

(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2005-49811

(P2005-49811A)

(43) 公開日 平成17年2月24日(2005.2.24)

(51) Int.C1.⁷**G02B 27/22****HO4N 13/04**

F 1

G 02 B 27/22

H O 4 N 13/04

テーマコード(参考)

5 C 0 6 1

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2003-406275 (P2003-406275)
 (22) 出願日 平成15年12月4日 (2003.12.4)
 (31) 優先権主張番号 特願2003-274802 (P2003-274802)
 (32) 優先日 平成15年7月15日 (2003.7.15)
 (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43番2号
 (74) 代理人 100065824
 弁理士 篠原 泰司
 (74) 代理人 100104983
 弁理士 藤中 雅之
 (72) 発明者 高橋 進
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43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43番2号 オ
 リンパス光学工業株式会社内
 F ターム(参考) 5C061 AA06 AA23 AB11 AB14 AB18

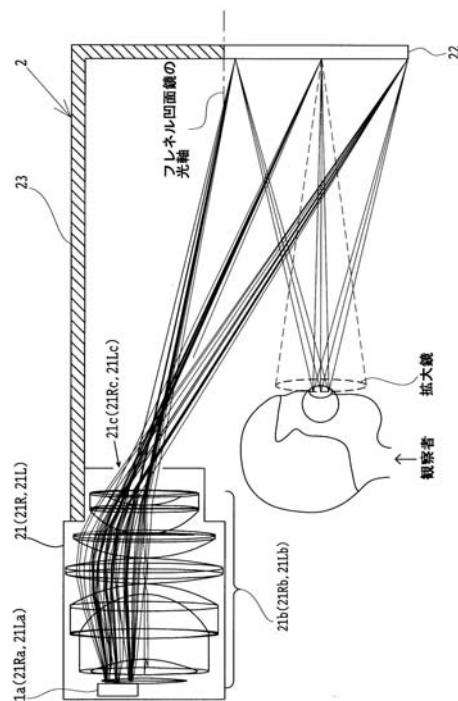
(54) 【発明の名称】立体表示装置及び立体視観察装置

(57) 【要約】

【課題】輻輳とピント位置の不一致を原因とする観察時の違和感を無くし、かつ、画像の歪みを無くすことができ、さらに加えて、高品位な画像を得ることが実現でき、使い勝手の良さを実現でき、特に3D観察での疲労感を少なくすることを実現でき、投影光学系の小型化や装置全体の小型化を実現できる立体表示装置及び立体視観察装置を提供する。

【解決手段】2つの開口 $21R_c$, $21L_c$ から同一平面上に画像を投影する投影手段 $21R$, $21L$ と、前記平面又は平面近傍に配置された、2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネル 22 とを備え、前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、前記フレネルレンズの光軸が、表示パネル 22 の表示面から外れるように構成されている。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、

前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、前記フレネルレンズの光軸が、前記表示パネルの表示面から外れるように構成したことを特徴とする立体表示装置。

【請求項 2】

2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備える立体表示装置において、

前記投影手段は、更に画像を表示する画像表示素子を有し、

前記表示パネルの投影画像表示面上における、パネル厚と前記散乱手段の散乱角度で決まる錯乱径 δ と、前記投影手段を介して該表示面上に投影された画像表示素子の画素ピッチ proj との関係が次の式で表されることを特徴とする立体表示装置。

$$\delta < 10 \text{ } \text{proj}$$

【請求項 3】

2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備える立体表示装置において、

前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、

前記フレネルレンズの溝のピッチ P と、前記観察用の瞳の中心から分解能1分で前記表示パネルを望んだときの該表示パネルの表示面上での錯乱径 δ_{eye} との関係が次の式で表されることを特徴とする立体表示装置。

$$P < 10 \text{ } \delta_{\text{eye}}$$

【請求項 4】

2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、

前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、

前記フレネルレンズの光軸が、前記表示パネルの表示面から外れるように構成したことを特徴とする立体視観察装置。

【請求項 5】

2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備えた立体視観察装置において、

前記投影手段は、更に画像を表示する画像表示素子を有し、

前記表示パネルの投影画像表示面上における、パネル厚と前記散乱手段の散乱角度で決まる錯乱径 δ と、前記投影手段を介して該表示面上に投影された画像表示素子の画素ピッチ proj との関係が次の式で表されることを特徴とする立体視観察装置。

$$\delta < 10 \text{ } \text{proj}$$

【請求項 6】

2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前

10

20

30

40

50

記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備えた立体視観察装置において、

前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、

前記フレネルレンズの溝のピッチ P と、前記観察用の瞳の中心から分解能1分で前記表示パネルを望んだときの該表示パネルの表示面上での錯乱径 eye との関係が次の式で表されることを特徴とする立体視観察装置。

$$P < 10 \text{ eye}$$

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、医療、又は、娯楽等の目的で使用する、メガネなしで観察する表示装置、及び画像入力装置と表示装置からなる観察装置（画像表示システム）に関し、特に、メガネなしで立体観察可能な立体表示装置及び立体画像入力装置と立体表示装置からなる立体視観察装置（立体画像表示システム）に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、この種の装置としては、次の特許文献1に記載の観察装置が提案されている。

【特許文献1】特開昭51-24116号公報 この観察装置は、図13に示すように、2つの表示装置51R, 51Lと、2つの凹面鏡52R, 52Lと、凹面鏡52R, 52Lに対向して設けられた1枚の凹面鏡53とで構成されている。凹面鏡52R, 52Lは、共に、曲率半径及び曲率中心点を一致させて構成されている。なお、図13中、54R, 54Lは観察者の左右の瞳である。

【0003】

図14は図13の装置を側方からみた図である。なお、図14では説明の便宜上、上下を逆にして示してある。また、表示装置は図示を省略してある。また、図14中、54R' (54L'), 54R" (54L")は、観察者の瞳と共に役な位置を示している。

【0004】

図13に示した表示装置51R (51L)は、図14に示す無限遠の位置 P_R () (P_L ()) から焦点位置 P_R (f) (P_L (f))までの範囲に配置されている。

【0005】

表示装置51R (51L)を無限遠の位置 P_R () (P_L ()) の位置に配置した場合は、表示装置51R (51L)から出射した光が、凹面鏡52R (52L)で反射した後、凹面鏡53の前側焦点位置Aで結像し、凹面鏡53で反射し、平行光となって観察者の瞳54R (54L)に導かれる。

【0006】

表示装置51R (51L)を凹面鏡52R (52L)の前側焦点位置 P_R (f) (P_L (f))に配置した場合は、表示装置51R (51L)から出射した光が、凹面鏡52R (52L)で反射した後、平行光となり、凹面鏡53で反射した後、凹面鏡53の後側焦点位置Bで結像し、その後、像が広がって観察者の瞳54R (54L)に導かれる。

【0007】

このような従来の観察装置によれば、ハーフミラーを用いないで構成されているので、明るい3D画像を得ることができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかし、特許文献1に記載のような従来の立体観察装置のように、輻輳と焦点位置とが大きくずれないと、観察時に立体感が得ずらく違和感を感じてしまう。

【0009】

また、上記のような立体観察装置では、像に歪みの発生する凹面鏡が2枚対面させているため、対面する2枚の凹面鏡の配置が、歪みを補い合うような配置に限定されるが、こ

のような凹面鏡を組み合せた構成では、凹面鏡の取り付け誤差に対して像の歪みや焦点位置の変動が大きくなってしまう。このような問題を抑えるためには、凹面鏡の面精度を高精度に保つことが必要となるが、それでは凹面鏡の製作及び取り付けコストが高価なものになってしまふ。

【0010】

また、観察者が対面する面が凹面鏡であるため、観察位置のずれに対しても像の歪みが大きく観察の自由度が少なく、観察位置及び観察姿勢が限定させられてしまい、観察時の取扱いが不便であった。

【0011】

また、観察の自由度を上げるために射出瞳を大きくする必要があるが、上記のよう 10
な構成の観察装置において射出瞳を大きくするには、凹面鏡を大きくしなければならず、表示装置全体が大型化してしまう。

【0012】

また、上記特許文献1には、高品位な画像を得るための構成、使い勝手の良さ、特に3 10
D観察での疲労感が少ない構成、投影光学系の小型化、及び装置全体の小型化等を実現するための具体的な画質条件や仕様等に関しては提案されていない。

【0013】

そこで、本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであり、輻輳とピント位置の不一致を原因とする観察時の違和感を無くし、かつ、画像の歪みを無くすことができ、さらに加えて、高品位な画像を得ることが実現でき、使い勝手の良さを実現でき、特に3D観察 20
での疲労感を少なくすることを実現でき、投影光学系の小型化や装置全体の小型化を実現できる立体表示装置及び立体視観察装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記目的を達成するため、本発明による立体表示装置は、2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、前記フレネルレンズの光軸が、前記表示パネルの表示面から外れるように構成したこと 30
を特徴としている。

【0015】

また、本発明による立体表示装置は、2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備える立体表示装置において、前記投影手段は、更に画像を表示する画像表示素子を有し、前記表示パネルの投影画像表示面上における、パネル厚と前記散乱手段の散乱角度で決まる錯乱径 proj と、前記投影手段を介して該表示面上に投影された画像表示素子の画素ピッチ proj との関係が次の式で表されることを特徴としている。

$$<10 \quad \text{proj}$$

【0016】

また、本発明による立体表示装置は、2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備える立体表示装置において、前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、前記フレネルレンズの溝のピッチ P と、前記観察用の瞳の中心から分解能1分で前記表示パネルを望んだときの該表示パネルの表示面上での錯乱径 eye との関係が次の式で表されることを特徴としている。

$$P < 10 \quad \text{eye}$$

【0017】

また、本発明による立体視観察装置は、2つの開口から同一平面上に画像を投影する投 50

影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、前記フレネルレンズの光軸が、前記表示パネルの表示面から外れるように構成したことを特徴としている。

【0018】

また、本発明による立体視観察装置は、2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備えた立体視観察装置において、前記投影手段は、更に画像を表示する画像表示素子を有し、前記表示パネルの投影画像表示面上における、パネル厚と前記散乱手段の散乱角度で決まる錯乱径 proj と、前記投影手段を介して該表示面上に投影された画像表示素子の画素ピッチ proj との関係が次の式で表されることを特徴としている。

$$< 10 \quad \text{proj}$$

【0019】

また、本発明による立体視観察装置は、2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備えた立体視観察装置において、前記結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、前記フレネルレンズの溝のピッチ P と、前記観察用の瞳の中心から分解能1分で前記表示パネルを望んだときの該表示パネルの表示面上での錯乱径 eye との関係が次の式で表されることを特徴としている。

$$P < 10 \quad \text{eye}$$

【発明の効果】

【0020】

本発明によれば、高品位な画像が得られ、使い勝手が良く、疲労感の少ない3D観察が可能で、小型化した画像表示装置及び立体視観察装置が得られる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0021】

実施例の説明に先立ち、本発明の作用効果を説明する。

【0022】

上述のように、本発明による立体表示装置及び立体視観察装置は、2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、この平面又は平面近傍に配置された、この2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏し、この2つの開口像を拡大させる散乱手段とを有する表示パネルとを備えて構成されている。

【0023】

このように構成すれば、2つの開口を持つ投影手段を介して同一の表示パネルの表示面にそれぞれの開口からの画像が投影され、それぞれの画像が表示パネルの表示面に結像される。表示面に投影された2つの開口像は、結像手段を介して観察用の瞳位置に結像される。また、表示パネルの表示面に配置された散乱手段を介して、2つの開口の投影像である2つの射出瞳が、互いの瞳が重なりあわない範囲で拡大される。

【0024】

これにより、表示面に対して2つの開口から互いに視差を持って投影された投影光束が、拡大されながらも分離された状態で観察用の瞳位置に結像するため、2つの開口に左右の視差を有する画像を表示させることで、2つの開口に対応する観察用の瞳位置に左右の視差を持った画像を大きく投影することができる。このため観察者は、メガネを使用することなく、楽な姿勢で3D観察をすることができる。

【0025】

そして、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置のように、左右の投影画像を同一表

10

20

30

40

50

示面位置に結像するように構成すれば、観察者の左右の瞳の輻輳位置と画像のピント位置とが一致できるため、人間光学的に観察者に違和感を与えることがない。このため、観察者は、疲れることなく楽に3D観察をすることができる。

【0026】

また、左右の開口の像を観察用の瞳位置に拡大投影するようにすれば、眼を置く位置の自由度を大きくとることができ、観察者は楽な姿勢で観察できる。

【0027】

また、投影する平面又はその近傍位置に散乱作用を奏して開口の像を拡大する散乱手段を設ければ、投影手段の射出瞳（開口）をそれほど大きくしなくて済み、投影手段の画質向上や小型化が図れる。

【0028】

しかも、表示パネルの表示面に散乱作用を奏する散乱手段を設ければ、投影手段の光束内での収差補正の違いによる影響を受けなくすることができる。すなわち、表示パネルの表示面上での散乱作用によって光束が均一化されるため、観察者は、観察用の瞳のどこに眼を置いても同じ歪まない画像を観察することができる。

【0029】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置のように、左右の画像の瞳を結像する結像手段を配置すれば、画質劣化がない。なお、結像手段にフレネルレンズを用いても画質劣化がない。

【0030】

また、瞳拡大作用を左右画像の結像位置にもたせれば、画質劣化がない。

【0031】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置において、開口の像を観察用の瞳位置に結像するための結像手段と、瞳拡大のための散乱手段とを、1枚の表示パネルの構成要素として配置すれば、コンパクト化でき、表示パネルを傾けて構成しても著しい画質の劣化を抑えることができる。

【0032】

さらに、加えて本発明の立体表示装置及び立体視観察装置では、以下に述べるような作用効果がある。

【0033】

本発明の立体表示装置及び立体視観察装置のように、結像手段を構成するフレネルレンズの光軸が表示パネルの表示面から外れるようにすれば、高品位な画像を確保することができる。

【0034】

すなわち、結像手段に反射型フレネルレンズを用いた場合、図15(a)に示すフレネルレンズ面の中心部分（光軸部分）の溝の断面形状は、製作加工上、図15(b)に示すように丸くなる。そして、その部分に光が当たると不必要に大きな乱反射が生じ、その乱反射の部分が光って見えてしまうため、画像の品位が悪くなる。

【0035】

しかるに、本発明のように、フレネルレンズを、光軸が表示パネルの表示面から外れるように構成すれば、このような乱反射を無くすことができる。

【0036】

また、フレネルレンズには、図15(a), (b)を用いて示したように、所定のピッチで溝が形成されている。このピッチが粗いと溝の筋が目立ち易くなつて画像の品位が劣化し、このピッチが細かいほど溝の筋が目立ち難くなる。また、フレネルレンズの溝の筋の目立ちやすさは観察距離（表示パネルから観察用の瞳位置までの距離）に影響される。人間の目の分解能を1分と想定して、観察距離との積で求まる表示パネルの表示面での解像限界の数値よりもフレネルレンズの溝のピッチが細いと、この溝の筋が目立ち難くなる。また、拡散面で決まる投影画像のボケ量（錯乱径）に対して、フレネルレンズの溝のピッチが小さいと、溝の筋が判読できなくなるのでよい。

