

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6442149号  
(P6442149)

(45) 発行日 平成30年12月19日(2018.12.19)

(24) 登録日 平成30年11月30日(2018.11.30)

(51) Int.Cl.	F 1
G02B 27/02	(2006.01)      G02B 27/02
G03B 21/10	(2006.01)      G03B 21/10
G03B 21/00	(2006.01)      G03B 21/00
HO4N 5/64	(2006.01)      HO4N 5/64      501 Z

請求項の数 7 (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2014-66604 (P2014-66604)  
 (22) 出願日 平成26年3月27日 (2014.3.27)  
 (65) 公開番号 特開2015-191032 (P2015-191032A)  
 (43) 公開日 平成27年11月2日 (2015.11.2)  
 審査請求日 平成29年3月13日 (2017.3.13)

(73) 特許権者 000000376  
 オリンパス株式会社  
 東京都八王子市石川町2951番地  
 (74) 代理人 100147485  
 弁理士 杉村 憲司  
 (74) 代理人 100147692  
 弁理士 下地 健一  
 (72) 発明者 渡邊 大智  
 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オ  
 リンパス株式会社内  
 審査官 山本 貴一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 画像表示装置

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

任意の画像に対応する画像光を無限遠に投影する投影光学系と、  
 第1の伝播光学系と、を備え、  
 前記第1の伝播光学系が、

前記投影光学系から射出された画像光を回折させる第1の入力偏向部と、  
 互いに平行且つ対向する第1の平面および第2の平面を有する板状に形成され、前記  
 第1の平面および前記第2の平面の間で、前記第1の入力偏向部で偏向された前記画像光  
 を、反射を繰返しながら第1の方向に伝播させる第1の導光部と、

前記第1の導光部を伝播する画像光の一部を前記第1の平面に実質的に垂直な方向に  
 、反射または屈折により偏向させる第1の出力偏向部と、を備え、

前記第1の入力偏向部と前記第1の出力偏向部とは、前記画像光が前記第1の伝播光学  
 系へ入射する入射角に対して、該画像光が前記第1の出力偏向部により偏向され前記第1  
 の伝播光学系から射出する射出角を拡大し、前記入射角と前記射出角との関係は非線形性  
 を有する

画像表示装置。

## 【請求項 2】

前記投影光学系は、前記画像光が前記第1の伝播光学系へ入射する入射角と、該画像光  
 が前記第1の出力偏向部により偏向され前記第1の伝播光学系から射出する射出角との非  
 線形性に基づいて、補正された画像光を投影することを特長とする

10

20

請求項 1 に記載の画像表示装置。

**【請求項 3】**

第 2 の伝播光学系を更に備え、

前記第 2 の伝播光学系は、

前記第 1 の出力偏向部により偏向され、前記第 1 の伝播光学系から射出された前記画像光を回折させる第 2 の入力偏向部と、

互いに平行且つ対向する第 3 の平面および第 4 の平面を有する板状に形成され、前記第 3 の平面および前記第 4 の平面の間で、前記第 2 の入力偏向部で偏向された前記画像光を、反射を繰返しながら前記第 1 の方向に実質的に直交する第 2 の方向に伝播させる第 2 の導光部と、

10

前記第 2 の導光部を伝播する前記画像光の一部を前記第 3 の平面に実質的に垂直な方向に、反射または屈折により偏向させる第 2 の出力偏向部と、を備えている

請求項 1 に記載の画像表示装置。

**【請求項 4】**

前記投影光学系は、前記画像光が前記第 1 の伝播光学系へ入射する入射角と、該画像光が前記第 2 の出力偏向部により偏向され前記第 2 の伝播光学系から射出する射出角との非線形性に基づいて、補正された画像光を投影することを特長とする

請求項 3 に記載の画像表示装置。

**【請求項 5】**

前記第 1 の入力偏向部は、前記第 1 の方向に周期的に配列された回折格子パターンを有することを特徴とする

20

請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の画像表示装置。

**【請求項 6】**

任意の画像に対応する画像光を無限遠に投影する投影光学系と、

第 1 の伝播光学系と、を備え、

前記第 1 の伝播光学系が、

前記投影光学系から射出された画像光を、回折させる第 1 の入力偏向部と、

互いに平行且つ対向する第 1 の平面および第 2 の平面を有する板状に形成され、前記第 1 の平面および前記第 2 の平面の間で、前記第 1 の入力偏向部で偏向された前記画像光を、反射を繰返しながら第 1 の方向に伝播させる第 1 の導光部と、

30

前記第 1 の導光部を伝播する画像光の一部を前記第 1 の平面に実質的に垂直な方向に、回折させること無く反射または屈折により偏向させる第 1 の出力偏向部と備え、

前記第 1 の入力偏向部と前記第 1 の出力偏向部とは、前記投影光学系から射出され前記第 1 の伝播光学系に入射する画像光の入射角に対して、前記第 1 の出力偏向部により偏向され、前記第 1 の伝播光学系から射出される画像光の射出角を広げるように構成される画像表示装置。

**【請求項 7】**

任意の画像に対応する画像光を無限遠に投影する投影光学系と、

第 1 の伝播光学系と、

第 2 の伝播光学系と、

を備え、

前記第 1 の伝播光学系が、

前記投影光学系から射出された画像光を、回折させる第 1 の入力偏向部と、

互いに平行且つ対向する第 1 の平面および第 2 の平面を有する板状に形成され、前記第 1 の平面および前記第 2 の平面の間で、前記第 1 の入力偏向部で偏向された前記画像光を、反射を繰返しながら第 1 の方向に伝播させる第 1 の導光部と、

40

前記第 1 の導光部を伝播する画像光の一部を前記第 1 の平面に実質的に垂直な方向に、回折させること無く反射または屈折により偏向させる第 1 の出力偏向部と備え、

50

前記第2の伝播光学系は、

前記第1の出力偏向部により偏向され、前記第1の伝播光学系から射出された前記画像光を回折させる第2の入力偏向部と、

互いに平行且つ対向する第3の平面および第4の平面を有する板状に形成され、前記第3の平面および前記第4の平面の間で、前記第2の入力偏向部で偏向された前記画像光を、反射を繰返しながら前記第1の方向に実質的に直交する第2の方向に伝播させる第2の導光部と、

前記第2の導光部を伝播する前記画像光の一部を前記第3の平面に実質的に垂直な方向に、回折させること無く反射または屈折により偏向させる第2の出力偏向部と、

を備える画像表示装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、射出瞳を拡大して画像を投影する表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

