

(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2019-20663

(P2019-20663A)

(43) 公開日 平成31年2月7日(2019.2.7)

(51) Int. Cl.	F 1	テーマコード (参考)
GO2B 27/22 (2006.01)	GO2B 27/22	2H059
GO3B 35/20 (2006.01)	GO3B 35/20	2H199
HO4N 13/30 (2018.01)	HO4N 13/04 900	5C061

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 26 頁)

(21) 出願番号	特願2017-141304 (P2017-141304)	(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
(22) 出願日	平成29年7月20日 (2017.7.20)	(74) 代理人	100098305 弁理士 福島 祥人
		(74) 代理人	100108523 弁理士 中川 雅博
		(74) 代理人	100187931 弁理士 澤村 英幸
		(72) 発明者	吉田 俊介 東京都小金井市貫井北町4-2-1 国立 研究開発法人情報通信研究機構内
		Fターム(参考)	2H059 AA35 AA38 2H199 BA13 BA20 BA32 BB18 BB19 BB32 BB52 BB62 5C061 AA06 AB14 AB16

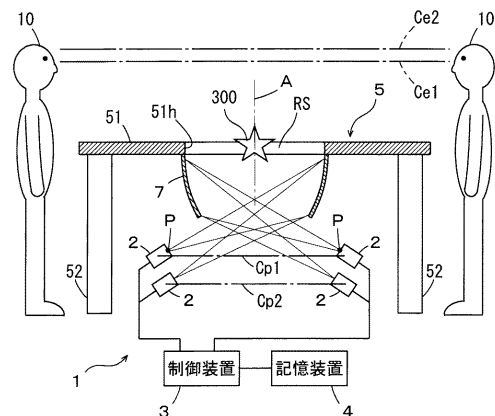
(54) 【発明の名称】 立体ディスプレイ

(57) 【要約】

【課題】 構成の複雑化、光量の低下および色数の減少を抑制することができかつ高精細な立体画像を提示する。

【解決手段】 軸Aの周囲を取り囲むように反射部材7が固定的に設けられる。反射部材7は、軸Aを中心とする内周面を反射面7aとして有する。軸Aを中心とする円Cp1に沿って並ぶように複数の光線発生器2が固定的に設けられる。各光線発生器2は、複数の光線からなる光線群を反射面7aに向けてそれぞれ出射する。制御装置3は、反射面7aで反射された光線群により立体画像300が提示されるように複数の光線発生器2を制御する。

【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、

第 1 の方向に延びる基準軸の周囲を取り囲むように固定的に設けられ、前記基準軸を中心とする内周面を反射面として有する反射部材と、

複数の光線からなる光線群を前記反射面に向けてそれぞれ出射し、前記基準軸の周囲を取り囲むように固定的に設けられた複数の第 1 の光線発生器と、

前記反射面で反射された光線群により立体画像が提示されるように前記複数の第 1 の光線発生器を制御する制御部とを備えた、立体ディスプレイ。

【請求項 2】

前記基準軸を取り囲む第 1 の観察領域が設定され、

前記複数の第 1 の光線発生器は、前記基準軸を取り囲むように定義された囲み線上に並ぶように設けられ、

前記複数の第 1 の光線発生器のうち一の第 1 の光線発生器が前記囲み線上の第 1 の実出射点に配置され、前記複数の第 1 の光線発生器のうち他の第 1 の光線発生器が前記囲み線上の第 2 の実出射点に配置され、

前記基準軸に垂直でかつ前記反射面に交差する仮想面が定義され、

前記囲み線が前記第 1 の方向において前記仮想面上に仮想線として投影され、前記第 1 の観察領域が前記第 1 の方向において前記仮想面上に仮想観察領域として投影され、前記仮想面内において、前記第 1 の実出射点に対応する前記仮想線上の第 1 の仮想出射点から出射される光線が前記反射面の第 1 の反射点で反射されて前記仮想観察領域の仮想観察点に到達し、前記第 2 の実出射点に対応する前記仮想線上の第 2 の仮想出射点から出射される光線が、前記反射面の第 2 の反射点で反射されて前記仮想観察領域の前記仮想観察点に到達し、

前記仮想観察点と前記第 1 の反射点とを通る第 1 の直線が前記仮想線と第 3 の仮想出射点で交差しかつ前記仮想観察点と前記第 2 の反射点とを通る第 2 の直線が前記仮想線と第 4 の仮想出射点で交差する場合、前記第 1 の仮想出射点と前記第 2 の仮想出射点との間の距離は、前記第 3 の仮想出射点と前記第 4 の仮想出射点との間の距離よりも大きい、請求項 1 記載の立体ディスプレイ。

【請求項 3】

前記反射面は、前記複数の第 1 の光線発生器から出射される光線群を前記第 1 の方向において予め定められた第 1 の観察領域に集光するように形成される、請求項 1 記載の立体ディスプレイ。

【請求項 4】

前記複数の第 1 の光線発生器は、前記基準軸に垂直な第 1 の仮想面上に並ぶように設けられ、

複数の光線からなる光線群を前記反射面に向けてそれぞれ出射し、前記基準軸の周囲を取り囲み、かつ前記基準軸に垂直な第 2 の仮想面上に並ぶように固定的に設けられた複数の第 2 の光線発生器をさらに備え、

前記反射面は、前記複数の第 2 の光線発生器から出射される光線群を前記第 1 の方向において予め定められた第 2 の観察領域に集光するように形成される、請求項 3 記載の立体ディスプレイ。

【請求項 5】

前記第 1 の光線発生器から出射される光線群を前記第 1 の方向を含む面内で拡散させるように設けられた拡散部材をさらに備える、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の立体ディスプレイ。

【請求項 6】

前記複数の第 1 の光線発生器の各々から出射される光線群は、前記第 1 の方向に平行な面内で並ぶ光線列および前記第 1 の方向に垂直な第 2 の方向に平行な面内で並ぶ光線行を含み、

10

20

30

40

50

前記光線列における単位角度当たりの光線数より前記光線行における単位角度当たりの光線数が多い、請求項 1 ~ 5 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。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提示される。

10

【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。モータによって回転台が回転される状態で、各走査型プロジェクタが、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】

【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 の立体ディスプレイでは、走査型プロジェクタを回転させる駆動機構が必要であるので、構成が複雑になるとともに、駆動機構の動作不良等の不具合が生じやすい。また、走査型プロジェクタが時分割で光線群を出射する必要があるため、光量の低下および色数の減少が生じるとともに、動画像の画質の向上に限界がある。

【0006】

30

本発明の目的は、構成の複雑化、光量の低下および色数の減少を抑制することができかつ高精細な立体画像を提示することが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、第 1 の方向に延びる基準軸の周囲を取り囲むように固定的に設けられ、基準軸を中心とする内周面を反射面として有する反射部材と、複数の光線からなる光線群を反射面に向けてそれぞれ出射し、基準軸の周囲を取り囲むように固定的に設けられた複数の第 1 の光線発生器と、反射面で反射された光線群により立体画像が提示されるように複数の第 1 の光線発生器を制御する制御部とを備える。

40

【0008】

この立体ディスプレイにおいては、基準軸の周囲を取り囲むように固定的に設けられた複数の第 1 の光線発生器の各々から複数の光線からなる光線群が出射される。複数の第 1 の光線発生器から出射された光線群は、反射部材の反射面で反射され、一部の光線が観察者の眼に到達する。この場合、第 1 の光線発生器で出射された光線が観察者の眼に直接的に到達する場合に比べて、光線の飛来距離が長い。そのため、隣り合う 2 つの光線発生器の距離が同じであっても、その 2 つの光線発生器のうち一方の光線発生器から観察者の眼に到達する光線と他方の光線発生器から観察者の眼に到達する光線との間の角度が小さくなる。したがって、観察者の眼に到達する光線の密度が高くなる。その結果、観察者に高精細な立体画像を提示することができる。

50

【 0 0 0 9 】

また、各第1の光線発生器が回転されないので、回転駆動機構が不要であり、構成の複雑化が抑制される。さらに、各第1の光線発生器が時分割で光線群を出射する必要がないので、立体画像の光量の低下および色数の減少が抑制される。加えて、各第1の光線発生器が固定されているので、各第1の光線発生器により出射される光線を観察者の眼に時分割でなく連続的に入射させることができる。それにより、立体画像を連続的に変化させることが容易になる。その結果、立体画像として高画質の動画像を提示することが容易となる。

【 0 0 1 0 】

(2) 基準軸を取り囲む第1の観察領域が設定され、複数の第1の光線発生器は、基準軸を取り囲むように定義された囲み線上に並ぶように設けられ、複数の第1の光線発生器のうち第1の光線発生器が囲み線上の第1の実出射点に配置され、複数の第1の光線発生器のうち他の第1の光線発生器が囲み線上の第2の実出射点に配置され、基準軸に垂直でかつ反射面に交差する仮想面が定義され、囲み線が第1の方向において仮想面上に仮想線として投影され、第1の観察領域が第1の方向において仮想面上に仮想観察領域として投影され、仮想面内において、第1の実出射点に対応する仮想線上の第1の仮想出射点から出射される光線が反射面の第1の反射点で反射されて仮想観察領域の仮想観察点に到達し、第2の実出射点に対応する仮想線上の第2の仮想出射点から出射される光線が、反射面の第2の反射点で反射されて仮想観察領域の仮想観察点に到達し、仮想観察点と第1の反射点とを通る第1の直線が仮想線と第3の仮想出射点で交差しかつ仮想観察点と第2の反射点とを通る第2の直線が仮想線と第4の仮想出射点で交差する場合、第1の仮想出射点と第2の仮想出射点との間の距離は、第3の仮想出射点と第4の仮想出射点との間の距離よりも大きくてもよい。

【 0 0 1 1 】

この場合、第1および第2の仮想出射点から反射面を介して仮想観察点にそれぞれ到達する2つの光線(以下、反射光線と呼ぶ。)の間の角度は、第3および第4の仮想出射点から直接的に仮想観察点にそれぞれ到達する2つの光線(以下、直接光線と呼ぶ。)の間の角度と等しい。一方、第1の仮想出射点と第2の仮想出射点との間の距離は、第3の仮想出射点と第4の仮想出射点との間の距離よりも大きい。そのため、2つの反射光線の間の角度と2つの直接光線との間の角度とが等しい場合であっても、2つの反射光線を出射する2つの第1の光線発生器の間の距離が2つの直接光線を出射する2つの第1の光線発生器の間の距離よりも大きくなる。2つの第1の光線発生器の間に配置可能な第1の光線発生器の数は、第1の光線発生器の物理的な大きさにより制限される。そのため、2つの反射光線の間の角度と2つの直接光線との間の角度とが等しい場合であっても、2つの反射光線を出射する2つの第1の光線発生器の間に配置可能な第1の光線発生器の数は、2つの直接光線を出射する2つの第1の光線発生器の間に配置可能な第1の光線発生器の数より多くなる。したがって、反射面で反射される光線を用いて立体画像を提示することにより、観察者の眼に到達する光線の密度を高めることが可能となる。その結果、高精細な立体画像を提示することができる。

【 0 0 1 2 】

(3) 反射面は、複数の第1の光線発生器から出射される光線群を第1の方向において予め定められた第1の観察領域に集光するように形成されてもよい。この場合、構成を複雑化させることなく、観察者が第1の観察領域で立体画像を観察することができる。

【 0 0 1 3 】

(4) 複数の第1の光線発生器は、基準軸に垂直な第1の仮想面上に並ぶように設けられ、立体ディスプレイは、複数の光線からなる光線群を反射面に向けてそれぞれ出射し、基準軸の周囲を取り囲み、かつ基準軸に垂直な第2の仮想面上に並ぶように固定的に設けられた複数の第2の光線発生器をさらに備え、反射面は、複数の第2の光線発生器から出射される光線群を第1の方向において予め定められた第2の観察領域に集光するように形成されてもよい。この場合、観察者は、第1の観察領域と第2の観察領域とで異なる立体

10

20

30

40

50

画像を観察することが可能となる。

【 0 0 1 4 】

(5) 立体ディスプレイは、第 1 の光線発生器から出射される光線群を第 1 の方向を含む面内で拡散させるように設けられた拡散部材をさらに備えてもよい。この場合、第 1 の方向において立体画像に隙間が生じることが防止される。