【 0 0 3 7 】

しかしに、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置において、結像手段をフレネルレンズで構成するとともに、フレネルレンズ溝のピッチが、表示パネルから観察用の瞳位置までの距離における人間の目の分解能1分に相当する、該表示パネルの表示面上での錯乱径の10倍を超えない大きさとなるように構成すれば、上述のような溝の筋が目立つことなく高品位な3D画像を得ることができる。

【 0 0 3 8 】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置において、表示パネルの表示面上での錯乱径が、前記投影手段を介して該表示面上に投影された画像表示素子の画素ピッチの10倍を超えない大きさとなるように、表示パネルのパネル厚と散乱角度を構成すれば、上述のようなフレネルの筋が目立つことなく高品位な3D画像を得ることができる。 10

【 0 0 3 9 】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置においては、投影手段を介して投影される画像表示素子の開口率（開口部の面積／表示領域の面積）が、20%以上となるように構成するのが好ましい。開口率が20%を下回ると、表示パネルに表示される画像に画像表示素子の表示領域中の開口部周囲の格子状部分が模様となってあらわれて、見ずらい画像となる。一方、フレネルレンズの溝のピッチと画像表示素子の開口のピッチとの差が小さくモアレが生じる場合においても、20%以上となるように開口を大きくすれば、モアレのコントラストを弱めることができる。 20

【 0 0 4 0 】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置において、散乱手段を、拡散作用と屈折作用とを奏するホログラムフィルムで構成すれば、高品位な3D画像を得ることができる。 20

【 0 0 4 1 】

また、立体表示装置及び立体視観察装置においては、表示パネルは、人間の目に対して適切な画角、観察距離（表示パネルから観察用の瞳位置までの距離）の位置に配置されることが必要である。 30

【 0 0 4 2 】

例えば、観察距離が150mmよりも近いと、人間の視度の制約から長時間の観察をしたときに疲れる要因となる。また、両眼の輻輳角が大きくなつて疲れる要因となる。 30

【 0 0 4 3 】

よつて、表示パネルから観察用の瞳位置までの距離が150mmよりも遠くなるように構成する必要がある。 40

【 0 0 4 4 】

このように、表示パネルから観察用の瞳位置までの距離が遠いほうが輻輳角、及び視度が小さくなり、観察による疲れが少なくなるので好ましい。しかし、観察画角を確保するために、観察用の瞳位置を余りにも遠方に配置したのでは、表示パネル自体が大型化してしまい不都合である。例えば、手術室等に表示装置を設置する場合に、他の機器の配置と干渉するなどの不具合が生じる。 40

【 0 0 4 5 】

このため、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置においては、表示パネルから観察用の瞳位置までの距離が、150mm～2000mmの範囲となるように構成するのが好ましい。 40

【 0 0 4 6 】

特に、3D観察を行いながら、手元で作業を行う場合には、立体感覚が通常感じられる距離の範囲内で使用するのが、画像と手元の立体感覚との差が小さく違和感が少なくてよい。従つて、このような観点からみても表示パネルから観察用の瞳位置までの距離の上限は2000mmを超えないようにするのが望ましい。 50

【 0 0 4 7 】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置においては、観察しやすさと画像の表

示情報量との観点から、観察者から見た表示パネルの画角、即ち、観察用の瞳位置から表示パネルの両端を見込む角度について、水平方向を垂直方向よりも大きくするのが良い。

【0048】

また、水平方向の画角は、6度～60度の範囲にするのが望ましい。これは、情報量を得るためにある程度の画角が必要であることと同時に、余り大きく画角をとると、表示パネルの大型化を招くためである。特に、手術での使用等、観察と作業とを同時に行うような使用状況においては、表示パネル自体を観察すると同時に手術の状況を観察する必要があり、周りの状況を把握するために表示パネル以外の観察画角を確保する必要があるからである。

【0049】

本発明の立体表示装置及び立体視観察装置は、3D観察用の配置においては、左右に設置された投影手段から表示パネルの表示面に結像された画像を、表示パネルによって反射し、しかも、左右の観察用の瞳位置に分離して結像するために、表示パネル自体に瞳拡大作用を奏する散乱手段を有している。

【0050】

散乱手段は拡散特性を有しており、この拡散特性が解像力の劣化に影響を与える。散乱手段の拡散特性による解像力の劣化を回避するためには、散乱手段の拡散面の拡散特性と表示パネルの厚さに起因するボケ量（錯乱径）が、投影手段自体が有している表示パネルの表示面上での解像力との比較において小さくなるように構成すれば、ボケによる解像力の劣化が無いので良い。

【0051】

また、投影手段を極力小型化し、観察用の瞳面への瞳拡大率を大きくすれば、投影手段の開口径を小さく設定することができ、光学系全体の構成を小型化することができる。

【0052】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置においては、観察用の瞳の径を20mm～500mmの範囲で構成するのが、明るさを確保する観点から好ましい。

【0053】

また、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置においては、投影手段の開口径を、5mm～50mmの範囲で構成するのが、小型化の観点から好ましい。

【0054】

同時に、画像表示素子は、解像力（画素数）を確保した上で、小さいほうが投影手段の光学構成を小さくすることができる。

【0055】

しかるに、本発明の立体表示装置及び立体視観察装置においては、画像表示素子を面積が900mm²を超えない大きさで構成すれば、投影手段を小型化できる。さらに小型化するには、面積が400mm²を超えない大きさで構成するのが好ましい。

【0056】

また、投影手段の射出瞳（開口）が、フレネル凹面鏡などの結像手段によって観察用の瞳位置において拡大されるときの瞳拡大倍率は、等倍を挟んで極端に縮小、拡大しないほうが良く、0.1倍～10倍の範囲で構成するのが好ましい。

【0057】

また、表示パネルの表示面上の画像表示素子の表示面積に対する表示パネルの面積の比率を100%～50%の範囲で構成すれば、視野闘争が生じることなく見やすい3D表示装置を実現できるので好ましい。

【0058】

以下、本発明の具体的な実施形態及び実施例について図面を用いて説明する。

【0059】

図1は本発明の一実施形態にかかる立体表示装置を含む立体視観察装置のシステム全体の基本構成を示す図であり、(a)は概略構成図、(b)は(a)の表示装置の変形例を示す説明図である。

10

20

30

40

50

【0060】

本実施形態の立体視観察装置は、画像入力装置1と、画像入力装置1からの2D画像又は3D画像をメガネなしで観察可能な表示装置2とを有して構成されている。

【0061】

画像入力装置1は、2D画像又は3D画像を撮像可能な内視鏡11a、2D画像又は3D実体顕微鏡画像を撮像可能な顕微鏡11b、又はCT、MRI等の断層画像又はこれらを基に構成した3D画像等のコンピュータグラフィック画像等を処理可能なコンピュータ11c等で構成される。内視鏡11aや顕微鏡11bに設けられたカメラで撮像された2D画像又は3D画像、コンピュータ11cに入力されたCT、MRI等の断層画像又はこれらを基に構成した3D画像等のコンピュータグラフィック画像等の画像ソースは、夫々画像制御装置12a、12b、12cを介して表示装置2の投影装置21に送られるよう構成されている。10

【0062】

表示装置2は、投影装置21と表示パネル22とを有して構成されている。投影装置21は、図1(a)に示すように表示パネル22の上方、図1(b)に示すように表示パネル22の下方、又は図1において示していないが表示パネル22の側方から、画像を表示パネル22に投影し、表示パネル22の表示面上に結像させるようになっている。また、表示装置2では、表示パネル22が反射型に構成されており、投影装置21で投影され表示パネル22で反射した画像を観察することができるよう構成されている。

【0063】

そして、本実施形態のシステムでは、上記画像ソース(2D又画像は3D画像)を投影装置21に入力することで、2D画像又は3D画像を観察することできるようになっている。20

【0064】

図2は図1に示す表示装置2の概略構成を示す側面図である。

【0065】

表示装置2は、画像投影手段としての投影装置21と、表示パネル22を有して構成されている。投影装置21と表示パネル22は、支持アーム23を介して支持されている。

【0066】

投影装置21は、画像表示素子21aと、投影光学系21bと、開口21cを有して構成されている。30

【0067】

なお、3D観察用の場合は、表示装置2は、2つの投影装置21R、21Lを備えて構成される。投影装置21R(21L)は、画像表示素子21Ra(21La)と、投影光学系21Rb(21Lb)と、開口21Rc(21Lc)とを有して構成される。

【0068】

表示パネル22は、図6や図12に示すように、フレネル凹面鏡22aと、散乱手段22bとを有して構成されている。図6、図12は図2の表示パネル22を示す図であり、夫々(a)は表示パネル22の断面図、(b)は(a)の表示パネル22のフレネルレンズ面の正面図である。なお、図6、図12のフレネル凹面鏡22aは、裏面鏡として構成されるとともに、裏面側に補強用のアルミ板22cが設けられている。40

【0069】

散乱手段22bは、図6に示すようにフレネルレンズの入射側に配置されたHOE散乱膜や、図12に示すようにフレネルレンズの入射面に形成された拡散面で構成されている。なお、詳細については後述する。

【0070】

また、表示装置2では、図2に示すように、投影装置21(21R、21L)が、表示パネル22の表示面の中心に対して偏芯した位置に配置された状態で、表示パネル22の表示面上に画像を結像するようになっている。

【0071】

また、フレネル凹面鏡 22a は、図 6(b)、図 12(b)に示すように、フレネル溝の中心(フレネルレンズの光軸)が、表示パネル 22 の表示面の中心に対して偏芯し、さらに、表示パネル 22 の表示面から外れた位置にくるように形成されている。また、フレネル凹面鏡 22a は、投影装置 21(21R, 21L)の瞳、即ち、開口 21c(21Rc, 21Lc)の像、を表示パネル 22 の正面位置で観察できる位置に反射して観察者の瞳位置に結像するように構成されている。

【0072】

図 3 は 2D 観察用の表示装置の場合における図 2 の構成を光線の進む方向に順に展開した展開図である。

【0073】

上述のように、表示パネル 22 は、散乱手段 22b を備えており、散乱手段 22b を介して、観察者に対して適切な大きさに観察用の瞳を拡大させており、瞳拡大鏡として機能する。また、本発明においては、散乱手段 22b に備わる拡散面が、通常の拡散面に比べて、指向性を保持しながら拡散させるように構成されている。このため、観察者の観察位置近傍に光を効率良く集めることができ明るい観察像が得られる。

【0074】

また、観察位置近傍に光を効率良く集めることができることにより、投影光学系 21b の明るさも低減でき、投影光学系 21b の小型化が可能となる。具体的には、投影光学系 21b の開口径を小さくして、投影光学系 21b を小型化できる。また、投影装置 21 に内蔵される図示省略した投影用の光源として、高消費電力の水銀ランプ、ハロゲン光源等の代わりに、LED 光源等の低消費電力の光源を用いることができる。

【0075】

図 4(a)は 3D 観察用の表示装置の場合における図 2 の構成を光線の進む方向に順に展開した展開図である。

【0076】

3D 観察用の表示装置 2 は、2つの画像投影手段としての画像表示装置 21R, 21L を並列に配置し、観察用の瞳を同様に並列に結像するように構成されている。左右の観察用の瞳はそれぞれが重なり合わないように、その位置と径が設定されている。

【0077】

図 4(b), (c)に、左右の観察用の瞳内の明るさ分布を示す。瞳内の分布のタイプには、図 4(b)に示すように均一の場合と、図 4(c)に示すようにガウス分布に近い場合がある。いずれの場合の構成においても、左右の瞳の重なり合う部分の光強度を十分に小さくして、実質上、重なりが無い状況にすることが重要である。しかるに、本実施形態では、図 4(b), (c)に示すように、左右の瞳の重なり合う部分の光強度が 10 分の 1 を下回るように構成してある。このため、左右の投影装置 21R, 21L の画像を、夫々独立した状態で観察者の左右の眼 24R, 24L に提示可能となりメガネなしでの 3D 観察が可能になる。

【0078】

また、図 4 に示すように、本実施形態の構成においては、3D 観察の場合には、輻輳とピントの両者が表示パネル 22 の表示面上で一致している。このため、観察時の違和感がなく疲労感が少なくなる。

【0079】

また、表示パネル 22 に設けられるフレネル凹面鏡は、投影光学系 21Rb, 21Lb の結像位置に配置されており、投影される瞳(開口の像)の観察者の左右の眼 24R, 24L の位置での結像のみに関与し、投影装置 21R, 21L を介して投影される画像の結像には直接関与しない。このため、フレネル面の位置が多少、前後、左右に移動しても画像の歪みとはならず、安定した良好な画像が得られる。

【0080】

さらに、本実施形態において、高品位な画像を提供し、使い勝手が良く、特に 3D 観察において疲労感が少ない、小型化できる良好な表示装置及び観察装置とするためには、次

のように構成するのが好ましい。

【0081】

高品位な画像を得るために、表示パネル、投影手段、光学系全体の構成等を次のように最適化する。

【0082】

高品位な画像を得るために、表示パネルに関し、上述のように、フレネルレンズの光軸が、表示パネル22の表示面の外に位置するように構成する。

【0083】

高品位な画像を得るために、光学系全体のシステムに関し、表示パネル22の表示面での錯乱径が、投影装置21(21R, 21L)を介して表示パネル22の表示面上に投影された画像表示素子21a(21Ra, 21La)の画素ピッチの10倍を超えない大きさとなるように、パネル厚と散乱角度を構成する。また、フレネルレンズのピッチが、前記表示パネルから観察用の瞳位置までの距離における人間の目の分解能1分に相当する表示パネル22の表示面上での錯乱径の10倍を超えない大きさとなるように構成する。10

【0084】

また、高品位な画像を得るために、投影手段に関し、投影装置21(21R, 21L)を介して投影される画像表示素子21a(21Ra, 21La)の開口率が、20%以上となるように構成する。

【0085】

また、高品位な3D画像を得るために、散乱作用を有する(瞳拡大)手段22bを、20拡散作用と屈折作用とを奏するホログラムフィルムで構成する。

【0086】

また、使い勝手の良い表示装置を実現するためには、観察画角、観察距離、観察用の瞳径を次のように最適化する。

【0087】

観察画角に関し、観察用の瞳位置から表示パネルの両端を見込む角度を、水平方向で6度~60度の範囲、垂直方向で4度~50度の範囲で構成する。

【0088】

観察距離に関し、観察用の瞳位置を、表示パネルから150mm~2000mmの範囲で構成する。30

【0089】

観察用の瞳径に関し、観察用の瞳径を20mm~500mmの範囲で構成する。観察用の瞳を非円形とした場合には、観察用の瞳の最も短手側の幅を20mm~500mmの範囲で構成する。

