times 10^{-2}$  C<sub>13</sub>  $-6.4887 \times 10^{-2}$ C<sub>15</sub>  $-7.2394 \times 10^{-3}$ 

F F S (2)

C<sub>4</sub>  $2.5914 \times 10^{-1}$  C<sub>6</sub>  $-1.4332 \times 10^{-2}$  C<sub>8</sub>  $-1.1310 \times 10^{-2}$ C<sub>10</sub>  $-2.9605 \times 10^{-4}$  C<sub>11</sub>  $3.4328 \times 10^{-4}$  C<sub>13</sub>  $-2.9433 \times 10^{-2}$ C<sub>15</sub>  $-2.0034 \times 10^{-4}$ 

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 2.80

 $\alpha$  0.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 3.80

10

20

30

40

$\alpha$  0.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(3)

X 0.00 Y 0.00 Z 5.80

$\alpha$  45.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(4)

X 0.00 Y -1.00 Z 5.80

$\alpha$  90.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(5)

X 0.00 Y -6.00 Z 5.80

$\alpha$  112.50  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(6)

X 0.00 Y -4.00 Z 3.80

$\alpha$  157.50  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(7)

X 0.00 Y -4.00 Z 7.80

$\alpha$  0.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(8)

X 0.00 Y -4.00 Z 288.86

$\alpha$  0.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

【 0 1 8 9 】

10

20

。



## 実施例6

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	$\infty$				

1	HOE		偏心(1)	1.49	57.4
---	-----	--	-------	------	------

2	$\infty$ (P I M)		偏心(2)	1.49	57.4
---	------------------	--	-------	------	------

3	A S S (1) (R E, F L)		偏心(3)	1.49	57.4
---	----------------------	--	-------	------	------

4	$\infty$		偏心(1)		
---	----------	--	-------	--	--

像 面	$\infty$		偏心(4)		
-----	----------	--	-------	--	--

A S S (1)

R -816.43

K  $-2.0000 \times 10^{-6}$ A  $1.4845 \times 10^{-11}$ B  $-5.8165 \times 10^{-15}$ C  $2.3649 \times 10^{-19}$ D  $-1.5631 \times 10^{-24}$ 

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 650.00

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.46 Z 650.89

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(3)

X 0.00 Y M Y Z 604.70

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(4)

X 0.00 Y -205.69 Z 249.76

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

。

【 0 1 9 0 】

10

20

30

40

## 実施例7

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	$\infty$				

1	HOE		偏心(1)	1.49	57.4
---	-----	--	-------	------	------

2	$\infty$ (P I M)		偏心(2)	1.49	57.4
---	------------------	--	-------	------	------

3	A S S (1) (R E, F L)		偏心(3)	1.49	57.4
---	----------------------	--	-------	------	------

4	$\infty$		偏心(1)		
---	----------	--	-------	--	--

像 面	$\infty$		偏心(4)		
-----	----------	--	-------	--	--

A S S (1)

R -816.43

K  $-2.0000 \times 10^{-6}$ A  $1.4845 \times 10^{-11}$ B  $-5.8165 \times 10^{-15}$ C  $2.3649 \times 10^{-19}$ D  $-1.5631 \times 10^{-24}$ 

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 650.00

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.46 Z 650.89

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(3)

X 0.00 Y M Y Z 584.08

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(4)

X 0.00 Y -205.69 Z 249.76

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

。

【 0 1 9 1 】

10

20

30

40

## 実施例8

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	$\infty$				

1	HOE		偏心(1)	1.62	23.9
---	-----	--	-------	------	------

2	$\infty$ (P I M)		偏心(2)	1.62	23.9
---	------------------	--	-------	------	------

3	A S S (1) (R E, F L)		偏心(3)	1.62	23.9
---	----------------------	--	-------	------	------

4	$\infty$		偏心(1)		
---	----------	--	-------	--	--

像 面	$\infty$		偏心(4)		
-----	----------	--	-------	--	--

A S S (1)

R -835.62

K 0.0332

A  $4.8760 \times 10^{-9}$ B  $-2.5964 \times 10^{-13}$ C  $6.8805 \times 10^{-18}$ D  $-6.6177 \times 10^{-23}$ 

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 650.00

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.46 Z 650.89

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(3)

X 0.00 Y M Y Z 604.54

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(4)

X 0.00 Y -205.69 Z 249.76

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

。

【 0 1 9 2 】

10

20

30

40

## 実施例 9

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
-----	------	-----	----	-----	------

物体面	$\infty$				
-----	----------	--	--	--	--

1	$\infty$		偏心(1)	1.49	57.4
---	----------	--	-------	------	------

2	$\infty$ (P I M)		偏心(2)	1.49	57.4
---	------------------	--	-------	------	------

3	A S S (1) (R E, F L)		偏心(3)	1.49	57.4
---	----------------------	--	-------	------	------

4	H O E		偏心(1)		
---	-------	--	-------	--	--

10

像 面	観察者瞳面	$\infty$	偏心(4)		
-----	-------	----------	-------	--	--

A S S (1)

R -816.43

K  $-2.0000 \times 10^{-6}$ A  $1.4845 \times 10^{-11}$ B  $-5.8165 \times 10^{-15}$ C  $2.3649 \times 10^{-19}$ 

20

D  $-1.5631 \times 10^{-24}$ 

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 650.00

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.46 Z 650.89

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

30

偏心(3)

X 0.00 Y M Y Z 604.70

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(4)

X 0.00 Y -205.69 Z 249.76

 $\alpha$  27.2  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

。

40

【 0 1 9 3 】

## 実施例 10

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	$\infty$				
1	HOE		偏心(1)	1.4924	57.6
2	$\infty$ (P I M)		偏心(1)	1.4924	57.6
3	A S S (1) (R E, F L)		偏心(2)	1.4924	57.6
4	$\infty$		偏心(1)		
像 面	$\infty$		偏心(3)		

A S S (1)

R -794.83

K  $-5.3753 \times 10$ A  $1.0973 \times 10^{-6}$ B  $2.4736 \times 10^{-11}$ C  $-2.7488 \times 10^{-16}$ 

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 650.00

 $\alpha$  25.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 0.00 Y M Y Z 630.94

 $\alpha$  25.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(3)

X 0.00 Y -190.18 Z 242.16

 $\alpha$  25.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

【 0 1 9 4 】

10

20

30

## 実施例 1 1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数	
物体面	$\infty$					
1	$\infty$ (P I M)		偏心(1)	1.4924	57.6	
2	A S S (1) (R E, F L)		偏心(2)	1.4924	57.6	
3	$\infty$		偏心(1)			
4	H O E		偏心(1)	1.4924	57.6	10
像 面	$\infty$		偏心(3)			
	A S S (1)					
R	-792.61					
K	0.0000					
A	$3.7000 \times 10^{-9}$					
B	$-2.3710 \times 10^{-13}$					
C	$5.4398 \times 10^{-18}$					20
	偏心(1)					
X	0.00	Y	0.00	Z	650.00	
$\alpha$	25.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00	
	偏心(2)					
X	0.00	Y	M Y	Z	627.89	
$\alpha$	25.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00	
	偏心(3)					30
X	0.00	Y	-190.18	Z	242.16	
$\alpha$	25.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00	

【 0 1 9 5 】

## 実施例 1 2

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	$\infty$				
1	HOE		偏心(1)	1.4924	57.6
2	$\infty$ (P I M)		偏心(1)	1.4924	57.6
3	A S S (1) (R E, F L)		偏心(2)	1.4924	57.6
4	$\infty$		偏心(1)		
像 面	$\infty$		偏心(3)		

A S S (1)

R -407.45

K  $-5.8103 \times 10$ A  $-7.5130 \times 10^{-7}$ B  $7.5802 \times 10^{-12}$ C  $-3.1478 \times 10^{-17}$ 

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 650.00

 $\alpha$  25.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(2)

X 0.00 Y M Y Z 577.79

 $\alpha$  25.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

偏心(3)

X 0.00 Y -190.18 Z 242.16

 $\alpha$  25.00  $\beta$  0.00  $\gamma$  0.00

【 0 1 9 6 】

10

20

30

## 実施例 13

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	$\infty$				
1	$\infty$ (P I M)		偏心(1)	1.4924	57.6
2	A S S (1) (R E, F L)		偏心(2)	1.4924	57.6
3	$\infty$		偏心(1)		
4	H O E		偏心(1)	1.4924	57.6
像 面	$\infty$		偏心(3)		
	A S S (1)				
R	-763.19				
K	-2.3408				
A	$-1.8903 \times 10^{-8}$				
B	$1.4268 \times 10^{-13}$				
C	$-4.9692 \times 10^{-19}$				
	偏心(1)				
X	0.00	Y	0.00	Z	650.00
$\alpha$	25.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
	偏心(2)				
X	0.00	Y	M Y	Z	571.11
$\alpha$	25.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00
	偏心(3)				
X	0.00	Y	-190.18	Z	242.16
$\alpha$	25.00	$\beta$	0.00	$\gamma$	0.00

10

20

30

## 【 0 1 9 7 】

次に、図 1 の構成の投影観察装置を例にとって、本発明の投影観察装置を立体観察装置として構成する実施例について説明する。

## 【 0 1 9 8 】

図 47 は、図 1 に示した構成の投影観察装置を、立体観察装置とした場合の 1 例を示す図である。ここで、図 47 ( a ) は透過型立体観察装置の概略構成図、図 47 ( b ) は反射型立体観察装置の概略構成図である。なお、図 47 ( b ) では、便宜上右眼用の構成についてのみ示してあり、左眼用の構成は省略してある。

40

## 【 0 1 9 9 】

図 47 ( a )、( b ) に示す立体観察装置は、表示素子 1 L、1 R と、投影光学系 2 L、2 R と、接眼光学系 4 と、拡散板 5 ( 図 47 においては、図示を省略 ) とを備えて構成されている。

## 【 0 2 0 0 】

投影光学系 2 L、2 R は、表示素子 1 L、1 R に表示された映像を観察者側に投影する。この時、投影された映像が同一の表示面に投影するように、光学系が構成されている。接眼光学系 4 は同一の表示面近傍に配置されている。そして、投影光学系 2 L、2 R の射出

50



瞳 16 L、16 R を観察者側に投影する。観察者は投影された射出瞳像の位置に瞳 E L、E R を一致させることで、表示素子 1 L、1 R に表示された映像を観察することができる。拡散板 5 は、観察用の瞳を拡大する作用を有している。また、接眼光学系 4 と拡散板 5 は表示面位置に配置されている。

【0201】

表示面位置は、投影光学系 2 L、2 R で投影される表示素子 1 L、1 R の映像の結像位置となっている。そして、この結像位置に配置された接眼光学系 4 としては、透過型立体観察装置（図 47（a））では、フレネルレンズが、反射型立体観察装置（図 47（b））ではフレネルミラーが設けられている。

【0202】

フレネルミラー、フレネルレンズは、それぞれ 2 つの射出瞳 16 L、16 R の像を観察者側に結像するようになっている。これらのフレネル面は、表示面位置（あるいはその近傍）に配置されているため、投影された映像の画質が劣化しない。また、凹面鏡とは異なり、平板状に配置されている。

【0203】

図 48 は、上記立体観察装置において、射出瞳像（観察用の瞳）が拡大される原理を示す説明図である。なお、図 48 では、透過型の立体観察装置の構成を用いている。

【0204】

平面状の表示面位置又はその近傍には、接眼光学系 4 と共に拡散板 5 が配置されている。図 48 において、接眼光学系 4 は、左右の投影光学系 2 L、2 R の射出瞳 16 L、16 R の径  $\phi$  を  $\phi'$  の大きさで、観察者側の所定の位置に結像する作用を有している。この所定の位置は、観察者の眼球（瞳）瞳 E L、E R が位置する所である。ここで、拡散板 5 は、その拡散作用により、本来  $\phi'$  の大きさで結像されるべき 6 L、6 R の瞳像（左右の投影光学系 2 L、2 R の射出瞳 16 L、16 R の像）を  $\phi$  の大きさに拡大するようになっている。なお、拡散板 5 により拡大された左右の射出瞳像 60 L、60 R は、クロストークの発生を防ぐため距離 L の観察位置では重なり合わないよう設定されている。この拡散板 5 による拡散作用は、透過型立体観察装置では表示面位置に設けられた拡散板 5 を 1 回だけ透過するので 1 回だけ作用し、反射型立体観察装置（図 48 では不図示）では表示面位置に設けられた拡散光学系を 2 回透過するため 2 回作用する。

【0205】

図 49 は本発明による立体観察装置の 1 実施例を示す図である。図 1（a）は、上方から見た概略構成図、図 1（b）は図 1（a）の側面図である。本実施例の立体観察装置は、透過型に構成されている。表示面位置には、接眼光学系 4 が配置されている。接眼光学系 4 は、投影光学系 2 L、2 R の射出瞳 16 L、16 R を、観察者側に投影する。この投影された位置に観察者の眼球（瞳）E L、E R を一致させることにより、観察者は映像の観察が行える。

【0206】

ここで、接眼光学系 4 としては、観察者側にフレネル面 4 a を向けたフレネルレンズが用いられている。このフレネルレンズ 4 の近傍には、瞳拡大のための拡散板 5 が配置されており、これらで透過型表示パネルを構成している。本実施例では、フレネルレンズ面 4 a は、投影光学系 2 L、2 R により投影された投影像の結像位置に配置されている。このため、フレネルレンズ面 4 a による画質の劣化はない。拡散板 5 の拡散面 5 a は、フレネルレンズ 4 のフレネルレンズ面 4 a 側に設けられている。拡散面 5 a は、フレネルレンズ面 4 a に近づけて配置されており、ボケを少なくして画質劣化を少なく抑えている。

【0207】

また、本実施例では、透過型表示パネルは、偏心光学系で構成されている。すなわち、フレネルレンズ面 4 a が偏心フレネルレンズ面となっており、図 49（b）に示すように、フレネルレンズ面 4 a の光軸が中心より下側に位置している。なお、フレネルレンズ面 4 a は正屈折力を有している。

【0208】

10

20

30

40

50

本実施例のように、透過型表示パネルを偏心光学系で構成すると、表示パネル面自体が厚くならず済む。よって、表示パネルが邪魔にならない配置が可能となる。また、本実施例のように、表示面位置に拡散面 5 a 及びフレネル面 4 a を極力近づけて配置した方が画質劣化が少ないので好ましい。

【0209】

図 50 は本発明による立体観察装置の他の実施例を示す説明図である。図 50 (a) は斜視図、図 50 (b) は側面図である。

【0210】

本実施例の立体観察装置は反射型に構成されている。そして、表示パネルは、接眼光学系 4 と瞳拡大のための拡散板 5 を備えている。接眼光学系 4 は、具体的にはフレネルミラー 4 である。接眼光学系 4 は、投影光学系 2 L、2 R の射出瞳 16 L、16 R を、観察者側に投影する。観察者は、この投影位置に瞳 E L、E R を一致させることで映像観察ができる。

10

【0211】

ところで、反射型立体観察装置の場合、投影光学系 2 L、2 R と観察者の顔とが干渉しないように各光学部材を配置する必要がある。また、観察者は表示パネルを正面から見た方が観察しやすい。そこで、本実施例では、表示パネルの中心へ入射する投影光の入射光軸と表示パネルの中心から出射する光線の出射光軸との間に角度を持たせている。また、表示パネルの中心に対し、フレネルミラー 4 の光軸を上下方向 (図 50 においては上方向) に偏心させている。