【 0 0 1 5 】

(6) 複数の第 1 の光線発生器の各々から出射される光線群は、第 1 の方向に平行な面内で並ぶ光線列および第 1 の方向に垂直な第 2 の方向に平行な面内で並ぶ光線行を含み、光線列における単位角度当たりの光線数より光線行における単位角度当たりの光線数が多くてもよい。この場合、第 1 の方向と垂直な方向において観察者の眼に到達する光線の密度を高めることができるので、立体画像の精細度を高めることができる。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 6 】

本発明によれば、構成の複雑化、光量の低下および色数の減少を抑制することができかつ高精細な立体画像を提示することが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 7 】

【 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。

【 図 3 】 光線発生器の動作を説明するための模式的平面図および模式的側面図である。

20

【 図 4 】 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 5 】 反射面、円および観察領域の位置関係について説明するための図である。

【 図 6 】 光線発生器から出射された光線が直接的に観察者の眼に入射する場合の入射光線密度について説明するための図である。

【 図 7 】 本実施の形態における入射光線密度について説明するための図である。

【 図 8 】 反射面の詳細について説明するための図である。

【 図 9 】 反射部材の第 1 の変形例について説明するための図である。

【 図 1 0 】 楕円形状の水平断面を有する反射面が設けられる場合の立体画像の提示例を示す図である。

【 図 1 1 】 反射部材の第 2 の変形例を示す図である。

30

【 図 1 2 】 反射部材の第 3 の変形例を示す模式的断面図である。

【 図 1 3 】 反射部材の第 4 の変形例を示す模式的斜視図である。

【 図 1 4 】 反射部材の第 5 の変形例を示す模式的斜視図である。

【 図 1 5 】 複数の光線発生器の他の配置例を示す図である。

【 図 1 6 】 数の光線発生器が反射面より上方に配置された例を示す図である。

【 図 1 7 】 光線発生器の一構成例を示す模式図である。

【 図 1 8 】 光線発生器の他の構成例を示す模式図である。

【 図 1 9 】 空間光変調器の一例を示す模式図である。

【 図 2 0 】 レンズの構成について説明するための模式図である。

【 図 2 1 】 空間光変調器の他の例を示す模式図である。

40

【 図 2 2 】 拡散部材の第 1 の例を示す模式的断面図である。

【 図 2 3 】 拡散部材の第 2 の例を示す模式的断面図である。

【 図 2 4 】 拡散部材の第 3 の例を示す模式的断面図である。

【 図 2 5 】 反射部材としてハーフミラーが用いられる例を示す模式的断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 8 】

以下、本発明の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。

【 0 0 1 9 】

(1) 立体ディスプレイの構成

50

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。

【0020】

図1に示すように、立体ディスプレイ1は、複数の光線発生器2、制御装置3、記憶装置4および反射部材7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、サーキットボードまたは組み込みシステム等からなる。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。

【0021】

図1および図2の立体ディスプレイ1の一部は、テーブル5に取り付けられる。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。

10

【0022】

反射部材7は、テーブルの孔部51hの下方において、上下方向に延びる軸Aの周囲を取り囲むように設けられる。本例において、反射部材7は、軸Aを中心に回転対称な略円筒形状を有する。反射部材7は、軸Aを中心とする内周面を反射面7aとして有する。軸Aに垂直な面内（水平面内）で、反射面7aは、軸Aを中心とする円形である。また、反射面7aは、上下方向において凹状に湾曲する。反射面7aの詳細については後述する。反射部材7の内部から上方にかけて形成される画像提示空間RSに立体画像300が提示される。

20

【0023】

複数の光線発生器2は、テーブル5の天板51の下方において、軸Aの周囲を取り囲むように固定的に設けられる。本例において、複数の光線発生器2は、軸Aをそれぞれ中心とする円Cp1、Cp2上に配置される。円Cp1、Cp2は、軸Aを取り囲むように定義され、軸Aに垂直で互いに異なる仮想面上に設定される。円Cp1、Cp2は、それぞれ軸Aに関して反射部材7より外方にも位置し、円Cp2は、円Cp1より下方に位置する。複数の光線発生器2は、円Cp1に沿って円環状に並べられるとともに、円Cp2に沿って円環状に並べられる。複数の光線発生器2は、テーブル5および反射部材7に対して固定的な位置に設けられる。複数の光線発生器2が、光線発生器アレイとして一体的に設けられてもよい。各光線発生器2は、複数の光線からなる光線群を出射する光線出射部Pを有する。各光線発生器2の光線出射部Pは、反射部材7の反射面7aに向けられる。また、光線出射部Pから出射される光線群の少なくとも一部は、軸Aを通る。ここで、光線とは、拡散しない直線で表される光をいう。光線発生器2としては、例えば走査型プロジェクタが用いられる。走査型プロジェクタは、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。

30

【0024】

各光線の色（各画素の色）は、提示されるべき立体画像300に応じて設定される。光線発生器2として走査型プロジェクタを用いる場合には、光線の出射方向ごとに光線の色が設定される。これにより、擬似的に光線群を形成することができる。

40

【0025】

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DMD（Digital Micromirror Device）、LCD（Liquid Crystal Display）またはLCOS（Liquid Crystal on Silicon）である。あるいは、点光源またはレーザポインタとスライドフィルムとを組み合わせるとして光線発生器2としてもよい。

【0026】

50

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。これにより、画像提示空間 R S に立体画像 3 0 0 が提示される。

【 0 0 2 7 】

テーブル 5 の天板 5 1 より高い位置に、軸 A を中心とする円環状の観察領域 C e 1 , C e 2 が設定される。本例では、軸 A に関して円 C p 1 , C p 2 よりも外方に観察領域 C e 1 , C e 2 が位置する。図 1 および図 2 においては、観察領域 C e 1 , C e 2 がそれぞれ線で示されるが、観察領域 C e 1 , C e 2 は上下方向および水平方向において一定の幅を有してもよい。観察者 1 0 は、観察領域 C e 1 , C e 2 から、画像提示空間 R S に提示される立体画像 3 0 0 を観察することができる。

【 0 0 2 8 】

(2) 光線発生器の動作

図 3 は、光線発生器 2 の動作を説明するための模式的平面図および模式的側面図である。図 3 (a) には、円 C p 1 上に配置される 1 つの光線発生器 2 が示される。図 3 (b) には、円 C p 1 上に配置される 1 つの光線発生器 2 および円 C p 2 上に配置される 1 つの光線発生器 2 が示される。

【 0 0 2 9 】

各光線発生器 2 から出射される光線群は、複数列および複数行に並ぶ複数の光線 L を含む。列は上下方向の並びであり、行は水平方向の並びである。すなわち、各列の複数の光線は上下方向に平行な面上に並び、各行の複数の光線は水平方向に平行な面上に並び、以下、各列の複数の光線 L の並びを光線列と呼び、各行の複数の光線 L の並びを光線行と呼ぶ。

【 0 0 3 0 】

図 3 (a) に示すように、水平方向において、円 C p 1 上の光線発生器 2 から出射される光線群は、円形の水平断面を有する反射面 7 a で反射される。この場合、共通の光線列に含まれる複数の光線 L が、平面視で互いに異なる方向に進行する。円 C p 2 上の光線発生器 2 から出射される光線群についても同様である。

【 0 0 3 1 】

図 3 (b) に示すように、円 C p 1 上の光線発生器 2 から出射される光線群は、反射面 7 a で反射されて上下方向において観察領域 C e 1 に集光される。この場合、共通の光線列に含まれる複数の光線 L は、観察領域 C e 1 内のほぼ共通の位置に到達する。また、円 C p 2 上の光線発生器 2 から出射される光線群は、反射面 7 a で反射されて上下方向において観察領域 C e 2 に集光される。この場合、共通の光線列に含まれる複数の光線 L は、観察領域 C e 2 内のほぼ共通の位置に到達する。

【 0 0 3 2 】

観察者 1 0 は、観察領域 C e 1 内のある位置において、円 C p 1 上に配置された 1 つの光線発生器 2 から出射される光線群のうち、共通の光線列に含まれる複数の光線 L を視認することができる。また、観察者 1 0 は、観察領域 C e 2 内のある位置において、円 C p 2 上に配置された 1 つの光線発生器 2 から出射される光線群のうち、共通の光線列に含まれる複数の光線 L を視認することができる。

【 0 0 3 3 】

なお、図 3 (a) に示すように、各光線発生器 2 から出射される光線列は、反射面 7 a で反射されることによって進行方向が分散する。そのため、水平方向において、観察領域 C e 1 , C e 2 に到達する複数の光線の間隔が大きくなりやすい。そこで、各光線発生器 2 から出射される光線群について、光線行の密度は、光線列の密度よりも高いことが好ましい。光線の密度とは、単位角度当たりの光線数を意味する。光線行の密度は、上下方向に広がる複数の光線のうち単位角度当たりの光線数であり、光線列の密度は、水平方向に広がる複数の光線のうち単位角度当たりの光線数である。すなわち、光線列における単位角度当たりの光線数より光線行における単位角度当たりの光線数が多いことが好ましい。この場合、観察領域 C e 1 , C e 2 に到達する複数の光線 L の間隔を縮めることができるので、立体画像 3 0 0 の精細度を高めることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

(3) 立体画像の提示方法

図 4 は立体画像 3 0 0 の提示方法を説明するための模式的平面図である。ここでは、円 C p 1 上に配置された複数の光線発生器 2 による立体画像 3 0 0 の提示方法について説明する。以下、観察領域 C e 1 で観察されるべき立体画像 3 0 0 を立体画像 3 0 0 A と呼び、観察領域 C e 2 で観察されるべき立体画像 3 0 0 を立体画像 3 0 0 B と呼ぶ。図 4 には、円 C p 1 上に配置された 3 つの光線発生器 2 A , 2 B , 2 C が示される。

【 0 0 3 5 】

図 4 (a) において、例えば、画像提示空間 R S の位置 P R に赤色の画素を提示する場合には、光線発生器 2 A は、反射面 7 a で反射されて位置 P R を通るように赤色の光線 L A 0 を出射し、光線発生器 2 B は、反射面 7 a で反射されて位置 P R を通るように赤色の光線 L B 0 を出射し、光線発生器 2 C は、反射面 7 a で反射されて位置 P R を通るように光線 L C 0 を出射する。

10

【 0 0 3 6 】

それにより、赤色の光線 L A 0 , L B 0 , L C 0 の交点に点光源となる赤色の画素が提示される。具体的には、観察者の眼が、位置 I A 0 , I B 0 , I C 0 にある場合に、位置 P R に赤色の画素が見える。位置 I A 0 , I B 0 , I C 0 は、観察領域 C e 1 内の互いに異なる位置である。

【 0 0 3 7 】

同様にして、画像提示空間 R S の位置 P G に緑色の画素を提示する場合、光線発生器 2 A は、反射面 7 a で反射されて位置 P G を通るように緑色の光線 L A 1 を出射し、光線発生器 2 B は、反射面 7 a で反射されて位置 P G を通るように緑色の光線 L B 1 を出射し、光線発生器 2 C は、反射面 7 a で反射されて位置 P G を通るように緑色の光線 L C 1 を出射する。

20

【 0 0 3 8 】

それにより、緑色の光線 L A 1 , L B 1 , L C 1 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、観察者の眼が位置 I A 1 , I B 1 , I C 1 にある場合に、位置 P G に緑色の画素が見える。位置 I A 1 , I B 1 , I C 1 は、観察領域 C e 1 内の互いに異なる位置である。

【 0 0 3 9 】

このようにして、複数の光線発生器 2 A , 2 B , 2 C の各々から立体画像 3 0 0 A 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。

30

【 0 0 4 0 】

光線発生器 2 A , 2 B , 2 C を含む複数の光線発生器 2 が円 C p 1 に沿うように密に並べられており、それらの複数の光線発生器 2 から出射される光線群によって画像提示空間 R S が十分に密に交点群で満たされていれば、観察領域 C e 1 内のいずれの位置から画像提示空間 R S を観察しても位置 P R , P G を通過する適切な光線が眼に入射することになり、人の眼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複数の位置の色を複数の光線発生器 2 より飛来する光線によって適切に再現することにより、観察領域 C e 1 で観察可能な立体画像 3 0 0 A を提示することができる。