【0090】

3D表示装置の見やすい表示装置を実現するためには、次の条件を最適化する。

【0091】

投影装置21(21R, 21L)を介して投影された画像表示素子21a(21Ra, 21La)の表示パネル22の表示面上での表示面積に対する表示パネル22の面積の比率を、100%~50%の範囲で構成する。40

【0092】

また、3D表示装置の小型化を実現するためには、次のように光学システムの条件を最適化する。

【0093】

結像手段としてのフレネルレンズの瞳拡大倍率を、0.1倍~10倍の範囲で構成する。

【0094】

また、投影装置21(21R, 21L)における投影光学系21b(21Rb, 21Lb)の開口21c(21Rc, 21Lc)の径を5mm~50mmの範囲で構成するとともに、画像表示素子21aを900mm²を超えない大きさで構成する。50

【0095】

この場合、画像表示素子 21a (21Ra, 21La) を、 400mm^2 を超えない大きさで構成するとより好ましい。

【実施例1】

【0096】

図2は本発明の第1実施例にかかる(立体)表示装置の概略構成を示す側面図である。

【0097】

第1実施例の(立体)表示装置2は、投影装置21(21R, 21L)と、表示パネル22を有して構成されている。投影装置21と表示パネル22は、支持アーム23を介して支持されている。

【0098】

投影装置21(21R, 21L)は、画像表示素子21a(投影光学系21b(21Rb, 21Lb))と、投影光学系21b(21Rb, 21Lb)と、射出瞳(開口)21c(21Rc, 21Lc)を有している。

【0099】

そして、第1実施例の(立体)表示装置2では、画像表示素子21a(21Ra, 21La)に表示された画像が投影光学系21b(21Rb, 21Lb)を介し、開口21c(21Rc, 21Lc)を経て、表示パネル22の表示面上に結像される。表示パネル22の表示面上に結像された画像は、表示パネル22で反射されて観察者の観察位置において観察される。表示パネル22は、投影光学系21b(21Rb, 21Lb)の開口21c(21Rc, 21Lc)の像を観察者の観察位置に結像して観察用の瞳を形成するとともに、その観察用の瞳の径を拡大する。

【0100】

観察用の瞳の大きさは、通常、観察者の観察位置において、 500mm を超えないように拡大して、光の利用効率が良くなるようにしてある。なお、射出瞳(開口)の形状を非円形とすることもできる。その場合には、観察用の瞳は最も短い側の幅が 500mm を超えないようにすると、光の利用効率が良い。

【0101】

図6は第1実施例の表示パネル22についてのより詳細な構成を示す図であり、(a)は表示パネル22の断面図、(b)は(a)の表示パネル22のフレネルレンズ面の正面図である。

【0102】

表示パネル22は、結像手段としてのフレネル凹面鏡22aと、散乱手段としてのHOE拡散フィルム22bとを有して構成されている。フレネル凹面鏡22aは、フレネルレンズの裏面側に鏡面を備えた裏面鏡として構成されている。また、HOE拡散フィルム22bは、フレネル凹面鏡22aの入射側に配置されている。

【0103】

また、フレネル凹面鏡22aの裏面側には、強度確保のためにアルミ板22cが貼り付けられている。なお、フレネル凹面鏡22aにアルミ板22cを貼り付けないで構成してもよい。

【0104】

また、第1実施例では、フレネル凹面裏面鏡22aのフレネルレンズの厚みd2は1mm、HOEフィルム22bの厚みd1は1mm、アルミ板22c乃至フレネル凹面裏面鏡22aの裏面鏡部分の厚みd3は、2mmとなっている。

【0105】

フレネルレンズは、その光軸中心(フレネル溝の中心)が図6(b)に示すように、表示パネル22の上方にくるように、溝が形成されている。また、フレネル凹面鏡22aの光軸が、横長に形成された表示パネル22の表示面から外れるようにフレネルレンズの偏芯量及び表示パネルの表示画面サイズが設定されている。

【0106】

10

20

30

40

50

また、フレネル凹面鏡 22a のフレネル溝のピッチ P は、観察時の画像の品位を確保するため、0.2 mm で形成されている。

【0107】

このように構成された第1実施例の（立体）表示装置によれば、フレネル凹面鏡 22a のフレネルのピッチ P を細かくしたので、フレネルレンズ面に形成される段差のある円形状の溝の筋を目立ち難くすることができる。また、フレネルレンズ 22a の光軸位置（点）を、表示パネル 22 の表示面内に入らないように、フレネルレンズの偏芯量と表示パネルの表示画面サイズを設定したので、フレネル溝の中心部において発生する観察時に目立ちやすい筋が排除されて、高品位な画像が得られる。

【0108】

また、第1実施例においては、投影側の解像力を劣化させない（投影側の画像情報量を損なわない）ように、3D 表示パネル及び、全体の光学システムが構成されている。その構成について、図7, 8 を用いて説明する。

【0109】

図7は瞳を拡大する散乱手段としてHOEを採用した表示パネル 22 の一構成例を示す図である。

【0110】

図7の例の表示パネル 22 では、散乱手段 22c に用いる HOE としては、透過型ホログラムを採用している。また、ホログラムとしては、体積型ホログラム（ボリュームホログラム）を採用している。

【0111】

体積型ホログラムを用いると、入射角依存性を持たせ、波長選択性を少なく設定することができる。

【0112】

そこで、図7の例では、表示パネル 22 を、体積型ホログラムからなる散乱手段 22b で入射時の光束に拡散作用を与えるとともに、フレネル凹面鏡 22b のフレネルレンズ面で反射後の光束には拡散作用を与えないように構成している。

【0113】

このように構成された表示パネル 22 では、HOE 面に投影される画像が結像する。このため、画像がフレネルレンズの厚み d_2 の影響を受けることなく射出瞳を拡大することができる。

【0114】

図8は散乱手段として入射時及び出射時の光束に拡散作用を与えるタイプの拡散板をフレネルレンズと組み合せた表示パネル 22 の一構成例を示す図であり、(a)は概略構成図、(b)は(a)における入射時及び出射時の光束の拡散状態を展開して示す説明図である。

【0115】

図8の例の表示パネル 22 においては、拡散板 22b を介して光束に対し拡散作用を入射時と出射時の2回与えることになるため、最終的な拡散角 θ_2 を考慮して、1回での拡散角 θ_2 を最適化する必要がある。

【0116】

ここで、拡散面で2回拡散する場合の画像劣化について考える。

【0117】

まず、投影装置からの画像は、表示パネル 22 の入射面に結像する。このときのボケ量はゼロであり、光線の広がり角は投影光学系のNAと一致する。入射面では、拡散角 θ_2 が、投影光学系のNAに加算される。光線は、入射面～フレネル面～出射面の距離伝搬し、出射面でボケ量（錯乱径） θ_2 を生じる。出射面では、さらに拡散作用 θ_2 の作用を受けて、最終的に θ_2 の拡散角となる。

【0118】

しかるに、1回の拡散作用による拡散角分布が、ガウス分布であると想定すると、2回の拡散作用では、約 1.4 倍（2倍）の拡散角のガウス分布に拡大される。拡散分布特

10

20

30

40

50

性によって、2回拡散時の分布特性は異なるが、目安として、入射側と出射側での散乱特性がほぼ同一特性であるものと想定し、中心部での光強度のピーク値に対して、1 / 10に減衰する角度を拡散角として定義し、この角度が、2回の拡散で約1.4倍（2倍）に拡大するものと近似する。

【0119】

即ち、拡散板22bから入射した光束は、1回目の拡散作用を受けて広がり、フレネル反射面22bで反射後、拡散板22bを出射時に入射時と同様に拡散作用を受けて広がると想定できる。また、図8(b)に示すように、フレネルレンズの厚みd2の2倍の厚さ分、ボケ量（錯乱径）が生じると考える。

【0120】

また、図8の例では、10mmの射出瞳が投影光学系を介して投影光学系から600mm離れた位置に配置された表示パネル22の表示面に投影されるとともに、フレネル凹面鏡22aを介して、450mm離れた観察者の瞳位置において結像されるようになっている。

【0121】

図8の例では、フレネル凹面鏡22a単独での瞳の結像倍率は、 $450 / 600 = 0.75$ 倍である。

【0122】

よって、フレネル凹面鏡22a単独での作用による観察用の瞳の大きさは、 $10 \times 0.75 = 7.5 \text{ mm}$ となる。

【0123】

ここで、最終的に観察用の瞳を60mmに拡大するためには、フレネル凹面鏡22aにさらに拡散板22bを加えたときの拡散角 θ_2 を6.7度にする必要がある。

【0124】

これは、次の式より求まる。なお、この式では $d_2 = 450$ であることを前提としている。

$$\begin{aligned} \theta_2 &= \sin^{-1}(60 / 450) \\ &= \sin^{-1}(10 / 600) + 2 \times 2 \\ &= 6.7 \end{aligned}$$

但し、 θ_2 は1回の拡散作用による広がりである。

【0125】

しかるに、2回の拡散で約1.4倍（2倍）に拡大するので、1回の拡散では4.7度の拡散角となる。

【0126】

また、このときのボケ量（錯乱径）は次の式より求まる。

$$\begin{aligned} &= 2 \cdot d_2 / n \times \sin\{\sin^{-1}(10 / 600) \\ &\quad + 2\} \end{aligned}$$

但し、 d_2 はフレネルレンズ厚、 n はフレネルレンズの屈折率、 θ_2 は拡散面による広がり、 $\sin^{-1}(10 / 600)$ は投影光学系のNAによる広がりである。

【0127】

即ち、ボケ量（錯乱径）は、投影光学系のNAと拡散面での広がり角 θ_2 との和の角度と、パネル内の往復の空気換算距離($2d_2 / n$)により求まる。

【0128】

4.7度の拡散角（空中）で拡散すると、フレネルレンズ厚 d_2 が1mmの場合、 $1 \text{ mm} \times 2 / 1.5$ （屈折率） $\times \sin 4.7 \text{ 度} = 0.13 \text{ mm}$ となる。

【0129】

よって、表示パネル22のパネル厚 d_2 と、拡散面の拡散特性から決まるボケ量（錯乱径）は、0.13mmと試算される。

【0130】

また、第1実施例では、VGA(600×480画素)、SVGA(800×600画

素)、XGA(1024×768画素)、SXGA(1280×1024画素)の画像表示素子を用いた表示が可能となっている。

【0131】

ここで、B5サイズの表示パネル22aの表示面全面に画像を投影した場合、表示面上での画像表示素子のピッチは以下のようになる。なお、Hは水平方向、Vは垂直方向を示している。

VGA :	H 0 . 4 mm, V 0 . 38 mm
SXGA :	H 0 . 33 mm, V 0 . 30 mm
XGA :	H 0 . 25 mm, V 0 . 23 mm
SXGA :	H 0 . 20 mm, V 0 . 18 mm

10

【0132】

ここで、表示パネル22の表示面上に投影された画像表示素子の画素ピッチをproj、観察用の瞳の中心から人間の目の分解能1分で表示パネル22を望んだときの表示パネル22の表示面上での錯乱径をeyeとしたとき、

$$\begin{aligned} 0 . 01 < (\text{proj} / \text{eye}) &< 100 \\ 0 . 01 < (/ \text{proj}) &< 10 \end{aligned}$$

を満足するのが、高品位な画像を得るために望ましい。

【0133】

ボケ量(錯乱径)は、画素ピッチprojの2倍以下にすると、情報量が失われない。
しかし、第1実施例における表示パネル22の表示面上での画像表示素子の画素ピッチprojの上記値と上述の表示パネル22のボケ量(錯乱径)である0.13mmと比較すると、いずれの画像表示素子を用いた場合も、ボケ量(錯乱径)のほうが画素ピッチprojを下回るため、解像力の劣化(情報量の損失)は生じない。画素ピッチprojの2倍と比較して、ボケ量(錯乱径)が下回れば解像力劣化はない。

【0134】

なお、実際には、画素ピッチprojの10倍と比較して、ボケ量(錯乱径)が下回れば、若干、微細構造の情報が損失するが実使用上使用可能である。

【0135】

また、第1実施例では、図6に示すように、フレネルレンズの溝のピッチPは0.2mmとなっている。また、図9に示すようにして、観察者の目の分解能を表示パネル22上に換算すると、人間の目の分解能は一般的に1分であるので、観察用の瞳の中心から観察者の目の分解能1分で表示パネル22を望んだときの表示パネル22の表示面上での錯乱径eyeは、第1実施例において表示パネル22の表示面から観察用の瞳位置までの距離が450mmの場合は、0.13mmとなっている。

【0136】

よって、第1実施例においては、観察用の瞳の中心から人間の目で認識できる最小の分解能で表示パネル22を望んだときの表示パネル22の表示面上での錯乱径eyeは、0.13mmと試算される。

【0137】

第1実施例では、フレネルレンズの溝のピッチPは観察用の瞳の中心から人間の目の分解能1分で表示パネル22を望んだときの表示パネル22の表示面上での錯乱径eyeと同レベルであるので、フレネルの筋は目立たない。なお、実質的には、フレネルレンズの溝のピッチPは、観察用の瞳の中心から人間の目の分解能1分で表示パネル22を望んだときの表示パネル22の表示面上での錯乱径eyeの10倍を下回れば、筋が目立たない許容できる範囲である。

【0138】

また、第1実施例においては、図9に示す表示パネル22の表示面上に投影された画像表示素子の画素ピッチprojは、上記に示した値であるのに対して、観察用の瞳の中心から人間の目の分解能1分で表示パネル22を望んだときの表示パネル22の表示面上での錯乱径eyeは1.3mmであり、目の分解能のほうが上回っている。このため、表示

40

50

パネル22に表示された表示情報を目視観察において損なわずに得ることができる。目の分解能に対して、画像ピッチをさらに細かくすることに対して、直接的には不利益はないが、目の分解能を超えて必要以上に画素ピッチを細かくしても意味がない。

【0139】

なお、画像表示素子21a(21Ra, 21La)としては、面積が900mm²のものを用いるのが良い。さらには、面積が400mm²を超えないものを用いるのがより好みしい。

【0140】

投影光学系21b(21Rb, 21Lb)は、小さいほうが投影装置21(21R, 21L)全体を小型化できる。画像表示素子21a(21Ra, 21La)が大きいと投影光学系21b(21Rb, 21Lb)も大型になり、投影装置21(21R, 21L)が大型化してしまう。

【0141】

また、投影側の射出開口を小さく設定することも、投影光学系21b(21Rb, 21Lb)を小型化するための要素であり、射出開口径は、50mmを超えないようになるのが望ましい。さらには、20mmを超えないようになるのがより望ましい。

【0142】

また、第1実施例では、フレネル凹面鏡22aによって、瞳を結像する構成であるため、光の利用効率が良い。

【0143】

なお、投影装置に内蔵する光源は、キセノン、ハロゲン、水銀ランプから、LED照明を採用することが可能である。

【0144】

図10は表示パネルの表示面に投影される画像表子素子の画像と表示パネルの表示面との大きさの関係を示す図であり、(a)は表示パネルのフレネルレンズ面を示す図、(b)は画像表示素子の画像が表示パネルの表示面に投影されている状態を示す図である。