20

【0212】

図 51 は、図 50 の実施例をより具体化した例を示す側面図である。図 51 の実施例では、投影光学系 2 R (2 L) に球面レンズ系を用いると共に、表示素子 1 R (1 L) をレンズの光軸から偏心させた位置に配置している。このようにすることで、投影光学系 2 R (2 L) と観察者の顔とが干渉しないようにしている。表示パネルは、観察者の眼及び投影光学系 2 R (2 L) に対して垂直に配置されている。また、表示パネル面には非球面のフレネルミラーが用いられている。

【0213】

なお、上述のように、観察者が表示パネルを正面視する構成とした方が好ましいが、本実施例では、表示パネルは  $\pm 30^\circ$  傾けた位置からでも使用可能である。 $\pm 15^\circ$  程度の傾斜であれば、良好な映像が観察できるようになっている。

30

【0214】

図 52 は図 51 の実施例の変形例を示す図で、側方から見た概略構成図である。図 52 において、観察者の視線は水平方向に固定して示してある。本実施例では、表示パネルと観察者眼球 (瞳) E R (E L) の位置関係が、次の 2 つの量で決まる。(1) 表示パネル面の傾斜角度。(2) 表示パネル面に設けられた偏心フレネルレンズ面の光軸の偏心量。これら 2 つの量を組み合わせて調整することにより、最適な状態で観察できるようになっている。なお、投影光学系 2 R (2 L) は、表示パネル面に対して垂直に配置されている。なお、図 52 中、符号 17 は支持アームであり、支持アーム 17 は 2 つの投影光学系 2 R (2 L) と表示素子 1 R (1 L) と表示パネルとを支持している。また、表示パネル面の傾斜角度は、表示パネルの中心と観察者の瞳とを結ぶ線と表示パネルの中心からの垂線とのなす角度であり、 $\pm 30^\circ$  以下にするのが見やすさの点から好ましい。

40

【0215】

図 52 (a) の立体観察装置は、表示パネル面の傾斜角度が  $0^\circ$  になっている。また、図 52 (b)、(c) の立体観察装置は、表示パネル面の傾斜角度が  $30^\circ$  以下になっている。なお、図 52 の実施例においては、(c) の構成に比べて (a) 又は (b) の構成の方が、見やすさの自然な点と結像作用の偏心量が少ない点でより有利である。

【0216】

次に、本発明の立体観察装置に用いる表示パネルの具体的な構成例を説明する。

【0217】

50

図 5 3 は、本発明の反射型立体観察装置に適用可能な反射型表示パネルの実施例を示す図である。ここで、図 5 3 ( a ) は斜視図、図 5 3 ( b ) は側方からみた概略構成図である。本実施例の表示パネルは、フレネル面 4 a と、ランダムに凹面が配置された拡散面 5 a とを一体形成して構成されている。具体的には、例えば、フレネル面用の金型と散乱面用のランダム配置された凹面の金型とで、ポリカーボネイトやアクリルなどのプラスチック樹脂を両側からプレスして一体成形する。その後、フレネル面 4 a に反射膜としてアルミをコートし、さらにその上に防護膜として黒色塗料を付ける。

#### 【 0 2 1 8 】

表示パネルのフレネル面 4 a は、2 つの投影光学系 2 L、2 R の射出瞳 1 6 L、1 6 R の像を結像する作用を有する。よって、観察者がこの結像位置に眼球（瞳）を一致させることで映像を観察することができる。また、拡散面 5 a が観察用の瞳を拡大する作用を有している。よって、観察者は、結像位置から眼球（瞳）を多少ずらしても、一致している状態と同じように映像を観察することができる。

10

#### 【 0 2 1 9 】

なお、図 5 3 に示す本実施例の表示パネルは、偏心フレネル裏面鏡として構成されている。ここで、表面鏡と裏面鏡とのフレネル面 4 a の曲率半径 R について考える。

#### 【 0 2 2 0 】

裏面鏡として構成した場合の曲率半径 R は、

$$R = 2 n \cdot f$$

表面鏡として構成した場合の曲率半径 R は、

$$R = 2 f$$

20

となる。ただし、n は屈折率、f は焦点距離である。

#### 【 0 2 2 1 】

このように、裏面鏡で構成した方がフレネル面の曲率半径 R を大きくとることができるので、瞳結像時の収差の発生が少なく有利である。

#### 【 0 2 2 2 】

さらに、本実施例の表示パネルでは、フレネル面 4 a が周辺程曲率半径が大きくなるような非球面フレネル面に構成されている。このように構成すると、観察用の瞳が結像時に発生する収差を非球面でさらに少なく抑えることができ、有利となる。

#### 【 0 2 2 3 】

図 5 4 は、反射型表示パネルの他の実施例を示す図である。ここで、図 5 4 ( a ) は側方からみた概略構成図、図 5 4 ( b ) は拡散手段の拡大図である。本実施例の表示パネルは、図 5 3 に示すようなランダムに凹面が配置された拡散面 5 a に代わって、図 5 4 ( b ) に示すように、拡散手段としてフレネル面 4 a に微小な凹面 5 b を一体形成して構成されている。なお、フレネル面 4 a には反射膜がコートされており、裏面フレネル反射鏡として構成されている。また、本実施例では、表示パネルの表面は平面であり、反射防止膜が容易にコーティングできるようになっている。

30

#### 【 0 2 2 4 】

このように、本実施例の反射型表示パネルによれば、結像作用をなすフレネル面 4 a と拡散作用をなす微小な凹面 5 b とが同一の裏面に形成されている。そのため、図 5 3 に示すような反射型表示パネルでは通常 2 回拡散面を通るのに対し、本実施例では投影光が 1 回だけしか拡散面を通過しないので、拡散作用は 1 回しか受けない。その結果、その分だけボケが生じ難く画質劣化を少なく抑えることができる。

40

#### 【 0 2 2 5 】

図 5 5 は、反射型表示パネルの他の実施例を示す図で、側方から見た概略構成図である。本実施例の表示パネルは、接眼光学系 4 をフレネル表面鏡で構成すると共に、拡散手段を拡散板 5 で構成している。そして、フレネル面 4 a と拡散板 5 の表面に形成された拡散性を有する凹凸面 5 b' とが対面し、近接配置されている。

#### 【 0 2 2 6 】

本実施例の表示パネルによれば、フレネルミラー面 4 a が表面に形成されており、拡散性

50

を有する凹凸面 5 b' と極力密着させることができる。そのため、拡散面を 2 回通過することにより生じるボケを極力少なく抑えることができる。なお、本実施例の表示パネルは、表面フレネルミラー 4 と拡散板 5 とを密着させる構成の他に、拡散板の代わりに拡散性フィルムを表面フレネルミラーに張り合わせて構成してもよい。

#### 【0227】

図 5 6 は、反射型表示パネルの他の実施例を示す図であって、側方からみた概略構成図である。本実施例の表示パネルは、図 5 3 の実施例で示した偏心フレネル裏面鏡の表面に微小な凹凸面を形成する代わりに、拡散性フィルム 5 c を貼り合わせて構成されている。なお、拡散性フィルム 5 c は、内部散乱式のものの、表面に形成された凹凸で散乱させる方式のものの何れのものを用いてもよい。

10

#### 【0228】

次に、特に本発明の投影観察装置において用いる接眼光学系を凹面鏡、フレネルフレネル反射鏡等の反射型のものを用い、その前面に配置する拡散板として、凹凸面又は粗面からなるもの、あるいは、透過型ホログラムからなるものを用いた表示パネルに、図 1 あるいは図 2 のような配置で映像を投影して表示する場合の本発明の投影観察装置の種々の形態について例示する。以下の説明において、反射型の接眼光学系と拡散板との組み合わせを表示パネル 100 とする。また、投影装置 101、101 L、101 R は、図 1 のように、表示素子 1 とその表示素子 1 に表示された映像を拡大投影する投影光学系 2 とからなるもの、あるいは、図 2 のように、光源 7 から入射された光束を偏向する走査手段 8 と、偏向された光束を投影集光する投影光学系 9 とからなるものとする。

20

#### 【0229】

図 5 7 は、上述の各実施例で示した構成を備えた本発明が適用可能な立体観察システムの実施例を示す概略構成図である。本実施例では、左右の投影装置 101 L、101 R は投影装置制御装置 102 に接続されている。投影装置制御装置 102 は、立体 (3D) 内視鏡や、立体 (3D) 顕微鏡等の立体 (3D) 画像入力装置に設けられている左右のカメラで撮像された画像を選択入力して、左右の投影装置 101 L、101 R にその選択した画像を送って表示させるように構成されている。また、本実施例では、投影装置制御装置 102 は、その他の選択入力可能な画像として、パソコンを介して作成された視差を有する立体 (3D) 画像も本実施例の表示パネル 100 への入力画像として入力して投影装置 101 L、101 R に表示させることができるように構成されている。

30

#### 【0230】

次に、このように構成された本発明による立体観察システムを応用した製品の実施例について説明する。

#### 【0231】

図 5 8 は、本発明による立体観察システムを応用した製品の 1 実施例を示す説明図である。本実施例の製品は、表示パネル 100 と左右の投影装置 101 L、101 R とを保持部材 103 に一体的に取り付けた反射型立体投影観察装置と、保持部 103 を支持する支持アーム 104 と、支持アーム 104 を支持するキャスター付き支持部本体 105 とで構成されている。反射型立体投影観察装置は、左右の投影装置 101 L、101 R から互いに視差のある映像を表示パネル 100 に投影し、表示パネル 100 で反射して観察者の左右の眼 E L、E R にそれぞれ観察用の瞳を拡大させて映像を結像するように構成されている。

40

#### 【0232】

保持部材 103 は支持アーム 104 との連結部 104 a を介して矢印方向に回動可能に連結されており、支持アーム 104 は支持部本体 105 に連結部 104 b を介して矢印方向に回動可能に連結されており、保持部材 103、支持アーム 104 を所望方向に回動させることで、観察者の観察姿勢を変えることができるようになっている。また、保持部材 103 には操作部 103 a が設けられており、所望方向への回動がしやすくなっている。

#### 【0233】

また、支持部本体 105 はキャスター 105 a が付いており、支持部本体 105 を移動さ

50

せることで観察位置を変えることができようになっている。

【0234】

図59は、本発明による立体観察システムを応用した製品の他の実施例を示す説明図である。この実施例の製品は図58と同様の保持部材103に取り付けられた反射型立体投影観察装置を支持する支持アーム104を支持する支持部本体105を天井106に取り付けて構成されている。本実施例のように構成すれば、立体投影観察装置を置くスペースを省略することができる。

【0235】

図60は、本発明による立体観察システムを応用した製品の他の実施例を示す説明図である。本実施例の製品は、支持アーム104を手術用の椅子107に取り付けて構成されている。表示パネル100は保持部材103bに取り付けられ、投影装置101L、101Rは保持部材103cに取り付けられている。そして、保持部材103bは、保持部材103cに回動可能に取り付けられており、表示パネル100の投影装置101L、101Rに対する向きを所定方向に変えることができるようになっている。投影装置101L、101Rを取り付けた保持部材103cは、支持アーム104に連結部104cを介して360°回動可能に取り付けられており、表示パネル100及び投影装置101L、101Rの向きを所定方向に変えることができるようになっている。さらに、表示パネル100の左右側方には取っ手108が設けられており、表示パネル100に直接手を触れずに向きの調整操作がしやすくなっている。また、手術用の椅子107にはキャスター107aが設けられており、手術用椅子107を移動させることで観察位置を変えることができようになっている。

【0236】

図61は、本発明による立体観察システムを応用した製品の他の実施例を示す説明図である。本実施例の製品は、キャスター105a付き支持部本体105及び連結部104cを介して回動可能な支持アーム104を備えた手術用顕微鏡の画像入力部109に、投影装置101L、101Rと表示パネル100とが保持部材103に取り付けられた2台の立体投影観察装置を保持部材103を介して取り付けられて構成されている。手術用顕微鏡の画像入力部109には2台のカメラが内蔵され、入力画像はそれぞれの立体投影観察装置の投影装置101L、101Rに送られるように構成されており、手術用顕微鏡での立体画像が複数の観察者に同時に観察できるようになっている。

【0237】

そして、図58～図61に示した実施例の製品の立体観察システムは、手術用顕微鏡の表示装置、内視鏡の表示装置、医療関連の立体情報画像の表示装置、コンピュータを用いたゲーム機等の娯楽製品の表示装置、各種立体(3D)のCAD画像等の業務関連の立体(3D)画像の表示装置等に適用可能である。

【0238】

図62は、本発明の投影観察装置を用いた手術用立体観察システムの1実施例を示す説明図である。本実施例の製品は、キャスター105a付き支持部本体105に自在アーム110を介して3次元方向に移動自在で360°回転自在に支持アーム104が取り付けられ、その支持アーム104に連結部104dを介して同様に移動自在、回転自在に保持部材103が取り付けられ、その保持部材103に投影装置101L、101Rと表示パネル100とが取り付けられている。一方、支持アーム104先端には、手術用顕微鏡の画像入力部109が取り付けられ、その画像入力部109には2台のカメラが内蔵され、入力画像は立体投影観察装置の投影装置101L、101Rに送られるように構成されており、手術用顕微鏡で患者Pの患部の立体画像を観察しながら手術を行うことができるようになっている。

【0239】

また、以上のような本発明の投影観察装置は、例えば図63に外観を、図64に光学系を透視図として示すような双眼実体顕微鏡として構成することができる。この例の場合、双眼実体顕微鏡130はステージ131に鏡柱132が立っており、その鏡柱132に鏡筒

ボックス 1 3 3 が取り付けられている。鏡筒ボックス 1 3 3 は焦点合わせ用ねじ 1 3 6 によってステージ 1 3 1 からの高さが調整可能になっている。鏡筒ボックス 1 3 3 の下端には対物光学系鏡筒 1 3 4 が、その上端にはフード 1 3 5 が取り付けられている。そして、図 6 4 から明らかなように、これらの対物光学系鏡筒 1 3 4、鏡筒ボックス 1 3 3、フード 1 3 5 内には、対物光学系 1 1 1、左右の結像光学系 1 1 4 L、1 1 4 R、合計 4 枚の平面鏡からなる光路入れ替え作用と光路間隔拡大作用を持つ光学素子 1 1 8、左右の投影光学系 2 L、2 R、光軸を折り曲げるためのミラー 1 1 6 が配置されており、左右の投影光学系 2 L、2 R により、物体 O の左眼用の拡大像と右眼用の拡大像とが表示パネル 1 0 0 上に拡大投影され、また、表示パネル 1 0 0 により拡大された左右の射出瞳 6 0 L、6 0 R が左右の眼のアイポイントとして形成される。この結果、物体 O は観察者の両眼により実体像（立体像）として拡大観察できるものとなる。 10