40

【 0 0 4 1 】

また、観察領域 C e 1 内において、観察者 1 0 の右眼の位置と左眼の位置とは互いに異なる。観察者 1 0 が 1 つの点光源を見る場合、その点光源をなす複数の光線のうち、異なる方向の光線が右眼および左眼にそれぞれ入射する。そのため、観察者 1 0 は、右眼と左眼とで異なる視線方向に各点光源を見ることができる。すなわち右眼の視線方向と左眼の視線方向との間には輻輳角がある。また、右眼で見る複数の点光源の位置関係と、左眼で見る複数の点光源の位置関係とは異なる。すなわち視差が発生する。これらにより、観察者 1 0 は、光線群により形成される画像を立体視することができる。

50

【 0 0 4 2 】

上下方向においては、共通の光線列に含まれる複数の光線 L が観察領域 $C e 1$ のほぼ共通の位置に集光される。例えば、図 4 (a) の位置 $I A 0$ には、光線発生器 2 A から出射される光線群のうち、光線 $L A 0$ と共通の光線列に含まれる複数の光線 L が到達する。これにより、上下方向において物体の表面を表す複数の色を再現することができる。

【 0 0 4 3 】

同様にして、円 $C p 2$ 上に配置された複数の光線発生器 2 は、図示しない立体画像 3 0 0 B の各位置を通るように、提示すべき色の光線を出射する。それにより、観察領域 $C e 2$ で観察可能な立体画像 3 0 0 B を画像提示空間 $R S$ に提示することができる。

【 0 0 4 4 】

立体画像 3 0 0 A , 3 0 0 B は、例えば上下方向において互いに視差を有する画像である。すなわち、観察領域 $C e 1$ から見える物体の表面の各位置の色が円 $C p 1$ 上の複数の光線発生器 2 から出射される光線群によって再現され、観察領域 $C e 2$ から見える物体の表面の各位置の色が円 $C p 2$ 上の複数の光線発生器 2 から出射される光線群によって再現される。

【 0 0 4 5 】

(4) 位置関係

図 5 は、図 4 の反射面 7 a、円 $C p 1$ および観察領域 $C e 1$ の位置関係について説明するための図である。図 4 の反射面 7 a、円 $C p 2$ および観察領域 $C e 2$ の位置関係は、図 5 に示す位置関係と同様である。図 5 には、反射面 7 a が示されるとともに、円 $C p 1$ および観察領域 $C e 1$ にそれぞれ対応する仮想円 $C p 1$ および仮想観察領域 $C e 1$ が示される。仮想円 $C p 1$ は、上下方向 (軸 A に平行な方向) において、軸 A に垂直でかつ反射面 7 a と交差する面 (以下、仮想面と呼ぶ。) に円 $C p 1$ が投影されることによって定まる仮想的な円である。仮想観察領域 $C e 1$ は、上下方向において、仮想面に観察領域 $C e 1$ が投影されることによって定まる仮想的な観察領域である。

【 0 0 4 6 】

図 5 の例では、仮想観察領域 $C e 1$ 内の任意の点を $P e$ とし、点 $P e$ から軸 A を通って仮想円 $C p 1$ と交差する直線を $L p a$ とし、直線 $L p a$ と仮想円 $C p 1$ との一对の交点を $P p a$, $P p a$ とする。点 $P p a$ と点 $P e$ との間の距離は、点 $P p a$ と点 $P e$ との間の距離よりも大きい。また、仮想円 $C p 1$ 上の点 $P p b$ と点 $P e$ とを通る直線を $L p b$ とする。仮想円 $C p 1$ 上において、点 $P p b$ は点 $P p a$ とは異なる点である。直線 $L p b$ は、反射面 7 a と 2 点で交差する。

【 0 0 4 7 】

直線 $L p a$ と反射面 7 a との一对の交点のうち、点 $P e$ からの距離が大きい側の点を $P m a$ とし、直線 $L p b$ と反射面 7 a との一对の交点のうち、点 $P e$ からの距離が大きい側の点を $P m b$ とする。また、点 $P m b$ における法線を $L n b$ とし、法線 $L n b$ に関して直線 $L p b$ と線対称な直線を $L m b$ とし、直線 $L m b$ と仮想円 $C p 1$ との一对の交点のうち、点 $P m b$ からの距離が遠い側の点を $P p b$ とする。また、仮想円 $C p 1$ 上における点 $P p a$ と点 $P p b$ との間の距離を $W p$ とし、仮想円 $C p 1$ 上における点 $P p a$ と点 $P p b$ との間の距離を $W p$ とする。この場合、距離 $W p$ が距離 $W p$ よりも大きい。以下に説明するように、本実施の形態では、図 5 の点 $P p a$, $P p b$ 間の距離 $W p$ が点 $P p a$, $P p b$ 間の距離 $W p$ よりも大きいという関係を利用している。

【 0 0 4 8 】

(5) 入射光線密度の比較

本実施の形態では、光線発生器 2 から出射された光線が、反射部材 7 の反射面 7 a で反射して観察者 1 0 の眼に到達する。この場合、光線発生器 2 から出射された光線が直接的に観察者 1 0 の眼に到達する場合と比べて、観察者 1 0 の眼に入射する光線の密度 (以下、入射光線密度と呼ぶ。) が高くなる。

【 0 0 4 9 】

図 6 は、光線発生器 2 から出射された光線が直接的に観察者 1 0 の眼に入射する場合の

10

20

30

40

50

入射光線密度について説明するための図である。図7は、本実施の形態における入射光線密度について説明するための図である。図6および図7には、図5と同様に、仮想円C p 1 および仮想観察領域C e 1 が示される。

【0050】

図6の例では、仮想円C p 1 上の位置P p L , P p M に光線発生器2 L , 2 M が仮想的に配置される。光線発生器2 L から出射される光線群のうちの光線L L が仮想観察領域C e 1 上の位置I Xに到達するとともに、光線発生器2 M から出射される光線群のうちの光線L M が位置I Xに到達する。位置P p L は、第3の仮想出射点の例であり、位置P p M は、第4の仮想出射点の例であり、位置I Xは仮想観察点の例である。

10

【0051】

光線L L と光線L M とは、角度 θ をなす。この場合、光線発生器2 L と光線発生器2 M との間に位置する他の光線発生器2の数が多いほど、角度 θ の範囲内における入射光線密度が高い。

【0052】

しかしながら、光線発生器2 L , 2 M の間に配置可能な光線発生器2の数は、光線発生器2の物理的な大きさによって制限される。そのため、光線発生器2 L と光線発生器2 M との間の光線発生器2の数を増やすには限界がある。一方、角度 θ を維持しながら、光線発生器2 L , 2 M と位置I Xとの間の距離を大きくする（光線発生器2 L , 2 M を位置I Xから遠ざける）と、光線発生器2 L と光線発生器2 M との間隔が広がる。そのため、光線発生器2 L と光線発生器2 M との間により多くの光線発生器2を配置することが可能となり、角度 θ の範囲内における入射光線密度を高めることが可能となる。しかしながら、その場合には立体ディスプレイ1の占有面積が増大する。

20

【0053】

図7の例では、仮想円C p 1 上の位置P p L , P p Mに、光線発生器2 L , 2 Mが仮想的に配置される。光線発生器2 Lから出射される光線群のうちの光線L Lが、反射面7 aの位置P m Lで反射されて位置I Xに到達するとともに、光線発生器2 Mから出射される光線群のうちの光線L Mが、反射面7 aのP m Mで反射されて位置I Xに到達する。位置P p Lは第1の仮想出射点の例であり、位置P p Mは第2の仮想出射点の例であり、位置P m Lは第1の反射点の例であり、位置P m Mは第2の反射点の例である。

30

【0054】

図7の光線発生器2 L は、位置P m Lと位置I Xとを通る直線上に位置し、図7の光線発生器2 M は、位置P m Mと位置I Xとを通る直線上に位置する。そのため、反射後の光線L Lと光線L Mとがなす角度は、図6の光線L Lと光線L Mとがなす角度 θ と等しい。

【0055】

光線発生器2 Lと位置P m Lとの間の距離D Lは、光線発生器2 Lと位置P m Lとの間の距離D L よりも大きい。また、光線発生器2 Mと位置P m Mとの間の距離D Mは、光線発生器2 Mと位置P m Mとの間の距離D M よりも大きい。この場合、光線発生器2 Lと光線発生器2 Mとの間の距離は、図6の光線発生器2 Lと光線発生器2 Mとの間の距離よりも大きい。そのため、光線発生器2 Lと光線発生器2 Mとの間に配置可能な光線発生器2の数は、光線発生器2 Lと光線発生器2 Mとの間に配置可能な光線発生器2の数よりも多い。したがって、図7の例では、図6の例と比べて、立体ディスプレイの占有面積を増大させることなく、角度 θ の範囲内における入射光線密度を高めることができる。他の角度範囲においても、同様の効果が得られる。

40

【0056】

このように、反射部材7が設けられる場合には、反射部材7が設けられない場合と比べて、立体ディスプレイの占有面積を増大させることなく、入射光線密度を高くすることができる。また、反射部材7が設けられない場合の光線発生器2の数より反射部材7が設けられる場合の光線発生器2の数が少なくても、反射部材7が設けられない場合と反射部材

50

7 が設けられる場合とで同等の入射光線密度を得ることが可能である。観察領域 C e 2 における入射光線密度についても図 6 および図 7 の例と同様に、円 C p 2 の各光線発生器 2 から出射される光線 L を反射部材 7 の反射面 7 a で反射させることにより、入射光線密度を高くすることができる。

【 0 0 5 7 】

(6) 上下方向の視差

上記のように、円 C p 1 上の光線発生器 2 から出射される光線群は、上下方向において観察領域 C e 1 に集光され、かつ円 C p 2 上の光線発生器 2 から出射される光線群は、上下方向において観察領域 C e 2 に集光される。

【 0 0 5 8 】

図 8 は、反射面 7 a の詳細について説明するための図である。図 8 においては、X Y 座標が定義される。X 軸は、軸 A と直交しかつ反射面 7 a の上端を通る。Y 軸は、軸 A と平行である。X 軸と Y 軸との交差位置に、原点 O が定義される。

【 0 0 5 9 】

図 8 の例では、円 C p 1 上の点 P p G から出射される 1 つの光線が、反射面 7 a 上の点 P m G で反射され、観察領域 C e 1 内の点 I G に到達する。ここで、点 P p G の座標を $(x_1, -y_1)$ とし、点 I G の座標を (x_2, y_2) とし、Y 軸から点 P m G までの距離を x とし、X 軸から点 P m G までの距離を y とする。また、点 P m G から点 P p G に到るベクトルを V_1 とし、点 P m G から点 I G に到るベクトルを V_2 とする。また、点 P m G と点 I G とを通る直線が、点 P m G を中心としかつ点 P p G を通る円と交差する点を I G とし、点 I G の座標を (x_2, y_2) とし、点 P m G から点 I G に到るベクトルを V_2 とする。 $x_1, y_1, x_2, y_2, x, y, x_2, y_2$ は、それぞれ正の値である。

【 0 0 6 0 】

ベクトル V_2 の長さ $|V_2|$ は、定義からベクトル V_1 の長さ $|V_1|$ と等しい。ベクトル V_1 の長さ $|V_1|$ とベクトル V_2 の長さ $|V_2|$ との間には、次式 (1) が成立する。

【 0 0 6 1 】

$$\begin{aligned} |V_1| / |V_2| &= |V_2| / |V_2| \\ &= (x_2 + x) / (x_2 + x) \\ &= (y_2 + y) / (y_2 + y) \cdots (1) \end{aligned}$$

$|V_2| = |V_2|$ を比 とすると、 $V_2 = V_2$ であり、次式 (2) , (3) が成立する。

【 0 0 6 2 】

$$x_2 + x = (x_2 + x) \cdots (2)$$

$$y_2 + y = (y_2 + y) \cdots (3)$$

また、 $|V_1|$ および $|V_2|$ は、次式 (4) , (5) で表される。

【 0 0 6 3 】

$$|V_1| = \{ (x_1 + x)^2 + (y_1 - y)^2 \} \cdots (4)$$

$$|V_2| = \{ (x_2 + x)^2 + (y_2 + y)^2 \} \cdots (5)$$

点 P m G における法線ベクトル N は、 $t(V_2 + V_1)$ で表される。t は、0 以外の任意の値である。t = 1 とすると、次式 (6) が成立する。

