

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7497733号
(P7497733)

(45)発行日 令和6年6月11日(2024.6.11)

(24)登録日 令和6年6月3日(2024.6.3)

(51)国際特許分類

F I

G 0 2 B	30/00	(2020.01)	G 0 2 B	30/00
G 0 3 B	35/18	(2021.01)	G 0 3 B	35/18
G 0 2 B	5/18	(2006.01)	G 0 2 B	5/18
G 0 2 B	5/32	(2006.01)	G 0 2 B	5/32
G 0 2 B	3/00	(2006.01)	G 0 2 B	3/00

A

請求項の数 17 (全31頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2021-553512(P2021-553512)
 (86)(22)出願日 令和2年10月22日(2020.10.22)
 (86)国際出願番号 PCT/JP2020/039677
 (87)国際公開番号 WO2021/085287
 (87)国際公開日 令和3年5月6日(2021.5.6)
 審査請求日 令和5年9月6日(2023.9.6)
 (31)優先権主張番号 特願2019-198429(P2019-198429)
 (32)優先日 令和1年10月31日(2019.10.31)
 (33)優先権主張国・地域又は機関
 日本国(JP)

(73)特許権者 000002185
 ソニーグループ株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74)代理人 110003339
 弁理士法人南青山国際特許事務所
 (72)発明者 三谷 諭司
 東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー
 株式会社内
 審査官 河村 麻梨子

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】

所定の軸の周囲の少なくとも一部を覆うように配置され、投射された画像の虚像を前記所定の軸を基準として表示する透明な1以上の虚像スクリーンと、

表示対象を互いに異なる方向から見た画像となる複数の視点画像を互いに異なる方向に向けて表示し、前記1以上の虚像スクリーンの各々に前記表示された複数の視点画像を投射する1以上の表示面を有する表示部と、

前記虚像スクリーンの周囲の観察点から前記虚像スクリーンを介して前記表示面を見込む第1の方向に対して、前記観察点から前記所定の軸に向かう第2の方向から見える前記表示対象の虚像となる前記視点画像を表示する表示制御部と

を具備する画像表示装置。

【請求項2】

請求項1に記載の画像表示装置であって、

前記複数の視点画像は、前記表示対象を所定の角度ピッチでずらした方向からみた画像であり、

前記表示制御部は、前記観察点の移動に応じて、前記観察点から見て前記表示対象の虚像が前記所定の角度ピッチで切り替わるように前記視点画像を表示する

画像表示装置。

【請求項3】

請求項1に記載の画像表示装置であって、

10

20

前記虚像スクリーンは、前記表示面から投射された前記視点画像を反射して前記視点画像の虚像を表示し、

前記表示制御部は、前記第 2 の方向から見た前記表示対象の画像を鏡面反転させた前記視点画像を前記第 1 の方向に表示する

画像表示装置。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記虚像スクリーンは、前記表示面から投射された前記視点画像を透過して前記視点画像の虚像を表示し、

前記表示制御部は、前記第 2 の方向から見た前記表示対象の前記視点画像を前記第 1 の方向に表示する

画像表示装置。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記 1 以上の虚像スクリーンは、複数の虚像スクリーンを含み、前記所定の軸を基準として多面スクリーンを構成する

画像表示装置。

【請求項 6】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記虚像スクリーンは、回折光学素子又はハーフミラーのいずれか一方である

画像表示装置。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記虚像スクリーンは、反射型のホログラフィック光学素子又は透過型のホログラフィック光学素子のいずれか一方である

画像表示装置。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記 1 以上の虚像スクリーンは、前記所定の軸の全周を覆うように配置される

画像表示装置。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記 1 以上の表示面は、前記 1 以上の虚像スクリーンにより表示される虚像を遮らないように配置される

画像表示装置。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記 1 以上の表示面は、複数の表示面を含み、前記所定の軸を基準として多面ディスプレイを構成する