2次元画像を観察者の視野内に投影する装置として、無限遠に表示画像の虚像を投影する投影光学系から射出される画像光を、導光板に入射させ当該導光板内で反射を繰り返させながら画像光を伝播させつつ、導光板の一方の面から一部の画像光を観察者側に向けて偏向させ出射することにより射出瞳を拡大する、種々の画像表示装置が知られている。  
(例えば、特許文献1参照)。特許文献1によれば、導光板に入射する光束幅を、導光層の厚みおよび伝播角度で規定することにより、瞳位置が移動した場合でも輝度ムラが生じにくい構成としている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2010-044326公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

30

しかしながら、従来の画像表示装置では、画像表示装置が再生する画像の画角は、投影光学系の投影する画角に等しくなる。このため、表示画角を大きくするためには、投影光学系を大きくしなければならず、その結果、画像表示装置全体も大きくなるという問題点があった。

【0005】

したがって、これらの点に着目してなされた本発明の目的は、表示画像の画角の大きさを確保しつつ投影光学系を小さくすることにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記目的を達成する画像表示装置の発明は、

40

任意の画像に対応する画像光を無限遠に投影する投影光学系と、

第1の伝播光学系と、を備え、

前記第1の伝播光学系が、

前記投影光学系から射出された画像光を回折させる第1の入力偏向部と、

互いに平行且つ対向する第1の平面および第2の平面を有する板状に形成され、前記第1の平面および前記第2の平面の間で、前記第1の入力偏向部で偏向された前記画像光を、反射を繰返しながら第1の方向に伝播させる第1の導光部と、

前記第1の導光部を伝播する画像光の一部を前記第1の平面に実質的に垂直な方向に、反射または屈折により偏向させる第1の出力偏向部と、を備え、

前記第1の入力偏向部と前記第1の出力偏向部とは、前記画像光が前記第1の伝播光学

50

系へ入射する入射角に対して、該画像光が前記第1の出力偏向部により偏向され前記第1の伝播光学系から射出する射出角を拡大し、前記入射角と前記射出角との関係は非線形性を有することを特徴とするものである。

【0007】

前記投影光学系は、前記画像光が前記第1の伝播光学系へ入射する入射角と、該画像光が前記第1の出力偏向部により偏向され前記第1の伝播光学系から射出する射出角との非線形性に基づいて、補正された画像光を投影することが好ましい。

【0008】

さらに、好ましくは、画像表示装置は、第2の伝播光学系を更に備え、

前記第2の伝播光学系は、

前記第1の出力偏向部により偏向され、前記第1の伝播光学系から射出された前記画像光を回折させる第2の入力偏向部と、

互いに平行且つ対向する第3の平面および第4の平面を有する板状に形成され、前記第3の平面および前記第4の平面の間で、前記第2の入力偏向部で偏向された前記画像光を、反射を繰り返しながら前記第1の方向に実質的に直交する第2の方向に伝播させる第2の導光部と、

前記第2の導光部を伝播する前記画像光の一部を前記第3の平面に実質的に垂直な方向に、反射または屈折により偏向させる第2の出力偏向部と、を備えている。

【0009】

前記投影光学系は、前記画像光が前記第1の伝播光学系へ入射する入射角と、該画像光が前記第2の出力偏向部により偏向され前記第2の伝播光学系から射出する射出角との非線形性に基づいて、補正された画像光を投影することが好ましい。

【0010】

また、前記第1の入力偏向部は、前記第1の方向に周期的に配列された回折格子パターンを有する。

【発明の効果】

【0011】

本発明によれば、投影光学系から射出された画像光を、回折させる第1の入力偏向部と、第1の導光部を伝播する画像光の一部を第1の平面に実質的に垂直な方向に、反射または屈折により偏向させる第1の出力偏向部とを備えるので、表示画像の画角の大きさを確保しつつ投影光学系を小さくすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】第1実施の形態に係る画像表示装置の斜視図である。

【図2】図1の投影光学系の構成を概略的に示す図である。

【図3】図1の瞳拡大光学系の各構成要素を離間して表示した斜視図である。

【図4】第1の伝播光学系の入射側部分を画像光の経路とともに示す上面図である。

【図5】図5(a)は、本願の投影光学系の概略構成を、入射角度および射出角度とともに示す図である。図5(b)は、従来例の投影光学系を、入射角度および射出角度とともに示す図である。

【図6】図6(a)は、図1の瞳拡大光学系の画像光の伝播を説明する図であり、図6(b)は、従来例の瞳拡大光学系の画像光の伝播を説明する図である。

【図7】投影光学系の変形例の概略構成を画像光の偏向角度および射出角度とともに示す図である。

【図8】第2実施の形態に係る画像投影装置の概略構成を示す図であり、図8(a)は正面図、図8(b)は上面図である。

【図9】図8(a)の伝播光学系の入射部分を画像光の経路とともに示す上面図である。

【図10】伝播光学系の変形例を示す図である。

【図11】伝播光学系の他の変形例を示す図である。

10

20

30

40

50

【図12】伝播光学系の更なる変形例を示す図である。

【図13】第3実施の形態に係る瞳拡大光学系の断面を画像光の光路と共に示す図である。

**【発明を実施するための形態】**

**【0013】**

以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

**【0014】**

**(第1実施の形態)**

図1は、第1実施の形態に係る画像表示装置の斜視図である。

**【0015】**

図1に示すように、画像表示装置10は、投影光学系11および瞳拡大光学系12を含んで構成される。本実施形態において、投影光学系11の光軸に沿った方向をz方向、z方向に垂直且つ互いに垂直な2方向をx方向(第1の方向)およびy方向(第2の方向)とする。図1においては、上方向をx方向とする。また、図1において、瞳拡大光学系12近傍においては、右斜め下方をy方向、左斜め下方をz方向とする。

**【0016】**

投影光学系11は、任意の画像に対応する画像光を無限遠に投影する。瞳拡大光学系12は、投影光学系11が投影する画像光を受光し、射出瞳を拡大して射出する。拡大された射出瞳の投影領域PA内の何れかの位置に目を合わせることにより、観察者は画像を観察可能である。

**【0017】**

次に、投影光学系11の構成について説明する。図2に示すように、投影光学系11は、LCD13、少数のレンズより構成されるコリメータ14を含んで構成される。また、LCD13は、画像制御部16に接続される。LCD13は画像制御部16からの信号に基づいて、表示画像を表示する。なお、LCD13に代えて、有機EL素子など他の表示素子を用いても良い。コリメータ14は、LCD13の各画素から射出される拡散光を、平行光にする。コリメータ14がつくる射出瞳15は、瞳拡大光学系12の入射面に一致するように配置される。また、図1の画像制御部16は、後述するように、瞳拡大光学系12の第1の伝播光学系22及び第2の伝播光学系24が生じさせる画像の歪みを補正するように予め処理した画像信号をLCD13に出力する。