【 0 0 6 4 】

$$\begin{aligned} N &= [x_2 + x, y_2 + y] + [x_1 + x, -(y_1 - y)] \\ &= [(x_2 + x) + x_1 + x, (y_2 + y) - (y_1 - y)] \\ &\cdots (6) \end{aligned}$$

法線ベクトル $N = [N_x, N_y]$ を X Y 平面上で 90 度回転させることにより、反射面 7 a の点 P m G における傾きである接ベクトル T が求められる。接ベクトル T は、 $Rot \cdot N = [-N_y, N_x]$ で表される。Rot は、90 度の回転行列 $\begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$ を表す。

10

20

30

40

50

【0065】

XY平面上において、反射面7aの任意の点における法線ベクトル N_n (n は、0以上の整数)および接ベクトル T_n は、例えば、 x および y を用いた漸化式で求めることができる。ここで、初期値として、反射面7aの上端の(x , y)を(0 , 0)とすると、反射面7aの上端における法線ベクトル $N_0 = (N_{x0}, N_{y0})$ が求められる。この場合、反射面7aの上端の接ベクトルは $T_0 = (-N_{y0}, N_{x0})$ である。

【0066】

Y軸上の微小な単位区間を d としてX軸上の微小な移動量を x とすると、反射面7aの上端の傾きは $d/x = N_{x0} / -N_{y0}$ であり、 $x = (-N_{y0} \cdot d) / N_{x0}$ である。これにより、Y軸上で単位区間 d だけ離れた点の接ベクトル T_1 は、(x , y) = (x_0 , d)として計算すればよく、それ以降の傾き T_n は、(x , y) = (x_i , $d \cdot n$)として計算すればよい。 i は、0以上($n-1$)以下の整数である。このようにして求められた(x , y)の列を通る曲線を、軸Aを中心として360度回転させた回転体が反射面7aとして定義される。

10

【0067】

このような定義を満たすように反射面7aが形成されることにより、円 C_{p1} 上の各光線発生器2から出射される光線群を上下方向において観察領域 C_{e1} に集光することができる。また、上記の定義が満たされる場合、円 C_{p2} 上の各光線発生器2から出射される光線群は、上下方向において一定の領域に集光される。その領域が観察領域 C_{e2} に設定される。

20

【0068】

(7)効果

本実施の形態に係る立体ディスプレイ1においては、軸Aを中心とする円 C_{p1} , C_{p2} に沿って並ぶように固定的に設けられた複数の光線発生器2の各々から複数の光線Lからなる光線群が出射される。複数の光線発生器2から出射された光線群は、反射部材7の反射面aで反射され、一部の光線Lが観察者10の眼に到達する。この場合、光線発生器2で出射された光線Lが観察者10の眼に直接的に到達する場合に比べて、光線の飛来距離が長い。そのため、隣り合う2つの光線発生器2のうち一方の光線発生器2から観察者10の眼に到達する光線Lと他方の光線発生器2から観察者10の眼に到達する光線Lとの間の角度が小さくなる。したがって、観察者10の眼に到達する光線Lの密度が高くなる。その結果、観察者10に高精細な立体画像300を提示することができる。

30

【0069】

また、各光線発生器2が回転されないので、回転駆動機構が不要であり、構成の複雑化が抑制される。さらに、各光線発生器2が時分割で光線群を出射する必要がないので、立体画像300の光量の低下および色数の減少が抑制される。加えて、各光線発生器2が固定されているので、各光線発生器2により出射される光線Lを観察者の眼に時分割でなく連続的に入射させることができる。それにより、立体画像300を連続的に変化させることが容易になる。その結果、立体画像300として高画質の動画像を提示することが容易となる。

【0070】

また、本実施の形態では、円 C_{p1} , C_{p2} が軸Aに関して反射面7aよりも外方に位置する。それにより、光線発生器2で出射されてから観察者10の眼に到達するまでの光線Lの飛来距離をより長くすることができる。それにより、多くの光線発生器2を配置することが可能となり、観察者10の眼に到達する光線密度をより高めることができる。その結果、観察者10に高精細な立体画像300を提示することが可能となる。

40

【0071】

また、本実施の形態では、円 C_{p1} 上の光線発生器2から出射される光線群が、反射面7aで反射されることによって上下方向において観察領域 C_{e1} に集光され、円 C_{p2} 上の光線発生器2から出射される光線群が、反射面7aで反射されることによって上下方向において観察領域 C_{e2} に集光される。これにより、構成を複雑化させることなく、観察

50

領域 $C e 1$, $C e 2$ での立体画像 300 の観察を可能とすることができる。また、観察者 10 は、観察領域 $C e 1$ と観察領域 $C e 2$ とで異なる立体画像 300 を観察することが可能となる。例えば、観察領域 $C e 1$ から見える立体画像 300 および観察領域 $C e 2$ から見える立体画像 300 が同じ物体を表してもよい。具体的には、観察領域 $C e 1$ から観察される立体画像 300 (立体画像 300 A) および観察領域 $C e 2$ から観察される立体画像 300 (立体画像 300 B) を、それぞれ観察領域 $C e 1$ から見える物体の表面の部分を再現した画像および観察領域 $C e 2$ から見える物体の表面の部分を再現した画像とする。これにより、観察者 10 の視点位置が上下方向に動いても、観察者 10 は、共通の物体を再現した高精度な立体画像 300 を観察することが可能となる。

【0072】

(8) 反射部材の他の例

上記実施の形態では、反射部材 7 の反射面 7 a が円形の水平断面を有するが、反射面 7 a は、他のパラメトリック曲線状の水平断面を有してもよい。パラメトリック曲線は、円、楕円および多角形を含む。図 9 は、反射部材 7 の第 1 の変形例について説明するための図である。

【0073】

図 9 の例では、反射面 7 a が長軸および短軸を含む楕円形状の水平断面を有する。以下、上下方向に平行でかつ反射面 7 a の長軸を含む面 (短軸に垂直な面) を長軸面 A L と呼び、上下方向に平行でかつ反射面 7 a の短軸を含む面 (長軸に垂直な面) を短軸面 A S と呼ぶ。

【0074】

図 9 (a) には、長軸面 A L 上に位置する 1 つの光線発生器 2 から長軸面 A L を中心とする角度範囲 $\theta 1$ 内に射出される光線列が示される。この場合、反射面 7 a で反射された光線列は、角度 $\theta 1 a$ で拡がりながら観察領域 $C e 1$ に到達する。

【0075】

図 9 (b) には、短軸面 A S 上に位置する 1 つの光線発生器 2 から短軸面 A S を中心とする角度範囲 $\theta 1$ 内に射出される光線列が示される。この場合、反射面 7 a で反射された光線列は、角度 $\theta 1 b$ で拡がりながら観察領域 $C e 1$ に到達する。

【0076】

図 9 (b) における角度 $\theta 1 b$ は、図 9 (a) における角度 $\theta 1 a$ よりも大きい。そのため、観察領域 $C e 1$ 内の位置によって、観察者 10 の眼に到達する光線の水平密度 (水平方向における密度) が異なる。具体的には、観察領域 $C e 1$ における長軸面 A L 上の位置 I 10 またはそれに近い位置に到達する光線の水平密度は、観察領域 $C e 1$ における短軸面 A S 上の位置 I 11 またはそれに近い位置に到達する光線の水平密度よりも高い。したがって、長軸面 A L 上の位置 I 10 またはそれに近い位置で観察される立体画像 300 の特性と、短軸面 A S 上の位置 I 11 またはそれに近い位置で観察される立体画像 300 の特性とが互いに異なる。

【0077】

そこで、観察領域 $C e 1$ 内の各位置において好適に観察される立体画像 300 が提示されることが好ましい。図 10 は、楕円形状の水平断面を有する反射面 7 a が設けられる場合の立体画像 300 の提示例を示す図である。

【0078】

図 10 (a) には、観察領域 $C e 1$ における長軸面 A L 上の位置 I 10 (図 9 (a)) から観察される立体画像 300 が示され、図 10 (b) には、観察領域 $C e 1$ における短軸面 A S 上の位置 I 11 (図 9 (b)) から観察される立体画像 300 が示される。

【0079】

図 10 (a) および図 10 (b) の立体画像 300 は、物体 O B 1 , O B 2 , O B 3 を含む。物体 O B 2 は、看板 O B 2 a を含む。上記のように、長軸面 A L 上の位置 I 10 またはそれに近い位置では、到達する光線の水平密度が高い。それにより、高い解像度を要する情報を提示することができる。一方、到達する光線の水平方向の間隔が小さいため、

10

20

30

40

50

観察される立体画像300の水平方向の寸法が小さくなる。そこで、図10(a)の例では、看板OB2aが正面に向けられ、看板OB2a上に高い解像度を要する文字情報TDが提示される。また、物体OB1, OB2, OB3が互いに重なるように提示される。

【0080】

短軸面AS上の位置I11またはそれに近い位置では、到達する光線の水平密度が低い。それにより、高い解像度を要する情報を提示することは困難である。一方、到達する光線の水平方向の間隔が大きいため、観察される立体画像300の水平方向の寸法が大きくなる。それにより、水平方向において情報を分散的に提示することができる。そこで、図10(b)の例では、物体OB1, OB2, OB3が水平方向において分散的に提示される。一方、看板OB2aが横に向けられ、看板OB2a上の文字情報は提示されない。

10

【0081】

図10(a)の立体画像300における物体OB1, OB2, OB3の3次元上の位置関係と図10(b)の立体画像300における物体OB1, OB2, OB3の3次元上の位置関係とは互いに同じである。本例では、位置I10で観察される立体画像300の特性と位置I11で観察される立体画像300の特性との違いを利用して、立体画像300における物体OB1, OB2, OB3の配置が設定される。

【0082】

なお、図9および図10においては、観察領域Ce1で観察される立体画像300について説明したが、観察領域Ce2で観察される立体画像300についても同様である。

【0083】

図11は、反射部材7の第2の変形例を示す図である。図11(a)の例および図11(b)の例について、図1の反射部材7と異なる点を説明する。図11(a)の例では、反射面7aが複数の辺7a1からなる多角形状の水平断面を有する。本例では、反射面7aの水平断面が正方形を有する。この場合、各辺7a1に対応する反射面7aの部分で反射された光線が、反射面7aの当該部分に対向する観察領域Ce1, Ce2内の位置に到達する。それにより、複数の辺7a1にそれぞれ対応する観察領域Ce1, Ce2内の複数の位置で立体画像300を観察することができる。複数の辺7a1の長さは、互いに等しくてもよく、互いに異なってもよい。また、複数の辺7a1の少なくとも一部が離間していてもよい。このように、観察方向が予め限定されている場合、反射面7aの製造がより容易になる。

20

30

【0084】

図11(b)の例では、反射面7aが複数の円弧7a2を含む水平断面を有する。この場合、各円弧7a2に対応する反射面7aの部分で反射された光線が、反射面7aの当該部分に対向する観察領域Ce1, Ce2内の位置に集光される。それにより、複数の円弧7a2にそれぞれ対応する観察領域Ce1, Ce2内の複数の位置で高精細な立体画像300を観察することができる。複数の円弧7a2の曲率は、互いに等しくてもよく、互いに異なってもよい。また、複数の円弧7a2の間隔は、均一であってもよく、不均一であってもよい。複数の円弧7a2が互いにつながっていてもよい。

【0085】

図12は、反射部材7の第3の変形例を示す模式的断面図である。図12(a)には、反射部材7の全体が示され、図12(b)には、反射部材7の一部が拡大して示される。図9の反射部材7について、図1の反射部材7と異なる点を説明する。

40

【0086】

図12(a)および図12(b)の反射部材7は軸Aを中心とする略円筒形状を有し、その上端部の内径と下端部の内径とがほぼ同じである。図12(b)に示すように、反射部材7の内周面には、複数の微小な突出部71が上下方向に並ぶように形成されている。各突出部71は、軸Aを中心とする円環形状を有する。また、各突出部71は、軸Aに対して傾斜する傾斜面72を有する。複数の突出部71の傾斜面72により、反射面73が構成される。上下方向における突出部71のピッチは、例えば、反射面73上に到達した光線列における光線のピッチと等しく設定される。

