

(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2016-14742

(P2016-14742A)

(43) 公開日 平成28年1月28日(2016.1.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G02B 27/22 (2006.01)</b>	G02B 27/22	2H059
<b>H04N 13/04 (2006.01)</b>	H04N 13/04	2H199
<b>G03B 35/24 (2006.01)</b>	G03B 35/24	5C061

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-136200 (P2014-136200)  
 (22) 出願日 平成26年7月1日(2014.7.1)

(71) 出願人 301022471  
 国立研究開発法人情報通信研究機構  
 東京都小金井市貫井北町4-2-1  
 (74) 代理人 100098305  
 弁理士 福島 祥人  
 (72) 発明者 吉田 俊介  
 東京都小金井市貫井北町4-2-1 独立  
 行政法人情報通信研究機構内  
 Fターム(参考) 2H059 AA35 AA38 AB12 AC04 AC06  
 2H199 BA13 BA20 BA32 BA48 BA49  
 BA64 BB02 BB03 BB04 BB17  
 BB23 BB30 BB44 BB52 BB60  
 BB62 BB63 BB66  
 5C061 AB14 AB16

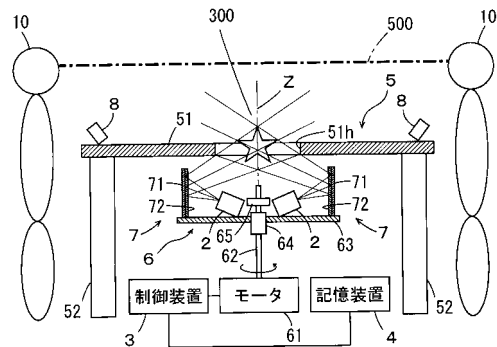
(54) 【発明の名称】 立体ディスプレイ

(57) 【要約】

【課題】 正確な立体画像を容易に表示可能な立体ディスプレイを提供する。

【解決手段】 光線制御子7において、光透過拡散層72と光反射層71とが互いに積層される。光透過拡散層72が回転中心軸と光反射層71との間に位置するように光線制御子7が配置される。光線発生器2が回転モジュール6により回転される光透過拡散層72に向けて複数の光線からなる光線群を射出する。光透過拡散層72は、光線群を垂直方向において拡散させて透過させる。光反射層71は、光透過拡散層72を透過した光線群を反射する。立体形状データに基づいて、光反射層71により反射されて光透過拡散層72を透過した光線群により立体画像300が提示されるように光線発生器2が制御装置3により制御される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

立体形状データに基づいて立体画像を提示するための立体ディスプレイであって、  
 複数の光線からなる光線群を出射する光線発生器と、  
 互いに積層された光透過拡散層と光反射層とを含む光線制御子と、  
 前記光線制御子を回転中心軸の周りで回転させる回転機構と、  
 前記光線発生器を制御する制御部とを備え、  
 前記光線制御子は、前記光透過拡散層が前記回転中心軸と前記光反射層との間に位置する  
 ように配置され、

前記光線発生器は、前記回転機構により回転される前記光線制御子の前記光透過拡散層  
 に向けて光線群を出射するように設けられ、

前記光透過拡散層は、入射する光線群を垂直方向において拡散させて透過させるように  
 形成され、

前記光反射層は、前記光透過拡散層を透過した光線群を反射するように形成され、

前記制御部は、前記立体形状データに基づいて、前記光反射層により反射されて前記光  
 透過拡散層を透過した光線群により立体画像が提示されるように前記光線発生器を制御す  
 る立体ディスプレイ。

## 【請求項 2】

前記回転機構は、前記光線制御子とともに前記光線発生器を前記回転中心軸の周りで回転  
 させる、請求項 1 記載の立体ディスプレイ。

## 【請求項 3】

前記光線制御子は複数設けられ、

前記光線発生器は、前記複数の光線制御子にそれぞれ対応して複数設けられ、

前記複数の光線発生器は、それぞれ対応する光線制御子に向けて光線群を出射するよう  
 に設けられる、請求項 2 記載の立体ディスプレイ。

## 【請求項 4】

前記複数の光線制御子および前記複数の光線発生器は、前記回転中心軸を中心に等角度間  
 隔で配置される、請求項 3 記載の立体ディスプレイ。

## 【請求項 5】

前記光線発生器は、前記回転中心軸の方向に光線群を出射するように配置され、

前記光線発生器により出射された光線群を前記光線制御子に向けて反射するミラーがさ  
 らに設けられ、

前記回転機構は、前記ミラーを前記光線制御子とともに前記回転中心軸の周りで回転さ  
 せる、請求項 1 記載の立体ディスプレイ。

## 【請求項 6】

観察者の眼の位置を検出する検出部をさらに備え、

前記制御部は、前記検出部により検出された眼の位置に基づいて、前記光線発生器を制  
 御する、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の立体ディスプレイ。

## 【請求項 7】

前記制御部は、前記光線発生器により前記光線制御子に出射される光線の色を前記光線制  
 御子の回転位置ごとに制御する、請求項 1 ~ 6 のいずれか一項に記載の立体ディスプレイ

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、立体画像を提示する立体ディスプレイに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

立体画像を提示する種々の立体ディスプレイが開発されている（例えば特許文献 1 参照  
 ）。立体ディスプレイでは、一般に、スクリーンの前方または上方等の空間に立体画像が

10

20

30

40

50

提示される。

【0003】

特許文献1に記載された立体ディスプレイは、錐体形状の光線制御子を有する。光線制御子は、その錐体形状の底部が基準面上に開口するように配置される。基準面の下方に複数の走査型プロジェクタが固定された回転台が設けられる。各走査型プロジェクタは、回転軸を中心に回転台上で回転しつつ、光線制御子の外側から複数の光線からなる光線群を光線制御子の外周面に照射する。光線制御子は、各走査型プロジェクタにより照射された各光線を周方向において拡散させずに透過させる。それにより、錐体形状の光線制御子の上方および内部に立体画像が表示される。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2011-48273号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1のような立体ディスプレイにおいては、観察者が光線制御子の周囲の位置から光線制御子の上方および内部を見た場合に立体画像が表示されるように、各走査型プロジェクタが出射すべき光線群が制御部により算出される。この算出は、観察者の視点の位置、各走査型プロジェクタの位置および光線制御子の位置等の多数のパラメータを用いて行われる。このようなパラメータの数が多いほど、立体画像を正確に表示するための演算が複雑になる。そのため、より容易に正確な立体画像を表示可能な立体ディスプレイが望まれる。

20

【0006】

本発明の目的は、正確な立体画像を容易に表示可能な立体ディスプレイを提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0007】