**【0018】**

次に、瞳拡大光学系12の構成について、図3を用いて説明する。瞳拡大光学系12は、偏光子21、第1の伝播光学系22、1/2波長板23、および第2の伝播光学系24を含んで構成される。図3においては、説明のために、偏光子21、第1の伝播光学系22、1/2波長板23、および第2の伝播光学系24を大きく離間させた状態で表示されるが、実際には、図1に示すように、近接して配置される。

**【0019】**

偏光子21は、投影光学系11の射出瞳15および投影光学系11の間に配置され、投影光学系11から出射される画像光を受光して、S偏光を出射する。第1の伝播光学系22は、後述する第1の導光部25の第1の平面S1(図4参照)の入射領域と投影光学系11の射出瞳15が合わさるように配置され、偏光子21によりS偏光として投影される射出瞳をx方向に拡大して出射する(符号"E x"参照)。1/2波長板23は、x方向に拡大された画像光の偏光面を90°回転させる。偏光面を90°回転することにより、第2の伝播光学系24にS偏光で画像光を入射させることが可能である。第2の伝播光学系24は、1/2波長板23により偏光面が回転した画像光をy方向に拡大して出射する(符号"E y"参照)。

**【0020】**

次に、第1の伝播光学系22による射出瞳の拡大機能について、第1の伝播光学系22の構成とともに説明する。図4に示すように、第1の伝播光学系22は、第1の導光部25、第1の回折素子26(第1の入力偏向部)、第1の三角プリズムアレイ27(第1の

10

20

30

40

50

出力偏向部)、第1の偏光ビームスプリット膜28を含んで構成される。なお、第1の偏光ビームスプリット膜28は、後述するように、第1の導光部25に蒸着されており、互いに分離できない。

#### 【0021】

第1の導光部25は、互いに平行且つ対向する第1の平面S1および第2の平面S2を有し、透過性を有する平板である。第1の回折素子26は、第1の導光部25の第2の平面S2の画像光の入射側端部に透明接着剤により接合されている。また、第1の導光部25の第2の平面S2の第1の回折素子26が接合されていない残りの部分には、第1の三角プリズムアレイ27が、第1の偏光ビームスプリット膜を挟んで透明接着剤により接合される。10 投影光学系11からの画像光は、第1の平面S1の第1の回折素子26に対向する領域に入射するので、この領域を入射領域と呼び、第1の平面S1の第1の三角プリズムアレイ27と対向する領域は、第1の導光部25を伝播する画像光が射出される領域であり、射出領域と呼ぶ。

#### 【0022】

第1の偏光ビームスプリット膜28は、実質的に垂直な方向から入射する光を透過し、斜方から入射する光の大部分を反射するように設計された多層膜である。このような特性を、ローパス型またはバンドパス型の分光反射特性を有する薄膜は有し得る。

#### 【0023】

また、第1の偏光ビームスプリット膜28は、x方向に沿った位置に応じて変動する、20 斜入射光に対する透過率を有する。例えば、第1の偏光ビームスプリット膜28の、入射領域側の一端からの距離に応じて等比級数的に透過率が増加するように、第1の偏光ビームスプリット膜28が形成される。蒸着によってこのような膜を形成するには、例えば蒸着源からの距離が入射領域からの平面状の距離に応じて変化するように配置し、その距離の差(製膜される膜厚の差)によるそれぞれの位置において所望の反射特性をもつようによく設計することにより、成膜可能である。

#### 【0024】

第1の導光部25は、x方向に長く(例えば60mm)y方向に短い(例えば20mm)30 矩形の板状部材であり、数mm(例えば3mm)の厚み、すなわちz方向の長さを有する部材であり、材質としては石英(透明媒質)が用いられる。第1の導光部25に石英を用いることにより、第1の偏光ビームスプリット膜28を蒸着させるときの加熱に対して耐熱性を有し、硬質であるため膜応力に対して反りにくくなる利点を有する。また、第1の導光部25の第1の平面S1には、AR膜(図示せず)が形成される。AR膜は垂直な方向から入射する画像光の反射を抑制する。

#### 【0025】

第1の回折素子26は、第1の導光部25の入射領域から入射した画像光を、x方向に傾けて回折させる反射型の回折素子である。第1の回折素子26は、画像光の波長に対して1次の回折方向に高い回折効率を有するように設計されている。第1の回折素子26の例としては、鋸歯状の断面を有しy方向に延びる溝をx方向に配列したブレーズド回折格子等を用いることができる。第1の回折素子26は、入射領域から入射して第1の回折素子26で回折を受けて偏向された画像光が、第1の導光部25内で第1の平面S1により全反射されるように、格子定数等のパラメータが設計される。すなわち、第1の導光部25内を伝播する画像光の第1の平面S1に対する入射角度は、臨界角より大きい。例えば、第1の導光部25を石英で形成した場合には、臨界角は43.6°である。40

#### 【0026】

第1の三角プリズムアレイ27は、xz断面が三角形のy方向に長い三角プリズムを、50 x方向に配列した形状となっている。各三角プリズムは、第2の平面S2に接する面、第2の平面S2にほぼ垂直な面、および、斜面S0により構成される。三角プリズムは、透明な媒体、例えばアクリルより成り射出成型により形成する。また、各三角プリズムの斜面S0は、アルミが蒸着され、法線を入射領域側に向けて傾いている。斜面S0の傾きは、画像光のうち入射領域に垂直入射して、第1の回折素子26で一次回折を受け、第1の

導光部 25 内を伝播して第 1 の偏向ビームスプリット膜 28 を透過して、第 1 の三角プリズムアレイ 27 に入射する光線が、第 1 の平面 S1 に向けて垂直に反射されるように決定される。

#### 【 0 0 2 7 】

上述のように構成および配置した第 1 の伝播光学系 22 において、図 4 に示すように、第 1 の平面 S1 の入射領域に垂直に入射した第 1 の光線 b1 ( 図 4 において破線で示す ) は、第 2 の平面 S2 に接合された第 1 の回折素子 26 で一次回折を受けて反射し、第 1 の導光部 25 内を xz 平面に平行かつ第 1 の平面 S1 に傾斜して第 1 の平面 S1 に向かう。第 1 の平面 S1 に向かった第 1 の光線 b1 は、第 1 の平面 S1 に対して臨界角を越える角度で入射して全反射される。全反射された第 1 の光線 b1 は、第 2 の平面 S2 へ向かい第 2 の平面 S2 上に形成された第 1 の偏光ビームスプリット膜 28 に斜方から入射し、所定の割合の光量だけ透過し、残りの光量は反射する。第 1 の偏光ビームスプリット膜 28 に反射された第 1 の光線 b1 は、再び第 1 の平面 S1 に臨界角を超える角度で入射し、全反射される。以後、第 1 の光線 b1 は、第 1 の偏光ビームスプリット膜 28 における一部反射と、第 1 の平面 S1 における全反射とを繰返しながら、第 1 の導光部 25 の x 方向に伝播される。ただし、第 1 の偏光ビームスプリット膜 28 に入射するたびに、所定の割合で透過し、第 1 の三角プリズムアレイ 27 に出射する。