【0145】

第1実施例の(立体)表示装置2は、投影方式の表示装置であるため、液晶モニター方式などにおいて必要な枠体を表示パネル22の視野周辺に必要とせず、パネル全面に画像表示が可能である。

【0146】

このため、第1実施例によれば、液晶などを用いた枠体部付きの表示パネルとは異なり、3D表示に使用した場合における枠体部で生じる視野闘争による疲れが発生しにくい。

【0147】

また、枠は無いため、表示面内に表示される3D画像と、表示パネル22の表示面の周囲との境界が気にならずに観察できる。このため、回りの状況を確認しながら、3D画像で作業を行なう用途において、非常に使い勝手が良くなる。

【0148】

なお、このような状況を実現するためには、本発明において表示装置に投影方式の構成を採用することと同時に、表示パネル22の表示面に対して、投影される画像の大きさが上回っていることが必要である。

【0149】

ただし、大きく投影しすぎると、画像表示素子21a(21Ra, 21La)の画素を有効活用できない。このため、表示パネル22の表示面に投影される画像表示素子21a(21Ra, 21La)の表示画像の大きさに対する表示パネル22の表示面の大きさは、0.7倍から1.0倍程度の倍率で設計するのが好みしい。

【0150】

また、投影する画像表示素子21a(21Ra, 21La)の開口率は、なるべく大きいほうが良い。図16は画像表示素子の開口部を示す説明図である。開口率は画像表示素子の表示エリアの面積に対する開口部の面積で求まる。開口率が小さいと画像表

10

20

30

40

50

示素子の開口部の周囲の格子状の模様があらわれて、見づらい画像となる場合がある。また、フレネルレンズのピッチPと画像表示素子のピッチとの差が小さいとモアレが目立ちやすい場合がある。このような場合に、開口を大きくすると、開口部の周囲の格子状の模様をあらわれないようにすることができ、また、モアレのコントラストを弱めることができる。

【0151】

なお、画像表示素子は、20%～100%の範囲の開口率で構成するのが好ましい。

【0152】

図3は2D観察時の瞳結像状況を示す展開図である。

【0153】

第1実施例では、投影装置21から表示パネル22の表示面までの距離が600mm、表示パネル22の表示面から観察用の瞳位置までの距離が450mmとなるように構成してある。また、投影光学系21bの射出瞳径を10mm、観察位置での瞳(観察用の瞳)の径を60mm～500mmの範囲で構成してある。

【0154】

また、観察者の眼幅は、通常、50mm～70mmであり、両眼で観察することができるようになるためには、観察用の瞳の径は少なくとも60mmが必要である。一方、観察用の瞳の径を拡大していくと、観察位置の自由度が増える点では良いが、他方、光を高効率で利用することができなくなる。よって、観察用の瞳の径は500mmを超えないようにするのが良い。

【0155】

図4は3D観察時の瞳結像状況を示す展開図である。

【0156】

図4に示すように、3D観察においては、2つの投影光学系21Rb, 21Lbを配置し、左右独立に観察用の瞳を結像するように構成する。この場合、左右の観察用の瞳が重なり合わないことが重要である。なぜならば、3D観察では、左右画像は視差を有する、異なった画像となるため、他の画像によって正しい観察をすることができなくなるためである。

【0157】

そこで、通常、左右の観察用の瞳を20mm～100mmに設定し、左右の観察用の瞳が重なり合わない配置とするのがよい。

【0158】

図4の第1実施例では、左右の観察用の瞳を夫々60mmに設定し互いに近接する位置に配置してある。

【0159】

図5は第1実施例の表示装置の立体的なレイアウト構成を示す側面図である。

【0160】

表示パネル22から観察者の目(観察用の瞳位置)までの距離は450mm、表示パネル22から投影光学系21b(21Rb, 21Lb)までの距離は、600mm、投影光学系21(21R, 21L)における表示パネル22の表示面の中心からの偏芯量は30mmとなっている。

【0161】

第1実施例に示すように、観察者の目と表示パネル22との距離は、近接しすぎると疲れの要因になる。観察者の目から表示パネル22までの距離は、通常、200mm以上であることが望ましい。

【0162】

また、観察者の目から表示パネル22までの距離は、200mmを超えないようにするのが望ましい。距離が離れすぎると、立体視観察時に、違和感が生じ疲れの要因になる。また、表示パネル22自体が大型化してしまう為、レイアウト上も好ましくない。

【0163】

10

20

30

40

50

次に、第1実施例の表示パネル22の大きさ及び画角について述べる。画角は、観察用の瞳位置からパネルの両端を見込む角度である。

【0164】

第1実施例では、次に示すような横長サイズの表示パネルが使用できる。ただし、Hは、観察用の左右の瞳の中心を結んだ直線に対して平行な方向を表し、Vは、Hに対して垂直な方向を表す。

(1)パネルサイズ：H 420mm、V 297mm (A3サイズ)

画角：H 50度、V 36.5度

(2)パネルサイズ：H 297mm、V 210mm (A4サイズ)

画角：H 36.6度、V 26.3度

(3)パネルサイズ：H 260mm、V 180mm (B5サイズ)

画角：H 32.2度、V 22.6度

(4)パネルサイズ：H 130mm、V 90mm (B6サイズ)

画角：H 16.4度、V 11.4度

(5)パネルサイズ：H 65mm、V 45mm (B7サイズ)

画角：H 8.3度、V 5.7度

なお、表示パネル22の瞳結像倍率は、 $450 / 600 = 0.75$

である。

【実施例2】

【0165】

図11、図12は本発明の表示装置の第2実施例を示す図であり、図11は概略構成を示す側面図、図12(a)は表示パネルの断面図、(b)は(a)の正面図である。

【0166】

第2実施例の画像表示装置は、図11に示すように、表示パネル22から観察用の瞳位置までの距離が2000mm、表示パネル22の表示面の中心に対して、投影光学系21bの偏芯(OFF-SET)量が800mm、表示パネル22の表示面の中心と投影装置21(21R, 21L)との距離が1450mmで構成されている。

【0167】

次に、第2実施例の表示パネル22のサイズ、画角について述べる。

【0168】

第2実施例では、次に示すような横長サイズのパネルを使用している。

(1)パネルサイズ：H 1322mm、V 934mm

画角：H 36.6度、V 26.3度

(2)パネルサイズ：H 1154mm、V 799mm

画角：H 32.2度、V 22.6度

(3)パネルサイズ：H 577mm、V 400mm

画角：H 16.4度、V 11.4度

また、図12に示すように、

フレネルレンズの厚さd2：1.5mm、

アルミ板の厚さd3：2.0mm

フレネルピッチP：0.5mm

となっている。

【0169】

また、フレネル裏面鏡22aには、散乱手段22bとして、指向性を有する拡散面がフレネルレンズの入射面に一体形成されている。

【0170】

具体的には、ガラスビーズをランダムに研磨した真鍮面に吹き付けて、鏡面で且つランダムな配列からなる微小さな凹面配列面を金型として、これをプラスチックからなるフレネル凹面鏡に転写して構成した。

【0171】

10

20

30

40

50

第2実施例において、2000mmの距離で使用する場合における人間の目の分解能は、 $2000\text{mm} \times \tan(1/60) = 0.58\text{mm}$ である。

【0172】

また、H1322×V934mmの表示パネルの表示面全面に画像を投影した場合、表示面上での画像表示素子のピッチは以下のようなになる。なお、Hは水平方向、Vは垂直方向を示している。

VGA :	H 2 . 2 mm, V 1 . 9 4 mm
SVGA :	H 1 . 6 5 mm, V 1 . 5 5 mm
XGA :	H 1 . 2 9 mm, V 1 . 2 1 mm
SXGA :	H 1 . 0 3 mm, V 0 . 9 1 mm

10

【0173】

また、H577mm×V400mmの表示パネルの表示面全面に投影した場合、表示面上での画像表示素子のピッチは以下のようなになる。なお、Hは水平方向、Vは垂直方向を示している。

VGA :	H 0 . 9 6 mm, V 0 . 8 3 mm
SVGA :	H 0 . 7 2 mm, V 0 . 6 6 mm
XGA :	H 0 . 5 6 mm, V 0 . 5 2 mm
SXGA :	H 0 . 4 5 mm, V 0 . 3 9 mm

20

なお、表示パネル22の瞳結像倍率は、 $2000 / 1450 = 1.38$
である。

【0174】

その他の構成及び作用効果は第1実施例とほぼ同じである。

【0175】

以上、本発明の実施例について説明したが、表示素子は、反射型、透過型、又は、液晶、DMD、有機ELなどの種類は問わず本発明に適用できる。

【0176】

以上説明したように、本発明による立体表示装置及び立体視観察装置は、特許請求の範囲に記載された発明の他に、次に示すような特徴も備えている。

【0177】

(1) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、前記投影手段を介して投影する画像表示素子の開口率が、20%以上であることを特徴とする立体表示装置。

30

【0178】

(2) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、前記散乱手段を、拡散作用と屈折作用とを奏するホログラムフィルムで構成したことを特徴とする立体表示装置。

40

【0179】

(3) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、観察用の瞳位置から前記表示パネルの両端を見込む角度を、水平方向で6度～60度の範囲、垂直方向で4度～50度の範囲で構成したことを特徴とする立体表示装置。

【0180】

(4) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、観察用の瞳位置

50

から前記表示パネルまでの距離を、150mm～2000mmの範囲で構成したことを特徴とする立体表示装置。

【0181】

(5) 前記観察用の瞳径を20mm～500mmの範囲で構成したことを特徴とする上記(4)に記載の立体表示装置。

【0182】

(6) 前記観察用の瞳を、最も短手側の長さが20mm～500mmの範囲の大きさの非円形形状で構成したことを特徴とする上記(4)に記載の立体表示装置。

【0183】

(7) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、前記結像手段の瞳結像倍率を、0.1倍～10倍の範囲で構成したことを特徴とする立体表示装置。 10

【0184】

(8) 前記投影手段の開口径を、5mm～50mmの範囲で構成するとともに、該投影手段を介して投影する画像表示素子を、900mm²を超えない面積で構成したことを特徴とする上記(7)に記載の立体表示装置。

【0185】

(9) 前記画像表示素子を、400mm²を超えない面積で構成したことを特徴とする上記(8)に記載の立体表示装置。 20

【0186】

(10) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備え、前記投影手段を介して投影された画像表示素子の前記表示パネルの表示面上での表示面積に対する該表示パネルの面積の比率が、100%～50%の範囲で構成されていることを特徴とする立体表示装置。 30

【0187】

(11) 前記結像手段が、反射型フレネルレンズであることを特徴とする請求項1～3、上記(1)～(10)のいずれかに記載の立体表示装置。

【0188】

(12) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、前記投影手段を介して投影する画像表示素子の開口率が、20%以上であることを特徴とする立体視観察装置。 40

【0189】

(13) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、前記散乱手段を、拡散作用と屈折作用とを奏するホログラムフィルムで構成したことを特徴とする立体視観察装置。 40

【0190】

(14) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、観察用の瞳位置から前記表示パネルの両端を見込む角度が水平方向で6度～60度の範囲、垂直方向で4度～50度の範囲で構成したことを特徴とする立体視観察装置。

【0191】

50

20

30

40

50

(15) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、観察用の瞳位置から前記表示パネルまでの距離を、150m m ~ 2000mmの範囲で構成したことを特徴とする立体視観察装置。

【0192】

(16) 前記観察用の瞳径を20mm ~ 500mmの範囲で構成したことを特徴とする上記(15)に記載の立体視観察装置。

【0193】

(17) 前記観察用の瞳を、最も短手側の長さが20mm ~ 500mmの範囲の大きさの非円形形状で構成したことを特徴とする上記(15)に記載の立体視観察装置。 10

【0194】

(18) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、前記結像手段の瞳結像倍率を、0.1倍 ~ 10倍の範囲で構成したことを特徴とする立体視観察装置。

【0195】

(19) 前記投影手段の開口径を、5mm ~ 50mmの範囲で構成するとともに、該投影手段を介して投影する画像表示素子を、900mm²を超えない面積で構成したことを特徴とする上記(18)に記載の立体視観察装置。 20

【0196】

(20) 前記画像表示素子を、400mm²を超えない面積で構成したことを特徴とする上記(19)に記載の立体視観察装置。

【0197】

(21) 2つの開口から同一平面上に画像を投影する投影手段と、前記平面又は平面近傍に配置された、前記2つの開口像を観察用の瞳位置に結像する結像手段と、散乱作用を奏して前記2つの開口像を拡大する散乱手段とを有する表示パネルとを備えた立体表示装置と、画像入力装置とを備え、前記投影手段を介して投影された画像表示素子の前記表示パネルの表示面上での表示面積に対する該表示パネルの面積の比率が、100% ~ 50%の範囲で構成されていることを特徴とする立体視観察装置。 30

【0198】

(22) 前記結像手段が、反射型フレネルレンズであることを特徴とする請求項4 ~ 6、上記(12) ~ (21)のいずれかに記載の立体視観察装置。

【図面の簡単な説明】

【0199】

【図1】本発明の一実施形態にかかる立体表示装置を含む立体視観察装置のシステム全体の基本構成を示す図であり、(a)は概略構成図、(b)は(a)の表示装置の変形例を示す説明図である。

【図2】本発明の第1実施例にかかる(立体)表示装置の概略構成を示す側面図である。

【図3】2D観察時の瞳結像状況を示す図であり、2D観察用の表示装置の場合における図2の構成を光線の進む方向に順に展開した展開図である。

【図4】3D観察時の瞳結像状況を示す図であり、(a)は3D観察用の表示装置の場合における図2の構成を光線の進む方向に順に展開した展開図、(b), (c)に、左右の観察用の瞳内の明るさ分布を示すグラフである。

【図5】第1実施例の表示装置の立体的なレイアウト構成を示す側面図である。

【図6】第1実施例の表示パネル22についてのより詳細な構成を示す図であり、(a)は表示パネル22の断面図、(b)は(a)の表示パネル22のフレネルレンズ面の正面図である。

【図7】第1実施例の表示装置において瞳を拡大する散乱手段としてHOEを採用した表 50

示パネル 2 2 の一構成例を示す図である。

【図 8】第 1 実施例の表示装置において散乱手段として入射時及び出射時の光束に拡散作用を与えるタイプの拡散板をフレネルレンズと組み合せた表示パネル 2 2 の一構成例を示す図であり、(a)は概略構成図、(b)は(a)における入射時及び出射時の光束の拡散状態を展開して示す説明図である。

【図 9】第 1 実施例の表示装置における表示パネルの表示面上での面画像表子の画素ピッチと人間の目の分解能との関係、表示パネルの表示面上での面画像表子の画素ピッチと表示パネルの表示面上での錯乱径との関係を示す説明図である。