#### 【0 2 4 0】

また、上記のような本発明による反射型の接眼光学系と拡散板との組み合わせからなる反射型の表示パネル 1 0 0 は、立体画像の表示のみならず、単一画像を表示する投影観察装置としても利用可能である。そのような投影観察装置としての携帯電話の例を図 6 5、図 6 6 に示す。図 6 5、図 6 6 は携帯電話 1 3 8 に操作者自身や通話相手等の撮影像と電話番号等の情報を投影表示する本発明の投影観察装置を備え、そのために投影装置 1 0 1 と反射型の表示パネル 1 0 0 を設けてその射出瞳 6 0 の位置でその表示映像を無理なく観察できるようにしている。この携帯電話 1 3 8 には、操作者の声を情報として入力するマイク部 1 3 9 と、通話相手の声を出力するスピーカ部 1 4 0 と、通信電波の送信と受信を行うアンテナ 1 4 1 と、操作者が情報を入力する操作ボタン 1 4 2 と、上記の投影観察装置とが設けられている。図 1 5 は、表示パネル 1 0 0 を携帯電話 1 3 8 に対して開閉する機構を持っており、携帯時は折り畳んでポケット等に収納することが可能となる。また、図 1 6 は、表示パネル 1 0 0 は携帯電話 1 3 8 の本体内部に固定され、折り畳まずにそのままポケット等に収納するものである。 20

#### 【0 2 4 1】

ところで、本発明の投影観察装置の接眼光学系 4 としてフレネルレンズやフレネル反射鏡を用いるとき、ゴースト光に注意しなければならない。ゴースト光はフレネルレンズの輪帯状の屈折作用面間にある非作用面、あるいはフレネル反射鏡の輪帯状の反射作用間にある非作用面で周囲の光等が反射されることにより生じる。このゴースト光は射出瞳 6 0 L、6 0 R、6 0<sub>1</sub>、6 0<sub>2</sub> に入射して観察の邪魔になる。図 6 7 に示すように、非作用面 4 3 は、フレネルレンズ 4 1 のフレネル面を構成する輪帯状の屈折作用面 4 2 間に位置している。そこで、この非作用面 4 3 に、例えばガラスビーズ 5 5 をフレネルレンズ 4 1 の中心方向から斜めに吹き付けて擦り面にする。このようにすることで、本来この面で反射されてゴースト光 2 となる光を拡散させることができる。このようにしてゴースト光を防止するようにすることが望ましい。さらには、この擦り面に黒色塗料等を塗布して光吸収性にとより望ましい。なお、図 6 7 中、1 は正規の屈折光を示す。 30

#### 【0 2 4 2】

なお、図 6 7 に示した例では、フレネルレンズ 4 1 に直接ガラスビーズ 5 5 等を吹き付けて非作用面を擦り面にする方法であったが、これ以外の方法もある。例えば、図 6 8 に示すように、フレネルレンズ 4 1 を作成する型 5 1 において、非作用面 4 3 に対応する面 5 3 に、図 6 7 と同様にガラスビーズ 5 5 等を斜めに吹き付けて擦り面にする方法がある。そして、その擦り面をフレネルレンズ 4 1 転写するようにしてもよい。図 6 8 中、符号 5 2 の面はフレネルレンズ 4 1 の輪帯状の屈折作用面 4 2 に対応する面である。接眼光学系 4 をフレネル反射鏡で構成する場合も上記と同様にすることが望ましい。 40

#### 【0 2 4 3】

さて、本発明の実施例で使用する拡散板は、特願 2 0 0 1 - 3 7 0 9 5 0 の作製方法に基づき、以下のようにして作製した。まず、サンドブラスト法により粒径が制限された球形ビーズを、型となる金属板に吹き付けた。次に、この金属板に形成されたランダム配置の凹面群を透明樹脂板に転写し複製した。このようにして、透明樹脂板の 1 面にランダムな 50

凹凸形状が形成された 1 回透過型拡散板を作製した。サンプルは 11 個作製した。それぞれのサンプル番号を #1 ~ #11 としたとき、これら #1 ~ #11 の拡散板の拡散光の角度分布は図 69 のようになった。#1 ~ #11 の拡散板の  $S_m / R_a$  の値、その拡散角の半値全幅、10 分の 1 全幅は次の通りである。この結果から、上記実施例の拡散板 5 としては、#11 の拡散板を使用することが望ましい。

【0244】

サンプル	$S_m / R_a$	拡散角半値全幅	拡散角 10 分の 1 全幅
#1	316.67	0.096	0.858
#2	206.25	0.104	0.980
#3	205.88	0.114	1.164
#4	163.64	0.144	1.510
#5	177.78	0.230	2.236
#6	223.53	0.108	1.062
#7	172.00	0.148	1.572
#8	174.07	0.156	1.632
#9	165.52	0.286	2.572
#10	160.61	1.368	3.470
#11	138.46	2.470	5.040

10

【0245】

以上の本発明の投影観察装置は例えば次のように構成することができる。

20

【0246】

〔1〕 映像を表示する表示素子と、前記表示素子に表示された映像を拡大投影する投影光学系と、前記投影光学系で投影された像近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する接眼光学系とを備えており、前記拡散板の拡散角は、半値全幅で  $20^\circ$  以下であることを特徴とする投影観察装置。

【0247】

〔2〕 光源からの光束を偏向する走査手段と、前記走査手段からの光を所定の位置に集光する投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する接眼光学系とを備えており、前記拡散板の拡散角は、半値全幅で  $20^\circ$  以下であることを特徴とする投影観察装置。

30

【0248】

〔3〕 前記拡散板が、光強度が  $1/10$  になる半値全幅で拡散角が全幅で  $40^\circ$  以下であることを特徴とする上記 1 又は 2 記載の投影観察装置。

【0249】

〔4〕 前記拡散板の表面粗さは、以下の条件を満足することを特徴とする上記 1 から 3 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0250】

$5 < (S_m / R_a) < 1000 \quad \dots (1)$

ただし、 $S_m$  は JIS B0601 による表面の凹凸の平均間隔 ( $\mu m$ )、 $R_a$  は表面の中心線平均粗さ ( $\mu m$ ) である。

40

【0251】

〔5〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記 4 記載の投影観察装置。

【0252】

1 回透過型の拡散板では、

$5 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 70 \quad \dots (2)$

2 回透過型の拡散板では、

$10 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 80 \quad \dots (3)$

表面反射型の拡散板では、

$50 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 200 \quad \dots (4)$

裏面反射型の拡散板では、

50

$80 < (S_m / R_a) \times (E_p / 400) < 250 \quad \dots (5)$

ただし、 $S_m$ はJIS B 0601による表面の凹凸の平均間隔( $\mu m$ )、 $R_a$ は表面の中心線平均粗さ( $\mu m$ )、 $E_p$ は拡散板の拡散面から観察者の眼の位置までの距離(m)である。

【0253】

〔6〕 以下の条件を満足することを特徴とする上記4又は5記載の投影観察装置。

【0254】

$S_m < 200 \mu m \quad \dots (6)$

〔7〕 光源からの光束を偏向する少なくとも2つの走査手段と、前記走査手段各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも2つの投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の接眼光学系とを備えており、前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が $10^\circ$ 以上であることを特徴とする投影観察装置。 10

【0255】

〔8〕 光源からの光束を偏向する少なくとも2つの走査手段と、前記走査手段各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも2つの投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系各々の射出瞳を観察者側に投影する共通の凹面鏡からなる接眼光学系とを備えており、前記投影光学系の光軸の何れか一方が前記接眼光学系と交差し、交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸とのなす角が $10^\circ$ 以上であることを特徴とする投影観察装置。 20

【0256】

〔9〕 前記投影光学系の少なくとも1つは、屈折率( $n$ )が1よりも大きい( $n > 1$ )媒質で形成された偏心プリズムを1個以上備えた偏心プリズム光学系からなり、前記偏心プリズムは、前記走査手段で走査された光束をプリズム内に入射する入射面と、その光束をプリズム内で反射する少なくとも1つの反射面と、光束をプリズム外に射出する射出面とを有し、その少なくとも1つの反射面が、光束にパワーを与える曲面形状を有し、その曲面形状が偏心によって発生する収差を補正する回転非対称な面形状にて構成され、かつ、前記偏心プリズム光学系は面对称形状に構成され、その投影光学系の光軸が前記接眼光学系と交差する点における前記接眼光学系の垂線とその光軸がなす角が $10^\circ$ 以上であり、前記交差する点を略含むように前記偏心プリズム光学系の対称面が配置され、前記偏心プリズム光学系に対応する前記走査手段で形成される表示画面の縦又は横方向が前記接眼光学系近傍に投影されたときに、前記接眼光学系の縦又は横方向と略一致するように、前記偏心プリズム光学系の物体面に前記走査手段が配置されていることを特徴とする上記7又は8記載の投影観察装置。 30

【0257】

〔10〕 前記偏心プリズムの少なくとも1つが、前記走査手段からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面から第1反射面へ向かう光束と第2反射面から射出面へ向かう光束とがプリズム内で交差する面配置の偏心プリズムからなることを特徴とする上記9記載の投影観察装置。 40

【0258】

〔11〕 前記偏心プリズムの少なくとも1つが、前記走査手段からの光束をプリズム内に入射させる入射面と、その入射面からプリズム内に入射した光束をプリズム内で反射する第1反射面と、その第1反射面で反射された光束をプリズム内で反射する第2反射面と、その第2反射面で反射された光束をプリズム外に射出する射出面とを備え、その入射面と第2反射面とを1面で兼用した偏心プリズムからなることを特徴とする上記9記載の投影観察装置。

【0259】



〔 1 2 〕 前記走査手段により形成される像を前記投影光学系による像歪みを補償するように歪ませて表示するように構成されていることを特徴とする上記 2 から 1 1 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【 0 2 6 0 】

〔 1 3 〕 前記接眼光学系がフレネルレンズからなることを特徴とする上記 1 から 7、9 ~ 1 2 何れか 1 項記載の投影観察装置。

【 0 2 6 1 】

〔 1 4 〕 前記接眼光学系が反射面からなることを特徴とする上記 1 から 7、9 ~ 1 2 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【 0 2 6 2 】

〔 1 5 〕 前記接眼光学系がフレネル反射鏡からなることを特徴とする上記 1 4 記載の投影観察装置。

【 0 2 6 3 】

〔 1 6 〕 前記接眼光学系がフレネル裏面反射鏡からなることを特徴とする上記 1 4 記載の投影観察装置。

【 0 2 6 4 】

〔 1 7 〕 前記拡散面が前記接眼光学系の少なくとも 1 面に設けられていることを特徴とする上記 1 2 から 1 6 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【 0 2 6 5 】

〔 1 8 〕 映像を表示する表示素子と、前記表示素子に表示された映像を拡大投影する投影光学系と、前記投影光学系で投影された像近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する凹面鏡とを備えており、前記透過型ホログラムからなる拡散板の拡散角は、半値全幅で 2 0 ° 以下であることを特徴とする投影観察装置。

【 0 2 6 6 】

〔 1 9 〕 映像を表示する少なくとも 2 つの表示素子と、前記表示素子各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも 2 つの投影光学系とを備えていることを特徴とする上記 1 8 記載の投影観察装置。

【 0 2 6 7 】

〔 2 0 〕 光源からの光束を偏向する走査手段と、前記走査手段からの光を所定の位置に集光する投影光学系と、前記所定の位置近傍に配置された透過型ホログラムからなる拡散板と、前記投影光学系の射出瞳を観察者側に投影する凹面鏡とを備えており、前記透過型ホログラムからなる拡散板の拡散角は、半値全幅で 2 0 ° 以下であることを特徴とする投影観察装置。

【 0 2 6 8 】

〔 2 1 〕 光源からの光束を偏向する少なくとも 2 つの走査手段と、前記走査手段各々からの光を所定の位置に集光する少なくとも 2 つの投影光学系とを備えていることを特徴とする上記 2 0 記載の投影観察装置。

【 0 2 6 9 】

〔 2 2 〕 前記凹面鏡がフレネル凹面反射鏡からなることを特徴とする上記 8、1 8 ~ 2 1 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【 0 2 7 0 】

〔 2 3 〕 前記投影光学系から装置の射出瞳に至る光線が前記透過型ホログラムからなる拡散板を 2 回透過する配置において、1 回目に前記透過型ホログラムからなる拡散板を透過する角度と、2 回目に前記透過型ホログラムからなる拡散板を透過する角度とが異なるように配置されていることを特徴とする上記 8、1 8 ~ 2 2 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【 0 2 7 1 】

〔 2 4 〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板が、光強度が 1 / 1 0 になる半値全幅で拡散角が全幅で 4 0 ° 以下であることを特徴とする上記 8、1 8 ~ 2 3 の何れか 1 項記載

10

20

30

40

50

の投影観察装置。

【0272】

〔25〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板の拡散角は、半値全幅で $8^\circ$ 以下であることを特徴とする上記19又は21記載の投影観察装置。

【0273】

〔26〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板が、光強度が $1/10$ になる半値全幅で拡散角が全幅で $12^\circ$ 以下であることを特徴とする上記19又は21記載の投影観察装置。

【0274】

〔27〕 前記投影光学系からの軸上主光線が前記凹面鏡に斜めに入射するように配置されていることを特徴とする上記8、18～26の何れか1項記載の投影観察装置。 10

【0275】

〔28〕 前記透過型ホログラムの1回目及び2回目透過時に回折されてない0次光が装置の射出瞳に入射しないように構成されていることを特徴とする上記8、18～27の何れか1項記載の投影観察装置。

【0276】

〔29〕 装置の射出瞳の位置で、前記透過型ホログラムの1回目及び2回目透過時に回折されてない0次光がその射出瞳の中心からその瞳径の2分の1以上離れて入射するように構成されていることを特徴とする上記8、18～28の何れか1項記載の投影観察装置。 20

【0277】

〔30〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板が、回折による屈曲作用を有することを特徴とする上記8、18～27の何れか1項記載の投影観察装置。

【0278】

〔31〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板によるd線の光軸の屈曲角を  $\theta$  とするとき、  
 $\theta > 1^\circ$  . . . (7)

の条件を満足することを特徴とする上記30記載の投影観察装置。

【0279】

〔32〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板によるd線の光軸の屈曲角を  $\theta$  とするとき、  
 $\theta < 45^\circ$  . . . (8)

の条件を満足することを特徴とする上記30又は31記載の投影観察装置。

【0280】

〔33〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板によるd線の光軸の屈曲角を  $\theta$  とするとき、  
 $10^\circ < \theta < 20^\circ$  . . . (9)

なる条件を満足することを特徴とする上記8、18～30の何れか1項記載の投影観察装置。

【0281】

〔34〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板による波長 $700\text{ nm}$ の光と波長 $400\text{ nm}$ の光の間の光軸の回折角の差が $18^\circ$ 以下であることを特徴とする上記8、18～33の何れか1項記載の投影観察装置。 40

【0282】

〔35〕 装置の射出瞳の位置で、波長 $700\text{ nm}$ の光軸と波長 $400\text{ nm}$ の光軸の入射位置の差が射出瞳の瞳径の2分の1以下であることを特徴とする上記8、18～34の何れか1項記載の投影観察装置。

【0283】

〔36〕 前記凹面鏡へのd線の光軸の入射角を  $\theta$  とすると、  
 $0^\circ < \theta < 45^\circ$  . . . (10)

の関係を満たすことを特徴とする上記 8、18～35 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0284】

〔37〕 前記凹面鏡への d 線の光軸の入射角を とすると、

$5^\circ < \theta < 20^\circ$  . . . (10-1)

の関係を満たすことを特徴とする上記 8、18～35 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0285】