#### 【 0 0 2 8 】

第 1 の三角プリズムアレイ 27 に出射された第 1 の光線 b1 は、第 1 の三角プリズムアレイ 27 の斜面 S0 の反射膜により再び第 1 の導光部 25 の第 2 の平面 S2 に垂直な方向に反射される。垂直な方向に反射された第 1 の光線 b1 は、第 1 の導光部 25 を通り第 1 の平面 S1 から外部に出射される。

#### 【 0 0 2 9 】

1 / 2 波長板 23 ( 図 3 参照 ) は、第 1 の平面 S1 の出射領域と実質的に同じサイズの形状に形成される。1 / 2 波長板 23 は、第 1 の平面 S1 の出射領域と対向する位置において、空隙を設けて配置される。したがって、第 1 の導光部 25 内で臨界角以上の入射角で第 1 の平面 S1 に入射する光束は、第 1 の平面 S1 を透過すること無く、全反射が保障される。前述のように、1 / 2 波長板 23 は、第 1 の伝播光学系 22 から出射する光束の偏光面を 90° 回転させる。

#### 【 0 0 3 0 】

第 2 の伝播光学系 24 のサイズおよび配置以外の構成は、第 1 の伝播光学系 22 と同じである。図 3 に示すように、第 2 の伝播光学系 24 は、第 2 の導光部 31 、第 2 の偏光ビームスプリット膜 ( 図示せず ) 、第 2 の回折素子 32 ( 第 2 の入力偏向部 ) 、および第 2 の三角プリズムアレイ 33 ( 第 2 の出力偏向部 ) を含んで構成される。第 1 の伝播光学系 22 と同様に、これらの構成部材は一体化された平板状であり、第 2 の伝播光学系 24 および第 2 の導光部 31 の幅方向 ( 図 3 における “x 方向 ” ) および長さ方向 ( 図 3 における “y 方向 ” ) の長さは、それぞれ、例えば 50 mm および 110 mm である。また、第 2 の伝播光学系 24 における第 2 の偏光ビームスプリット膜の長手方向 ( y 方向 ) の長さは、例えば 100 mm である。また、第 2 の回折素子 32 の y 方向の長さは、例えば 10 mm である。第 2 の導光部 31 、第 2 の偏光ビームスプリット膜、第 2 の回折素子 32 、および第 2 の三角プリズムアレイ 33 の機能は、それぞれ第 1 の導光部 25 、第 1 の偏光ビームスプリット膜 28 、第 1 の回折素子 26 、および第 1 の三角プリズムアレイ 27 と同様である。

#### 【 0 0 3 1 】

第 2 の伝播光学系 24 は、第 1 の伝播光学系 22 の第 1 の平面 S1 の出射領域と第 2 の伝播光学系 24 の第 3 の平面 S3 の入射領域とが対向し、第 2 の伝播光学系 24 を第 1 の伝播光学系 22 に対して z 方向に平行な直線を軸に 90° 回転させた姿勢で、配置される ( 図 3 参照 ) 。したがって、第 2 の伝播光学系 24 は、第 1 の伝播光学系 22 から出射する画像光を y 方向に拡大して出射する。このようにして、射出瞳が拡大する。

#### 【 0 0 3 2 】

10

20

30

40

50

次に、図4を参照して、第1の伝播光学系22の入射領域に、入射角 $i$ で入射した第2の光線b2の光路について説明する。第2の光線b2は、第1の回折素子26により射出領域方向へ偏向され、第1の導光部25内を第1の平面S1に臨界角以上の角度で入射して全反射される。第1の平面S1で全反射された第2の光線b2は、第2の平面S2に入射し、一部の光量が第1の偏光ビームスプリット膜28を透過して、第1の三角プリズムアレイ27の斜面S0で反射される。斜面S0で反射された第2の光線b2は、第2の平面S2上の第1の偏光ビームスプリット膜28を透過して、第1の導光部25を通り、第1の平面S1から出射する。ここで、第2の光線b2は入射角 $i$ に応じて傾斜した射出角 $o$ で、第1の平面S1から出射する。

## 【0033】

10

例えば、回折次数( $m$ )を-1、画像光の波長を( )を532nm、第1の三角プリズムアレイ27の屈折率( $n$ )を1.51、回折格子周期( $d$ )を450nmとした場合、入射角 $i$ と射出角 $o$ との関係は、表1のようになる。

## 【0034】

## 【表1】

表1：第1の伝播光学系の入射角に対する射出角

入射角( $\theta_i$ )	射出角( $\theta_o$ )
10°	-14.6°
8°	-11.9°
6°	-9.1°
4°	-6.2°
2°	-3.1°
0°	0.0°
-2°	3.3°
-4°	6.8°
-6°	10.5°
-8°	14.5°
-10°	18.9°

20

30

## 【0035】

表1から明らかなように、入射領域における画像光の偏向に第1の回折格子素子26を用いたことによって、入射角 $i$ よりも射出角 $o$ の方が大きくなる。このような、射出角の拡大効果は、第1および第2の導光部25, 31への入射領域および射出領域における画像光の偏向のために、双方ともにミラーやハーフミラーを用いた場合には見られない。入射領域および射出領域の双方にミラーを用いた場合は、入射角 $i$ と射出角 $o$ とが等しくなる。また、入射領域および射出領域の双方に回折素子を用いた場合も、入射角 $i$ と射出角 $o$ とは等しくなる。このように、射出角 $o$ を拡大できることによって、入射角 $i$ を相対的に小さくすることができる。すなわち、投影光学系11から入射する画像光の画角を小さくすることができる。

40

## 【0036】

図5(a)は、本実施の形態の投影光学系11の概略構成を示す図であり、その構成は図2を用いて説明したとおりである。ここで、1はLCD13から射出された画像光の広がりを示し、2はコリメータ14を透過後の射出瞳へ投影される画像光の画角を示す。画像表示装置が表示可能な画像の画角は、射出瞳での投影光学系11の無限遠虚像を投影する画角である2と関連する。通常、画像表示装置10の表示画角と投影光学系11の画角は同じであるから、従来の画像表示装置10では図5(b)で示すように、投影光