50

【 0 0 8 7 】

複数の突出部 7 1 の傾斜面 7 2 の傾きは互いに異なる。上下方向の各位置において、反射面 7 3 の傾きが図 1 の反射面 7 a の傾きと等しくなるように、各傾斜面 7 2 の傾きが設定される。これにより、反射面 7 3 は、図 1 の反射面 7 a と同様に、各光線発生器 2 から出射される光線群を反射するとともに、上下方向において光線群を集光する。

【 0 0 8 8 】

傾斜面 7 2 の傾きは、上式 (6) により算出することができる。ただし、本例においては、 X が一定であるとみなすことができる。例えば、 X を 0 とみなすことにより、上式 (6) は、次式 (6) となる。これにより、傾斜面 7 2 の傾きをより容易に算出することができる。

【 0 0 8 9 】

$$N = [x_2, y_2 + y] + [x_1, - (y_1 - y)] \\ = [x_2 + x_1, (y_2 + y) - (y_1 - y)] \cdots (6)$$

複数の突出部 7 1 の作製方法としては、例えば、ナノ加工機等を用いた微細加工技術により物理的に鋸歯状の面を切削し、めっきまたは銀塗装により鏡面化する方法がある。また、フィルム状の回折格子またはホログラムを円筒の内周面に貼り付けることにより、同様の光学的効果を実現することも可能である。

【 0 0 9 0 】

図 1 3 は、反射部材 7 の第 4 の変形例を示す模式的斜視図である。図 1 3 の反射部材 7 が図 1 2 の反射部材 7 と異なる点は、複数の突出部 7 1 の代わりに複数の突出部 7 4 , 7 5 が上下方向に交互に並ぶように形成されている点である。複数の突出部 7 4 , 7 5 は、複数の突出部 7 1 と同様に軸 A (図 1 2 (a)) を中心とする円環形状を有する。突出部 7 4 は、軸 A を中心とする傾斜面 7 4 a を有し、突出部 7 5 は、軸 A を中心とする傾斜面 7 5 a を有する。複数の傾斜面 7 4 a , 7 5 a により反射面 7 6 が形成される。

【 0 0 9 1 】

本例では、円 C p 1 上のみ複数の光線発生器 2 が配置され、円 C p 2 上に光線発生器 2 が配置されない。上下方向において異なる位置にある複数の傾斜面 7 4 a の傾きは互いに異なり、上下方向において異なる位置にある複数の傾斜面 7 5 a の傾きは互いに異なる。複数の傾斜面 7 4 a は、各光線発生器 2 から出射された複数の光線 L が上下方向において観察領域 C e 1 に集光されるように形成される。複数の傾斜面 7 5 a は、各光線発生器 2 から出射された複数の光線 L が上下方向において観察領域 C e 2 に集光されるように形成される。

【 0 0 9 2 】

上下方向における突出部 7 4 , 7 5 のピッチは、反射面 7 6 上に到達した光線列における光線のピッチと等しく設定される。この場合、傾斜面 7 4 a , 7 5 a の各々には、各光線発生器 2 から出射される光線群のうちの 1 の光線行が照射される。傾斜面 7 4 a に照射された光線行は、観察領域 C e 1 に向けて反射され、傾斜面 7 5 a に照射された光線行は、観察領域 C e 2 に向けて反射される。

【 0 0 9 3 】

以下、各光線発生器 2 から出射される複数の光線行について、上から順に 1 番目の光線行、2 番目の光線行、 \cdots と呼ぶ。本例においては、 $(2 m - 1)$ 番目 (m は正の整数) の光線行が傾斜面 7 4 a に照射され、 $2 m$ 番目の光線行が傾斜面 7 5 a に照射される。この場合、 $(2 m - 1)$ 番目の光線行は、傾斜面 7 4 a により観察領域 C e 1 に向けて反射され、 $2 m$ 番目の光線行は、傾斜面 7 5 a により観察領域 C e 2 に向けて反射される。

【 0 0 9 4 】

そこで、 $(2 m - 1)$ 番目の光線行と $2 m$ 番目の光線行とがそれぞれ異なる立体画像 3 0 0 を表すように、各光線発生器 2 が制御される。具体的には、 $(2 m - 1)$ 番目の光線行には、観察領域 C e 1 で観察される立体画像 3 0 0 (立体画像 3 0 0 A) に対応する色が割り当てられ、 $2 m$ 番目の光線行には、観察領域 C e 2 で観察される立体画像 3 0 0 (立体画像 3 0 0 B) に対応する色が割り当てられる。これにより、複数の光線発生器 2 を

10

20

30

40

50

上下２段に設けることなく、観察領域 $C e 1$, $C e 2$ で異なる立体画像 300 を観察することが可能となる。

【0095】

なお、観察領域 $C e 1$ に到達する複数の光線の上下方向における間隔、および観察領域 $C e 2$ に到達する複数の光線の上下方向における間隔は、図 12 の例に比べて大きい。そのため、立体画像 300 A , 300 B の各々に間隙が形成されないように、後述の拡散部材によって各光線が上下方向に拡散されることが好ましい。

【0096】

第 4 の変形例では、光線行毎に立体画像 300 A , 300 B の一方または他方を表すように各光線発生器 2 が制御されるが、同様にして、光線列毎に立体画像 300 A , 300 B の一方または他方を表すように各光線発生器 2 が制御されてもよい。この場合、各光線列が観察領域 $C e 1$, $C e 2$ の一方または他方に反射されるように反射部材 7 の反射面が形成される。

10

【0097】

図 14 は、反射部材 7 の第 5 の変形例を示す模式的斜視図である。図 14 の反射部材 7 が図 12 の反射部材 7 と異なる点は、複数の突出部 71 の代わりに複数の凸部 77 , 78 が形成されている点である。複数の凸部 77 , 78 は、軸 A を中心とする周方向に交互に並ぶとともに、上下方向において交互に並ぶ。各凸部 77 は、傾斜面 77 a を有し、各凸部 78 は、傾斜面 78 a を有する。複数の凸部 77 , 78 の傾斜面 77 a , 78 a により反射面 79 が形成される。

20

【0098】

上下方向における凸部 77 , 78 のピッチは、例えば反射面 76 上に到達した光線列における光線のピッチの 2 分の 1 に設定され、周方向における複数の凸部 77 , 78 のピッチは、例えば反射面 76 上に到達した光線行における光線のピッチの 2 分の 1 に設定される。

【0099】

本例では、円 $C p 1$ 上にのみ複数の光線発生器 2 が配置され、円 $C p 2$ 上に光線発生器 2 が配置されない。円 $C p 1$ 上に配置される複数の光線発生器 2 は、観察領域 $C e 1$ 用の光線発生器 2 (以下、下段用光線発生器 2 と呼ぶ。) と観察領域 $C e 2$ 用の光線発生器 2 (以下、上段用光線発生器 2 と呼ぶ。) とに分類される。下段用光線発生器 2 と上段用光線発生器 2 とは、円 $C p 1$ 上に交互に配置される。下段用光線発生器 2 は、反射面 79 の複数の傾斜面 77 a に複数の光線 L をそれぞれ照射し、上段用光線発生器 2 は、反射面 79 の複数の傾斜面 78 a に複数の光線 L をそれぞれ照射する。この場合、下段用光線発生器 2 から出射される各光線と上段用光線発生器 2 から出射される各光線とが互いに干渉しないように、各光線が整形されることが好ましい。

30

【0100】

軸 A を中心とする共通の円周上に配置される複数の傾斜面 77 a の傾きは互いに等しく、軸 A を中心とする共通の円周上に配置される複数の傾斜面 78 a の傾きは互いに等しい。また、上下方向において異なる位置にある複数の傾斜面 77 a の傾きは互いに異なり、上下方向において異なる位置にある複数の傾斜面 78 a の傾きは互いに異なる。複数の傾斜面 77 a は、下段用光線発生器 2 から出射された複数の光線 L が上下方向において観察領域 $C e 1$ に集光されるように形成される。複数の傾斜面 78 a は、上段用光線発生器 2 から出射された複数の光線 L が上下方向において観察領域 $C e 2$ に集光されるように形成される。これにより、観察者 10 は、観察領域 $C e 1$ において、複数の下段用光線発生器 2 から出射された光線群により提示される立体画像 300 (立体画像 300 A) を観察することができ、かつ観察領域 $C e 2$ において、複数の上段用光線発生器 2 から出射された光線群により提示される立体画像 300 (立体画像 300 B) を観察することができる。

40

【0101】

このように、図 14 の反射部材 7 を用いることにより、複数の光線発生器 2 を上下 2 段に設けることなく、観察領域 $C e 1$, $C e 2$ で異なる立体画像 300 を観察することが可

50

能となる。

【 0 1 0 2 】

反射部材 7 の変形例として、図 1 4 の第 5 の変形例をさらに変形した第 6 の変形例が考えられる。第 6 の変形例について、第 5 の変形例と異なる点を説明する。第 6 の変形例では、上下方向における凸部 7 7 , 7 8 のピッチが、反射面 7 9 上に到達した光線列における光線のピッチと等しく設定され、周方向における複数の凸部 7 7 , 7 8 のピッチが、反射面 7 9 上に到達した光線行における光線のピッチと等しく設定される。

【 0 1 0 3 】

複数の光線発生器 2 は、下段用光線発生器 2 と上段用光線発生器 2 とに分類されない。各光線発生器 2 から出射される各光線は、傾斜面 7 7 a , 7 8 a の一方または他方に照射される。傾斜面 7 7 a に照射される光線と、傾斜面 7 8 a に照射される光線とは、各光線列および各光線行において交互に位置する。傾斜面 7 7 a に照射された光線は、観察領域 C e 1 に向けて反射され、傾斜面 7 8 a に照射された光線は、観察領域 C e 2 に向けて反射される。

10

【 0 1 0 4 】

この場合、傾斜面 7 7 a に照射される光線と傾斜面 7 8 a に照射される光線とが互いに異なる立体画像 3 0 0 を表すように、各光線発生器 2 が制御される。具体的には、傾斜面 7 7 a に照射される光線は、立体画像 3 0 0 A に対応する色が割り当てられ、傾斜面 7 8 a に照射される光線は、立体画像 3 0 0 B に対応する色が割り当てられる。これにより、複数の光線発生器 2 を上下 2 段に設けることなく、観察領域 C e 1 , C e 2 で異なる立体画像 3 0 0 を観察することが可能となる。

20

【 0 1 0 5 】

(9) 光線発生器の他の配置例

上記実施の形態では、複数の光線発生器 2 が円 C p 1 , C p 2 に沿って並ぶように配置されるが、複数の光線発生器 2 の配置はこれに限定されない。複数の光線発生器 2 が他のパラメトリック曲線等に沿って並ぶように配置されてもよい。

【 0 1 0 6 】

図 1 5 は、複数の光線発生器 2 の他の配置例を示す図である。図 1 5 (a) の例では、複数の光線発生器 2 が、円 C p 1 の代わりに、多角形状の線 C L 1 に沿って並ぶように配置される。本例では、線 C L 1 が正六角形状であるが、線 C L 1 が正五角形状または正八角形状等の他の正多角形でもよい。また、線 C L 1 の複数の辺の長さが不均一であってもよい。このような例においても、各光線発生器 2 を適切に制御することにより、高精細な立体画像 3 0 0 を提示することができる。なお、線 C L 1 の辺の数が少ない場合 (例えば、線 C L 1 が正方形である場合) には、線 C L 1 の形状に対応する適切な位置で立体画像 3 0 0 を観察することが好ましい。また、本例では、複数の光線発生器 2 が円に沿って配置される場合に比べて、複数の光線発生器 2 を光線発生器アレイとして一体的に設けることが容易である。

30

【 0 1 0 7 】

図 1 5 (b) の例では、複数の光線発生器 2 が、円 C p 1 の代わりに、楕円形状の線 C L 2 に沿って並ぶように配置される。このような例においても、各光線発生器 2 を適切に制御することにより、図 1 の例と同様に立体画像 3 0 0 を提示することができる。例えば、立体ディスプレイ 1 を直方体状のケースに収容する必要がある場合等、一定の制約がある場合に、複数の光線発生器 2 を本例のように配置することにより、制約を満たすことができる。また、本例では、複数の光線発生器 2 が一定の間隔で配置された場合でも、線 C L 2 上の位置によって光線発生器 2 と反射面 7 a との間の距離が異なる。そのため、観察領域 C e 1 内の位置によって異なる解像度で立体画像 3 0 0 を観察することができる。一方、複数の光線発生器 2 の配置間隔を適切に調整することにより、観察領域 C e 1 内の全体において均一な解像度で立体画像 3 0 0 を観察することができる。