〔38〕 前記投影光学系はアオリ像の像歪みを補正する機能を持ったものであることを特徴とする上記 36 又は 37 記載の投影観察装置。

【0286】

〔39〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板による d 線の光軸の屈曲角を  $\theta$ 、前記凹面鏡への d 線の光軸の入射角を  $\theta_0$  とすると、

$0.01 < \theta / \theta_0 < 1000$  . . . (11)

の関係を満たすことを特徴とする上記 8、18～38 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0287】

〔40〕 前記透過型ホログラムからなる拡散板による d 線の光軸の屈曲角を  $\theta$ 、前記凹面鏡への d 線の光軸の入射角を  $\theta_0$  とすると、

$0.5 < \theta / \theta_0 < 2$  . . . (11-1)

の関係を満たすことを特徴とする上記 8、18～38 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0288】

〔41〕 光源として LED 又は LD を用いたことを特徴とする上記 1～40 の何れか 1 項記載の投影観察装置。

【0289】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、所定の位置に投影された映像、あるいは所定の位置に形成された映像を、同時に、異なる方向から観察することができる投影観察装置を提供することができる。また、簡単な構成でありながら、照明効率の良い投影観察装置を提供することである。また、左右同一又は左右視差のある明るい映像を小さい表示面に観察可能に表示することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の投影観察装置の光学系の概念図である。

30

【図 2】本発明の第 2 の投影観察装置の光学系の概念図である。

【図 3】本発明における透過型拡散板の算術平均荒さ  $R_a$  と凹凸の平均間隔  $S_m$  との関係を求めるための図である。

【図 4】透過型拡散板の拡散面での入射角と屈折角の関係を示す図である。

【図 5】本発明における反射型拡散板の算術平均荒さ  $R_a$  と凹凸の平均間隔  $S_m$  との関係を求めるための図である。

【図 6】反射型拡散板の拡散面での入射角と反射角の関係を示す図である。

【図 7】本発明における拡散板の  $S_m / R_a$  と拡散半角との関係を示す図である。

【図 8】本発明の第 3 の投影観察装置の光学系の概念図である。

【図 9】2 次元偏心的に投影光学系を配置した場合の投影光学系の光軸が接眼光学系の垂線となす角度を説明するための図である。

40

【図 10】3 次元偏心的に投影光学系を配置した場合の図 9 と同様の図である。

【図 11】回転対称なレンズ系と偏心プリズムを組み合わせる投影光学系を構成した場合の光学系を模式的に示す図である。

【図 12】本発明に基づき構成された投影観察装置の光学系の概念図と投影観察装置の配置例を示す図である。

【図 13】1 回目の通過で屈曲される透過型ホログラムからなる拡散板と接眼光学系の凹面鏡との組み合わせの光路図である。

【図 14】2 回目の通過で屈曲される透過型ホログラムからなる拡散板と接眼光学系の凹面鏡との組み合わせの光路図である。

【図 15】接眼光学系の凹面鏡が偏心している場合の 1 回目の通過で屈曲される透過型ホログラムからなる拡散板と凹面鏡との組み合わせの光路図である。

【図 16】本発明の実施例 1 の接眼光学系の光軸を含む光路図である。

【図 17】本発明の実施例 2 の接眼光学系の光軸を含む光路図である。

【図 18】本発明の実施例 3 の接眼光学系の光軸を含む光路図である。

【図 19】本発明の実施例 4 の光学系の光源から走査面に至る全体の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 20】図 19 の主要部の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 21】本発明の実施例 5 の光学系の光源から走査面に至る全体の Y - Z 断面内の光路図である。

10

【図 22】図 21 の主要部の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 23】本発明の実施例 6 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 24】本発明の実施例 6 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 25】本発明の実施例 6 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光及び表面反射光の入射位置を示す図である。

【図 26】本発明の実施例 7 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 27】本発明の実施例 7 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 28】本発明の実施例 7 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光及び表面反射光の入射位置を示す図である。

20

【図 29】本発明の実施例 8 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 30】本発明の実施例 8 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 31】本発明の実施例 8 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光及び表面反射光の入射位置を示す図である。

【図 32】本発明の実施例 9 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 33】本発明の実施例 9 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 34】本発明の実施例 9 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光及び表面反射光の入射位置を示す図である。

30

【図 35】本発明の実施例 10 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 36】本発明の実施例 10 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 37】本発明の実施例 10 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光及び表面反射光の入射位置を示す図である。

【図 38】本発明の実施例 11 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 39】本発明の実施例 11 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 40】本発明の実施例 11 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光及び表面反射光の入射位置を示す図である。

40

【図 41】本発明の実施例 12 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 42】本発明の実施例 12 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 43】本発明の実施例 12 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光及び表面反射光の入射位置を示す図である。

【図 44】本発明の実施例 13 の Y - Z 断面内の光路図である。

【図 45】本発明の実施例 13 の拡散板に用いる透過型ホログラムの撮影配置を示す図である。

【図 46】本発明の実施例 13 の射出瞳位置での R G B の射出瞳像の重なり具合と 0 次光

50

及び表面反射光の入射位置を示す図である。

【図 4 7】図 1 に示した構成の投影観察装置を立体観察装置とした場合の 1 例を示す図である。

【図 4 8】図 4 7 の立体観察装置による観察用の瞳が拡大する原理を示す説明図である。

【図 4 9】本発明による立体観察装置の 1 実施例を示す図である。

【図 5 0】本発明による立体観察装置の他の実施例を示す説明図である。

【図 5 1】図 5 0 の実施例をより具体化した例を示す側面図である。

【図 5 2】図 5 1 の実施例の変形例を示す側方から見た概略構成図である。

【図 5 3】本発明の反射型立体観察装置に適用可能な反射型表示パネルの 1 実施例を示す図である。

10

【図 5 4】本発明の反射型立体観察装置に適用可能な反射型表示パネルの他の実施例を示す図である。

【図 5 5】本発明の反射型立体観察装置に適用可能な反射型表示パネルの他の実施例を示す側方からみた概略構成図である。

【図 5 6】本発明の反射型立体観察装置に適用可能な反射型表示パネルの他の実施例を示す側方からみた概略構成図である。

【図 5 7】本発明による立体観察システムを応用した製品の 1 実施例を示す説明図である。

【図 5 8】本発明による立体観察システムを応用した製品の他の実施例を示す説明図である。

20

【図 5 9】本発明による立体観察システムを応用した製品の他の実施例を示す説明図である。

【図 6 0】本発明による立体観察システムを応用した製品の他の実施例を示す説明図である。

【図 6 1】本発明による立体観察システムを応用した製品の他の実施例を示す説明図である。

【図 6 2】本発明の投影観察装置を用いた手術用立体観察システムの 1 実施例を示す説明図である。

【図 6 3】本発明の投影観察装置を双眼実体顕微鏡として構成した場合の外観を示す斜視図である。

30

【図 6 4】図 6 3 に光学系を加えた透視図である。

【図 6 5】本発明の投影観察装置を携帯電話に適用した場合の斜視図である。

【図 6 6】本発明の投影観察装置を携帯電話に適用した別の場合の斜視図である。

【図 6 7】本発明において接眼光学系として使用するフレネルレンズのゴースト光を防止する構成の例を説明するための図である。

【図 6 8】図 6 7 のようなフレネルレンズを成形するための型の作り方を説明するための図である。

【図 6 9】本発明において使用可能ないくつかの例の 1 回透過型拡散板の拡散光の角度分布を示す図である。

【符号の説明】

40

E、E L、E R、E<sub>1</sub>、E<sub>2</sub> ... 観察者眼球

M、M<sub>1</sub>、M<sub>2</sub> ... 観察者

P ... 患者

O ... 物体

1、1 L、1 R ... 表示素子

2、2 L、2 R ... 投影光学系

3、3 L、3 R、3<sub>1</sub>、3<sub>2</sub> ... 映像

4 ... 接眼光学系（フレネルレンズ、フレネルミラー）

4 a ... フレネルレンズ面（フレネル面）

5 ... 拡散板

50

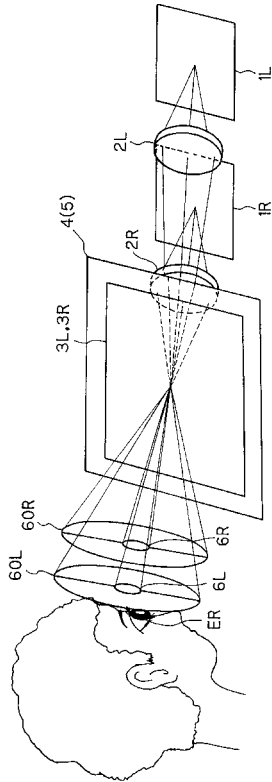
5 a ... 拡散面	
5 b ... 微小な凹面	
5 b ' ... 拡散性を有する凹凸面	
5 c ... 拡散性フィルム	
6、6 L、6 R、6 <sub>1</sub> 、6 <sub>2</sub> ... 接眼光学系で投影された投影光学系の射出瞳	
7、7 L、7 R、7 <sub>1</sub> 、7 <sub>2</sub> ... 光源	
8、8 L、8 R、8 <sub>1</sub> 、8 <sub>2</sub> ... 走査手段	
9、9 L、9 R、9 <sub>1</sub> 、9 <sub>2</sub> ... 投影光学系（補正光学系）	
1 0 ... 軸上主光線	
1 1 ... 観察者瞳位置に相当する面（物体面）	10
1 2 ... 投影光学系（補正光学系）の射出瞳（像面）に相当する面	
1 6、1 6 L、1 6 R ... 投影光学系の射出瞳	
1 6 <sub>1</sub> 、1 6 <sub>2</sub> ... 投影光学系（補正光学系）の射出瞳	
1 7 ... 支持アーム	
2 4 ... 凹面鏡（接眼光学系）	
2 4 ' ... フレネル凹面反射鏡	
2 5 ... 透過型ホログラムからなる拡散板	
2 6 ... 投影光学系からの軸上主光線	
2 7 <sub>0</sub> ... 0 次光	
2 7 <sub>1</sub> ... 拡散光中の主光線（中心光線）	20
2 7 <sub>R</sub> 、2 7 <sub>G</sub> 、2 7 <sub>B</sub> ... 透過型ホログラムからなる拡散板で回折して屈曲された R、G、B の波長の主光線（中心光線）	
3 1 ... アナモルフィック反射鏡	
3 2 ... 自由曲面の反射面	
3 3 ... フレネル裏面反射鏡	
3 4 ... 入射面	
3 5 ... 裏面	
4 0 ... 走査面	
4 1 ... フレネルレンズ	
4 2 ... 屈折作用面	30
4 3 ... 非作用面	
5 1 ... フレネルレンズを作成する型	
5 2 ... フレネルレンズの屈折作用面に対応する面	
5 3 ... 非作用面に対応する面	
5 5 ... ガラスピース	
6 0、6 0 L、6 0 R、6 0 <sub>1</sub> 、6 0 <sub>2</sub> ... 拡大された射出瞳（装置の射出瞳）	
7 1 ... 凸平正レンズ	
7 2 ... 正メニスカスレンズ	
8 0 ... 走査ミラー	
9 0 ... 偏心プリズム	40
9 1、9 2 ... 偏心反射鏡	
9 3 ... 偏心プリズムの第 1 面	
9 4 ... 偏心プリズムの第 2 面	
9 5 ... 偏心プリズムの第 3 面	
9 6 ... 偏心プリズムの第 4 面	
1 0 0 ... 表示パネル	
1 0 1 L、1 0 1 R ... 投影装置	
1 0 2 ... 投影装置制御装置	
1 0 3 ... 保持部材	
1 0 3 a ... 操作部	50

1 0 3 b、1 0 3 c ... 保持部材  
1 0 4 ... 支持アーム  
1 0 4 a、1 0 4 b、1 0 4 c、1 0 4 d ... 連結部  
1 0 5 ... 支持部本体  
1 0 5 a ... キャスター  
1 0 6 ... 天井  
1 0 7 ... 手術用椅子  
1 0 7 a ... キャスター  
1 0 9 ... 画像入力部  
1 1 0 ... 自在アーム  
1 1 1 ... 対物光学系  
1 1 4 L、1 1 4 R ... 結像光学系  
1 1 6 ... 光軸を折り曲げるためのミラー  
1 1 8 ... 光路入れ替え作用と光路間隔拡大作用を持つ光学素子  
1 3 0 ... 双眼実体顕微鏡  
1 3 1 ... ステージ  
1 3 2 ... 鏡柱  
1 3 3 ... 鏡筒ボックス  
1 3 4 ... 対物光学系鏡筒  
1 3 5 ... フード  
1 3 6 ... 焦点合わせ用ねじ  
1 3 8 ... 携帯電話  
1 3 9 ... マイク部  
1 4 0 ... スピーカ部  
1 4 1 ... アンテナ  
1 4 2 ... 操作ボタン