(1)本発明に係る立体ディスプレイは、立体形状データに基づいて立体画像を提示するための立体ディスプレイであって、複数の光線からなる光線群を出射する光線発生器と、互いに積層された光透過拡散層と光反射層とを含む光線制御子と、光線制御子を回転中心軸の周りで回転させる回転機構と、光線発生器を制御する制御部とを備え、光線制御子は、光透過拡散層が回転中心軸と光反射層との間に位置するように配置され、光線発生器は、回転機構により回転される光線制御子の光透過拡散層に向けて光線群を出射するように設けられ、光透過拡散層は、入射する光線群を垂直方向において拡散させて透過させるように形成され、光反射層は、光透過拡散層を透過した光線群を反射するように形成され、制御部は、立体形状データに基づいて、光反射層により反射されて光透過拡散層を透過した光線群により立体画像が提示されるように光線発生器を制御する。

30

【0008】

この立体ディスプレイにおいては、光透過拡散層が回転中心軸と光反射層との間に位置するように光線制御子が配置される。光線発生器が回転機構により回転される光線制御子の光透過拡散層に向けて複数の光線からなる光線群を出射する。

40

【0009】

この場合、光透過拡散層は、光線発生器により出射された光線群を透過させるとともに垂直方向において拡散させて透過させる。光反射層は、光透過拡散層を透過した光線群を反射する。光透過拡散層は、光反射層により反射された光線群を垂直方向においてさらに拡散させて透過させる。

【0010】

光反射層により反射されて光透過拡散層を透過した光線群により立体画像が提示されるように、立体形状データに基づいて制御部により光線発生器が制御される。これにより、

50

光反射層により反射されて光透過拡散層を透過した光線群を観察した観察者は、立体画像を視認することができる。

【0011】

ここで、光線制御子の光透過拡散層と光反射層とが互いに積層されるので、光透過拡散層と光反射層との間に光の経路が存在しない。そのため、光線発生器が出射すべき光線群の算出において、光透過拡散層と光反射層との位置関係を変動パラメータから除外することができる。それにより、光線群の算出処理が単純化される。また、光透過拡散層と光反射層とを積層することにより、光線制御子を容易に製造することができる。さらに、光透過拡散層と光反射層との位置関係の調整が不要となる。これらの結果、正確な立体画像をより容易に表示することができる。

10

【0012】

(2) 回転機構は、光線制御子とともに光線発生器を回転中心軸の周りで回転させてもよい。

【0013】

この場合、光線発生器は、簡単な構成で回転する光線制御子の光透過拡散層に向けて光線群を出射することができる。

【0014】

(3) 光線制御子は複数設けられ、光線発生器は、複数の光線制御子にそれぞれ対応して複数設けられ、複数の光線発生器は、それぞれ対応する光線制御子に向けて光線群を出射するように設けられてもよい。

20

【0015】

この場合、回転機構による光線発生器の回転速度が比較的低い場合でも、フリッカー（発光点のちらつき）が小さくかつ時間解像度が高い立体画像を提示することが可能となる。

【0016】

(4) 複数の光線制御子および複数の光線発生器は、回転中心軸を中心に等角度間隔で配置されてもよい。

【0017】

この場合、回転機構による複数の光線制御子および複数の光線発生器の回転をより安定化することができる。また、制御部による光線発生器の制御をより容易にすることができる。

30

【0018】

(5) 光線発生器は、回転中心軸の方向に光線群を出射するように配置され、光線発生器により出射された光線群を光線制御子に向けて反射するミラーがさらに設けられ、回転機構は、ミラーを光線制御子とともに回転中心軸の周りで回転させてもよい。

【0019】

この場合、回転するミラーを介して回転する光線制御子の光透過拡散層に光線群を出射する。これにより、光線発生器は、簡単な構成で回転する光線制御子の光透過拡散層に向けて光線群を出射することができる。

【0020】

(6) 立体ディスプレイは、観察者の眼の位置を検出する検出部をさらに備え、制御部は、検出部により検出された眼の位置に基づいて、光線発生器を制御してもよい。

40

【0021】

観察者の眼の位置が異なると、観察者が視認する立体画像が変形する。このような場合でも、検出部により検出された眼の位置に基づいて光線発生器が制御されることにより、観察者の眼の位置による立体画像の変形を防止することが可能になる。

【0022】

(7) 制御部は、光線発生器により光線制御子に出射される光線の色を光線制御子の回転位置ごとに制御してもよい。

【0023】

50

この場合、光線制御子の回転位置ごとに制御される複数の光線の交点にそれぞれ色を有する複数の点光源が生成される。それにより、フリッカーが小さくかつ時間解像度が高いカラーの立体画像を提示することができる。

【発明の効果】

【0024】

本発明によれば、正確な立体画像を容易に表示することが可能になる。

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図1】本発明の一実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。

【図2】図1の立体ディスプレイの模式的平面図である。

10

【図3】図1の立体ディスプレイにおける光線制御子の構成および機能を説明するための図である。

【図4】光線発生器の動作を説明するための模式的平面図である。

【図5】図4の光線制御子の近傍の拡大平面図である。

【図6】立体画像の提示方法を説明するための模式的平面図である。

【図7】立体画像の提示方法を説明するための模式的断面図である。

【図8】本実施の形態に係る立体ディスプレイにおける両眼視差の発生原理を説明するための模式的平面図である。

【図9】観察者の眼が円環状視域から外れた位置にある場合の光線群の補正を説明するための図である。

20

【図10】第1の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。

【図11】第2の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。

【図12】第3の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。

【図13】第4の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。

【図14】第5の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0026】

以下、本発明の一実施の形態に係る立体ディスプレイについて図面を参照しながら説明する。

【0027】

30

(1) 立体ディスプレイの構成

図1は、本発明の一実施の形態に係る立体ディスプレイの模式的断面図である。図2は、図1の立体ディスプレイの模式的平面図である。

【0028】

図1に示すように、立体ディスプレイは1または複数の光線発生器2、制御装置3、記憶装置4、回転モジュール6、1または複数の光線制御子7および複数のカメラ8により構成される。制御装置3は、例えばパーソナルコンピュータからなる。記憶装置4は、例えばハードディスク、メモリカード等からなる。記憶装置4には、立体画像300を提示するための立体形状データが記憶される。

【0029】

40

図1および図2の立体ディスプレイを構成する構成物は、テーブル5の下方に設けられる。テーブル5は、円形の天板51および複数の脚52からなる。天板51は中心に円形の孔部51hを有する。孔部51hの形状は円形に限らず、三角形もしくは四角形等の多角形、楕円またはその他の形状であってもよい。また、テーブル5の孔部51hに透明の板が嵌め込まれてもよい。テーブル5の周囲にいる観察者10は、テーブル5の天板51の斜め上方から天板51の中心近傍を観察することができる。

【0030】

テーブル5の下方には、回転モジュール6が設けられる。回転モジュール6は、モータ61、回転軸62、回転台63、信号伝送装置64および回転量計測器65により構成される。回転軸62は、鉛直方向に延び、天板51の中心軸Zと共通の直線上に位置するよ

50

うにモータ 6 1 に取り付けられる。

【 0 0 3 1 】

回転軸 6 2 には、回転台 6 3 が水平姿勢で取り付けられる。回転軸 6 2 と回転台 6 3 との間には信号伝送装置 6 4 が設けられる。信号伝送装置 6 4 は、静止体と回転体との間で電力または信号を伝送するための装置である。信号伝送装置 6 4 としては、例えばスリッピングまたは光ロータリジョイント等を用いることができる。