40

【 0 1 0 8 】

上記実施の形態では、複数の光線発生器 2 が反射部材 7 の反射面 7 a より下方に配置さ

50

れるが、複数の光線発生器 2 が反射部材 7 の反射面 7 a より上方に配置されてもよい。図 1 6 は、複数の光線発生器 2 が反射面 7 a より上方に配置された例を示す図である。図 1 6 の例では、複数の光線発生器 2 が、円 C p 1 の代わりに、反射面 7 a より上方であってかつ観察領域 C e 1 より上方に位置する円 C p 3 に沿って並ぶように配置される。この場合、各光線発生器 2 から発生される光線群が観察領域 C e 1 に到達するように、反射面 7 a の傾きが調整される。それにより、図 1 の例と同様に立体画像 3 0 0 を提示することができる。なお、反射部材 7 の反射面 7 a より上方において、図 1 5 (a) の例または図 1 5 (b) の例のように、多角形状または楕円形状の線に沿うように、複数の光線発生器 2 が配置されてもよい。

【 0 1 0 9 】

なお、図 1 5 および図 1 6 においては、円 C p 1 上の光線発生器 2 の他の配置例について説明したが、円 C p 2 上の光線発生器 2 についても同様である。

【 0 1 1 0 】

(1 0) 光線の密度の調整例

上記のように、各光線発生器 2 から出射される光線群について、光線行の密度は、光線列の密度よりも高いことが好ましい。以下、光線の密度の調整例について説明する。

【 0 1 1 1 】

図 1 7 は、光線発生器 2 の一構成例を示す模式図である。図 1 7 の光線発生器 2 は、光源 2 0 およびミラー 2 1 を含む。図 1 7 の光線発生器 2 は、例えば MEMS プロジェクタである。光源 2 0 からミラー 2 1 に光線が照射され、ミラー 2 1 によって反射された光線が光線発生器 2 から出射される。ミラー 2 1 の角度 (向き) は、図示しない駆動部によって縦方向および横方向に複数段階で調整される。この場合、光線発生器 2 からの光線の出射方向が縦方向および横方向に複数段階で変化される。これにより、擬似的に光線群を形成することができる。本例では、縦方向におけるミラー 2 1 の角度の変化によって光線列が形成され、横方向におけるミラー 2 1 の角度の変化によって光線行が形成される。なお、一般的な MEMS プロジェクタから出射される光線は、進行方向に垂直な断面において一定の径を有する。そのため、光線の密度が高い場合には、反射面 7 a 上で複数の光線が部分的に重なる場合がある。しかしながら、図 3 (a) の例のように、複数の光線は、反射面 7 a で反射されることによって分散的に進行するので、観察者 1 0 の眼には、互いに分離した状態で複数の光線が到達する。

【 0 1 1 2 】

光線列の密度は、縦方向における 1 段階当たりのミラー 2 1 の角度の変化幅 (以下、縦変化幅と呼ぶ。) に依存し、光線行の密度は、横方向における 1 段階当たりのミラー 2 1 の角度の変化幅 (以下、横変化幅と呼ぶ。) に依存する。それにより、縦変化幅および横変化幅をそれぞれ調整することにより、光線行の密度を光線列の密度よりも高くすることができる。例えば、縦変化幅が $1 / 1 0 0$ 度に調整され、横変化幅が $1 / 5 0 0$ 度に調整される。また、縦方向におけるミラー 2 1 の角度の段階数は、光線列に含まれる光線の数と等しく、横方向におけるミラー 2 1 の角度の段階数は、光線行に含まれる光線の数と等しい。そのため、これらの段階数を調整することにより、光線列に含まれる光線の数および光線行に含まれる光線の数を調整することができる。なお、縦変化幅および横変化幅は一律でなくてもよい。例えば、縦方向においてミラー 2 1 の角度が 5 0 度の範囲内で 5 0 0 段階に変化される場合、縦変化幅が上から順に 0 . 0 5 度、0 . 1 0 度、0 . 0 5 度、 \dots のように変化してもよい。第 4、第 5 および第 6 の変形例において、反射面上における各光線の照射位置を決めるような場合、変化幅が一律ではなく、異なる変化幅で多段階の光線を投影することが望ましい。

【 0 1 1 3 】

図 1 8 は、光線発生器 2 の他の構成例を示す模式図である。図 1 8 の光線発生器 2 は、光源 2 4、空間光変調器 2 5 およびレンズ 2 6 を含む。光源 2 4 により発生される光が、空間光変調器 2 5 およびレンズ 2 6 を通して光線発生器 2 から出射される。図 1 9 は、空間光変調器 2 5 の一例を示す模式図である。空間光変調器 2 5 は、例えば液晶パネルであ

10

20

30

40

50

る。図 19 に示すように、空間光変調器 25 は、縦方向および横方向に並べられた複数のピクセル 251 を含む。以下、縦方向における複数のピクセル 251 の並びをピクセル列と呼び、横方向における複数のピクセル 251 の並びをピクセル行と呼ぶ。各ピクセル行に含まれるピクセル 251 の数は、各ピクセル列に含まれるピクセル 251 の数より多い。また、図 19 の例において、各ピクセル 251 は、正方形を有する。この場合、縦方向におけるピクセルの密度（以下、ピクセル列の密度と呼ぶ。）と、横方向におけるピクセルの密度（以下、ピクセル行の密度と呼ぶ。）とは、互いに等しい。

【0114】

各ピクセル 251 は、例えば、R（レッド）、G（グリーン）および B（ブルー）にそれぞれ対応する 3 つのサブピクセルを含む。この場合、光源 24 により発生された光は、空間光変調器 25 を通して複数のピクセル 251 にそれぞれ対応する複数の光線に変換される。その複数の光線が、レンズ 26 を通して光線群として縦方向および横方向に拡がるように出射される。あるいは、各ピクセル 251 は通過する光量を変化させるものであり、光源が発生する光の色が R、G および B に時分割で変化することも考えられる。

【0115】

図 20 は、レンズ 26 の構成について説明するための模式図である。図 20 (a) の例では、円形のレンズ 26 が用いられる。この場合、縦方向におけるレンズ 26 の画角と横方向におけるレンズ 26 の画角とは互いに等しいため、縦方向における光線群の拡がりの度合いと横方向における光線群の拡がりの度合いとは互いに等しい。この場合、光線列の密度と光線行の密度との比は、ピクセル列の密度とピクセル行の密度との比と等しいので、1:1 である。それに対して、図 20 (b) の例では、レンズ 26 が縦長の楕円形に形成される。この場合、横方向におけるレンズ 26 の画角が縦方向におけるレンズ 26 の画角よりも小さくなり、横方向における光線群の拡がりの度合いが、縦方向における光線群の拡がりの度合いよりも小さくなる。それにより、光線行の密度が光線列の密度よりも高くなる。

【0116】

図 21 は、空間光変調器 25 の他の例を示す模式図である。図 21 の空間光変調器 25 が図 19 の空間光変調器 25 と異なる点は、各ピクセル 251 が、正方形でなく、縦長の長方形を有する点である。この場合、ピクセル行の密度が、ピクセル列の密度よりも高い。これにより、図 20 (a) の例のような円形のレンズ 26 が用いられた場合でも、光線行の密度が光線列の密度よりも高くなる。

【0117】

(11) 観察領域の他の例

観察領域 Ce_1 、 Ce_2 の少なくとも一方が、水平方向に幅を有してもよく、あるいは上下方向に幅を有してもよい。各光線の進行方向においては、いずれの位置においてもその光線を観察することができる。そのため、観察者 10 の眼の位置が水平方向において移動しても、立体画像 300 を表す複数の光線が観察者 10 の眼に到達しやすい。そのため、水平方向においては、比較的広い幅を有するように観察領域 Ce_1 、 Ce_2 を設定することができる。

【0118】

上記実施の形態では、観察領域 Ce_1 、 Ce_2 がそれぞれ真円であるが、観察領域 Ce_1 、 Ce_2 の少なくとも一方がパラメトリック曲線等であってもよい。

【0119】

(12) 拡散部材

複数の光線発生器 2 から出射される光線群を上下方向に平行な面内で拡散させる拡散部材が設けられてもよい。図 22 は、拡散部材の第 1 の例を示す模式的断面図である。図 22 の例では、図 1 の反射部材 7 の反射面 7a を覆うように、拡散部材 80 が形成されている。拡散部材 80 は、各光線 L を上下方向にのみ拡散し、水平方向には拡散しない。すなわち、拡散部材 80 は、各光線 L を上下方向に平行な面内で拡散し、水平方向に平行な面

10

20

30

40

50

内で拡散しない。この場合、複数の光線発生器 2 から出射された光線群が拡散部材 8 0 により上下方向に拡散されつつ反射面 7 a で反射される。

【 0 1 2 0 】

これにより、観察領域 $C e 1$, $C e 2$ の各々において、各光線列の集光の幅が上下方向に広がる。そのため、観察領域 $C e 1$, $C e 2$ の各々において、立体画像 3 0 0 を形成する複数の光線 L が観察者 1 0 の眼に到達しやすくなる。その結果、構成を複雑化させることなく、観察者 1 0 が観察領域 $C e 1$, $C e 2$ の各々で立体画像 3 0 0 を適切に観察することができる。

【 0 1 2 1 】

図 2 3 は、拡散部材の第 2 の例を示す模式的断面図である。図 2 3 の拡散部材 8 1 は、軸 A を中心として回転対称な円錐形状を有する。本例では、円筒形状の反射部材 7 0 が用いられる。反射部材 7 0 の反射面 7 0 a の垂直断面は、上下方向に直線状に延びる。拡散部材 8 1 は、反射部材 7 0 の内側に配置される。図 2 2 の拡散部材 8 0 と同様に、拡散部材 8 1 は、各光線 L を上下方向にのみ拡散し、水平方向には拡散しない。各光線発生器 2 から出射された光線群は、反射部材 7 0 の反射面 7 0 a で反射され、拡散部材 8 1 を通して上下方向に拡散される。図 2 3 の例では、各光線を上下方向において比較的大きい角度範囲に拡散することができる。それにより、反射面 7 0 a 上での反射によって光線群が上下方向に集光されなくても、各光線が観察者 1 0 の眼に到達する。この場合、観察者 1 0 は、上下方向における広い範囲で立体画像 3 0 0 を観察することができる。例えば、円 $C p 1$ 上にのみ複数の光線発生器 2 を配置し、円 $C p 2$ 上に光線発生器 2 を配置しない場合であっても、拡散部材 8 1 を通して各光線を上下方向に拡散させることにより、観察領域 $C e 1$, $C e 2$ を含む広い範囲で立体画像 3 0 0 を観察することが可能となる。

【 0 1 2 2 】

図 2 4 は、拡散部材の第 3 の例を示す模式的断面図である。図 2 4 の拡散部材 8 2 は、平板形状を有し、反射部材 7 の上方に水平に配置される。拡散部材 8 2 は、反射部材 7 の内部に配置されてもよい。図 2 2 の拡散部材 8 0 と同様に、拡散部材 8 2 は、各光線 L を上下方向にのみ拡散し、水平方向には拡散しない。各光線発生器 2 から出射された光線群は、反射部材 7 の反射面 7 a で反射され、拡散部材 8 2 を通して上下方向に拡散される。

【 0 1 2 3 】

図 2 4 の例では、各光線を上下方向において比較的小さい角度範囲に拡散することができる。それにより、立体画像 3 0 0 を観察可能な観察領域 $C e 1$ の上下方向の幅および立体画像 3 0 0 を観察可能な観察領域 $C e 2$ の上下方向の幅をそれぞれ拡げることができる。したがって、観察者 1 0 は、観察領域 $C e 1$, $C e 2$ の各々において、立体画像 3 0 0 を容易に観察することができる。