【図 10】表示パネルの表示面に投影される画像表子素子の画像と表示パネルの表示面との大きさの関係を示す図であり、(a)は表示パネルのフレネルレンズ面を示す図、(b)は画像表示素子の画像が表示パネルの表示面に投影されている状態を示す図である。 10

【図 11】本発明の第 2 実施例にかかる(立体)表示装置の概略構成を示す側面図である。

【図 12】第 2 実施例の表示パネル 2 2 についてのより詳細な構成を示す図であり、(a)は表示パネル 2 2 の断面図、(b)は(a)の表示パネル 2 2 のフレネルレンズ面の正面図である。 20

【図 13】立体観察装置の一従来例を示す概略構成図である。

【図 14】図 13 の装置を側方からみた図である。

【図 15】一般的なフレネルレンズ面に形成される溝の状態を示す図であり、(a)は正面図、(b)は断面図である。 20

【図 16】画像表示素子における開口部の説明図である。

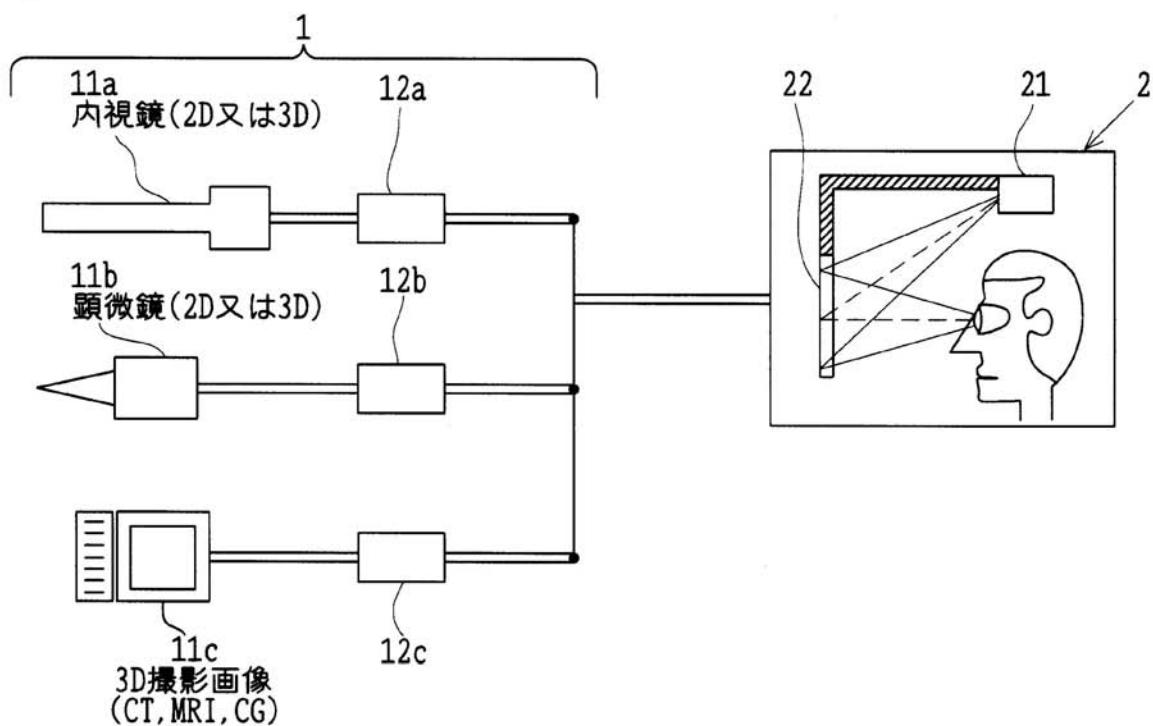
【符号の説明】

【0 2 0 0】

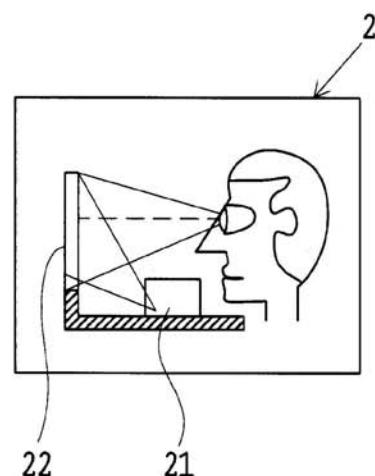
1	画像入力装置		
2	(立体)表示装置		
1 1 a	内視鏡		
1 1 b	顕微鏡		
1 1 c	コンピュータ		
1 2 a、1 2 b、1 2 c	画像制御装置		
2 1、2 1 R、2 1 L	投影装置	30	
2 1 a、2 1 Ra、2 1 La	画像表示素子		
2 1 b、2 1 Rb、2 1 Lb	投影光学系		
2 1 c、2 1 Rc、2 1 Lc	開口		
2 2	表示パネル		
2 2 a	フレネル凹面鏡		
2 2 b	散乱手段		
2 2 c	アルミ板		
2 3	支持アーム		
2 4 R、2 4 L	観察者の左右の眼		
5 1 L	左眼用表示装置	40	
5 1 R	右眼用表示装置		
5 2 L	左眼用凹面鏡		
5 2 R	右眼用凹面鏡		
5 3	凹面鏡		
5 4 L	観察者の左眼(瞳)		
5 4 R	観察者の右眼(瞳)		

【図1】

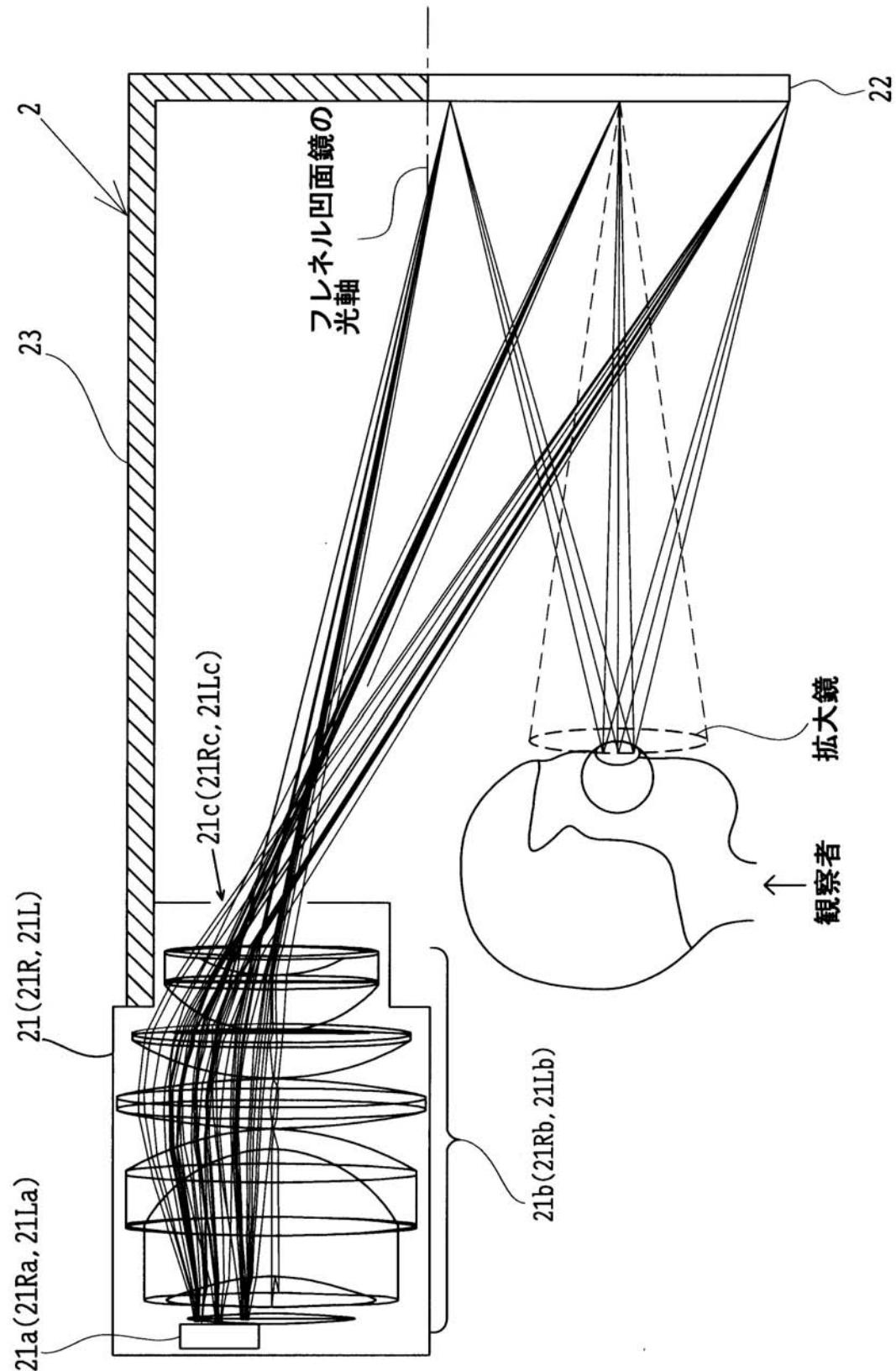
(a)



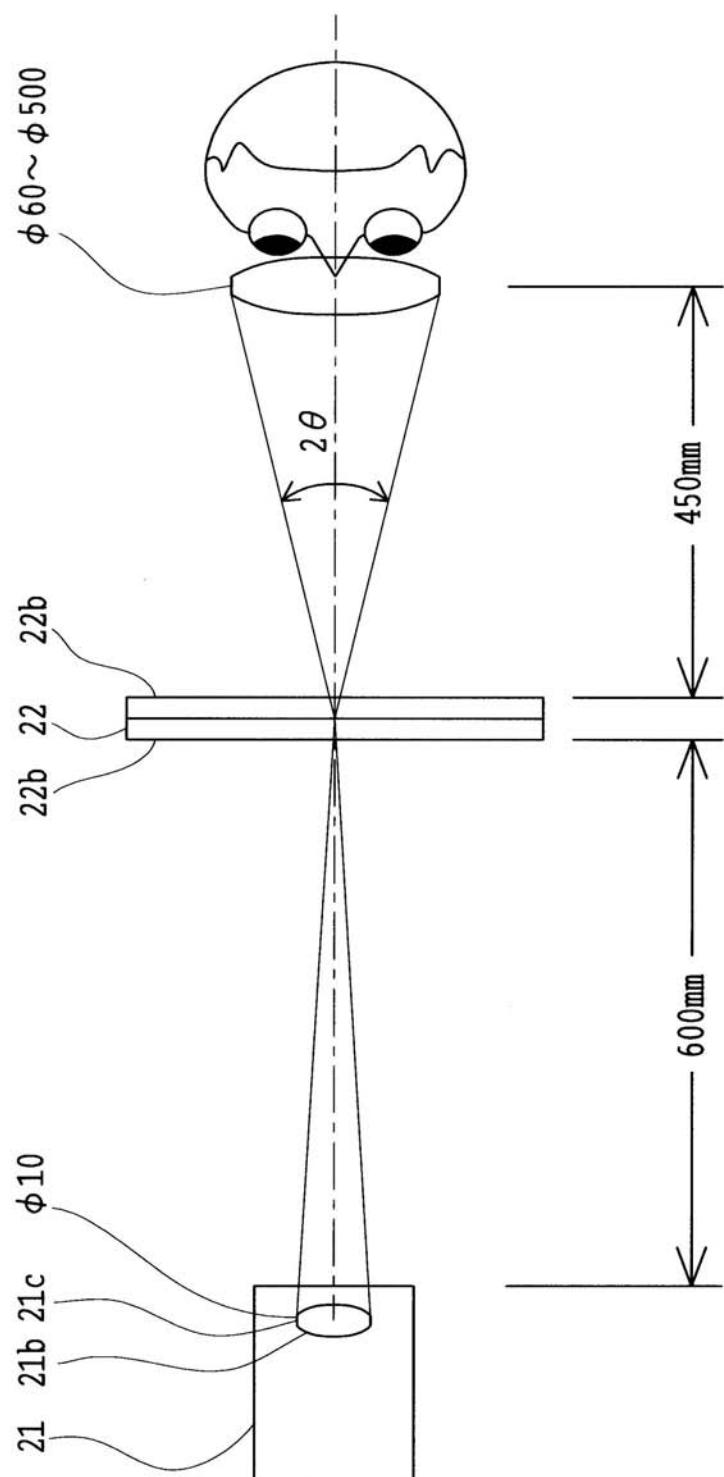
(b)



【図2】

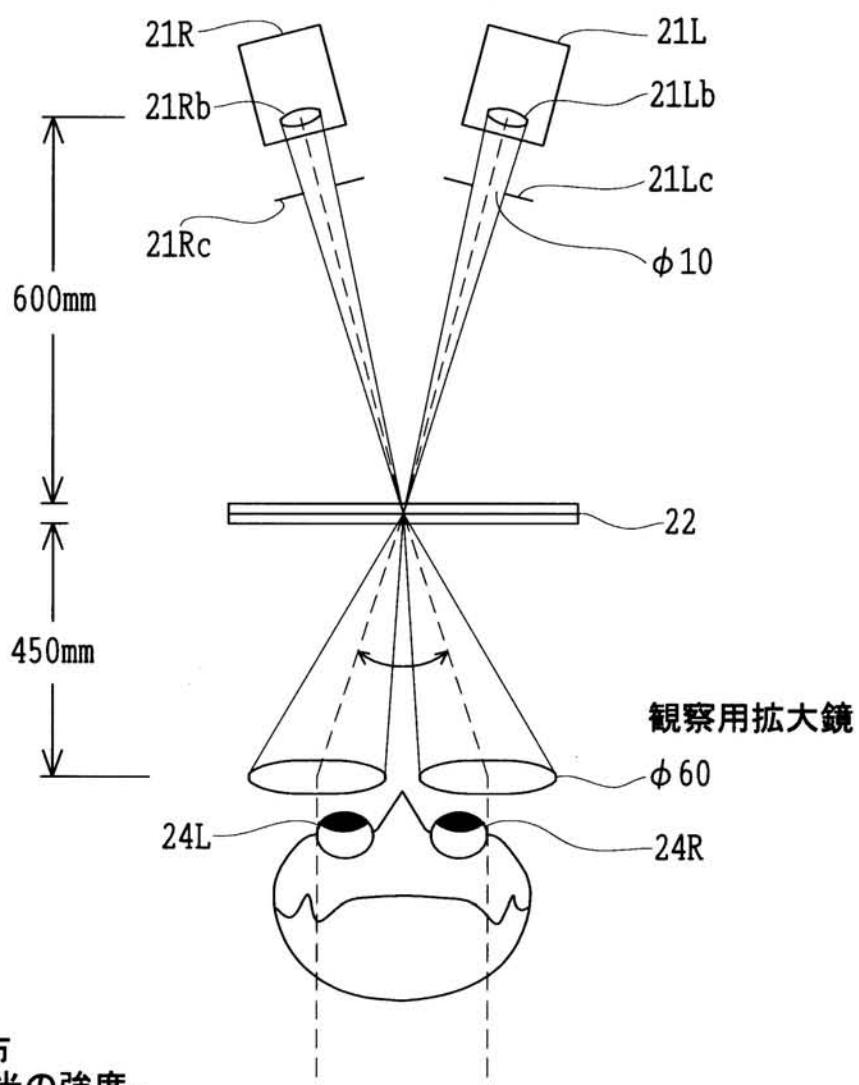


【図3】



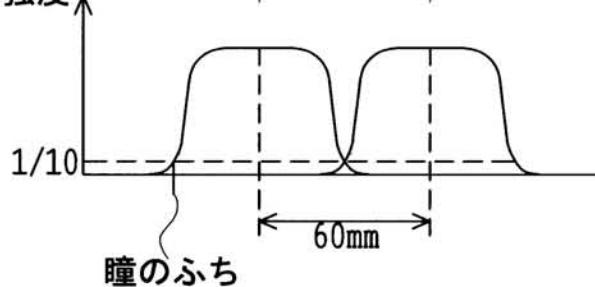
【図4】

(a)