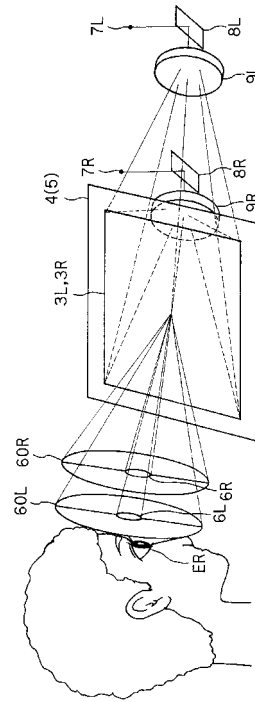
10

20

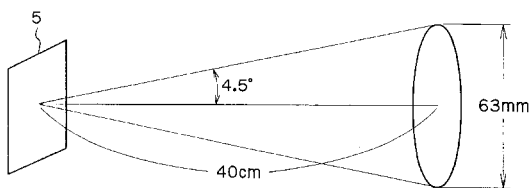
【図 1】



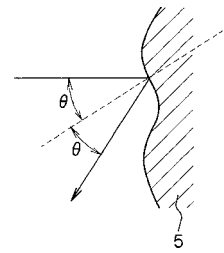
【図 2】



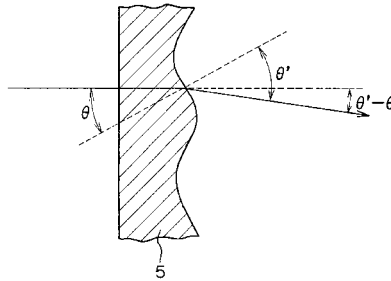
【図 3】



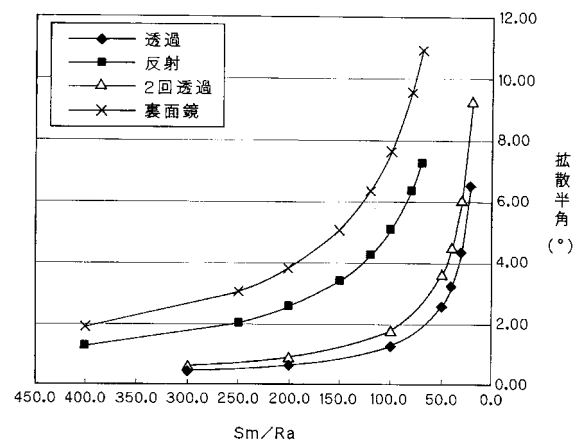
【図 6】



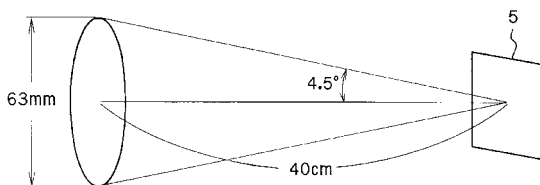
【図 4】



【図 7】

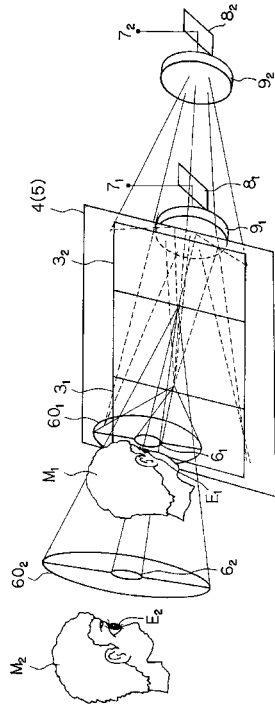


【図 5】

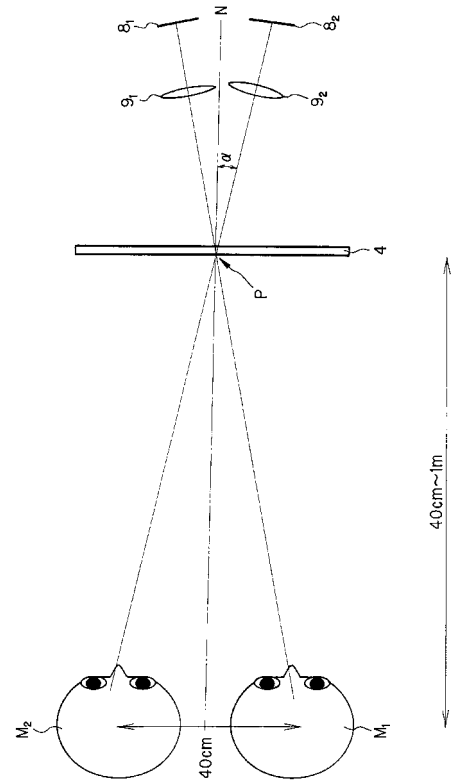




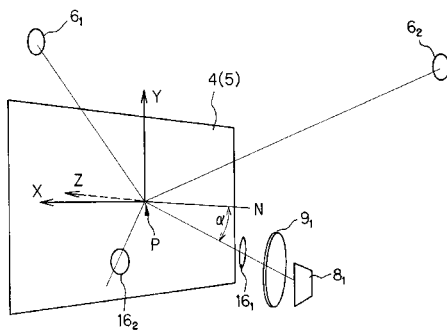
【図 8】



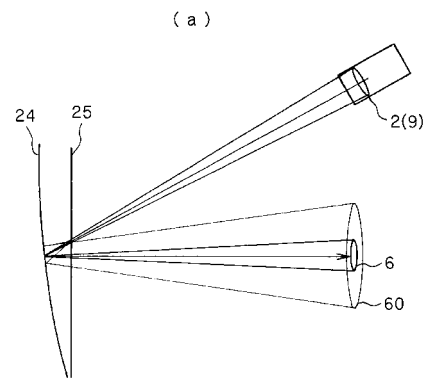
【図 9】



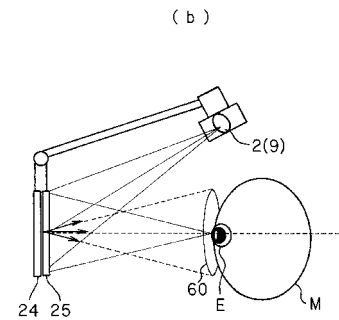
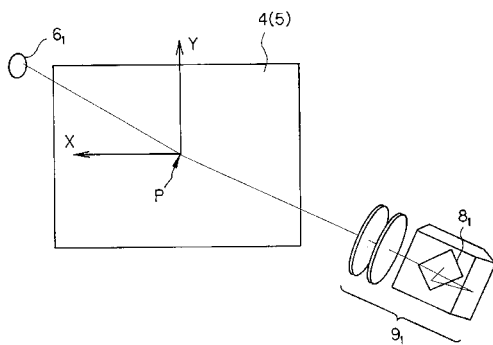
【図 10】