【 0 0 3 2 】

また、回転軸 6 2 には、回転量計測器 6 5 が設けられる。回転量計測器 6 5 は、回転軸 6 2 の回転位置を検出するために用いられる。回転量計測器 6 5 としては、例えばロータリエンコーダ等を用いることができる。モータ 6 1 は、制御装置 3 により制御される。モータ 6 1 がステッピングモータ等の回転量を厳密に制御可能な機構である場合には、回転量計測器 6 5 は必ずしも必要ではない。

【 0 0 3 3 】

回転台 6 3 上には、1 または複数の光線発生器 2 が固定されるとともに、1 または複数の光線制御子 7 が固定される。本実施の形態では、複数の光線発生器 2 および複数の光線制御子 7 が回転台 6 3 上に固定される。複数の光線発生器 2 と複数の光線制御子 7 とはそれぞれ対応する。これにより、光線発生器 2 の回転速度が比較的低い場合でも、フリッカー（発光点のちらつき）が小さくかつ時間解像度が高い立体画像 3 0 0 を提示することが可能となる。

【 0 0 3 4 】

各光線発生器 2 は、例えば走査型プロジェクタである。各光線発生器 2 は、光線を出射するとともにその光線を水平面内および垂直面内で偏向させることができる。それにより、各光線発生器 2 は、光線で光線制御子 7 の後述する光透過拡散層 7 2 の入出射面を走査することができる。ここで、光線とは、拡散しない直線で表される光をいう。複数の光線発生器 2 は、回転台 6 3 上で回転軸 6 2 の近傍に中心軸 Z を中心とする円周上に等角度間隔で配置される。複数の光線発生器 2 は、外方かつ斜め上方に複数の光線からなる光線群を出射するように設けられる。

【 0 0 3 5 】

光線発生器 2 は、空間光変調器および複数のレンズからなるレンズアレイ等の投影系を備えた一般的なプロジェクタであってもよい。ここで、投影系のアパーチャ（開口）が十分に小さい場合には、走査型プロジェクタと同様に光線群を形成することができる。空間光変調器は、例えば D M D (Digital Micromirror Device)、L C D (Liquid Crystal Display) または L C O S (Liquid Crystal on Silicon) である。

【 0 0 3 6 】

図 3 ( a ) ~ ( e ) は、図 1 の立体ディスプレイにおける光線制御子 7 の構成および機能を説明するための図である。図 3 ( a ) に示すように、各光線制御子 7 は、光反射層 7 1 と光透過拡散層 7 2 とが積層された構成を有する。本例では、光反射層 7 1 は平面状の反射面を有するミラーである。光反射層 7 1 は、シート状部材または板状部材であってもよく、あるいは光透過拡散層 7 2 の一面に塗料を塗布することにより形成された反射膜であってもよい。光透過拡散層 7 2 は、レンチキュラシートであってもよいし、ホログラフィックスクリーンであってもよい。光透過拡散層 7 2 は、透光性を有する平坦なシート状部材の表面上に、微小な光拡散材料を含む樹脂層が形成された構成を有してもよい。この場合、微小な光拡散材料は、例えば楕円形状または繊維形状を有する。

【 0 0 3 7 】

光透過拡散層 7 2 は、互いに直交する第 1 の方向 X および第 2 の方向 Y において異なる構成を有するように形成されている。ここで、第 1 の方向 X に沿って光透過拡散層 7 2 に交差する面を第 1 の面 F X と呼び、第 2 の方向 Y に沿って光透過拡散層 7 2 に交差する面を第 2 の面 F Y と呼ぶ。光透過拡散層 7 2 に入射した光線は、図 3 ( b ) に示すように、第 1 の面 F X 内で第 1 の方向 X において大きく拡散して透過し、図 3 ( c ) に示すように、第 2 の面 F Y 内でわずかに拡散しつつほぼ直進して透過する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 3 8 】

このように、光透過拡散層 7 2 を透過した光線の第 2 の方向 Y における拡散角は、第 1 の方向 X における拡散角よりも小さい。第 2 の方向 Y における拡散角は、第 1 の方向 X における拡散角の  $1 / 10$  以下であってもよい。例えば、第 1 の方向 X における拡散角よりも小さい。本実施の形態においては、第 1 の方向 X における拡散角は例えば 60 度であり、第 2 の方向 Y における拡散角は例えば 1 度である。第 2 の方向 Y における拡散角は、これに限定されず、例えば 1 度より小さくてもよい。

## 【 0 0 3 9 】

複数の光線制御子 7 は、光透過拡散層 7 2 の第 1 の方向 X が中心軸 Z に平行な垂直方向に一致しかつ第 2 の方向 Y が水平方向に一致するように配置される。図 3 ( d ) に示すように、光線制御子 7 の光透過拡散層 7 2 に入射した光線は、第 1 の面 F X 内で第 1 の方向 X において大きく拡散して光透過拡散層 7 2 を透過し、光反射層 7 1 の反射面で反射される。光反射層 7 1 の反射面で反射された光線は、第 1 の面 F X 内で第 1 の方向 X において大きく拡散して光透過拡散層 7 2 を再び透過し、光透過拡散層 7 2 の表面から出射される。

10

## 【 0 0 4 0 】

図 3 ( e ) に示すように、光線制御子 7 の光透過拡散層 7 2 に入射した光線は、第 2 の面 F Y 内でわずかに拡散しつつほぼ直進して光透過拡散層 7 2 を透過し、光反射層 7 1 の反射面で反射される。光反射層 7 1 の反射面で反射された光線は、第 2 の面 F Y 内でわずかに拡散しつつほぼ直進して光透過拡散層 7 2 を再び透過し、光透過拡散層 7 2 の表面から出射される。

20

## 【 0 0 4 1 】

また、図 2 に示すように、複数の光線制御子 7 は、光透過拡散層 7 2 が複数の光線発生器 2 にそれぞれ対向するように、中心軸 Z を中心とする円周上に等角度間隔で配置される。なお、複数の光線発生器 2 および複数の光線制御子 7 は、必ずしも等角度間隔で配置されなくてもよい。ただし、回転台 6 3 の回転を安定させるため、および複数の光線発生器 2 の制御を容易にするためには、本実施の形態のように複数の光線発生器 2 および複数の光線制御子 7 が等角度間隔で配置されることが好ましい。

## 【 0 0 4 2 】

各光線制御子 7 における光線発生器 2 と対向する光透過拡散層 7 2 の面を入出射面と呼ぶ。本実施の形態では、光透過拡散層 7 2 は平面状の入出射面を有する。各光線発生器 2 から出射された光線群は、対応する光線制御子 7 の光透過拡散層 7 2 の入出射面に入射し、光透過拡散層 7 2 により垂直方向において拡散して透過し、光反射層 7 1 により反射される。光反射層 7 1 により反射された光線群は、光反射層 7 1 により垂直方向においてさらに拡散して透過し、光透過拡散層 7 2 の入出射面から出射される。光透過拡散層 7 2 の入出射面から出射された光線群は、天板 5 1 の孔部 5 1 h を通して天板 5 1 の下方から上方に導かれる。