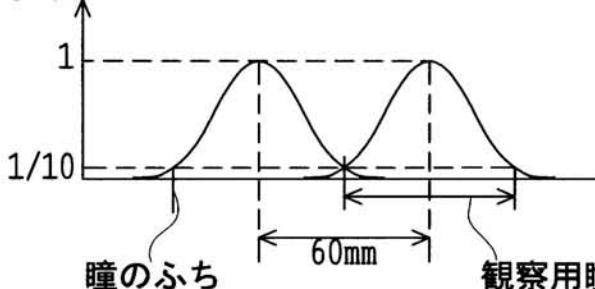
(b) 瞳の強度分布

光の強度

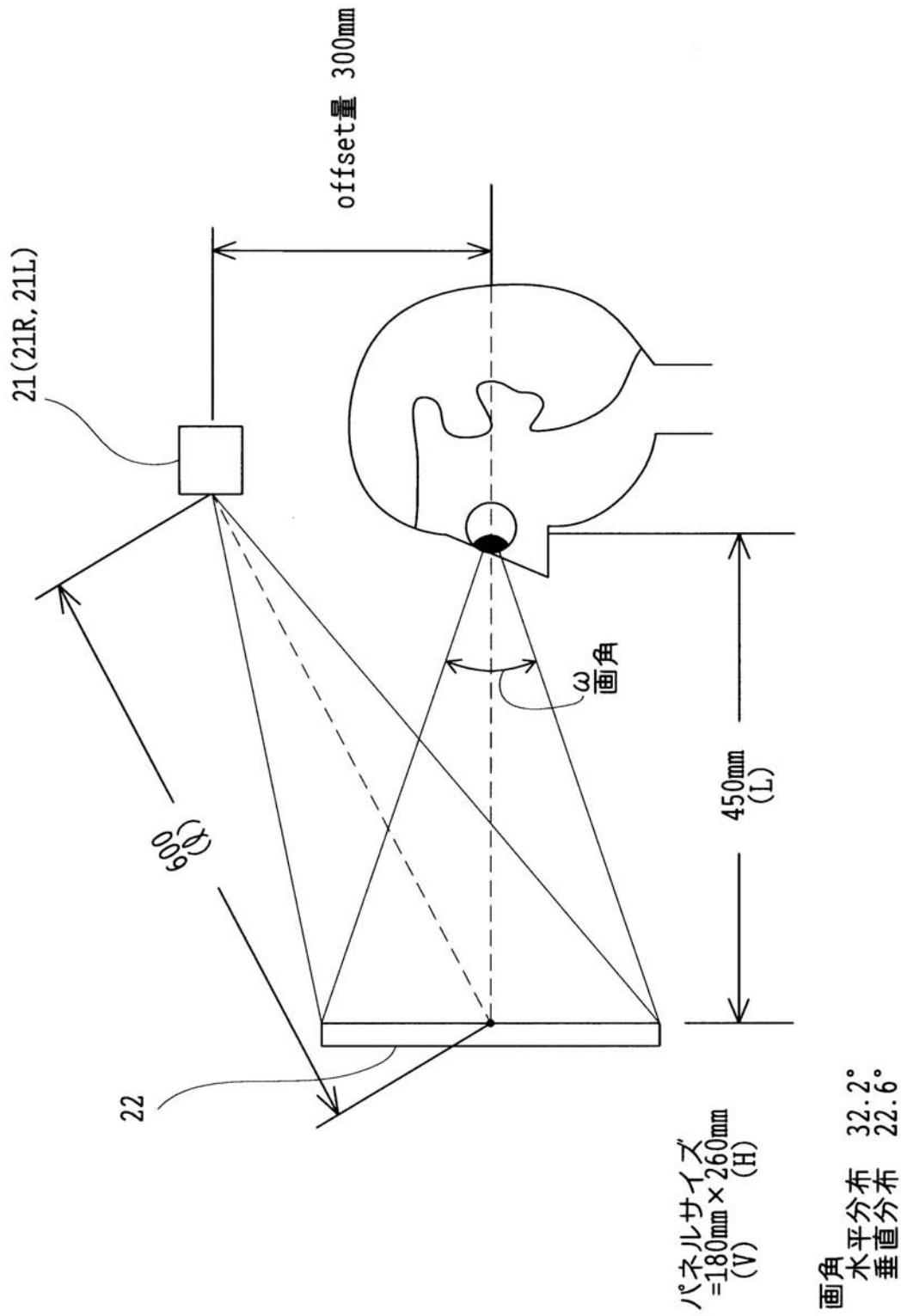


(c)

光の強度

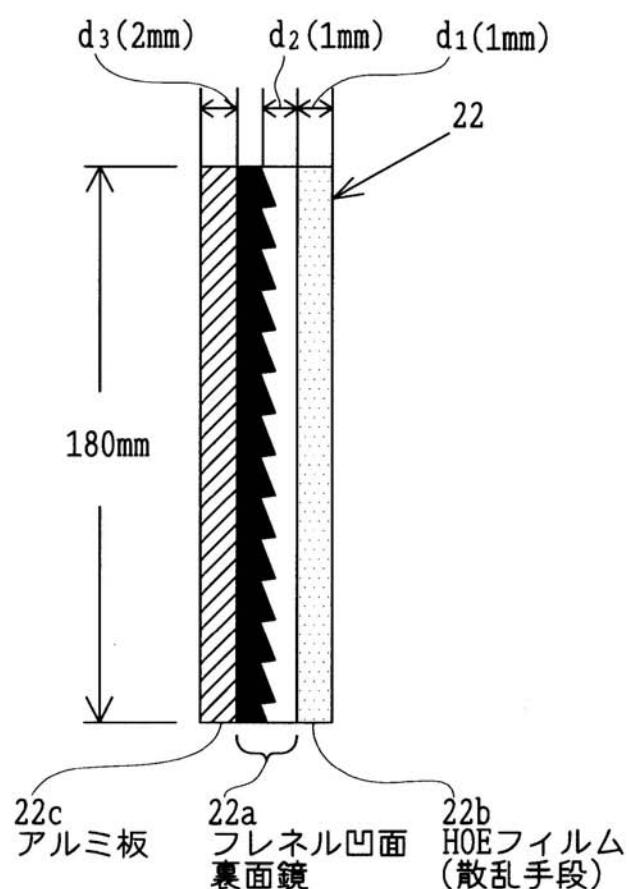


【図5】

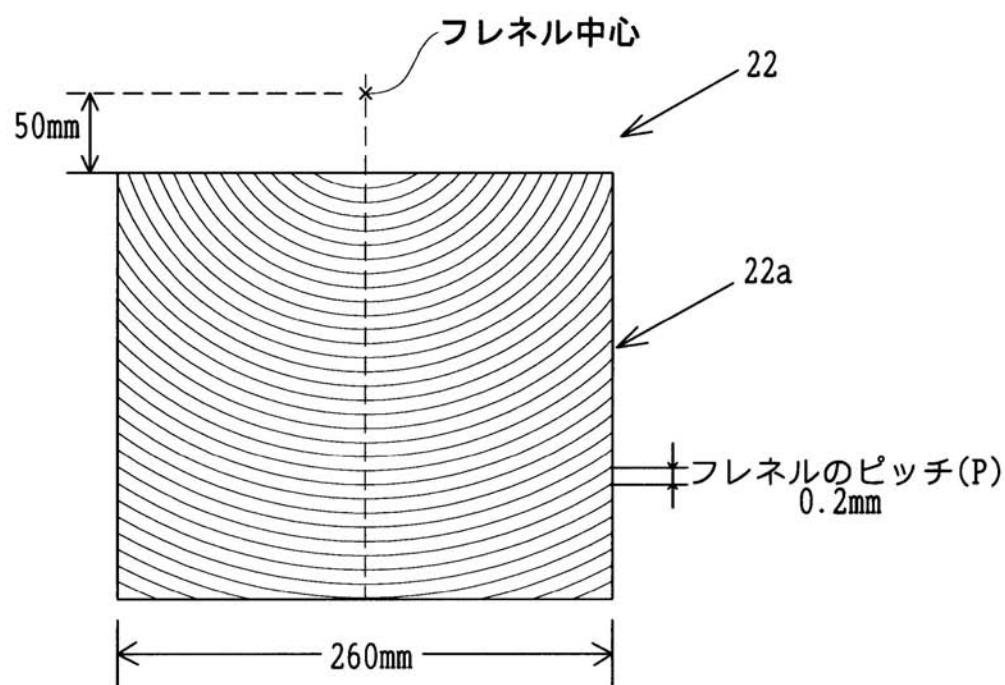


【図6】

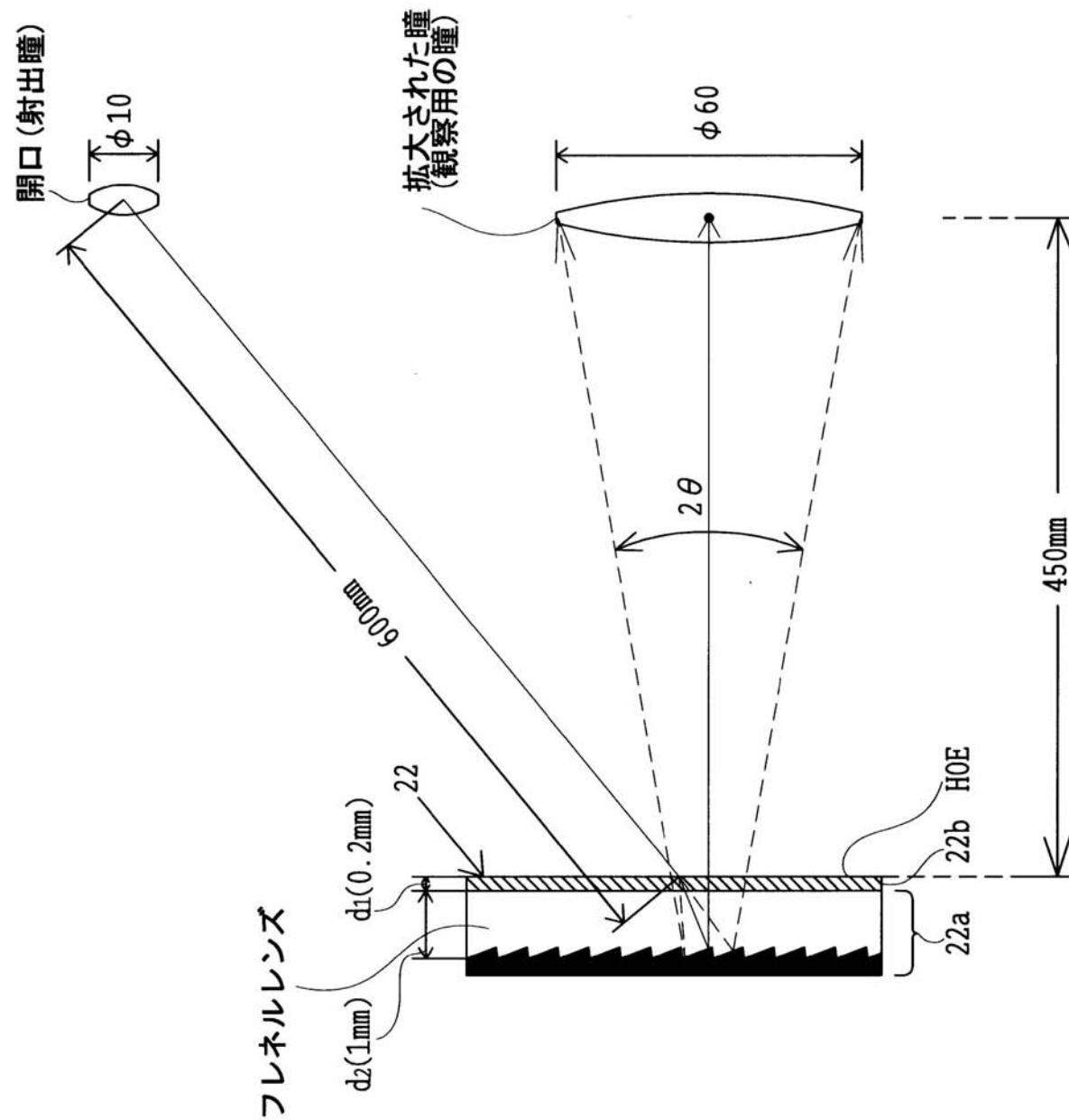
(a)



(b)