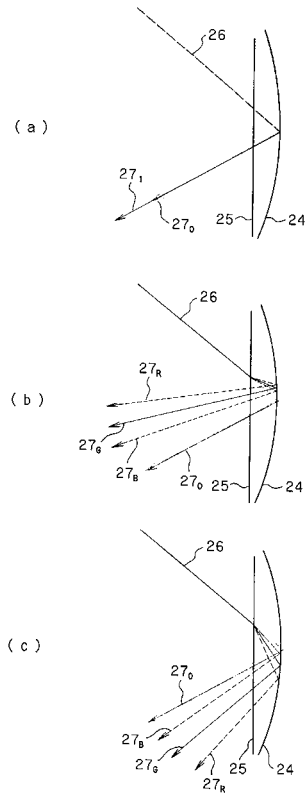
【図 12】



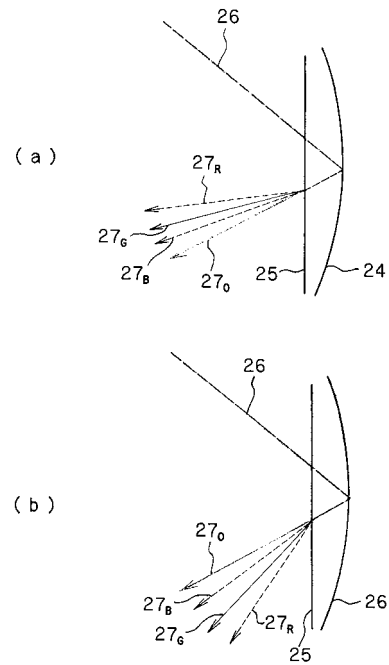
【図 11】



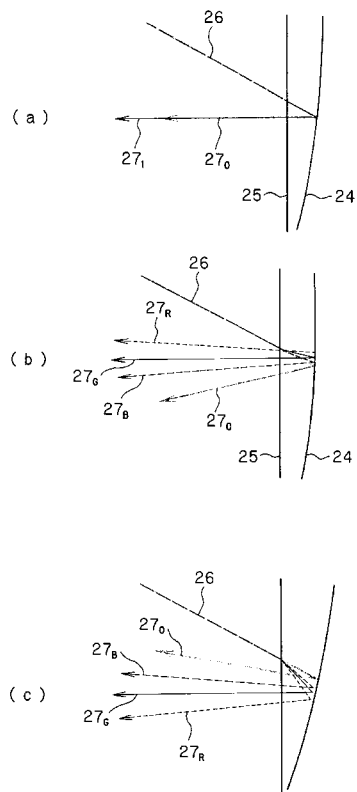
【図 13】



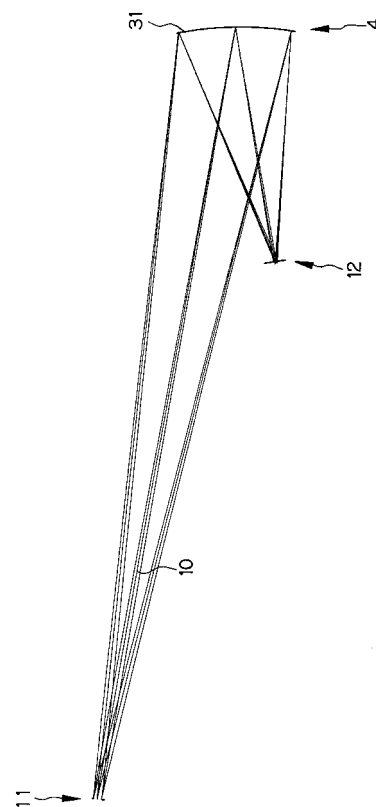
【図 14】



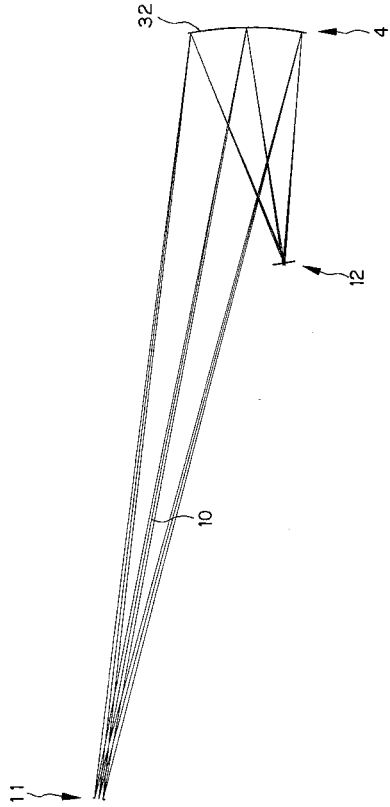
【図 15】



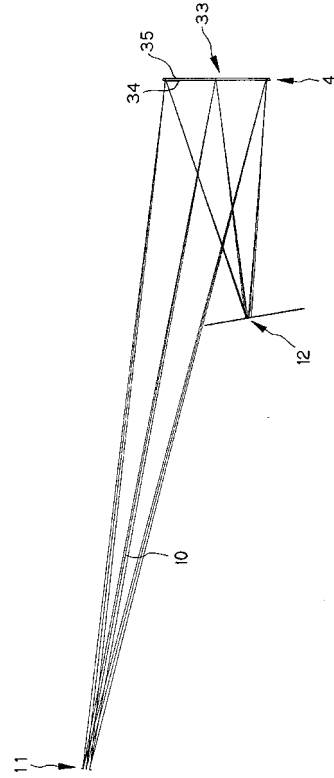
【図 16】



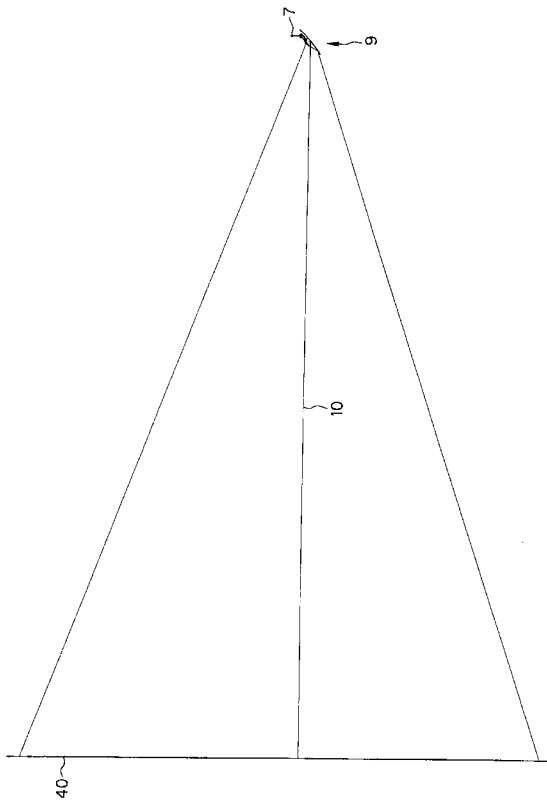
【図 17】



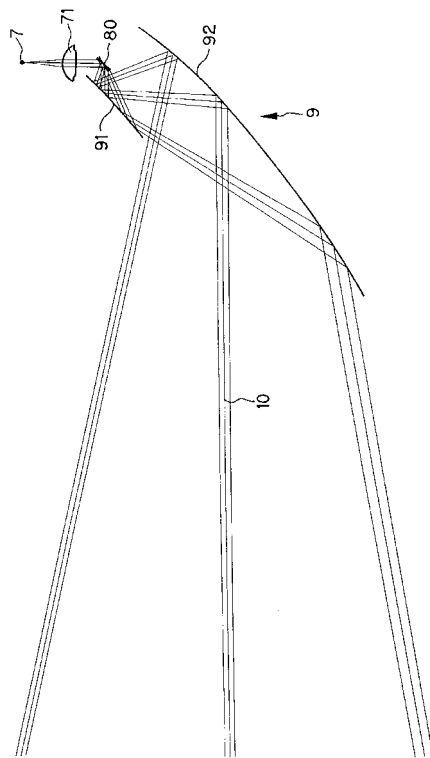
【図 18】



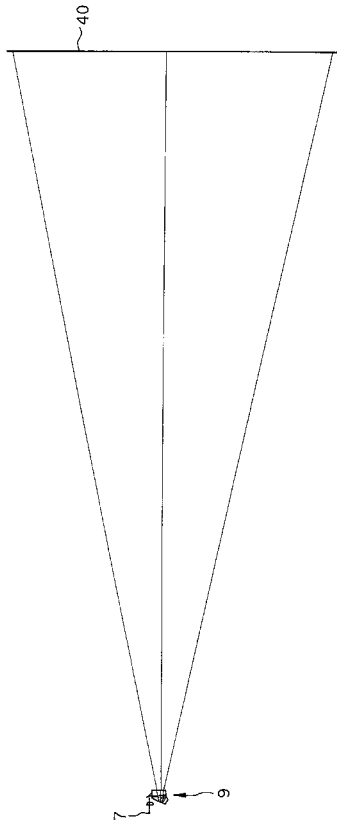
【図 19】



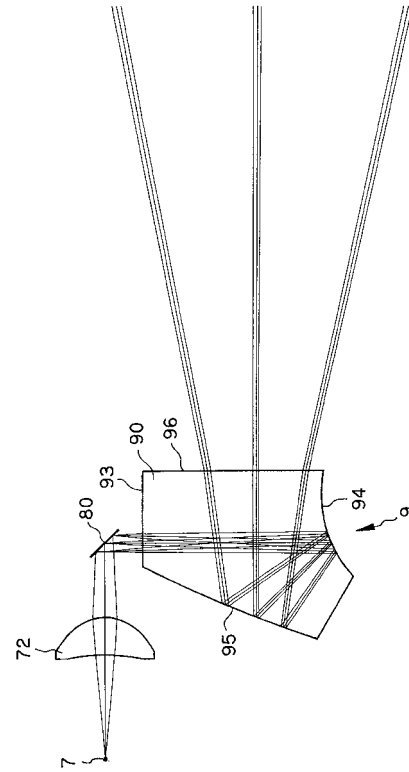
【図 20】



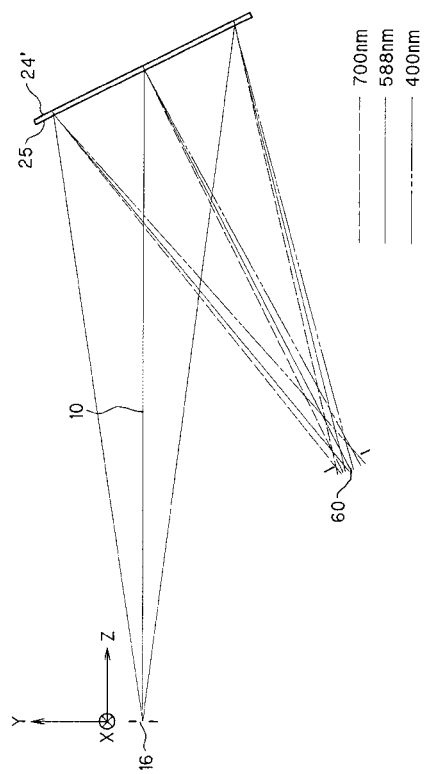
【図 2 1】



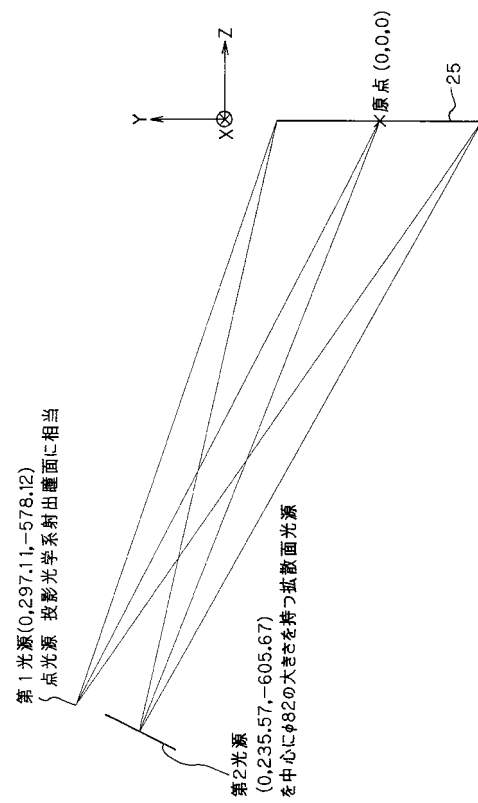
【図 2 2】



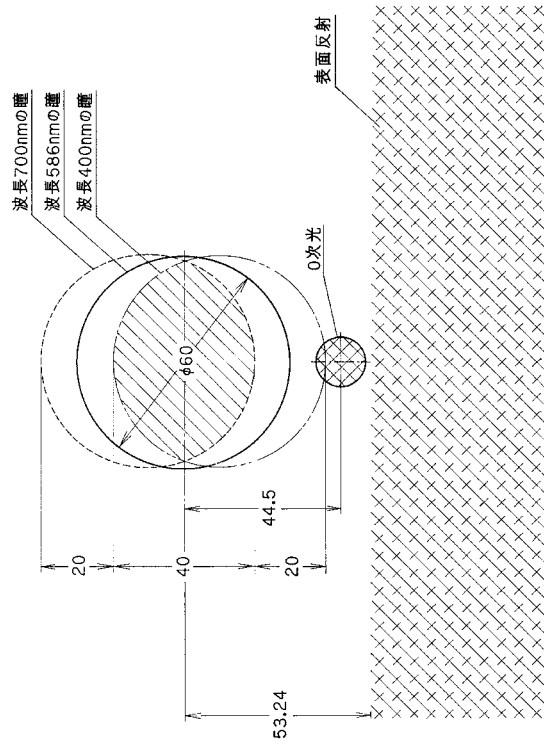
【図 2 3】



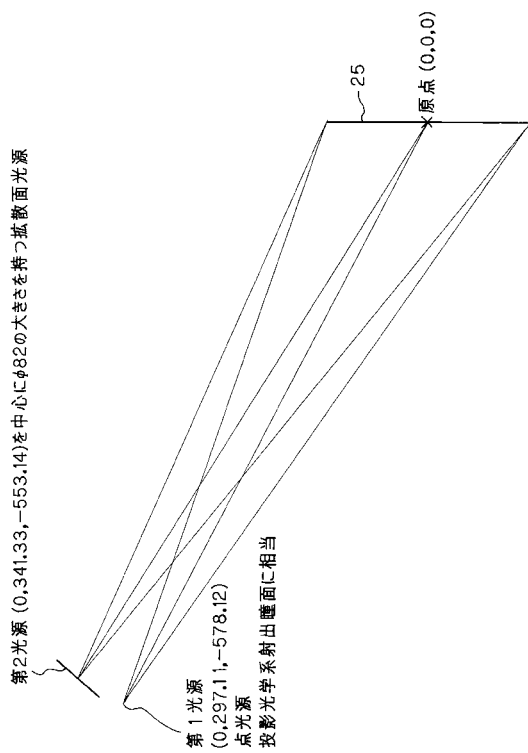
【図 2 4】



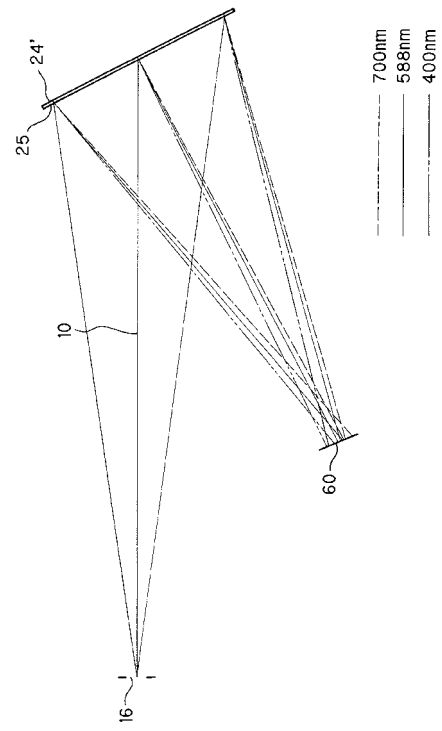
【図 25】



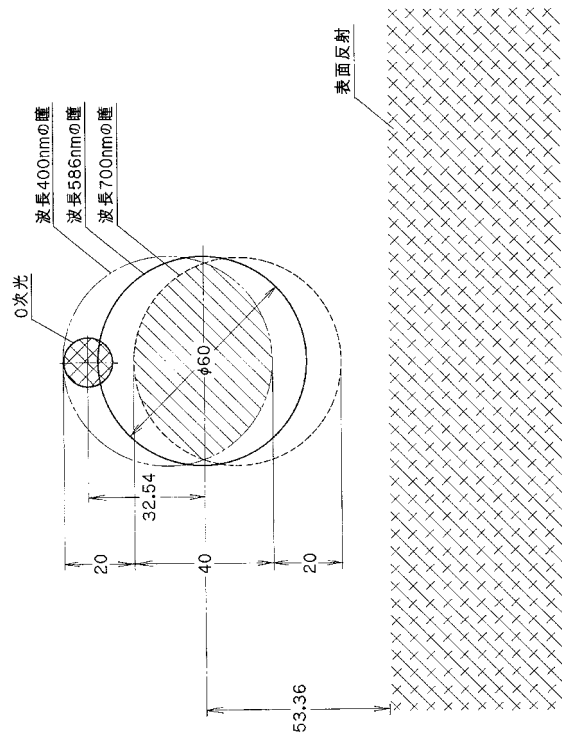
【図 27】



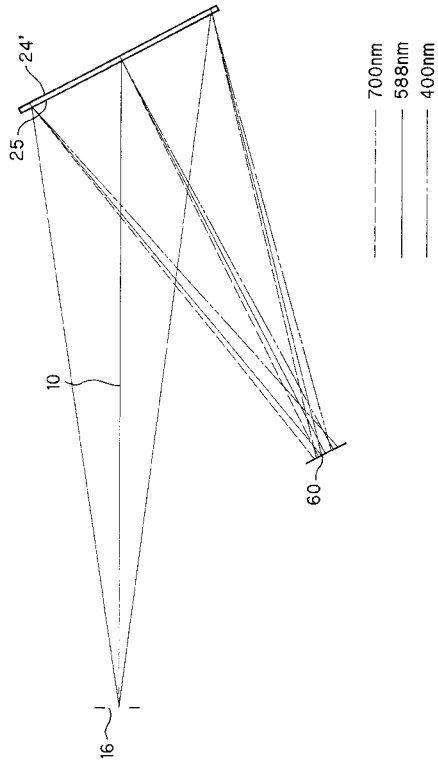
【図 26】



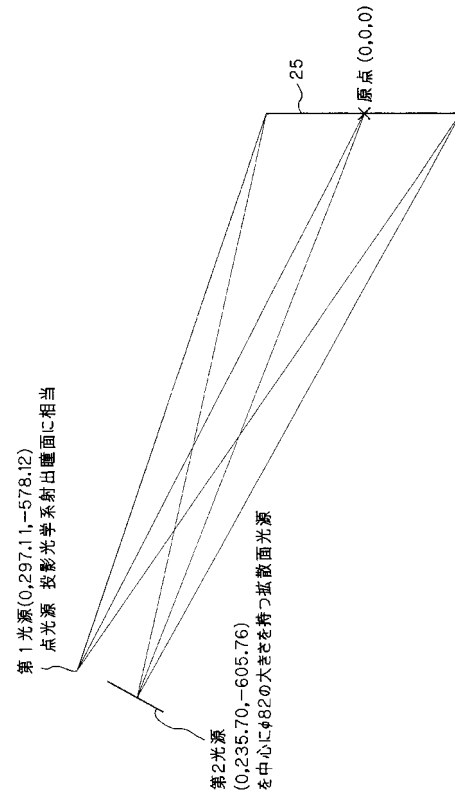
【図 28】



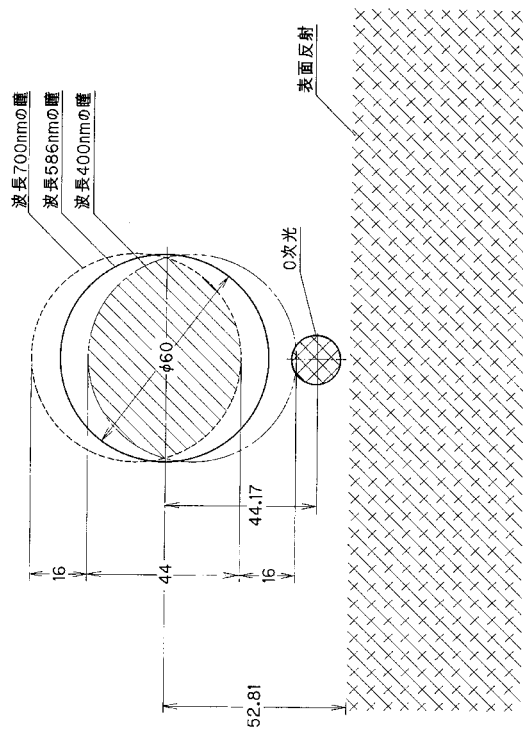
【図 29】



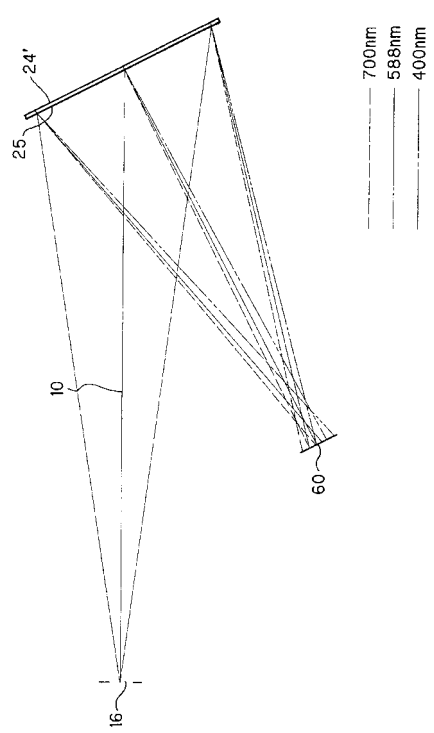
【図 30】



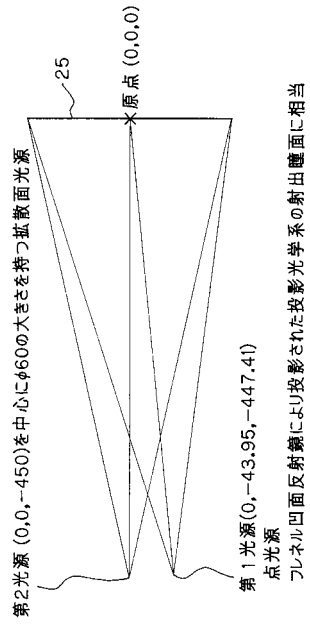
【図 31】