【 0 1 2 4 】

(1 3) 他の実施の形態

上記実施の形態では、上下方向の異なる位置で異なる立体画像 3 0 0 が観察可能なように、2 つの円 $C p 1$, $C p 2$ の各々に沿って光線発生器 2 が配置され、かつ上下 2 段の観察領域 $C e 1$, $C e 2$ が設定されるが、本発明はこれに限らない。1 つのパラメトリック曲線等に沿って光線発生器 2 が配置され、1 段の観察領域のみが設定されてもよい。あるいは、3 以上のパラメトリック曲線等に沿って光線発生器 2 が配置され、3 段以上の観察領域が設定されてもよい。

【 0 1 2 5 】

上記実施の形態では、軸 A に関して、反射部材 7 の反射面 7 a より外方に円 $C p 1$, $C p 2$ が設定され、かつ円 $C p 1$, $C p 2$ より外方に観察領域 $C e 1$, $C e 2$ が設定されるが、本発明にこれに限らない。軸 A に関して反射部材 7 の反射面 7 a より内方に円 $C p 1$, $C p 2$ が設定されてもよい。さらに、軸 A に関して円 $C p 1$, $C p 2$ のうち一方が反射部材 7 の反射面 7 a より内方でかつ他方が外方に設定されてもよい。この場合、反射部材 7 内に複数の光線発生器 2 が設けられてもよい。また、軸 A に関して円 $C p 1$, $C p 2$ より内方に観察領域 $C e 1$, $C e 2$ が設定されてもよい。さらに、軸 A に関して観察領域 C

e 1 , C e 2 のうち一方が円 C p 1 , C p 2 より内方でかつ他方が外方に設定されてもよい。

【 0 1 2 6 】

上記実施の形態では、円 C p 1 , C p 2 の全周にわたって光線発生器 2 が配置されるが、円 C p 1 , C p 2 の一部の円弧部にのみ光線発生器 2 が配置されてもよい。また、反射部材 7 の反射面が、軸 A の全周を取り囲むのではなく、周方向において軸 A の一部のみを取り囲むように設けられてもよい。

【 0 1 2 7 】

円 C p 1 , C P 2 の各々における複数の光線発生器 2 のピッチは、均一であってもよく、位置によって異なってもよい。複数の光線発生器 2 のピッチが均一でない場合でも、各光線発生器 2 が出射する光線の密度、または反射面の形状を調整することにより、提示される立体画像 3 0 0 の精細度を一定に調整することができる。

【 0 1 2 8 】

反射部材 7 として、ハーフミラーが用いられてもよい。図 2 5 は、反射部材 7 としてハーフミラーが用いられる例を示す模式的断面図である。図 2 5 の例では、反射部材 7 の周囲を取り囲むように複数の光線発生器 2 が配置される。各光線発生器 2 から出射される光線群は、反射部材 7 を透過して反射部材 7 の外方から内方に導かれ、反射部材 7 の内方で反射面 7 a により反射され、観察領域 C e 1 , C e 2 に導かれる。これにより、立体ディスプレイ 1 の配置スペースを上下方向において縮小することができる。

【 0 1 2 9 】

(1 4) 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構成要素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。

【 0 1 3 0 】

上記実施の形態においては、立体ディスプレイ 1 が立体ディスプレイの例であり、反射部材 7 が反射部材の例であり、反射面 7 a , 7 3 , 7 6 , 7 9 が反射面の例であり、光線発生器 2 が第 1 および第 2 の光線発生器の例であり、円 C p 1 および線 C L 1 , C L 2 が囲み線の例であり、仮想円 C p 1 が仮想線の例であり、制御装置 3 が制御部の例であり、拡散部材 8 0 が拡散部材の例であり、軸 A が基準軸の例である。

【 0 1 3 1 】

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構成要素を用いることもできる。

【 符号の説明 】

【 0 1 3 2 】

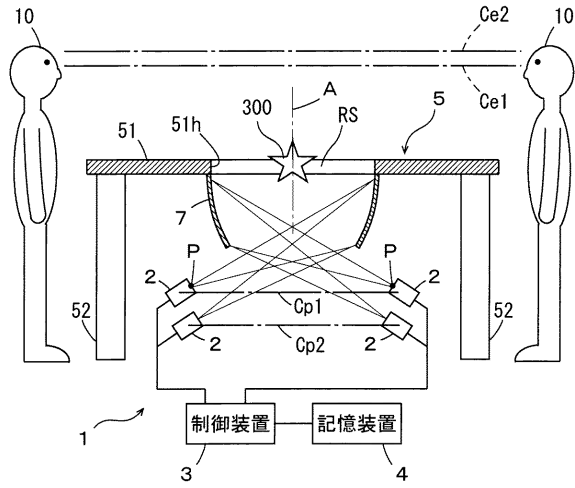
1 立体ディスプレイ, 2 光線発生器, 3 制御装置, 4 記憶装置, 5 テーブル,
7 反射部材, 7 a , 7 3 , 7 6 , 7 9 反射面, 5 1 天板, 5 2 脚, 8 0 拡散部材,
3 0 0 立体画像, C e 1 , C e 2 観察領域, C p 1 , C p 2 円