30

## 【 0 0 4 3 】

回転台 6 3 上の複数の光線発生器 2 および回転量計測器 6 5 は、信号伝送装置 6 4 を介して制御装置 3 に接続される。モータ 6 1 が作動することにより、回転軸 6 2 が回転台 6 3、複数の光線発生器 2 および複数の光線制御子 7 とともに回転する。この場合、回転する各光線発生器 2 から出射される光線群は、対応する光線制御子 7 により垂直方向において拡散するとともに反射される。

40

## 【 0 0 4 4 】

回転台 6 3 の回転速度は、図 2 の例のように、光線発生器 2 の数が 6 個の場合には 1 秒間に 5 回転以上であることが好ましい。回転台 6 3 の回転速度は、光線発生器 2 の数が 4 個の場合には 1 秒間に 7 . 5 回転以上であることが好ましく、光線発生器 2 の数が 3 個の場合には 1 秒間に 10 回転以上であることが好ましい。

## 【 0 0 4 5 】

回転台 6 3 の回転速度は、光線発生器 2 の数が 2 個の場合には 1 秒間に 15 回転以上で

50

あることが好ましく、光線発生器 2 の数が 1 個の場合には 1 秒間に 30 回転以上であることが好ましい。すなわち、回転台 63 の回転速度は、光線発生器 2 の数が  $n$  個 ( $n$  は自然数) の場合には、1 秒間に  $30/n$  回転以上であることが好ましい。

【0046】

制御装置 3 は、記憶装置 4 に記憶される立体形状データに基づいて複数の光線発生器 2 を制御する。それにより、天板 51 の孔部 51h の上方および下方に立体画像 300 が提示される。

【0047】

複数のカメラ 8 は、テーブル 5 の周囲にいる観察者 10 の顔を撮像するように配置される。複数のカメラ 8 により得られる画像データは、制御装置 3 に与えられる。制御装置 3 は、複数のカメラ 8 から与えられる画像データに基づいて各観察者 10 の眼の位置 (視点) を算出し、後述する視点追跡による光線群の補正を行う。

10

【0048】

(2) 光線発生器の動作

図 4 は、光線発生器 2 の動作を説明するための模式的平面図である。図 5 は、図 4 の光線制御子 7 付近の拡大平面図である。

【0049】

図 4 および図 5 には 1 つの光線発生器 2 のみが示される。図 4 および図 5 に示すように、光線発生器 2 はレーザ光からなる光線を出射する光線出射口 P を有する。光線発生器 2 は、光線出射口 P から光線を出射するとともに、上記のように、その光線を水平面内および垂直面内で偏向させることができる。

20

【0050】

光線発生器 2 が光線を水平面内で偏向させることにより、光透過拡散層 72 の入出射面を水平方向に走査することができる。また、光線発生器 2 が光線を垂直面内で偏向させることにより、光透過拡散層 72 の入出射面を垂直方向に走査することができる。それにより、光線発生器 2 は、光線で光透過拡散層 72 の入出射面を走査することができる。

【0051】

また、光線発生器 2 は、光線の方角ごとに光線の色を設定することができる。それにより、光線発生器 2 は、擬似的に複数の光線からなる光線群を出射する。

【0052】

図 4 において、光線発生器 2 は、複数の光線  $L_1 \sim L_{11}$  を光線制御子 7 に照射する。光線  $L_1 \sim L_{11}$  は、それぞれ任意の色に設定される。それにより、それぞれ設定された色の光線  $L_1 \sim L_{11}$  が光線制御子 7 の光透過拡散層 72 を透過し、光反射層 71 の反射面の複数の位置  $P_1 \sim P_{11}$  (図 5) で反射される。複数の位置  $P_1 \sim P_{11}$  で反射された複数の光線  $L_1 \sim L_{11}$  は再び光透過拡散層 72 を透過する。

30

【0053】

光透過拡散層 72 は、水平方向において光線  $L_1 \sim L_{11}$  をほとんど拡散させずにほぼ直線状に透過させるので、観察者 10 は、ある位置でほぼ一本の光線のみを視認することができる。また、光線制御子 7 は、光線  $L_1 \sim L_{11}$  を垂直方向において大きく拡散させて透過させるので、観察者 10 は、ほぼ一本の光線を上下方向の任意の位置から視認することができる。

40

【0054】

図 4 および図 5 に示すように、光反射層 71 の反射面に関して光線発生器 2 の光線出射口 P と面对称となる点を仮想出射点 Q と呼ぶ。光線発生器 2 の光線出射口 P から出射された光線群が光反射層 71 により反射されかつ光透過拡散層 72 により拡散される構成は、仮想出射点 Q から出射される光線群が光透過拡散層 72 により拡散される構成とほぼ等価となる。そこで、次の図 6 および図 7 においては、理解を容易にするために、光線発生器 2 の図示を省略し、仮想出射点 Q から光線群が出射されるモデルを用いて立体画像 300 の提示方法を説明する。

【0055】

50



## (3) 立体画像の提示方法

図6は、立体画像300の提示方法を説明するための模式的平面図である。図6においては、1つの光線発生器2に対応する仮想出射点Qが示される。図6においては、光線制御子7の図示が省略される。

## 【0056】

仮想出射点Qは、矢印の方向に移動する。なお、仮想出射点Qの移動方向は、図6の矢印の方向（反時計回り）に限定されず、時計回りであってもよい。例えば、天板51の孔部51hの上方または下方の位置PRに赤色の画素を提示する場合には、時刻tで仮想出射点Qから位置PRを通る方向に赤色の光線LR0を出射し、時刻t+1で仮想出射点Qから位置PRを通る方向に赤色の光線LR1を出射し、時刻t+2で仮想出射点Qから位置PRを通る方向に赤色の光線LR2を出射する。

10

## 【0057】

それにより、赤色の光線LR0, LR1, LR2の交点に点光源となる赤色の画素が提示される。この場合、観察者10の眼が位置IR0にある場合、位置IR1にある場合および位置IR2にある場合に、位置PRに赤色の画素が見える。

## 【0058】

同様にして、天板51の孔部51hの上方または下方の位置PGに緑色の画素を提示する場合には、時刻tで仮想出射点Qから位置PGを通る方向に緑色の光線LG0を出射し、時刻t+1で仮想出射点Qから位置PGを通る方向に緑色の光線LG1を出射し、時刻t+2で仮想出射点Qから位置PGを通る方向に緑色の光線LG2を出射する。

20

## 【0059】

それにより、緑色の光線LG0, LG1, LG2の交点に点光源となる緑色の画素が提示される。この場合、観察者10の眼が位置IG0にある場合、位置IG1にある場合および位置IG2にある場合に、位置PGに緑色の画素が見える。