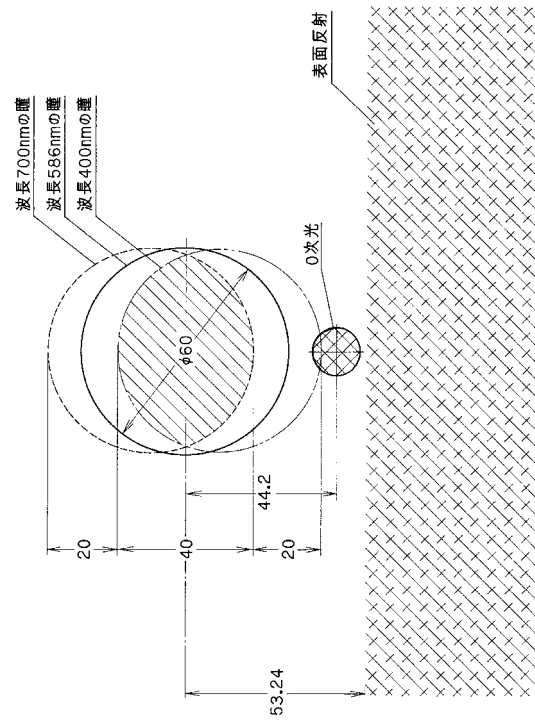
【図 32】



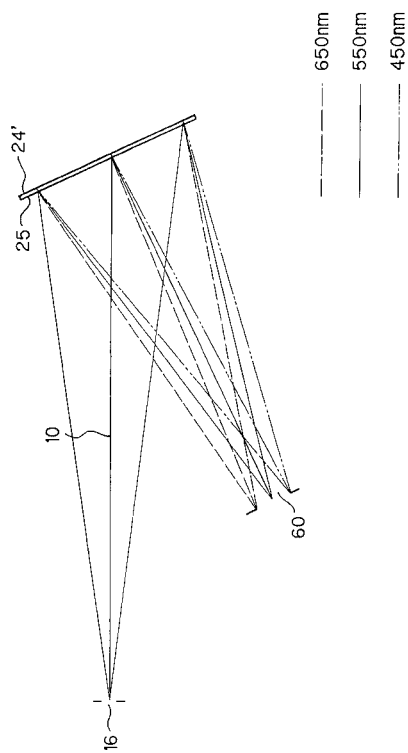
【図 3 3】



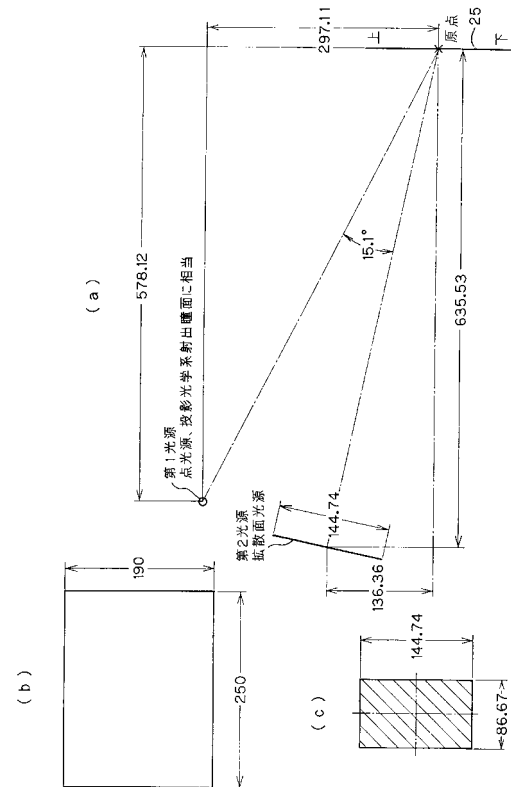
【図 3 4】



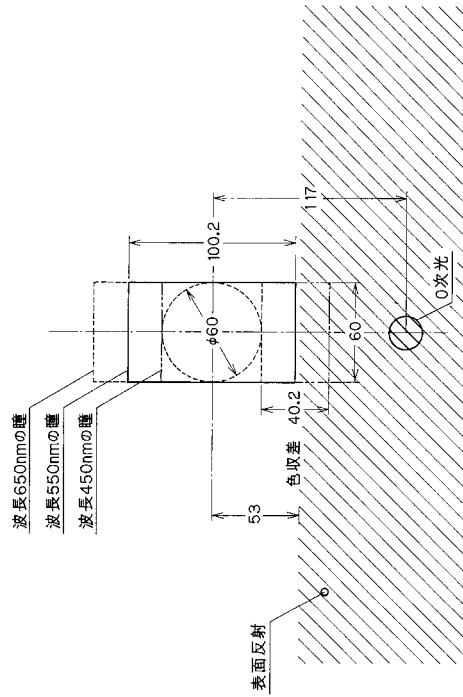
【図 3 5】



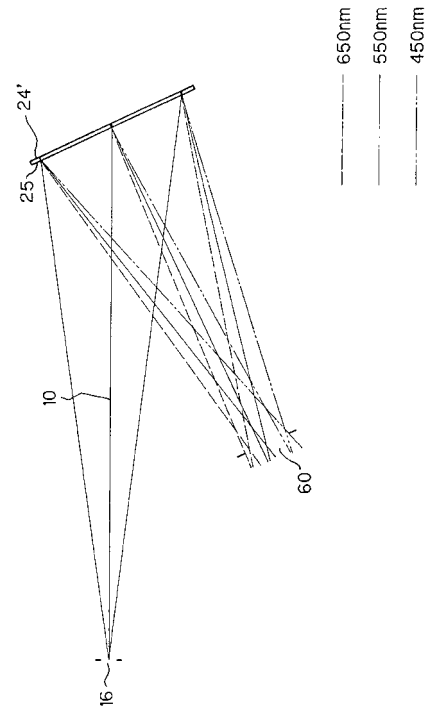
【図 3 6】



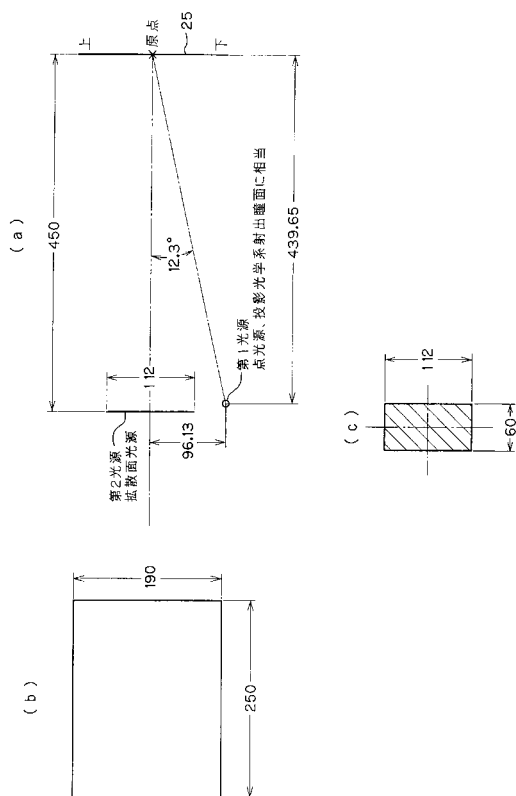
【 図 3 7 】



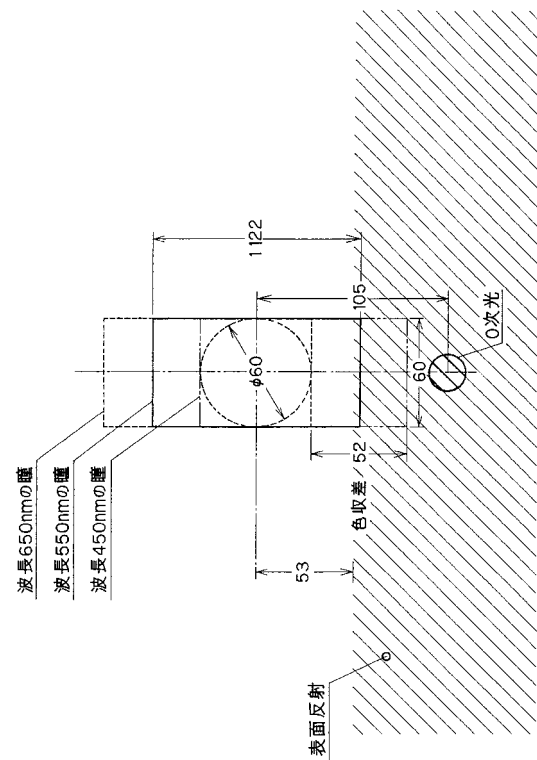
【 図 3 8 】



【 図 3 9 】

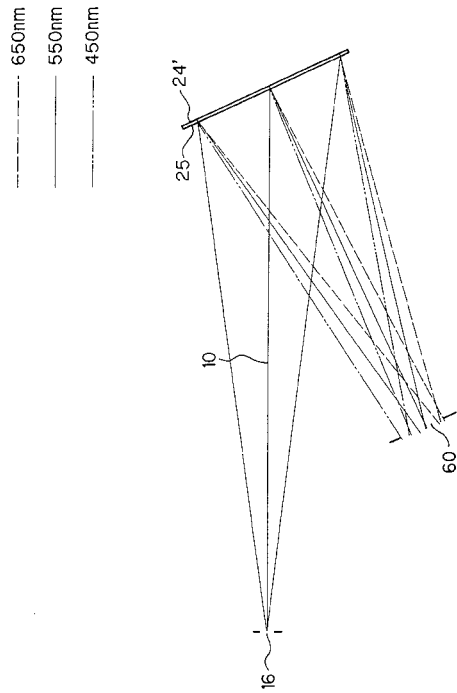


【 図 4 0 】

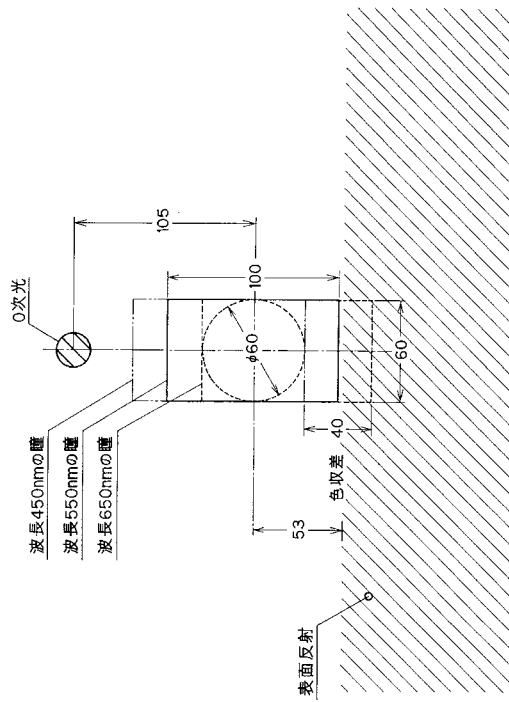




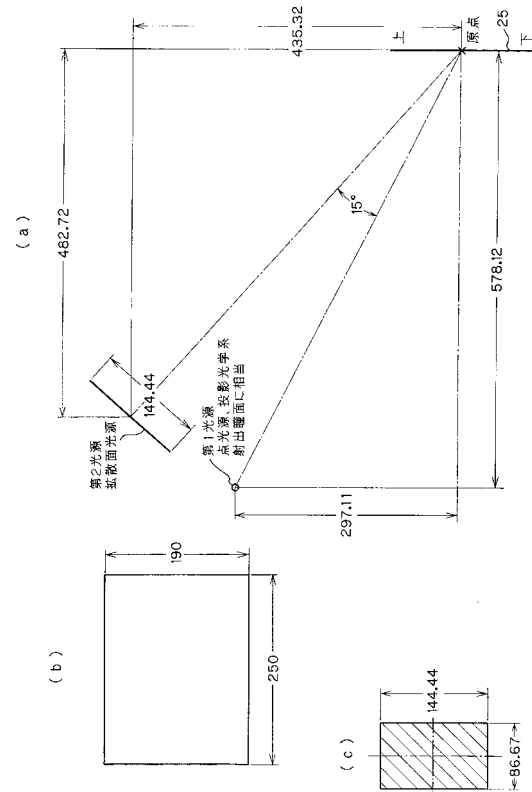
【図 4 1】



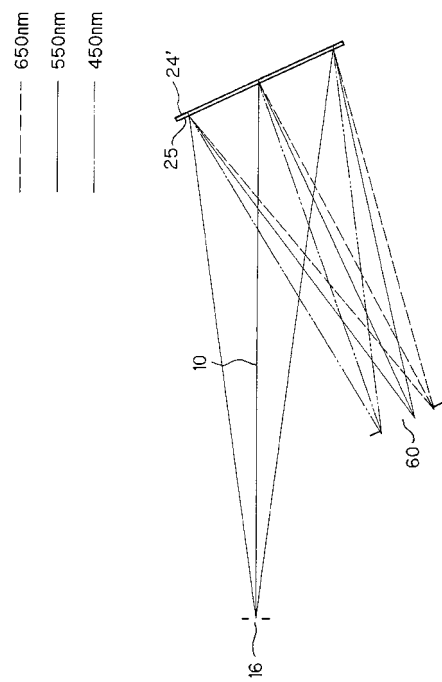
【図 4 3】



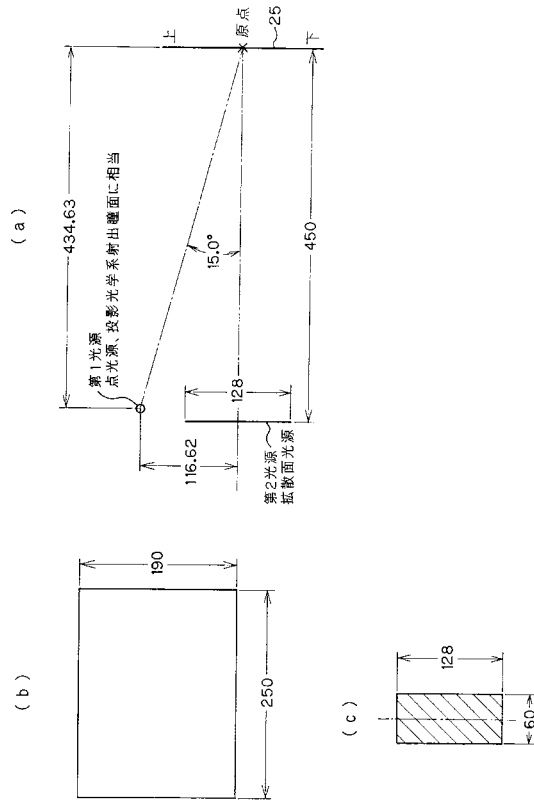
【図 4 2】



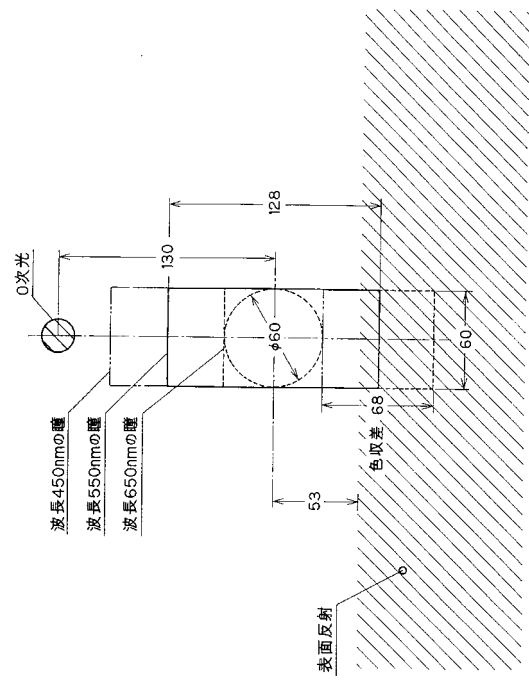
【図 4 4】



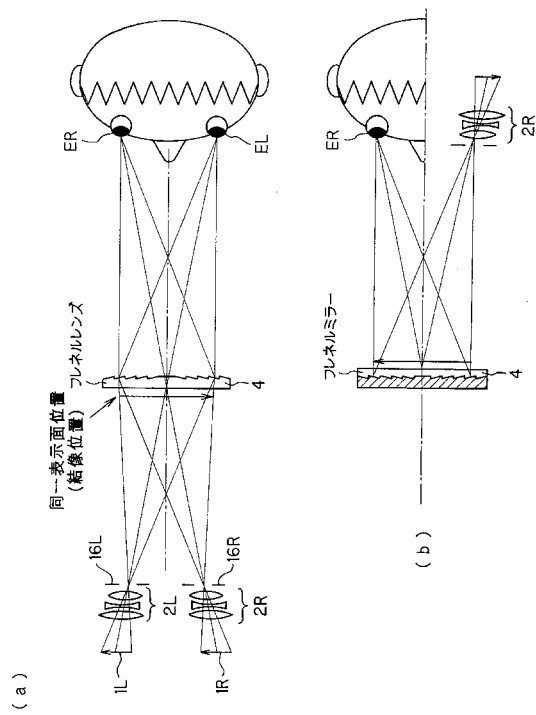
【図 45】



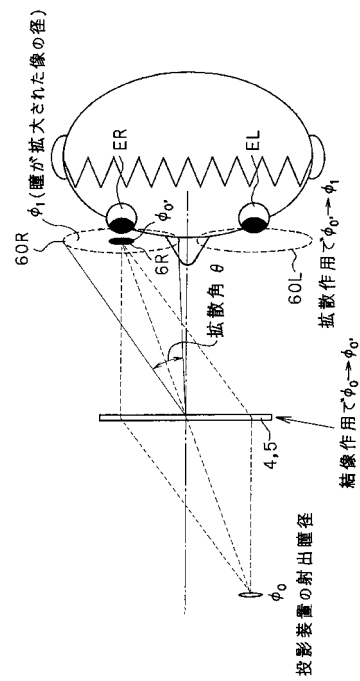
【図 46】



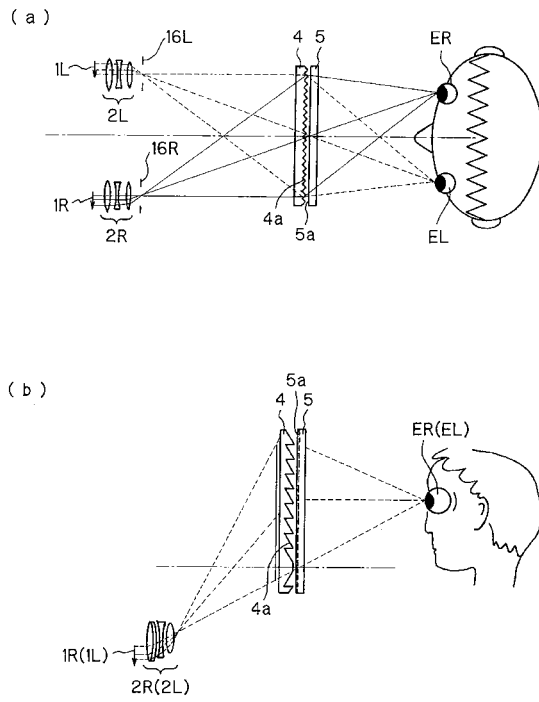
【図 47】



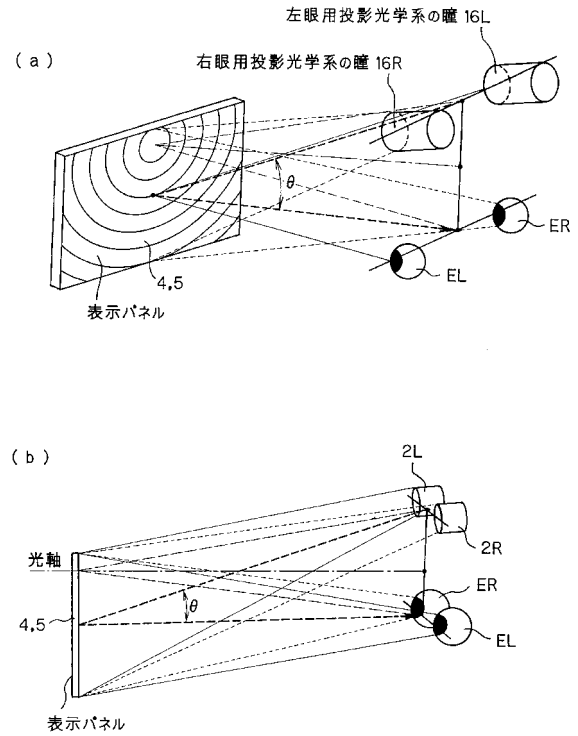
【図 48】



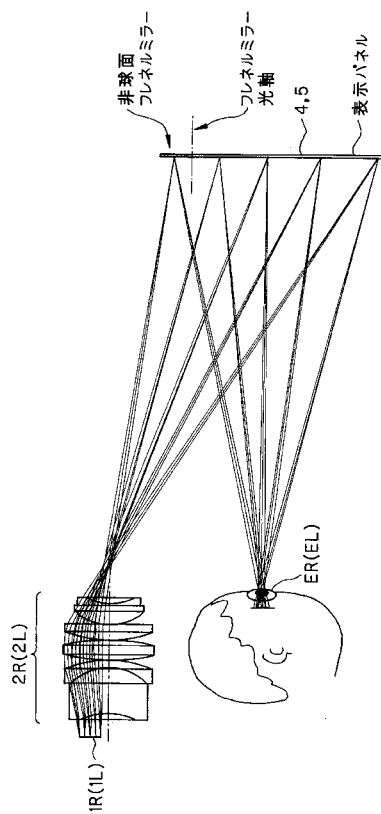
【図 49】



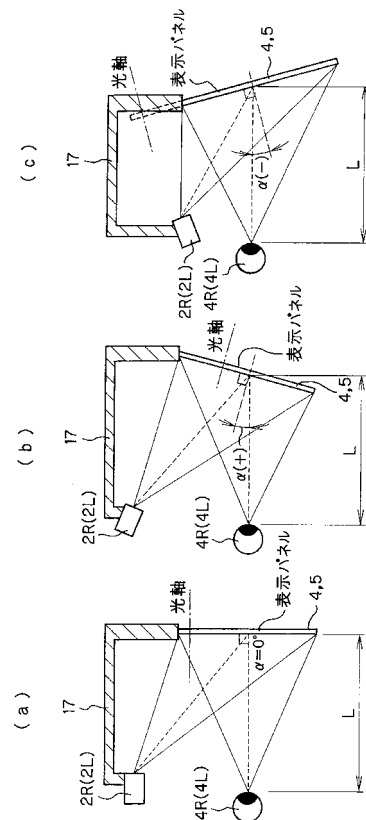
【図 50】



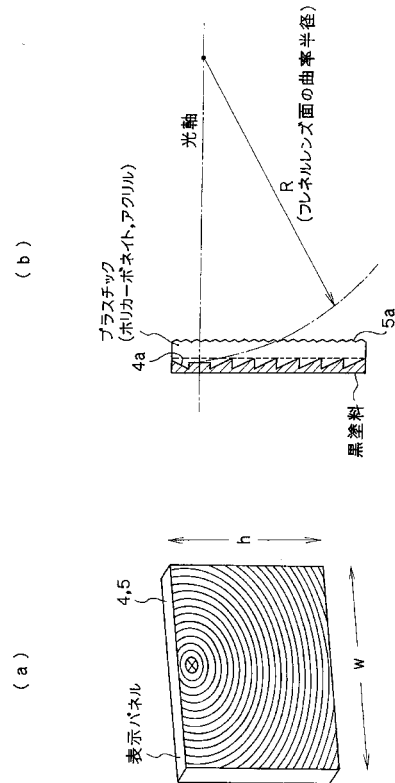
【図 51】



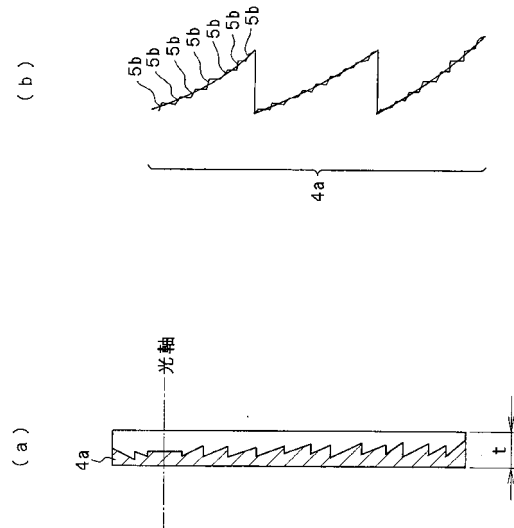
【図 52】