50

学系 1 1 の画角  $\theta_4$  を広げるために、コリメータ 3 6 を、収差を抑えるための多数の光学要素を配置して構成している。これに対して、本発明の画像表示装置 1 0 は、瞳拡大光学系 1 2 の第 1 の伝播光学系 2 2 および第 2 の伝播光学系 2 4 が、射出角を広げる効果、すなわち射出瞳の画角を広げ、入射した画像光よりも大きな視野角の画像を表示することが可能になる。よって、図 5 ( a ) のようにレンズ枚数の削減、あるいは、焦点距離の縮小による小型化が可能になる。

#### 【 0 0 3 7 】

また、図 6 ( a ) は、図 1 の瞳拡大光学系 1 2 の画像光の伝播を説明する図であり、図 6 ( b ) は、従来例の瞳拡大光学系 1 2 a の画像光の伝播を説明する図である。これらの図は、瞳拡大光学系 1 2 、 1 2 a を  $z$  方向に見た図となっている。また、図 6 ( b ) において、第 1 実施の形態と同様の機能を有する構成要素には、第 1 実施の形態と同一の符号に「 a 」を付して示している。10

#### 【 0 0 3 8 】

従来の瞳拡大光学系 1 2 a では、投影光学系からの画像光の画角が大きいために、第 1 の伝播光学系 2 2 a を伝播する画像光の光束は、図 6 ( b ) の最も  $+y$  方向へシフトする光束  $p_4$  、最も  $-y$  方向にシフトする光束  $p_5$  で示すように、  $y$  方向に大きくシフトする成分を有している。このため、光線のケラレや画像のムラを生じさせないために、第 1 の伝播光学系 2 2 a の画像光入射領域 A 3 ( すなわち、第 1 の導光部 2 5 a の入射領域 ) を  $y$  方向に広く取り、  $+y$  方向および  $-y$  方向の画像光が重なる範囲で  $y$  方向の幅を限定して、第 1 の伝播光学系 2 2 a の射出領域 A 4 ( すなわち、第 1 の導光部 2 5 a の射出領域 ) を設定する必要があった。その結果、投影光学系 1 1 から入射した画像光の多くを、第 1 の伝播光学系 2 2 で失っていた。20

#### 【 0 0 3 9 】

これに対して、本実施の形態の瞳拡大光学系 1 2 では、投影光学系 1 1 からの画像光の画角が狭く、第 1 の導光部 2 5 を伝播する  $y$  方向の画角は投影光学系 1 1 からの画像光の画角に等しいため（第 1 の伝播光学系 2 2 において射出角の拡大効果は  $x$  方向のみであるため）、図 6 ( a ) に示すように、第 1 の伝播光学系 2 2 を伝播する画像光の光束は、最も  $+y$  方向にシフトする光束  $p_1$  および最も  $-y$  方向にシフトする光束  $p_2$  とともに、  $y$  方向にシフトする量は、図 6 ( b ) に比べ相対的に小さい。このため、第 1 の伝播光学系 2 2 の画像光入射領域 A 1 ( すなわち、第 1 の導光部 2 5 の入射領域 ) を、小さくすることができます。その結果、第 1 の伝播光学系 2 2 を小型に構成することが可能になる。さらに、投影光学系 1 1 から入射した画像光を、第 1 の伝播光学系 2 2 で失うことなく、高い効率で第 2 伝播光学系 2 4 に光束  $p_3$  として伝播させることができる。さらに、瞳拡大光学系 1 2 の入射瞳が小さくても良いので、投影光学系 1 1 をさらに小型に構成することができる。30

#### 【 0 0 4 0 】

ここで、再び表 1 を参照すると、入射角  $i$  と射出角  $o$  との関係は非線形性を有している。このことは、LCD 1 3 に表示される画像が、本願の第 1 の伝播光学系 2 2 および第 2 の伝播光学系 2 4 を伝播することによって、歪みを生じることを意味する。そこで、図 1 の画像制御部 1 6 は、LCD 1 3 に表示する画像の画像信号として、これら第 1 の伝播光学系 2 2 および第 2 の伝播光学系 2 4 により生じる歪みを補正するように、予め反対の歪みを与えた画像信号を出力する。このようにすることによって、歪みのない画像表示が可能となる。なお、歪みを補正する方法はこれに限られず、例えば、画像制御部 1 6 を設けることに代えて、第 1 の伝播光学系 2 2 および第 2 の伝播光学系 2 4 により生じる歪みに応じて、LCD の画素を非線形に配列することによって、歪みを補正することもできる。40

#### 【 0 0 4 1 】

以上説明したように、本実施の形態によれば、第 1 の伝播光学系 2 2 および第 2 の伝播光学系 2 4 において、入射側の偏向を回折により行い、射出側の偏向を反射によりおこなうようにしたので、画像表示装置 1 0 の表示画角の大きさを確保しながら、投影光学系 1

10

20

30

40

50

1の部品点数を削減し小型化することができる。

**【0042】**

なお、上記第1実施の形態では、投影光学系11でLCD13の画像を投影していたが、投影光学系11はMEMSミラーを採用した構成も可能である。この場合の投影光学系の構成、作用、効果を、図7を用いて説明する。投影光学系以外の構成は、第1実施の形態と同様である。

**【0043】**

図7の投影光学系は、光源37、MEMSミラー38、ビームエキスパンダ39を含んで構成される。光源37は、レーザ光源であり高速にON/OFFを切替えることができる。MEMSミラー38は高周波数で繰返し2次元走査を行うミラー素子である。光源37は、MEMSミラー38のミラー面に合わせてビーム径を拡大して、MEMSミラー38に照射する。ビームエキスパンダ39は、MEMSミラー38と瞳拡大光学系12との間に配置され、MEMSミラー38で反射された光線を拡大して、瞳拡大光学系12の入射瞳、すなわち、第1の導光部25の入射領域に伝達する。MEMSミラー38と、第1の導光部25の入射領域とは、光学的に共役関係にある。

10

**【0044】**

光源37は、図示しない制御装置によって制御され、MEMSミラー38の傾動に応じて、表示すべき画像に対応した発光タイミングで発光を行う。ビームエキスパンダ39は、第1の導光部25の入射領域に対応して、MEMSミラー38で反射されるビーム径を拡大する。第1の導光部25の入射領域に入射した画像光は、第1実施の形態で説明したように、瞳拡大光学系12によって射出瞳が拡大され、観察者に向けて射出される。