## 【0060】

このようにして、各仮想出射点Qにより時分割で異なる位置から立体画像300の各位置を通る方向に提示すべき色の光線が出射される。

## 【0061】

回転する各仮想出射点Qから出射される光線群が小さな角度間隔ごとに制御されることにより天板51の孔部51hの上方および下方の空間が光線が交わった状態である光点群で十分に密に満たされる。それにより、円周上のいずれの方向から天板51の孔部51hの上方および下方を観察しても位置PR, PGを通過する適切な光線が目に入射することになり、人の目はそこに点光源があるように認識する。実物体の表面にて反射または拡散した照明光を人は物体として認識するので、物体の表面は点光源の集合とみなすことができる。すなわち、物体の表面としたいある位置PR, PGの色を回転する各仮想出射点Qから出射される光線によって適切に再現することにより、立体画像300を提示することができる。

30

## 【0062】

このようにして、立体画像300を天板51の孔部51hの上方および下方の空間に提示することができる。この場合、観察者10は、円周方向における異なる位置で同一の立体画像300をそれぞれ異なる方向から視認することができる。

40

## 【0063】

図7は、立体画像300の提示方法を説明するための模式的断面図である。図7においては、1つの光線発生器2の代わりに仮想出射点Qが示される。

## 【0064】

図7に示すように、仮想出射点Qから出射された光線は、光透過拡散層72で拡散角で垂直方向において拡散される。それにより、観察者10は、拡散角の範囲内において垂直方向の異なる位置で仮想出射点Qから出射される同じ色の光線を見ることができる。例えば、観察者10が視線を基準の位置Eから上方の位置E'に移動させた場合でも、立体画像300の同じ部分を見ることができる。この場合、垂直方向における観察者10の

50

眼の位置により観察者 10 が視認する立体画像 300 の位置が移動する。このように、仮想出射点 Q から出射された光線が光透過拡散層 72 で垂直方向において拡散されるため、観察者 10 が視線を上下に移動させても立体画像 300 を観察することができる。

【0065】

各仮想出射点 Q から出射される光線群の各光線の色は、記憶装置 4 に記憶される立体形状データに基づいて制御装置 3 により各仮想出射点 Q の回転位置ごとおよび光線の走査位置ごとに算出される。ここで、仮想出射点 Q の回転位置とは、中心軸 Z を中心とする基準の半径方向からの仮想出射点 Q の回転角度をいう。

【0066】

具体的には、制御装置 3 は、立体形状データとして予め定義される三次元の立体形状の面と各光線との交点を求め、光線に与えるべき適切な色を算出する。制御装置 3 は、回転量計測器 65 の出力信号に基づいて各仮想出射点 Q の回転位置を判定し、回転位置ごとおよび光線の走査位置ごとに算出した光線群の各光線の色に基づいて各光線発生器 2 を制御する。それにより、天板 51 の孔部 51h の上方および下方に立体画像 300 が提示されるように、各仮想出射点 Q から算出された色をそれぞれ有する光線が出射される。それにより、フリッカーが小さくかつ時間解像度が高いカラーの立体画像 300 を提示することができる。

10

【0067】

この場合、制御装置 3 は、立体形状データに基づいて各仮想出射点 Q から出射されるべき各光線の色を色データとして回転位置ごとおよび光線の走査位置ごとに予め算出し、算出した色データを記憶装置 4 に記憶させてもよい。そして、立体画像 300 の提示の際に、回転量計測器 65 の出力信号に同期して記憶装置 4 から色データを読み出し、読み出した色データに基づいて各光線発生器 2 を制御してもよい。あるいは、制御装置 3 は、仮想出射点 Q の回転中に回転量計測器 65 の出力信号に同期して立体形状データに基づいて各仮想出射点 Q から出射されるべき各光線の色を色データとして算出し、算出した色データに基づいて各光線発生器 2 を制御してもよい。

20

【0068】

上記のようにして、本実施の形態に係る立体ディスプレイによれば、立体画像 300 の指向性表示が可能となる。

【0069】

(4) 両眼視差の発生原理

ここで、本実施の形態に係る立体ディスプレイにおける両眼視差の発生原理について説明する。

30

【0070】

図 8 は、本実施の形態に係る立体ディスプレイにおける両眼視差の発生原理を説明するための模式的平面図である。図 8 には、互いに異なる 4 つの時点における仮想出射点 Q が示される。4 つの時点における仮想出射点 Q をそれぞれ仮想出射点 Q a , Q b , Q c , Q d と呼ぶ。

【0071】

図 8 において、観察者 10 が天板 51 の孔部 51h の上方または下方の点 P 31 を見た場合には、右眼 100R に仮想出射点 Q a から出射された光線 L a が入射し、左眼 100L に仮想出射点 Q b から出射された光線 L b が入射する。また、観察者 10 が天板 51 の孔部 51h の上方または下方の点 P 32 を見た場合には、右眼 100R に仮想出射点 Q c から出射された光線 L c が入射し、左眼 100L に仮想出射点 Q d から出射された光線 L d が入射する。

40

【0072】

ここで、光線 L a の色と光線 L d の色とは同じであり、光線 L b の色は光線 L a の色と異なり、光線 L c の色は光線 L d の色とは異なるとする。この場合、点 P 31 の色は見る方向により異なる。また、点 P 32 の色も見る方向により異なる。

【0073】

50

光線  $L_a$  により立体画像 300 の点  $P_a$  が作られ、光線  $L_b$  により立体画像 300 の点  $P_b$  が作られ、光線  $L_c$  により立体画像 300 の点  $P_c$  が作られ、光線  $L_d$  により立体画像 300 の点  $P_d$  が作られる。

【0074】

図 8 の例では、立体画像 300 の点  $P_a$  と点  $P_d$  とが同じ位置にある。すなわち、光線  $L_a$  と光線  $L_d$  との交点に立体画像 300 の点  $P_a$  ,  $P_d$  が作られる。したがって、点  $P_a$  ,  $P_d$  は、仮想的な点光源となすことができる。この場合、右眼 100R で点  $P_a$  ,  $P_d$  を見る方向と左眼 100L で点  $P_a$  ,  $P_d$  を見る方向とが異なる。すなわち、右眼 100R の視線方向と左眼 100L の視線方向との間に輻輳角がある。また、右眼 100R および左眼 100L で点  $P_{31}$  ,  $P_{32}$  を見たときの点  $P_a \sim P_d$  の位置関係が異なる。すなわち視差が発生する。これにより、光線群により形成される画像の立体視が可能となる。

10

【0075】

(5) 視点追跡による光線群の補正機能

複数の観察者 10 がテーブル 5 の周囲に着座している場合には、複数の観察者 10 の眼は、天板 51 の中心軸  $Z$  からほぼ一定の距離でかつほぼ一定の高さの位置（基準の位置）にあるとみなすことができる。そこで、図 1 および図 2 に示すように、複数の観察者 10 の眼が位置する円環状の領域を円環状視域 500 として設定する。

【0076】

制御装置 3 は、複数の観察者 10 の眼が円環状視域 500 にあるとみなして各光線発生器 2 を制御する。それにより、複数の観察者 10 の眼が円環状視域 500 にある場合に、複数の観察者 10 は、同じ高さに同じ形状の立体画像 300 を視認することができる。