画像表示装置。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面の中心線が重なるように表示される

画像表示装置。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面の一部が重なるように表示される

画像表示装置。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、

	10
	20
	30
	40
	50

前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面が接するように表示される
画像表示装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、
前記虚像スクリーン及び前記表示面の少なくとも一方は、曲面形状である
画像表示装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、
前記表示面は、異方性拡散スクリーンの画像表示面であり、
前記表示部は、互いに異なる方向から前記異方性拡散スクリーンに画像を投射する複数
の投射部を有する
画像表示装置。

10

【請求項 1 6】

請求項 1 に記載の画像表示装置であって、
前記表示面は、直視型の立体表示ディスプレイの画像表示面である
画像表示装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 6 に記載の画像表示装置であって、
前記立体表示ディスプレイは、レンチキュラレンズ方式、レンズアレイ方式、及び視差
バリア方式のいずれか 1 つの方式により前記複数の視点画像を表示する
画像表示装置。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本技術は、立体表示に適用可能な画像表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、多方向から観察可能な立体表示を行う技術が開発されている。例えば特許文献 1
には、多角錐型のミラーを用いて立体映像を表示する立体像表示装置について記載されて
いる。この立体像表示装置では、多角錐型のミラーがその頂点側を底面としてフラットパ
ネルディスプレイ上に配置される。フラットパネルディスプレイには、ミラーの各面に対
応して同じ物体を異なる位置から見たコマ映像が表示される。これにより、多角錐型のミ
ラーには、物体を全周にわたる各視点から見た鏡像が表示され、物体の立体視が可能とな
る（特許文献 1 の明細書段落 [0034] [0077] [0081] [0084] 図 10
等）。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2008 - 224748 号公報

【発明の概要】

40

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

特許文献 1 に記載の方法では、視点の移動に伴う視差（運動視差）を向上するために多
角錐型のミラーの面数を増やす必要がある。この場合、面数が増えることで各鏡像のサイ
ズが小さくなる。また多角錐型のミラーの面数を減らすと鏡像のサイズは大きくなるが、
運動視差が低下する。このため、立体表示される物体の実在感が損なわれる可能性がある。

【0005】

以上のような事情に鑑み、本技術の目的は、実在感の高い立体表示を実現することが可
能な画像表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

50

【 0 0 0 6 】

上記目的を達成するため、本技術の一形態に係る画像表示装置は、1以上の虚像スクリーンと、表示部と、表示制御部とを具備する。

前記1以上の虚像スクリーンは、所定の軸の周囲の少なくとも一部を覆うように配置され、投射された画像の虚像を前記所定の軸を基準として表示し、透明である。

前記表示部は、表示対象を互いに異なる方向から見た画像となる複数の視点画像を互いに異なる方向に向けて表示し、前記1以上の虚像スクリーンの各々に前記表示された複数の視点画像を投射する1以上の表示面を有する。

前記表示制御部は、前記虚像スクリーンの周囲の観察点から前記虚像スクリーンを介して前記表示面を見込む第1の方向に対して、前記観察点から前記所定の軸に向かう第2の方向から見える前記表示対象の虚像となる前記視点画像を表示する。

10

【 0 0 0 7 】

この画像表示装置では、所定の軸の周囲の少なくとも一部を覆うように透明な1以上の虚像スクリーンが配置される。また表示対象の複数の視点画像を異なる方向に向けて表示する1以上の表示面が設けられる。各虚像スクリーンには複数の視点画像が投射される。この時、ある観察点から虚像スクリーンを介して表示面を見込む方向には、その観察点から所定の軸を見たときに見える表示対象の虚像となる視点画像が表示される。これにより、実在感の高い立体表示を実現することが可能となる。

【 0 0 0 8 】

前記複数の視点画像は、前記表示対象を所定の角度ピッチでずらした方向からみた画像であってもよい。この場合、前記表示制御部は、前記観察点の移動に応じて、前記観察点から見て前記表示対象の虚像が前記所定の角度ピッチで切り替わるように前記視点画像を表示してもよい。