20

**【0045】**

ここで、図7の投影光学系を用いた場合、ビームエキスパンダ39でビーム径を拡大すると、入射角5に対してビームエキスパンダからの画像光の射出角6が縮小する。このため、従来の画像表示装置であれば、画像表示装置10で大きな画角を得るために、MEMSミラー38を大型化する必要があった。しかし、MEMSミラー38のミラー面積を大きくすると、一般に、ミラー走査の周波数やミラーの振れ角を大きくすることができない。

**【0046】**

一方、本発明では、瞳拡大光学系12に入射する画像光の入射画角が、第1および第2の伝播光学系22、24で拡大され射出されるので、投影光学系で大きな面積のMEMSミラーを用いたり、MEMSミラーの振れ角を大きくしたりする必要が無い。したがって、投影光学系を小型に構成することが可能になる。さらに、高周波数でMEMSミラーを走査することができるので、フレームレートが高い画像を表示することが可能になる。

30

**【0047】**

(第2実施の形態)

図8は、第2実施の形態に係る画像表示装置の概略構成を示す図であり、図8(a)は正面図、図8(b)は上面図である。第2の実施形態に係る画像表示装置は、第1の実施とは異なり、伝播光学系42(第1の伝播光学系)により×方向のみに射出瞳を拡大する。

40

**【0048】**

投影光学系41は、光源45とMEMSミラー46とビームエキスパンダ47とを備える。この構成は、図7の投影光学系と同様なので説明を省略する。伝播光学系42は、導光部48、回折素子49、三角プリズムアレイ50、偏光ビームスプリット膜51により構成される。導光部48は、第1実施の形態の第1の導光部25と同様の平板状の部材である。また、回折素子49も、第1実施の形態の第1の回折素子26と同様に、導光部48の画像光の入射領域に対向する面(第2の平面S2)の入射側端部に設けられ、同様の機能を有している。さらに、偏光ビームスプリット膜51と三角プリズムアレイ50は、第1実施の形態の第1の偏光ビームスプリット膜28および第1の三角プリズムアレイ27と同様の形状、特性を有しているが、第1実施の形態とは異なり導光部48の画像光の

50

入射側の面（第1の平面S1）の入射領域以外の部分に設けられている。なお、投影光学系41から伝播光学系42に入射する画像光はS偏光である。投影光学系41と伝播光学系42との間には、図示しない偏光子が配置しても良い。

#### 【0049】

以上のような構成によって、投影光学系41から射出された画像光は、導光部48の第1の平面S1から導光部48に入射し、第2の平面S2に接合された回折素子49の回折面で回折を受け、導光部48内をx方向に伝播される。導光部48内で第1の平面に向けて回折された画像光は、一部の光量が第1の平面S1上の偏光ビームスプリット膜51を透過して、三角プリズムアレイ50で第1の平面S1に垂直な方向に反射され、導光部48内を通り第2の平面S2より射出される。また、偏光ビームスプリット膜51で反射された画像光は、導光部48内をx方向に対して傾斜して進み、第2の平面S2で再び全反射され第1の平面方向へ進み、以下これを繰り返す。10

#### 【0050】

これによって、導光部48の第2の平面S2から、x方向に射出瞳が拡大された画像光が射出される。このように、一方向に画像光を伝播する伝播光学系42を用いた場合でも、画像光の伝播方向に瞳を拡大する効果がある。さらに、導光部48の入射側の画像光の偏向に回折素子を用い、射出側の偏向にミラー面として機能する三角プリズムアレイ50を用いたので、第1実施の形態と同様に入射光の画角を拡大して射出する効果がある。

#### 【0051】

図9は、図8(a)の伝播光学系の入射部分を画像光の経路とともに示す上面図である。20 第1の光線b1は、導光部48に垂直に入射する画像光を示し、第2の光線b2は入射角 $i$ で入射する画像光を示している。第2の光線b2が導光部48から射出される際の射出角を $o$ とするとき、入射角 $i$ と射出角 $o$ との関係は、表1のようになる。

#### 【0052】

#### 【表2】

表2：伝播光学系の入射角に対する射出角

入射角 ( $\theta_i$ )	射出角 ( $\theta_o$ )
10°	18.9°
8°	14.5°
6°	10.5°
4°	6.8°
2°	3.3°
0°	0.0°
-2°	-3.1°
-4°	-6.2°
-6°	-9.1°
-8°	-11.9°
-10°	-14.6°

ここで、第1実施の形態と同様に、回折次数( $m$ )を-1、画像光の波長(λ)を532nm、第1の三角プリズムアレイ27の屈折率( $n$ )を1.51、回折格子周期( $d$ )を450nmとしている。30

#### 【0053】

表2から解るように、導光部48の入射側の面と射出側の面とが異なる場合でも、射出角 $o$ は、入射角 $i$ よりも大きくなっている。したがって、入射角 $i$ を相対的に小さい角度にすることができる、投影光学系41を小型化することができる。また、MEMSミラ40

10

20

30

40

50

- 4 6 は小型で良いので、高周波数で走査させることが可能になる。

#### 【 0 0 5 4 】

なお、このような一次元方向に瞳を拡大する伝播光学系としては、種々の態様のものが存在する。以下にその態様の例を説明する。

#### 【 0 0 5 5 】

図 1 0 は、伝播光学系の変形例を示している。この伝播光学系の構成では、導光部 5 2 への画像光の入射側の第 1 の平面 S 1 に透過型の回折素子 5 3 を接続している。さらに、導光部 5 2 の画像光の入射側の第 1 の平面 S 1 に偏光ビームスプリット膜 5 5 と三角プリズムアレイ 5 4 とを設けている。これにより、画像光は第 1 の平面 S 1 に入射し、第 2 の平面 S 2 から射出される。

10

#### 【 0 0 5 6 】

図 1 1 は、伝播光学系の他の変形例を示す図である。この伝播光学系の構成によれば、導光部 5 6 の画像光の入射側の第 1 の平面 S 1 に対向する第 2 の平面 S 2 に、画像光の入射領域に対向して反射型の回折素子 5 7 が設けられる。また、第 2 の平面 S 2 には偏光ビームスプリット膜 5 9 が蒸着され、さらにその上に研磨面により構成された三角プリズムアレイ 5 8 が配列される。この三角プリズムアレイ 5 8 の斜面は、第 1 、第 2 実施の形態の三角プリズムアレイとは異なり、アルミ蒸着されず画像光を透過させるように構成されている。導光部の第 2 の平面 S 2 に入射して偏光ビームスプリット膜 5 9 を透過した一部の画像光は、三角プリズムの斜面による屈折を受けて偏向され、第 2 の平面と略垂直方向に射出される。