20

【0077】

図 7 を用いて説明したように、垂直方向における観察者 10 の眼の位置により観察者 10 が視認する立体画像 300 の各画素の位置が移動する。そのため、観察者 10 の眼が円環状視域 500 から外れた位置にある場合には、立体画像 300 が変形して見える。

【0078】

そこで、本実施の形態に係る立体ディスプレイでは、カメラ 8 を用いた視点追跡により検出される各観察者 10 の眼の位置に基づいて各仮想出射点  $Q_2$  から光透過拡散層 72 に照射される光線群が補正される。

30

【0079】

図 9 は、観察者 10 の眼が円環状視域 500 から外れた位置にある場合の光線群の補正を説明するための図である。

【0080】

図 9 において、円環状視域 500 は、天板 51 の中心軸  $Z$  から水平方向において距離  $d_1$  でかつテーブル 5 の天板 51 から高さ  $H_1$  の位置にある。ここでは、立体画像 300 の 1 つの画素  $P_{IX}$  を天板 51 の孔部 51h の上方または下方の標準の位置  $P_S$  に提示する方法について説明する。

【0081】

観察者 10 の眼が円環状視域 500 上の位置  $I_1$  にある場合には、立体画像 300 の画素  $P_{IX}$  の色を有する光線  $L_{31}$  が仮想出射点  $Q$  から光透過拡散層 72 の位置  $P_1$  に照射される。位置  $P_1$  に照射された光線  $L_{31}$  は、光透過拡散層 72 で垂直方向において拡散され、拡散された 1 本の光線が標準の位置  $P_S$  を通過して位置  $I_1$  にある観察者 10 の眼に入射する。それにより、位置  $I_1$  に眼がある観察者 10 は、標準の位置  $P_S$  に画素  $P_{IX}$  を視認することができる。

40

【0082】

観察者 10 の眼が円環状視域 500 よりも上方の高さ  $H_2$  の位置  $I_2$  にある場合には、立体画像 300 の画素  $P_{IX}$  の色を有する光線  $L_{32}$  が仮想出射点  $Q$  から光透過拡散層 72 の位置  $P_2$  に照射される。位置  $P_2$  に照射された光線  $L_{32}$  は、光透過拡散層 72 で垂直方向において拡散され、拡散された 1 本の光線が標準の位置  $P_S$  を通過して位置  $I_2$  に

50

ある観察者 10 の眼に入射する。それにより、位置 I 2 に眼がある観察者 10 は、標準の位置 P S に画素 P I X を視認することができる。

【 0 0 8 3 】

観察者 10 の眼が円環状視域 5 0 0 と同じ高さで水平方向において中心軸 Z から距離 d 2 の位置 I 3 にある場合には、立体画像 3 0 0 の画素 P I X の色を有する光線 L 3 3 が仮想出射点 Q から光透過拡散層 7 2 の位置 P 3 に照射される。位置 P 3 に照射された光線 L 3 3 は、光透過拡散層 7 2 で垂直方向において拡散され、拡散された 1 本の光線が標準の位置 P S を通過して位置 I 3 にある観察者 10 の眼に入射する。それにより、位置 I 3 に眼がある観察者 10 は、標準の位置 P S に画素 P I X を視認することができる。

【 0 0 8 4 】

具体的には、制御装置 3 は、カメラ 8 から与えられる画像データに基づいて観察者 10 の眼の位置の座標を算出する。観察者 10 の眼の位置が円環状視域 5 0 0 上にある場合には、制御装置 3 は、眼の位置と標準の位置 P S とを通る直線が光透過拡散層 7 2 と交差する位置 P 1 に画素 P I X の色を有する光線 L 3 1 が照射されるように光線発生器 2 を制御する。

【 0 0 8 5 】

観察者 10 の眼が円環状視域 5 0 0 から外れた位置にある場合には、制御装置 3 は、眼の位置と標準の位置 P S とを通る直線が光透過拡散層 7 2 と交差する位置に画素 P I X の色を有する光線が照射されるように光線発生器 2 を制御する。

【 0 0 8 6 】

このようにして、制御装置 3 は、観察者 10 の眼の位置に応じて標準の位置 P S に画素 P I X を提示するための光線の方向を補正する。換言すると、制御装置 3 は、観察者 10 の眼の位置に応じて画素 P I X の色を有する光線が観察者 10 の眼に入射するように、仮想出射点 Q から出射される光線群の各光線の色を補正する。その結果、観察者 10 は、眼の位置にかかわらず同一の形状を有する立体画像 3 0 0 を視認することができる。

【 0 0 8 7 】

なお、観察者 10 の眼が円環状視域 5 0 0 と標準の位置 P S とを通る直線上にある場合には、観察者 10 の眼が円環状視域 5 0 0 から外れた位置 I 4 にあっても、観察者 10 の眼が円環状視域 5 0 0 上にある場合と同様に、立体画像 3 0 0 の画素 P I X の色を有する光線 L 3 1 が仮想出射点 Q から光透過拡散層 7 2 の位置 P 1 に照射される。それにより、観察者 10 は、標準の位置 P S に画素 P I X を視認することができる。

【 0 0 8 8 】

このように、観察者 10 の眼の位置に応じて仮想出射点 Q から出射される光線群を補正することにより観察者 10 の眼の位置にかかわらず立体画像 3 0 0 が変形することなく提示される。

【 0 0 8 9 】

本実施の形態においては、カメラ 8 から与えられる画像データに基づいて観察者 10 の眼の位置の座標が算出されるが、これに限定されない。例えば、レーダーまたはソナー等の物体探知機構が立体ディスプレイに設けられ、物体探知機構から与えられるデータに基づいて観察者 10 の眼の位置の座標が算出されてもよい。

【 0 0 9 0 】

また、本実施の形態においては、複数の観察者 10 にそれぞれ対応して複数のカメラ 8 が設けられるが、これに限定されない。1 または複数の観察者 10 に対応しないように 1 または複数のカメラ 8 が設けられてもよい。例えば、1 または複数の観察者 10 の顔を撮像するように 1 個のカメラ 8 が設けられてもよい。

【 0 0 9 1 】

( 6 ) 変形例

図 10 は、第 1 の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。図 10 に示すように、第 1 の変形例における光反射層 7 1 は曲面状の反射面を有するミラーである。光透過拡散層 7 2 は、曲面状の入出射面を有するシートである。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 2 】

光反射層 7 1 の反射面および光透過拡散層 7 2 の入出射面は凸状の曲面であってもよいし、凹状の曲面であってもよい。この場合、反射面および入出射面の曲率を調整することにより、光線制御子 7 により反射される光線の方向を適切に調整することができる。

## 【 0 0 9 3 】

例えば、光線発生器 2 が走査型プロジェクタである場合、MEMS (Micro Electro Mechanical Systems) ミラーが水平方向に一定の幅で往復運動することにより、光線が水平および垂直方向に走査される。ここで、MEMS ミラーの往復運動の往復幅が小さい場合、MEMS ミラーの運動の制御を容易に行なうことができる反面、光線発生器 2 の水平および垂直方向の画角が小さくなる。