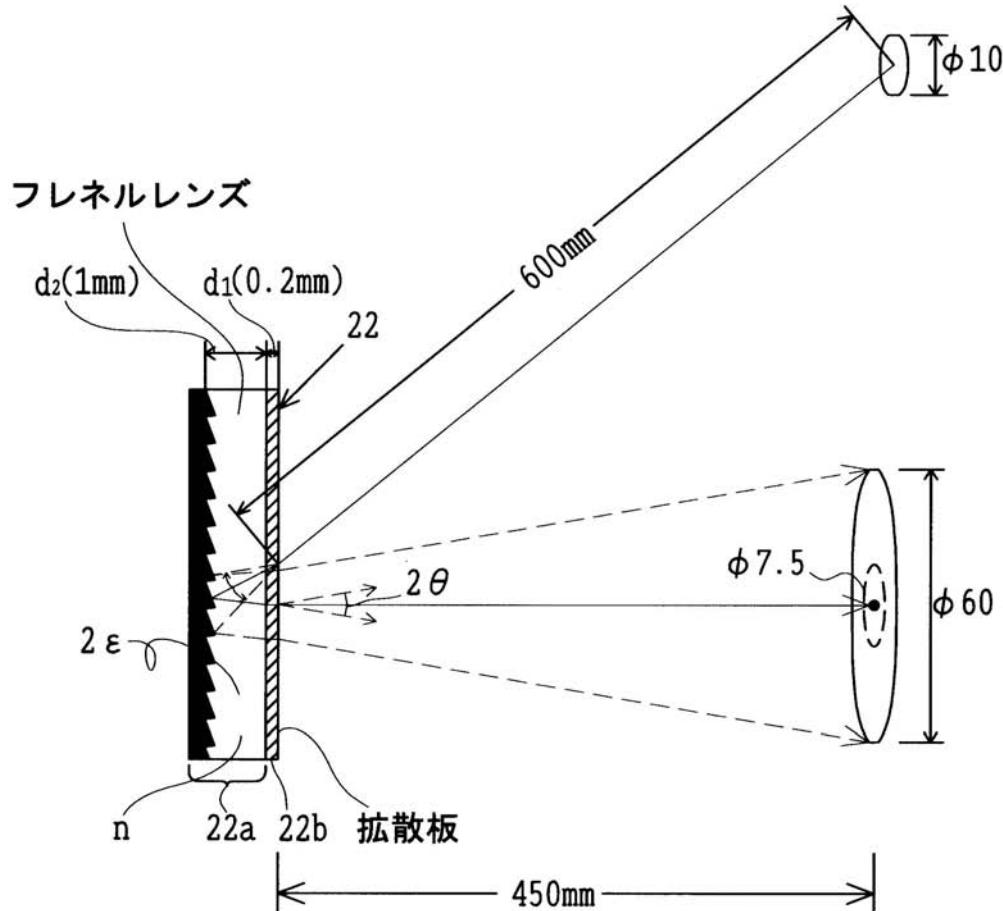


【図7】

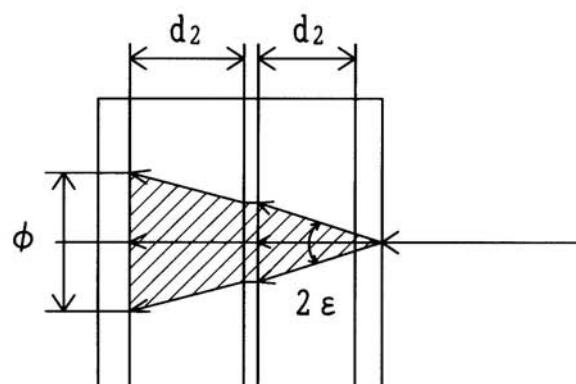


【図8】

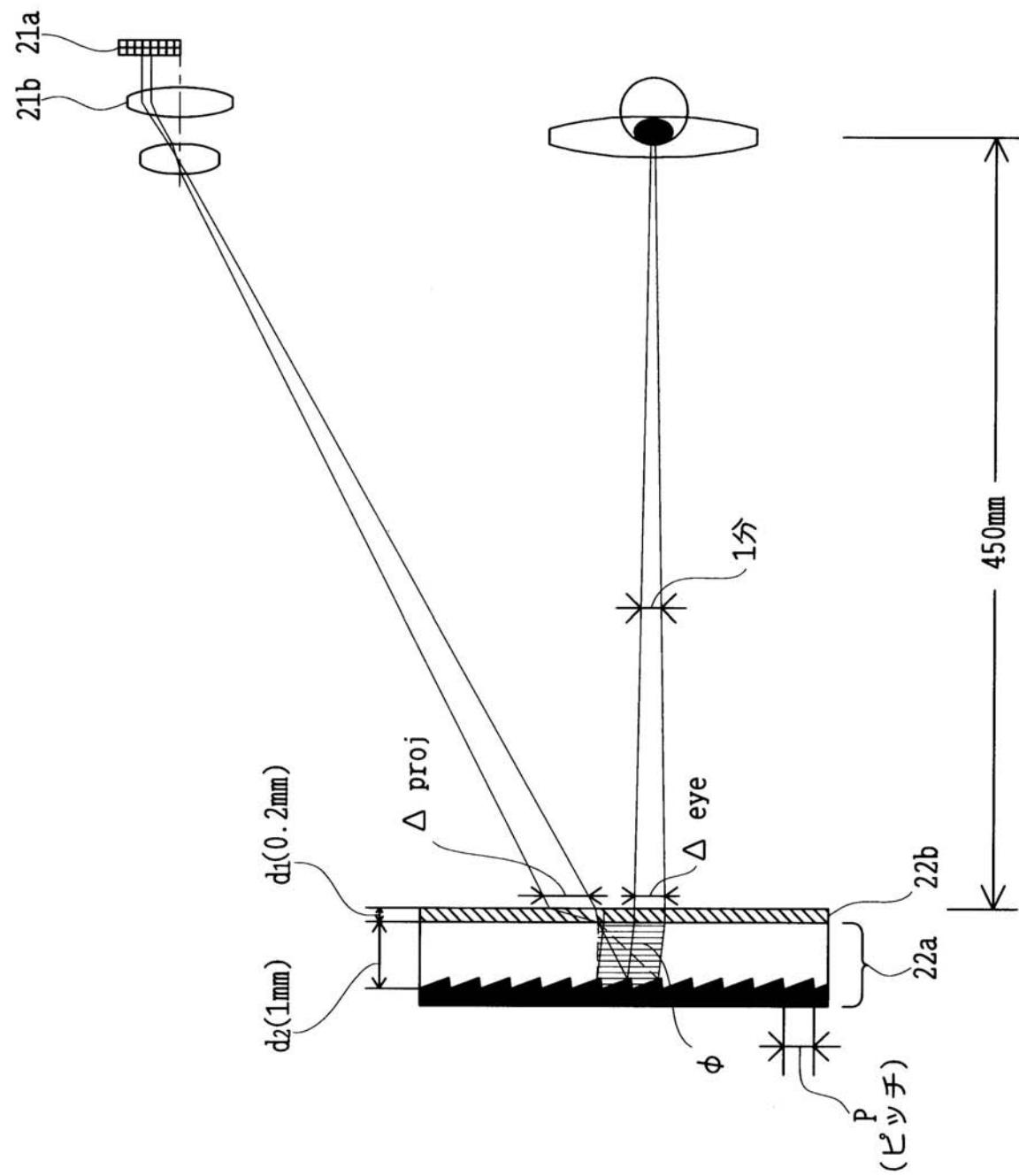
(a)



(b)

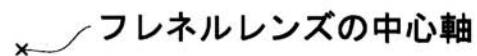


【図9】

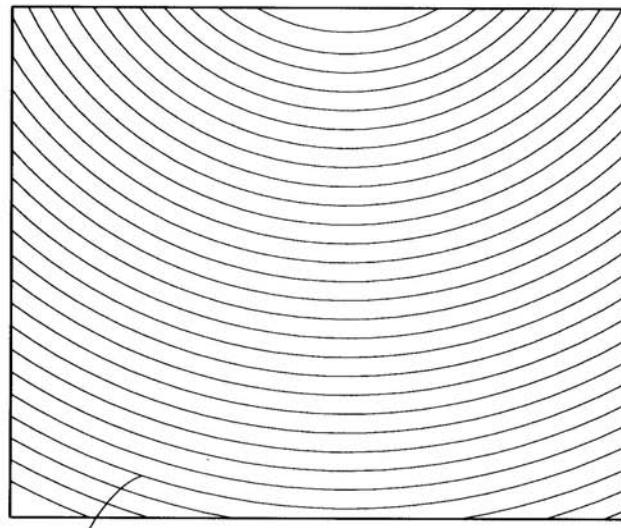


【図10】

(a)

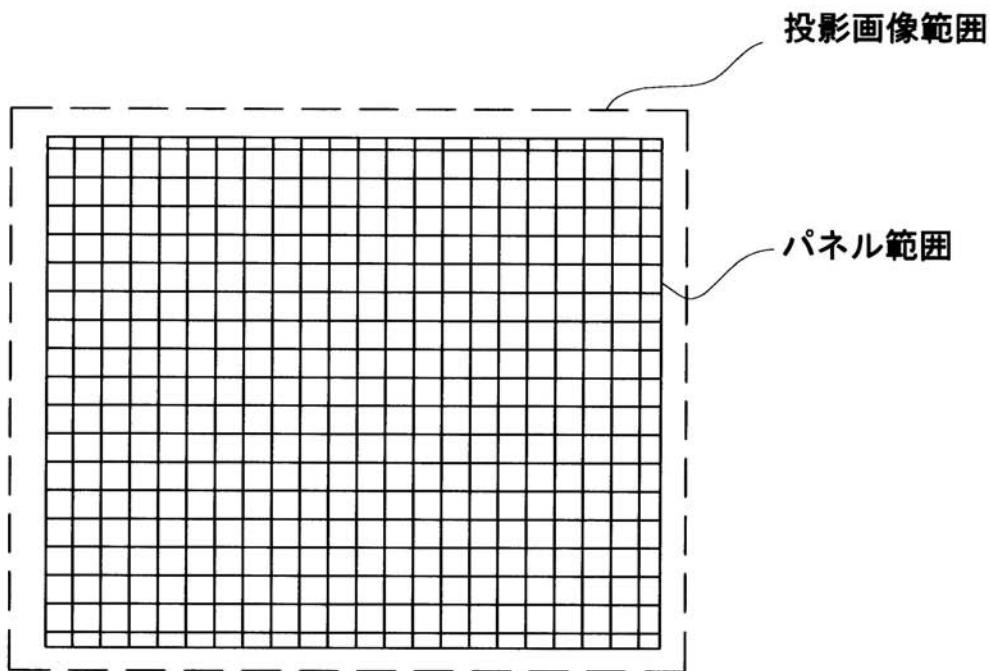


フレネルレンズの中心軸

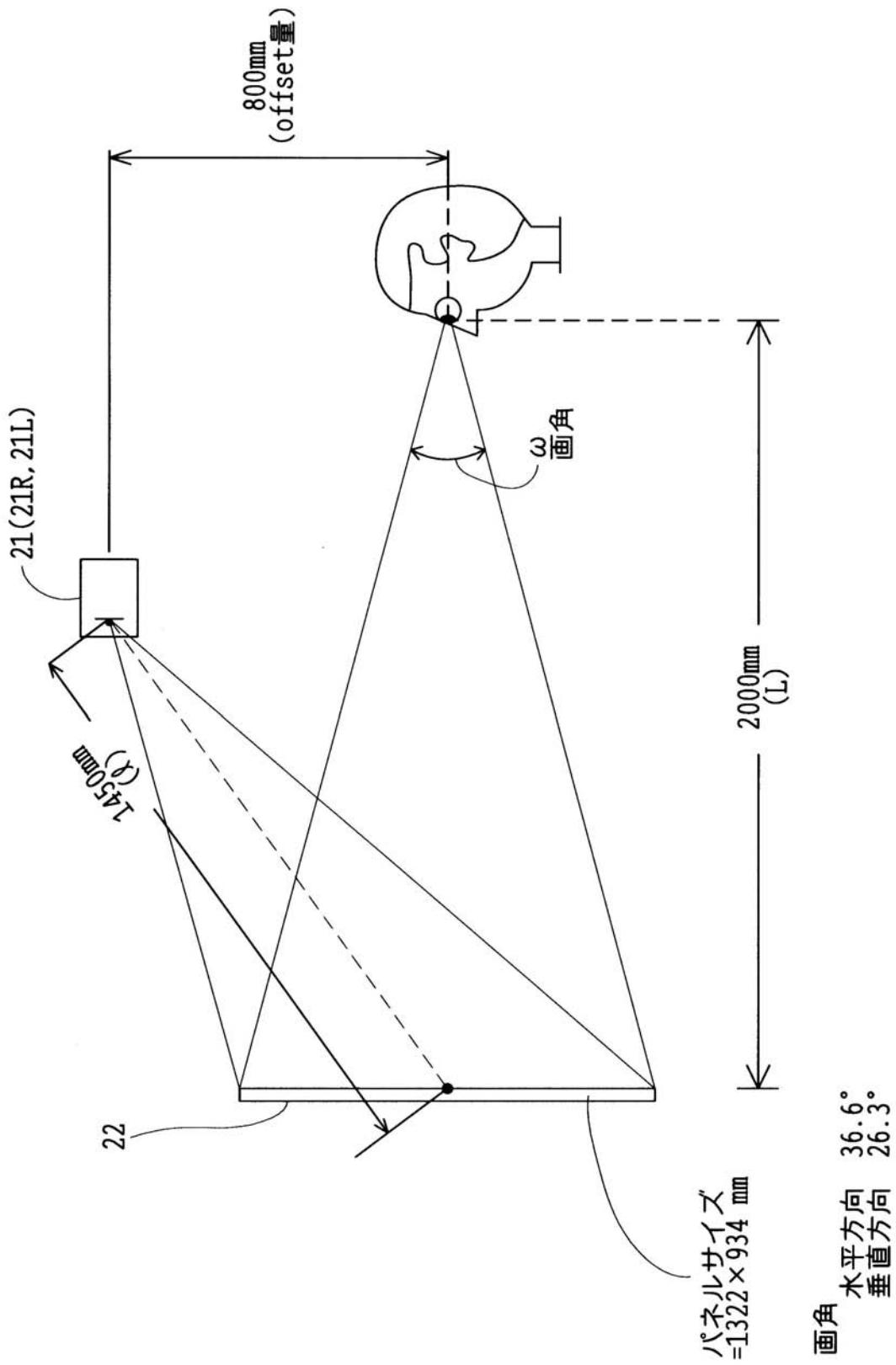


フレネルレンズの切断軌跡

(b)