20

#### 【 0 0 5 7 】

図 1 2 は、伝播光学系の更なる変形例を示す図である。この伝播光学系の構成によれば、導光部 6 0 の画像光の入射側の第 1 の平面 S 1 の入射領域を斜めに切り欠き、法線を x 方向に傾けるように傾斜させた斜面とし、該斜面上に透過型の回折素子 6 1 が設けられる。また、第 1 の平面 S 1 の他の部分には偏光ビームスプリット膜 6 3 が蒸着され、さらにその上に三角プリズムアレイ 6 2 が接続される。この伝播光学系に入射する画像光は、斜面に形成された回折素子 6 1 による回折を受けて偏向され、第 2 実施の形態と同様に導光部 6 0 内を伝播しつつ、第 2 の平面 S 2 から第 2 の平面 S 2 に略垂直方向に射出される。

#### 【 0 0 5 8 】

##### ( 第 3 実施の形態 )

30

第 2 実施の形態に示した、画像光の入射面と射出面とが異なる透過型の伝播光学系を 2 つ組み合わせるようにして、第 1 実施の形態のような x 方向および y 方向に瞳を拡大する瞳拡大光学系を構成することも可能である。図 1 3 はこのようにして構成した、第 3 実施の形態の瞳拡大光学系の断面を画像光の光路とともに示す図である。図 1 3 の構成は、第 1 実施の形態の瞳拡大光学系 1 2 の構成と類似するので、同様の構成要素には同一の符号を付している。同一の符号を付した構成要素は、特に説明しない限り第 1 実施の形態と同様の構成となっている。

#### 【 0 0 5 9 】

本実施の形態では、第 1 の伝播光学系 2 2 および第 2 の伝播光学系 2 4 は、図 9 に示した伝播光学系 4 8 と同様の入射面と射出面とが異なる透過型の伝播光学系である。第 1 の伝播光学系 2 2 と第 2 の伝播光学系 2 4 との間には、1 / 2 波長板 2 3 が設けられる。第 1 の伝播光学系 2 2 の第 1 の導光部 2 5 は、第 2 実施の形態の図 9 の導光部 4 8 とは、第 1 の偏光ビームスプリット膜 2 8 が、第 1 の導光部 2 5 の画像光の入射側の面より内側に形成されている点においてのみ異なっている。このような第 1 の導光部 2 5 は、2 枚の透明な板状の部材の一方の部材の一面に偏光ビームスプリット膜を蒸着し、この偏向ビームスプリット面が形成された面に他方の部材を透明接着材などで接合することにより形成できる。

40

#### 【 0 0 6 0 】

第 1 の導光部 2 5 に入射した画像光は、第 1 の回折格子 2 6 で回折され、第 1 の偏光ビームスプリット膜 2 8 で一部の光量が透過し、残りの光量が反射され、第 2 の平面 S 2 で

50

は全反射される。そして、第1の偏向ビームスプリット膜28と第2の平面S2との間を、反射を繰り返しながらx方向に伝播される。よって、本実施の形態では、第1の偏光ビームスプリット膜28が形成された平面が、第1の平面S1に相当する。第1の偏向ビームスプリット膜28を透過した画像光は、第1の三角プリズムアレイ27で反射され、第1の導光部25内を通過して第2の平面S2から、第2の平面に略垂直方向に射出される。

#### 【0061】

第2の平面S2から射出された画像光は、1/2波長板23で偏光方向を90度回転され、S偏光として第2の伝播光学系24に入射する。第2の伝播光学系24も、大きさ及び向きを除き本実施の形態の第1の伝播光学系22と同様に構成される。これにより、第2の伝播光学系24に入射し第2の回折素子32で回折された画像光は、第2の導光部31内で反射を繰り返しながら、y方向に画像光を伝播しながら、入射側の面に対向する第4の平面S4から射出される。

#### 【0062】

以上説明したように、本実施の形態によれば、第1実施の形態と同様に、x方向およびy方向に射出瞳を拡大した、画像表示装置を提供することができる。そして、第1の伝播光学系22および第2の伝播光学系24において、入射側の偏向を回折により行い、射出側の偏向を反射により行うようにしたので、画像表示装置の表示画角を確保しながら投影光学系の部品点数を削減したり、小型化したりすることができる。

#### 【0063】

本発明を諸図面や実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形や修正を行うことが容易であることに注意されたい。従って、これらの変形や修正は本発明の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各実施形態に記載された各構成要素の寸法、形状、配置等は例示であって、本発明の範囲内で種々の寸法、形状、配置等をとることができる。第1および第2の伝播光学系は、例示のものに限られず、入射側の偏向に回折素子を用い射出側の偏向に反射や屈折素子を用いたものであれば本発明の範囲に含まれる。

#### 【符号の説明】

#### 【0064】

- |         |                |    |
|---------|----------------|----|
| 1 0     | 画像表示装置         | 30 |
| 1 1     | 投影光学系          |    |
| 1 2     | 瞳拡大光学系         |    |
| 1 3     | L C D          |    |
| 1 4     | コリメータ          |    |
| 1 5     | 射出瞳            |    |
| 1 6     | 画像制御部          |    |
| 2 1     | 偏光子            |    |
| 2 2     | 第1の伝播光学系       |    |
| 2 3     | 1/2波長板         |    |
| 2 4     | 第2の伝播光学系       | 40 |
| 2 5     | 第1の導光部         |    |
| 2 6     | 第1の回折素子        |    |
| 2 7     | 第1の三角プリズムアレイ   |    |
| 2 8     | 第1の偏光ビームスプリット膜 |    |
| 3 1     | 第2の導光部         |    |
| 3 2     | 第2の回折素子        |    |
| 3 3     | 第2の三角プリズムアレイ   |    |
| 3 6     | コリメータ          |    |
| 3 7、4 5 | 光源             |    |
| 3 8、4 6 | M E M S ミラー    | 50 |