10

## 【 0 0 9 4 】

このような場合でも、反射面および入出射面を凸状にすることにより、光線制御子 7 により反射される光線の水平および垂直方向の角度間隔を大きくすることができる。これにより、MEMS ミラーの往復運動の往復幅を大きくすることなく、小さい投射角度で大きい立体画像 3 0 0 を提示することができる。

## 【 0 0 9 5 】

また、MEMS ミラーを往復運動させる場合において、運動方向の切り替え時には、慣性制御のため回転速度を低下させることが好ましい。この場合、光線発生器 2 から出射される光線のうち、往復の運動方向が変化する領域 (画角の外側の領域) における光線の角度間隔は小さくなり、画角の中央方向の領域における光線の角度間隔は大きくなる。このような場合でも、反射面および入出射面の曲率を局所的に変化するように構成することにより、光線制御子 7 により反射される光線の角度間隔を一様にするすることができる。

20

## 【 0 0 9 6 】

また、光線発生器 2 に画角を固定するためのレンズが設けられている場合でも、反射面および入出射面が曲率を有する光線制御子 7 を用いることにより、光線制御子 7 により反射される光線の方向を変更することができる。

## 【 0 0 9 7 】

図 1 1 は、第 2 の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。本例では、光線制御子 7 は、第 1 の方向 X が垂直方向から所定の角度だけ傾斜するように配置されている。光線制御子 7 は、光透過拡散層 7 2 の入出射面が斜め上方を向くように傾斜している。この場合、光線制御子 7 は、より上方の空間に光線群を出射することができる。

30

## 【 0 0 9 8 】

図 1 2 は、第 3 の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。本例では、光線発生器 2 は、中心軸 Z に関して光線制御子 7 と反対側に配置されている。この場合、画角が小さい走査型プロジェクタ 2 であるにもかかわらず、大きい立体画像 3 0 0 を提示することができる。また、光線の走査範囲を大きくする必要がないので、光線発生器 2 の制御を容易にすることができる。

## 【 0 0 9 9 】

図 1 3 は、第 4 の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。本例では、光線制御子 7 とこれに対応する光線発生器 2 との間の光路上にミラー 7 3 が配置されている。この場合、光線発生器 2 から出射された光線は、ミラー 7 3 により反射されて光線制御子 7 の光透過拡散層 7 2 の入出射面に入射する。また、光路上には、2 個以上のミラー 7 3 が配置されてもよい。

40

## 【 0 1 0 0 】

この構成によれば、図 1 2 の光線発生器 2 の配置よりもさらに光線の光路を長くすることができる。そのため、画角がより小さい走査型プロジェクタ 2 を用いて大きい立体画像 3 0 0 を提示することができる。また、光線の走査範囲をより小さくすることができるので、光線発生器 2 の制御を容易にすることができる。さらに、光線発生器 2 の配置の自由度を増加させることができる。

## 【 0 1 0 1 】

50

図14は、第5の変形例に係る立体ディスプレイの構成を示す模式図である。この第5の変形例に係る立体ディスプレイにおいては、中心軸Z上に光線発生器2が配置され、光線発生器2の上方にミラー73が配置される。光線発生器2から出射された光線は、ミラー73により反射されて光線制御子7の光透過拡散層72の入出射面に入射する。

【0102】

第5の変形例においては、光線制御子7とミラー73とが回転モジュール6により回転され、光線発生器2は回転モジュール6により回転されない。この構成によれば、1組の光線発生器2、光線制御子7およびミラー73により立体画像300を提示することができる。

【0103】

また、第5の変形例においては、光線発生器2の上方にミラー73が配置され、光線発生器2は上方に光線を出射するが、これに限定されない。光線発生器2の下方にミラー73が配置され、光線発生器2は下方に光線を出射してもよい。

【0104】

(7) 効果

本実施の形態においては、光線制御子7の光透過拡散層72と光反射層71とが互いに積層されるので、光透過拡散層72と光反射層71との間に光の経路が存在しない。そのため、光線発生器2が出射すべき光線群の算出において、光透過拡散層72と光反射層71との位置関係を変動パラメータから除外することができる。それにより、光線群の算出処理が単純化される。また、光透過拡散層72と光反射層71とを積層することにより、光線制御子7を容易に製造することができる。さらに、光透過拡散層72と光反射層71との位置関係の調整が不要となる。これらの結果、正確な立体画像300をより容易に表示することができる。

【0105】

(8) 請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応関係

以下、請求項の各構成要素と実施の形態の各部との対応の例について説明するが、本発明は下記の例に限定されない。

【0106】

上記実施の形態では、立体画像300が立体画像の例であり、光線発生器2が光線発生器の例であり、光透過拡散層72が光透過拡散層の例であり、光反射層71が光反射層の例である。光線制御子7が光線制御子の例であり、回転モジュール6が回転機構の例であり、制御装置3が制御部の例であり、ミラー73がミラーの例であり、カメラ8が検出部の例である。

【0107】

請求項の各構成要素として、請求項に記載されている構成または機能を有する他の種々の要素を用いることもできる。

【産業上の利用可能性】

【0108】

本発明は、立体画像を表示する種々の立体ディスプレイに有効に利用することができる。

【符号の説明】

【0109】

- 2 光線発生器
- 3 制御装置
- 4 記憶装置
- 5 テーブル
- 6 回転モジュール
- 7 光線制御子
- 8 カメラ
- 10 観察者

10

20

30

40

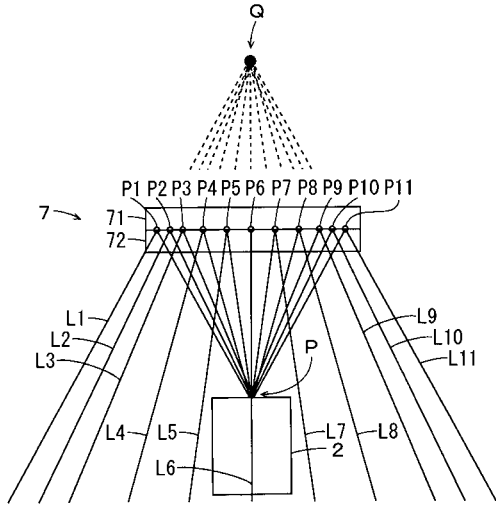
50

5 1	天板	
5 1 h	孔部	
5 2	脚	
6 1	モータ	
6 2	回転軸	
6 3	回転台	
6 4	信号伝送装置	
6 5	回転量計測器	
7 1	光反射層	
7 2	光透過拡散層	10
7 3	ミラー	
1 0 0 L	左眼	
1 0 0 R	右眼	
3 0 0	立体画像	
5 0 0	円環状視域	
d 1 , d 2	距離	
E , E ' , I 1 ~ I 3 , I G 0 ~ I G 2 , I R 0 ~ I R 2 , P 1 ~ P 1 1 , P G , P R		
, P S	位置	
F X	第 1 の面	
F Y	第 2 の面	20
H 1 , H 2	高さ	
L 1 ~ L 1 1 , L 3 1 ~ L 3 3 , L a ~ L d , L G 0 ~ L G 2 , L R 0 ~ L R 2	光線	
P	光線出射口	
P 3 1 , P 3 2 , P a ~ P d	点	
P I X	画素	
Q , Q a ~ Q d	仮想出射点	
X	第 1 の方向	
Y	第 2 の方向	
Z	中心軸	