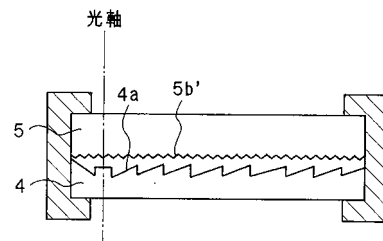
【図 53】



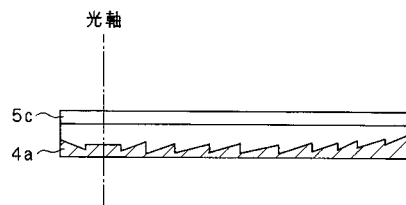
【図 54】



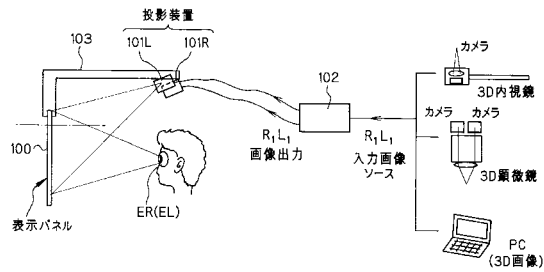
【図 55】



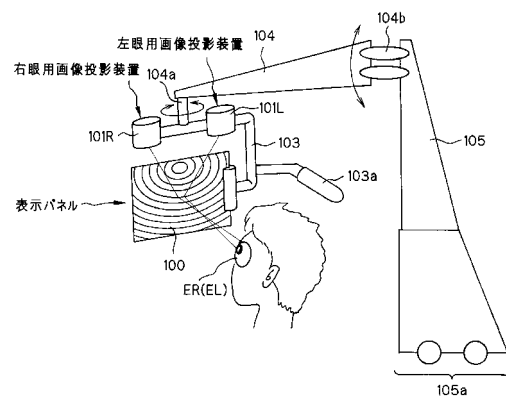
【図 56】



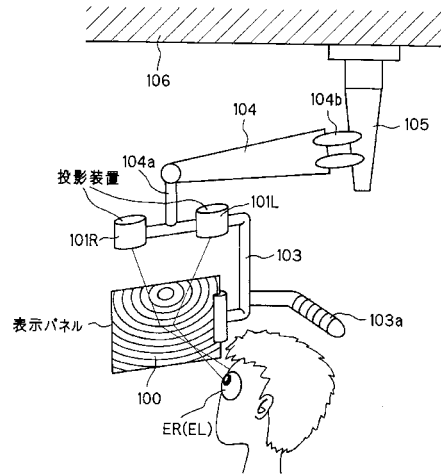
【図 57】



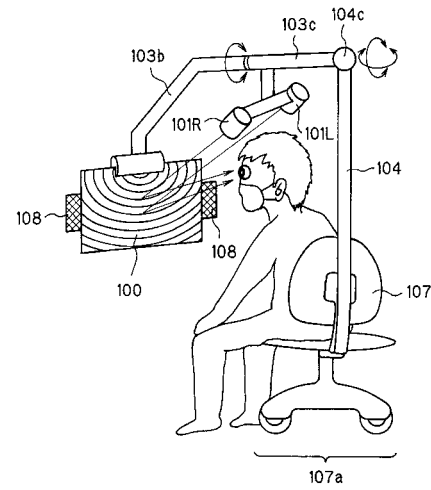
【図 58】



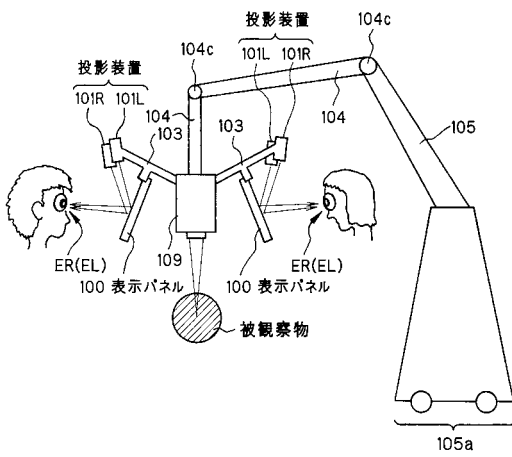
【図 59】



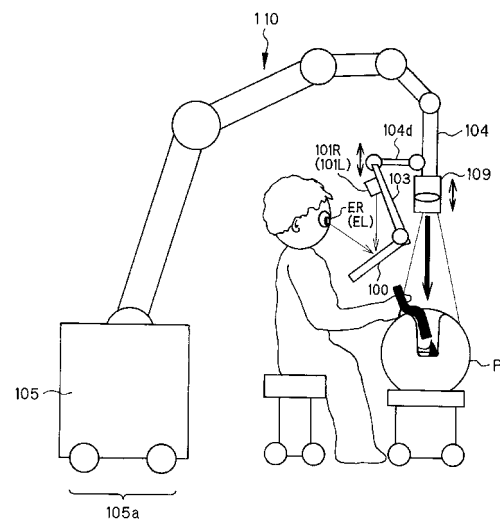
【図 60】



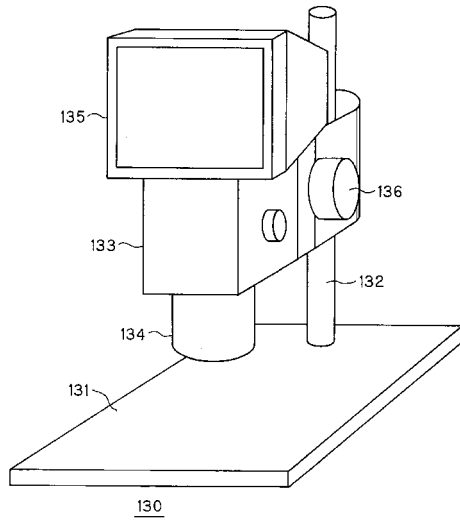
【図 61】



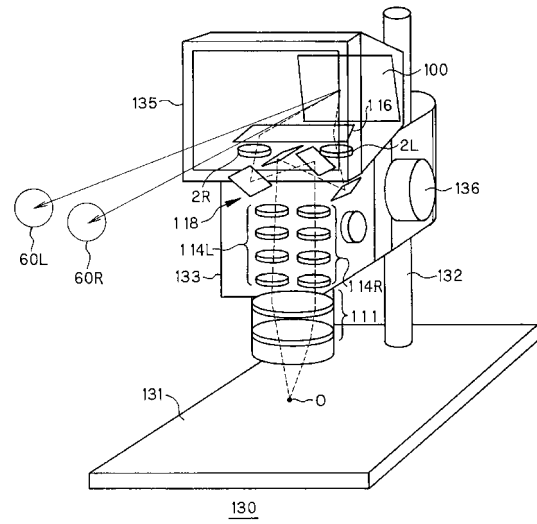
【図 62】



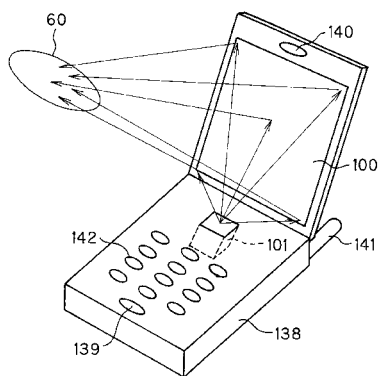
【図 6 3】



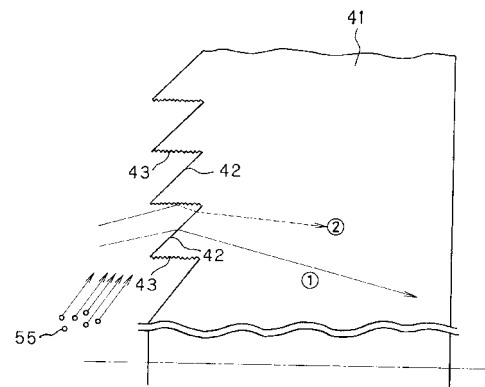
【図 6 4】



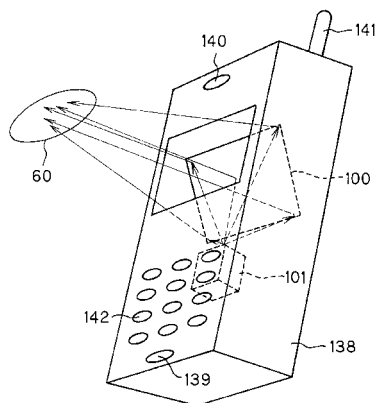
【図 6 5】



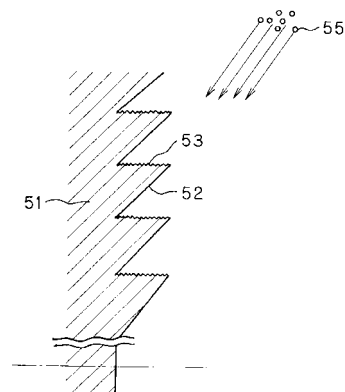
【図 6 7】



【図 6 6】



【図 6 8】





---

フロントページの続き

(74)代理人 100094787

弁理士 青木 健二

(74)代理人 100091971

弁理士 米澤 明

(72)発明者 研野 孝吉

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号

オリンパス光学工業株式会社内

(72)発明者 森田 和雄

東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号

オリンパス光学工業株式会社内

F ターム(参考) 2H021 BA27 BA28

2H045 AB01 BA12

2K103 AA17 AB04 BC03 BC05 BC23 BC32 BC41 CA01 CA76