## 3 9、4 7 ビームエキスパンダ

4 1 投影光学系

4 2 伝播光学系

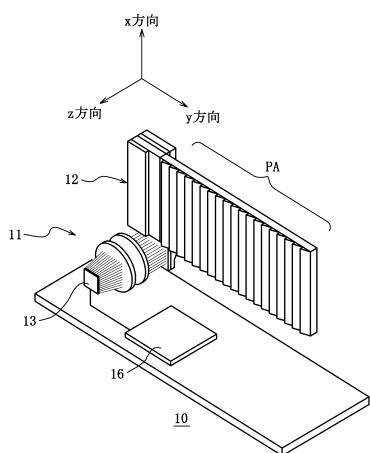
4 8 , 5 2 , 5 6 , 6 0 導光部

4 9 , 5 3 , 5 7 , 6 1 回折素子

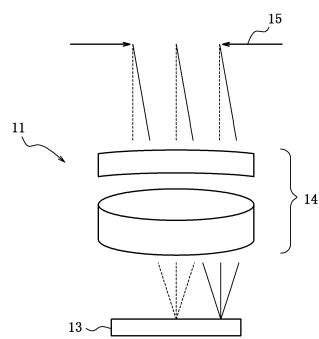
5 0 , 5 4 , 5 8 , 6 2 , 三角プリズムアレイ

5 1 , 5 5 , 5 9 , 6 3 偏光ビームスプリット膜

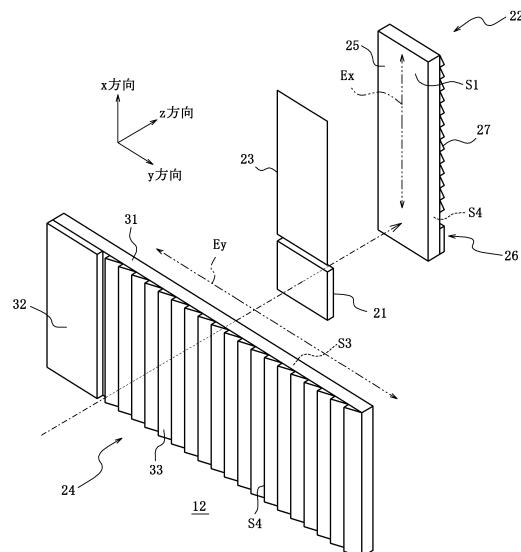
【図 1】



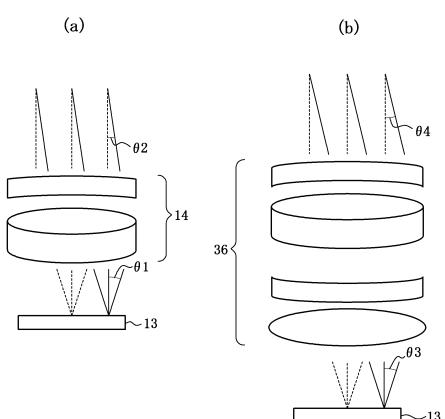
【図 2】



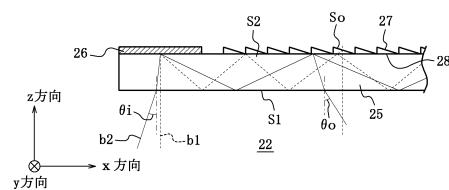
【図3】



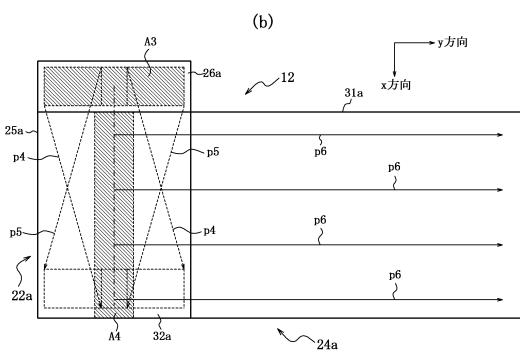
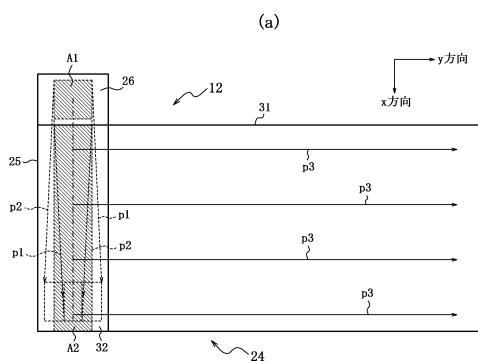
【図5】



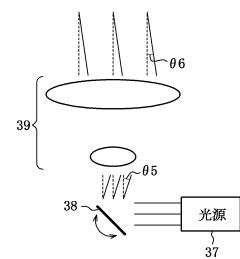
【図4】



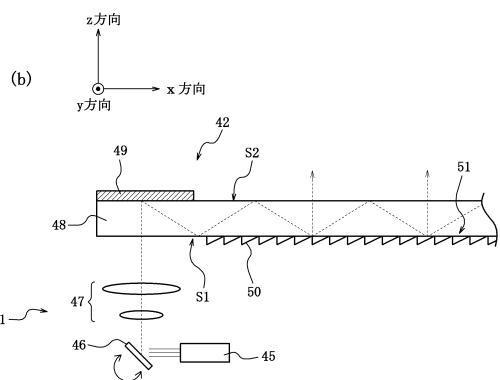
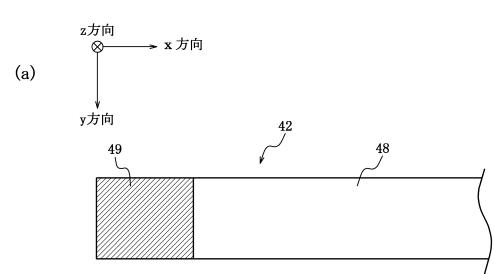
【図6】



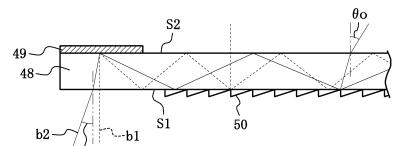
【図7】



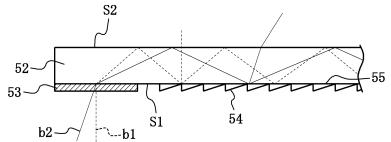
【図 8】



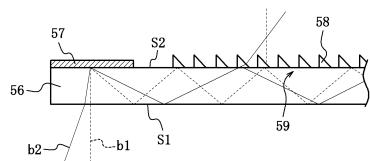
【図 9】



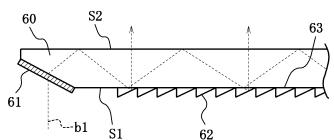
【図 10】



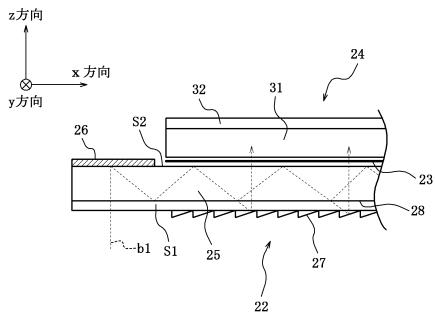
【図 11】



【図 12】



【図 13】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2013-150118(JP,A)  
特開2010-044326(JP,A)  
特開2013-037095(JP,A)  
特開2014-013968(JP,A)  
国際公開第2013/135943(WO,A1)  
国際公開第2006/025317(WO,A1)  
米国特許出願公開第2009/0190222(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/01, 27/02  
G03B 21/00, 21/10  
H04N 5/64