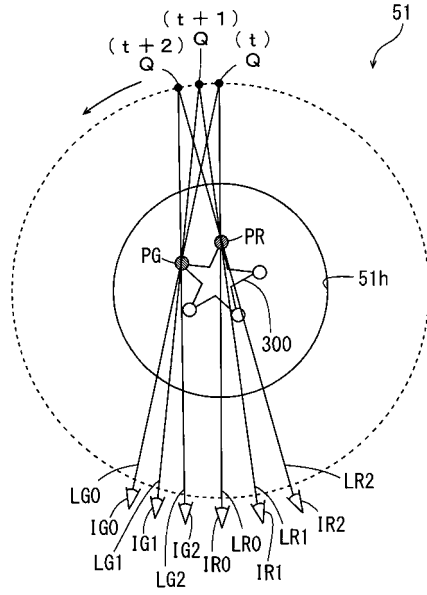




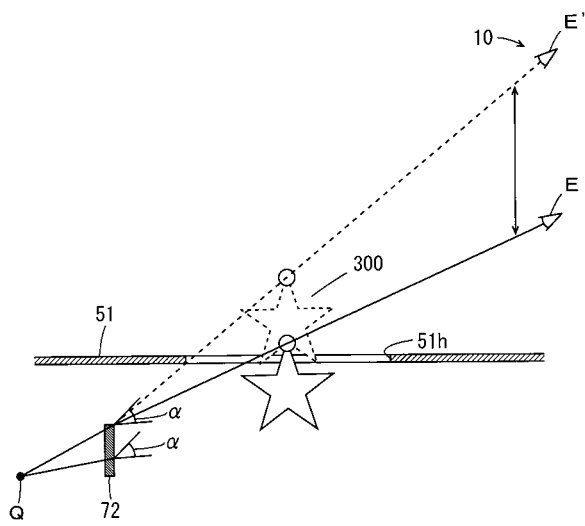
【 図 5 】



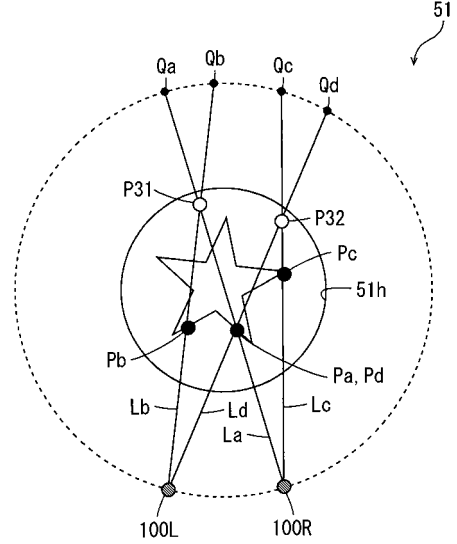
【 図 6 】



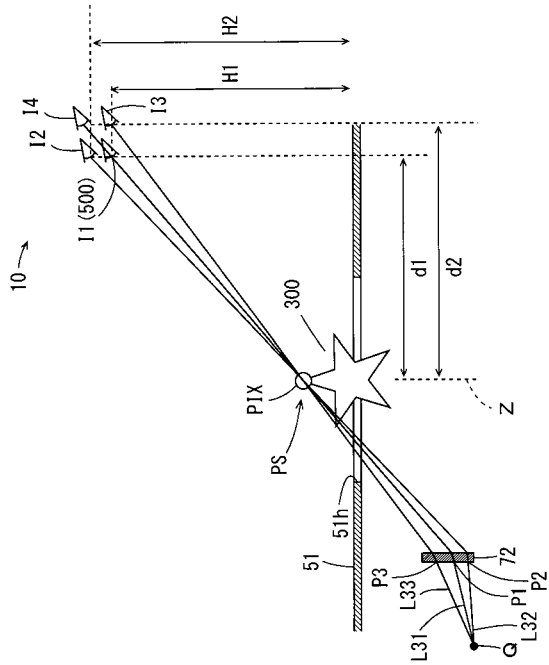
【 図 7 】



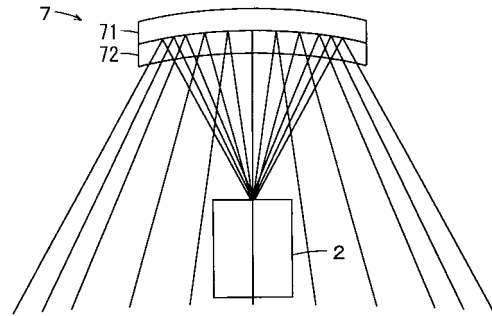
【 図 8 】



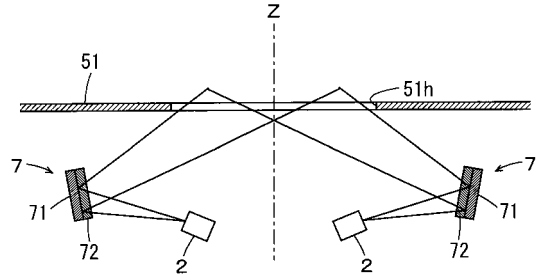
【図 9】



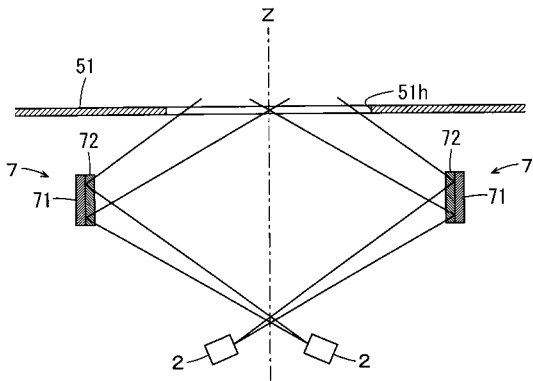
【図 10】



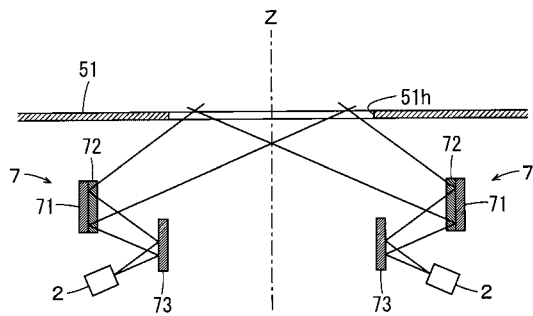
【図 11】



【図 12】



【図 13】



【図 14】