10

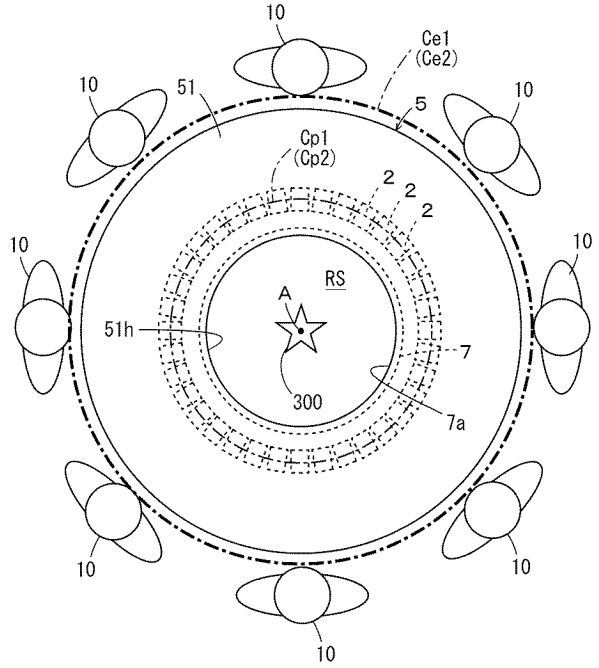
20

30

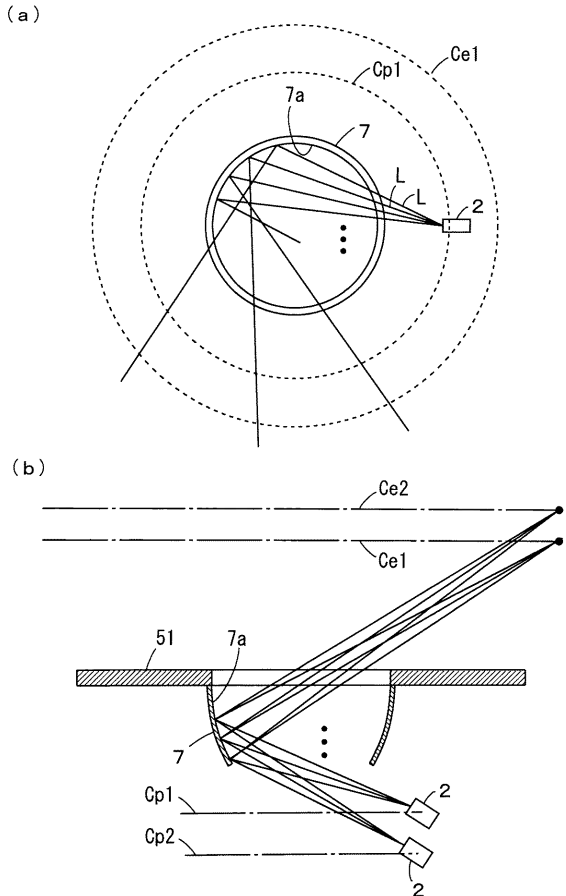
【図1】



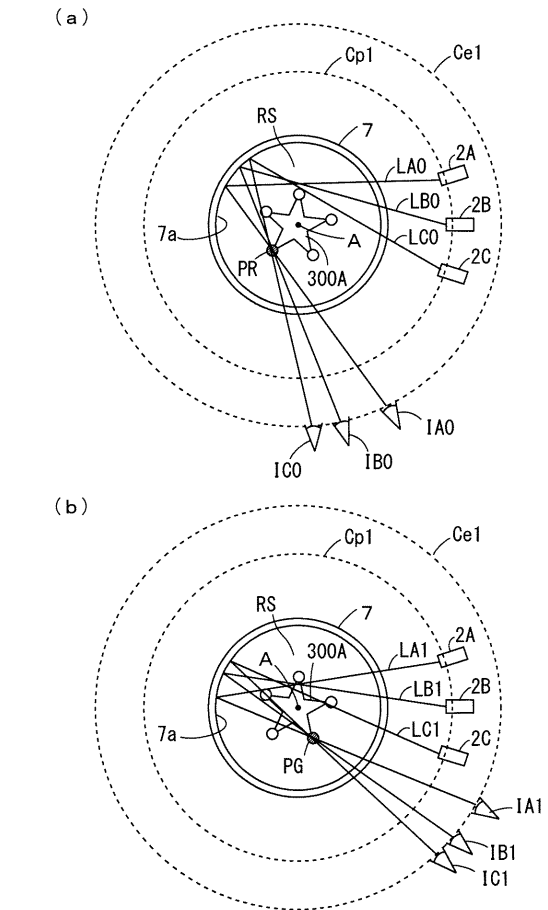
【図2】



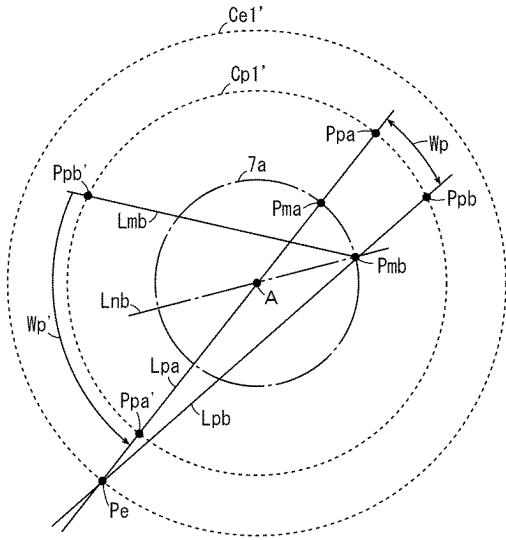
【図3】



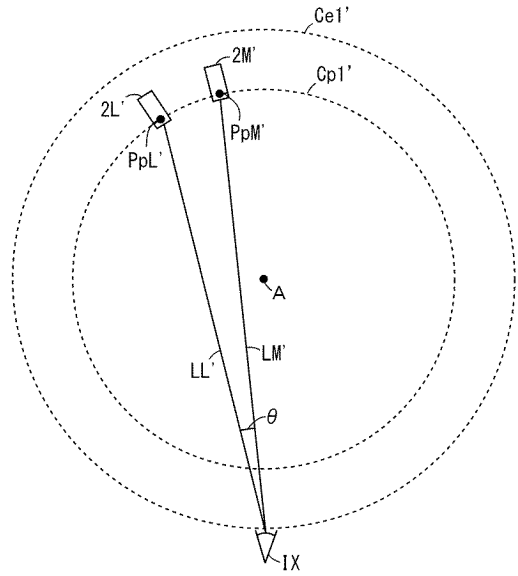
【図4】



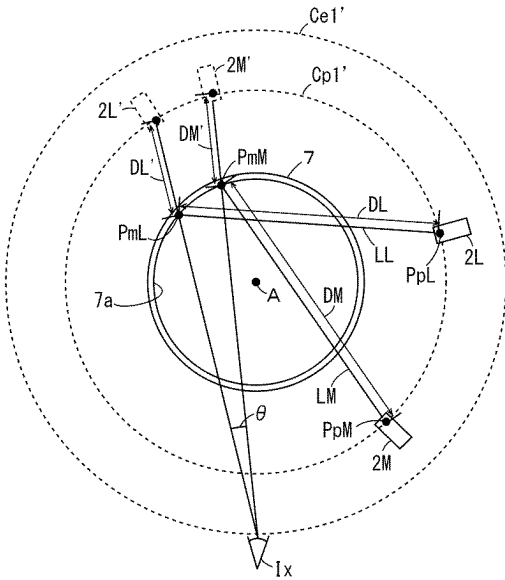
【 図 5 】



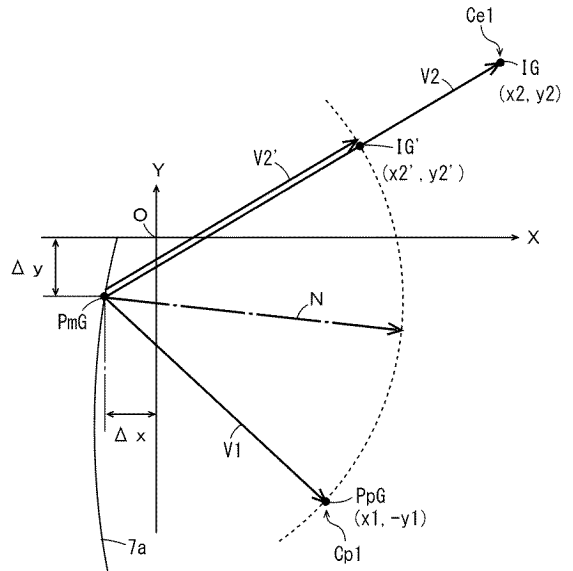
【 図 6 】



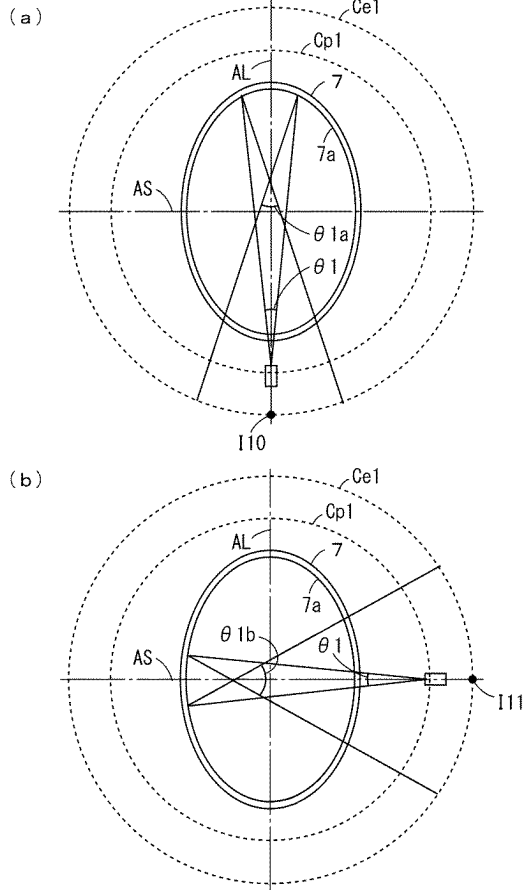
【 図 7 】



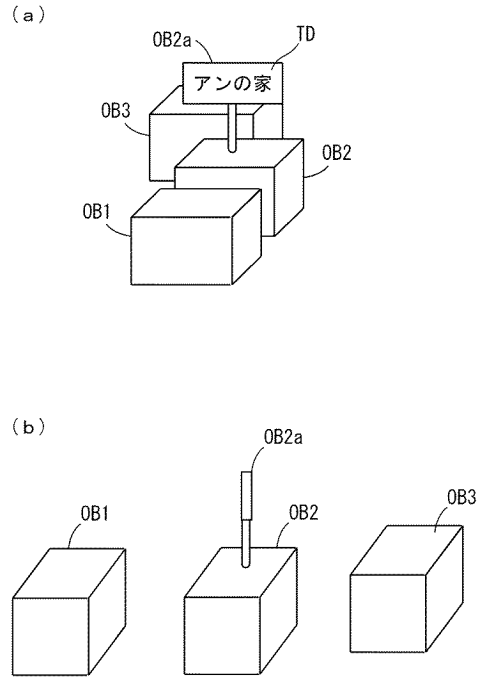
【 図 8 】



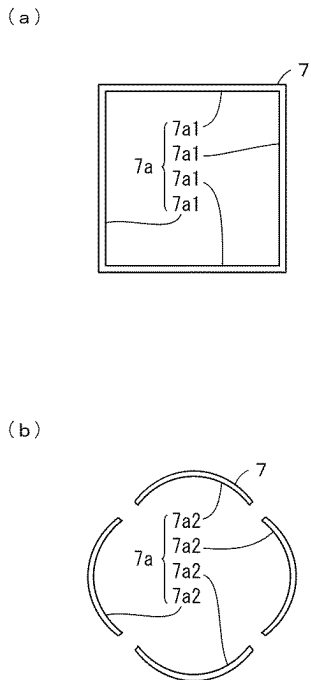
【図 9】



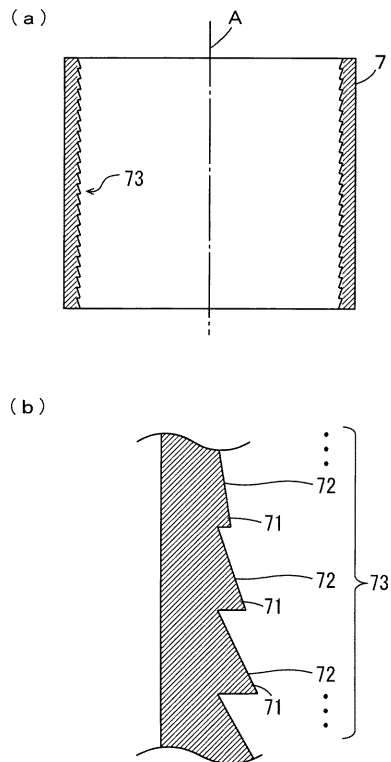
【図 10】



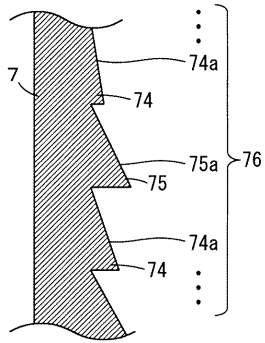
【図 11】



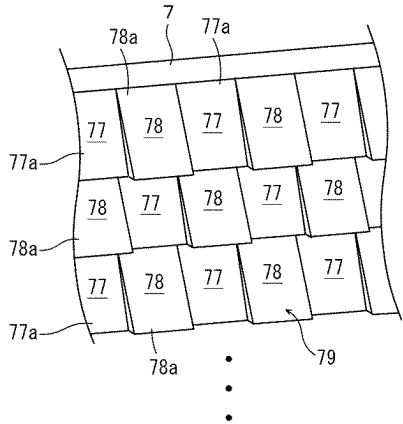
【図 12】



【図13】

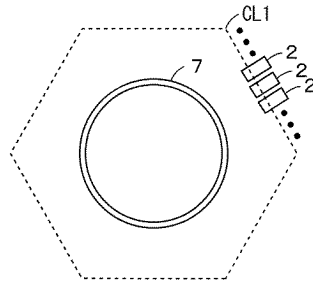


【図14】

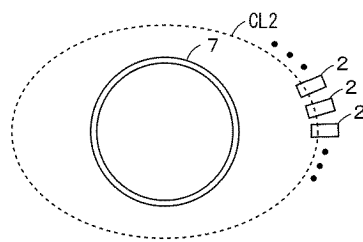


【図15】

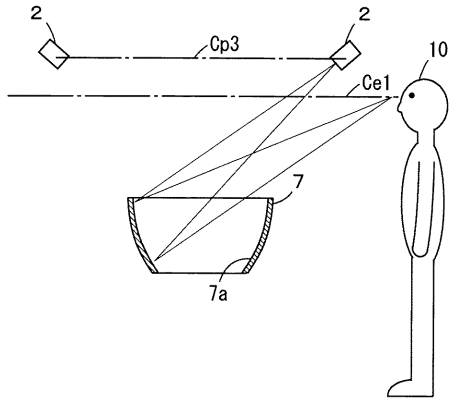
(a)



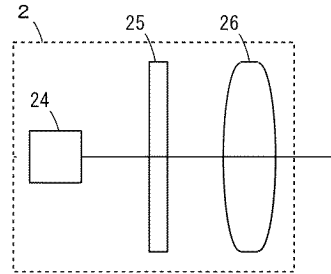
(b)



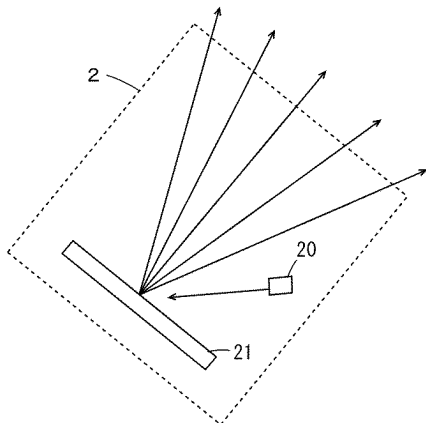
【図16】



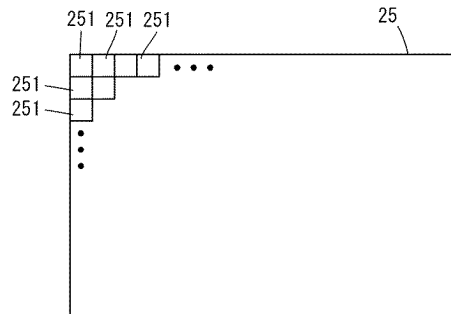
【図18】



【図17】

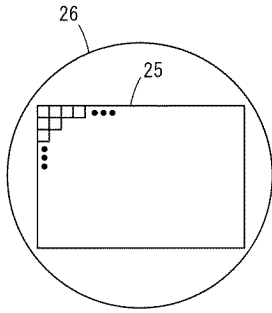


【図19】

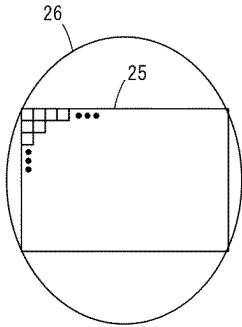


【図 20】

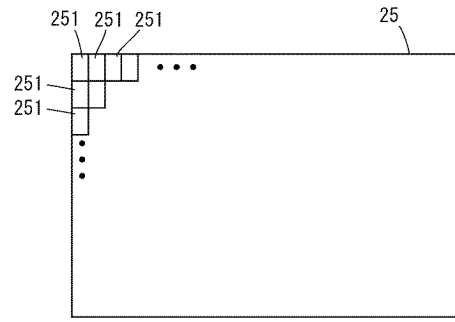
(a)



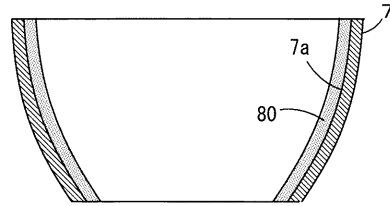
(b)



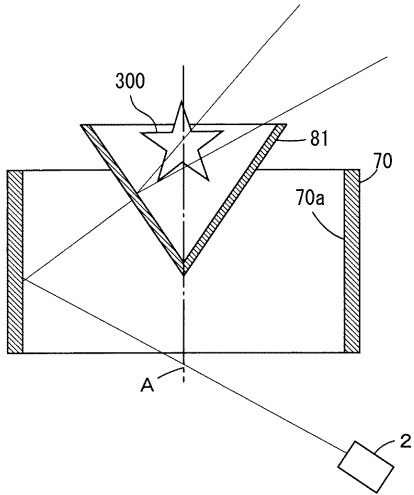
【図 21】



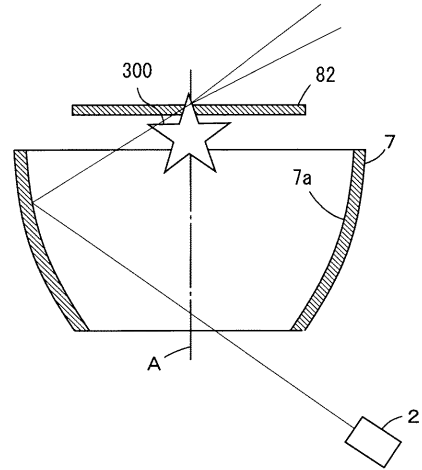
【図 22】



【図 23】



【図 24】



【図 25】