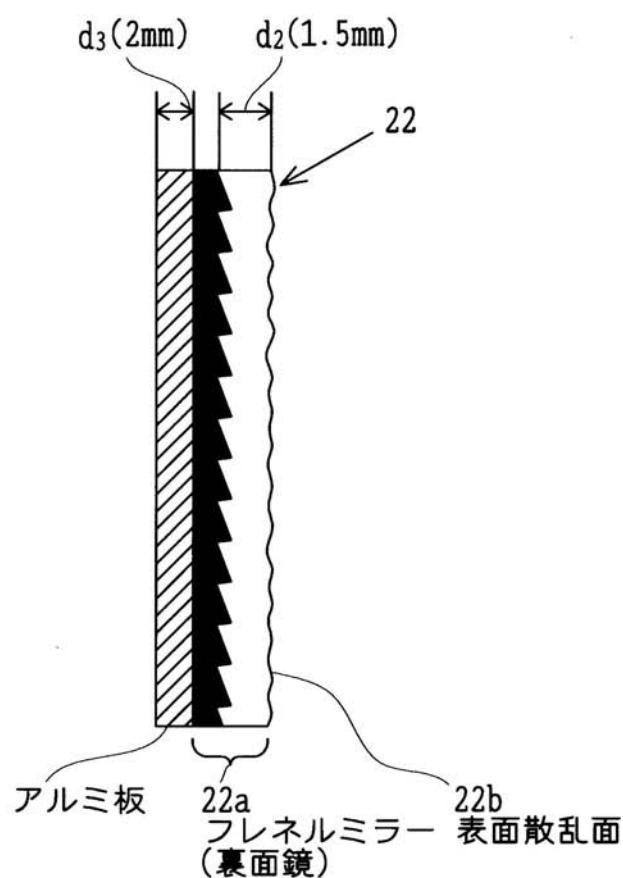


【図11】

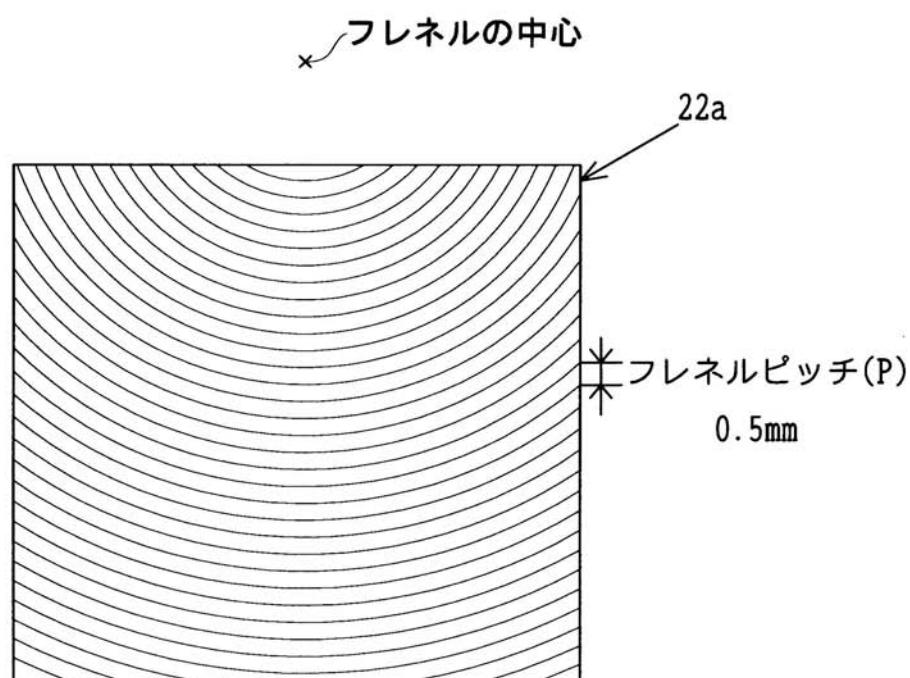


【図12】

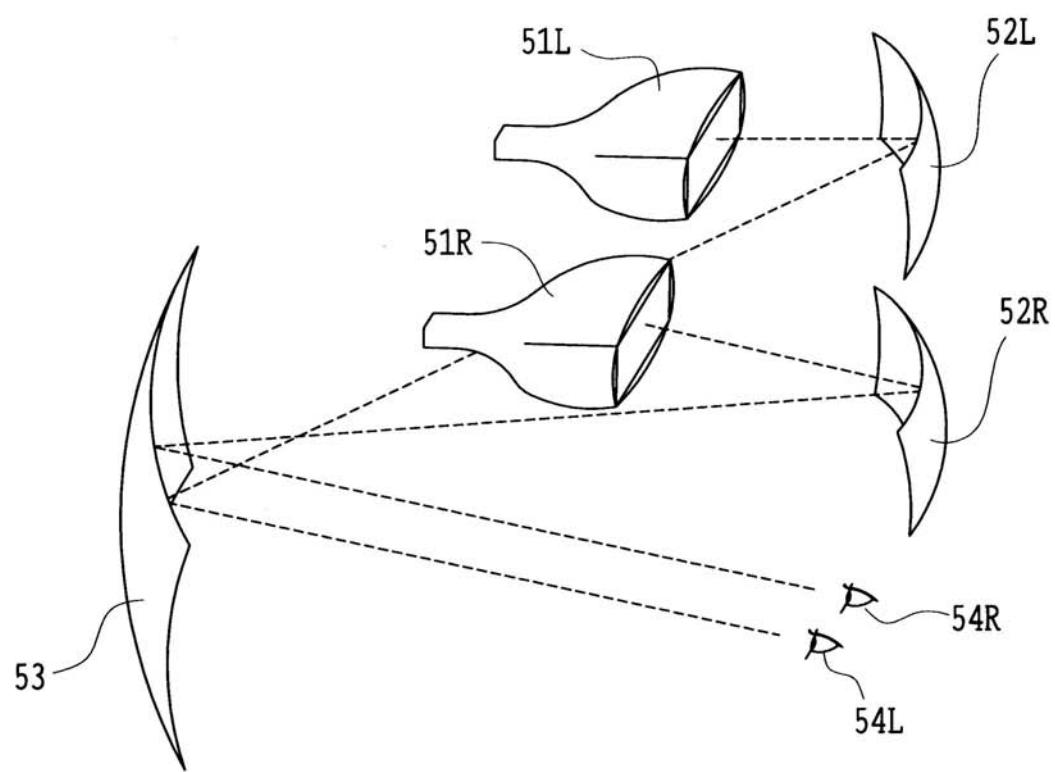
(a)



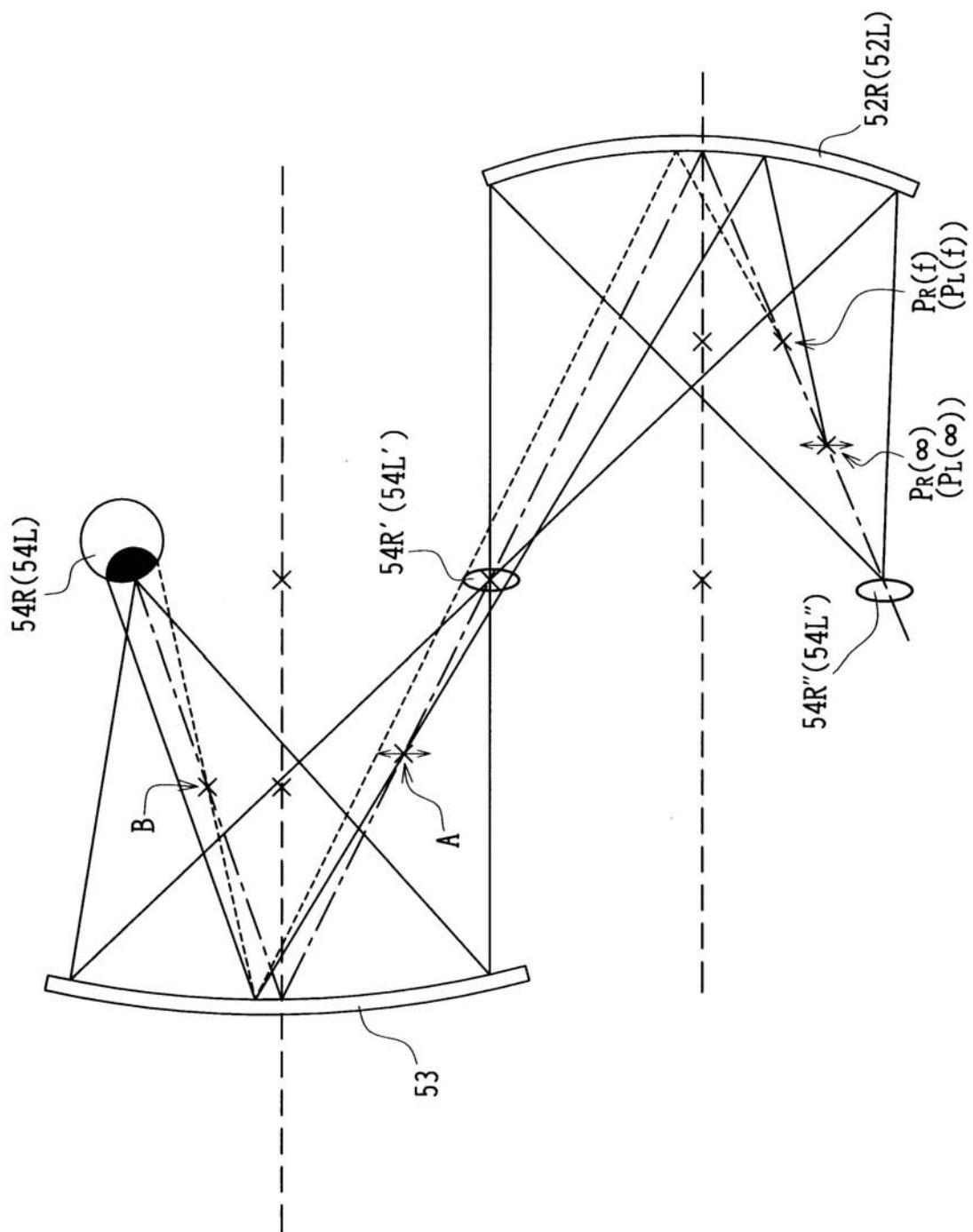
(b)



【図13】

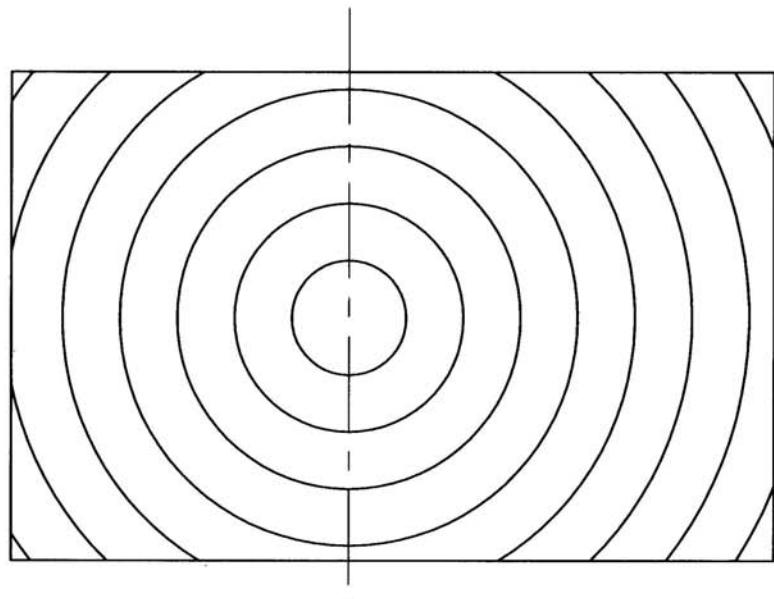


【図14】

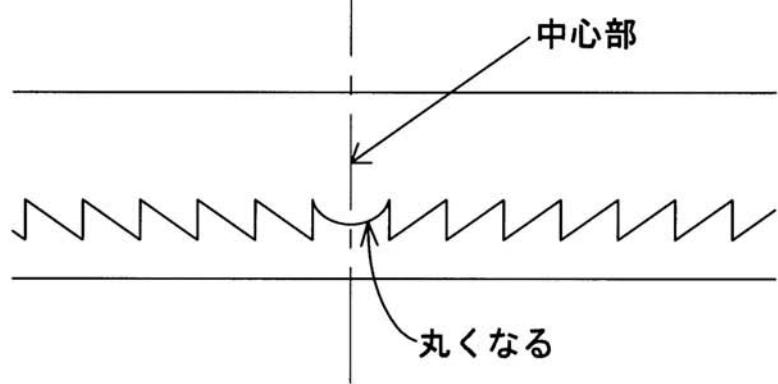


【図15】

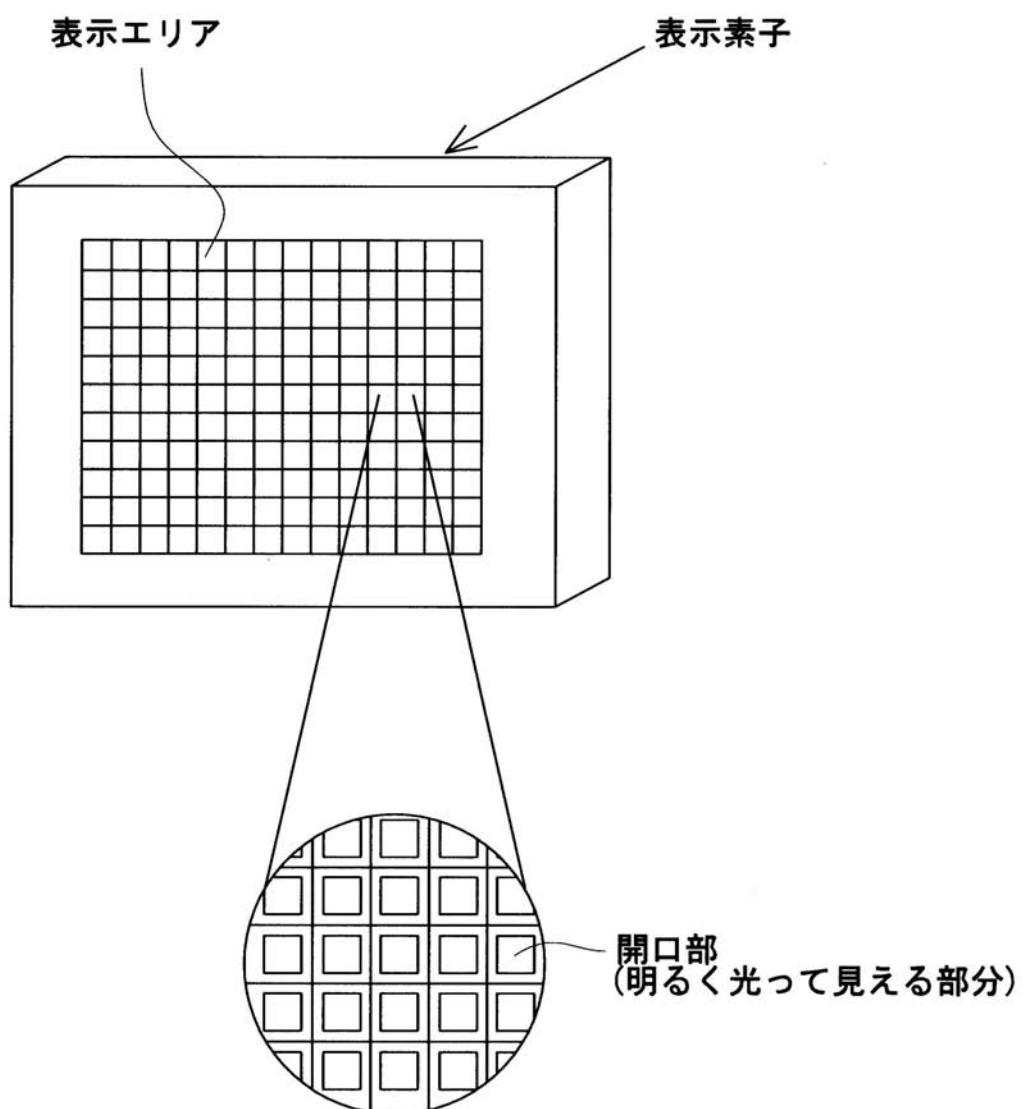
(a)



(b)



【図16】



$$\text{開口率} = \frac{\text{開口部の面積}}{\text{表示エリアの面積}}$$