20

【 0 0 0 9 】

前記虚像スクリーンは、前記表示面から投射された前記視点画像を反射して前記視点画像の虚像を表示してもよい。この場合、前記表示制御部は、前記第2の方向から見た前記表示対象の画像を鏡面反転させた前記視点画像を前記第1の方向に表示してもよい。

【 0 0 1 0 】

前記虚像スクリーンは、前記表示面から投射された前記視点画像を透過して前記視点画像の虚像を表示してもよい。この場合、前記表示制御部は、前記第2の方向から見た前記表示対象の前記視点画像を前記第1の方向に表示してもよい。

30

【 0 0 1 1 】

前記1以上の虚像スクリーンは、複数の虚像スクリーンを含み、前記所定の軸を基準として多面スクリーンを構成してもよい。

【 0 0 1 2 】

前記虚像スクリーンは、回折光学素子又はハーフミラーのいずれか一方であってもよい。

【 0 0 1 3 】

前記虚像スクリーンは、反射型のホログラフィック光学素子又は透過型のホログラフィック光学素子のいずれか一方であってもよい。

【 0 0 1 4 】

前記1以上の虚像スクリーンは、前記所定の軸の全周を覆うように配置されてもよい。

40

【 0 0 1 5 】

前記1以上の表示面は、前記1以上の虚像スクリーンにより表示される虚像を遮らないように配置されてもよい。

【 0 0 1 6 】

前記1以上の表示面は、複数の表示面を含み、前記所定の軸を基準として多面ディスプレイを構成してもよい。

【 0 0 1 7 】

前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面の中心線が重なるように表示されてもよい。

【 0 0 1 8 】

50

前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面の一部が重なるように表示されてもよい。
が接するように表示されてもよい。

【0019】

前記虚像スクリーン及び前記表示面の少なくとも一方は、曲面形状であってもよい。

【0020】

前記表示面は、異方性拡散スクリーンの画像表示面であってもよい。この場合、前記表示部は、互いに異なる方向から前記異方性拡散スクリーンに画像を投射する複数の投射部を有してもよい。

【0021】

前記表示面は、直視型の立体表示ディスプレイの画像表示面であってもよい。

10

【0022】

前記立体表示ディスプレイは、レンチキュラレンズ方式、レンズアレイ方式、及び視差バリア方式のいずれか1つの方式により前記複数の視点画像を表示してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0023】

【図1】本技術の第1の実施形態に係る画像表示装置の基本構成を示す模式図である。

【図2】視点画像の一例を示す模式図である。

【図3】画像表示装置による立体表示について説明するための模式図である。

【図4】画像表示装置の具体的な構成例を示す模式図である。

【図5】図4に示す画像表示装置の側面図である。

20

【図6】図4に示す画像表示装置の上面図である。

【図7】反射型の虚像スクリーンに投射される視点画像の表示方法について説明するための模式図である。

【図8】観察方向に応じて表示される視点画像の一例を示す模式図である。

【図9】比較例として示す虚像表示装置の模式図である。

【図10】第2の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。

【図11】図10に示す画像表示装置の断面図である。

【図12】図10に示す画像表示装置の上面図である。

【図13】分割投射の一例を示す模式図である。

【図14】画像表示装置における虚像の表示位置の例を示す模式図である。

30

【図15】画像表示装置の他の構成例を示す模式図である。

【図16】第3の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。

【図17】図16に示す画像表示装置の側面図である。

【図18】図16に示す画像表示装置の上面図である。

【図19】第4の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。

【図20】透過型の虚像スクリーンに投射される視点画像の表示方法について説明するための模式図である。

【図21】レンズ機能を有する透過型の虚像スクリーンにより表示される虚像の一例を示す模式図である。

【図22】画像表示装置の他の構成例を示す模式図である。

40

【図23】第5の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。

【図24】画像表示装置の他の構成例を示す模式図である。

【図25】第6の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0024】

以下、本技術に係る実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0025】

<第1の実施形態>

[画像表示装置の基本構成]

図1は、本技術の第1の実施形態に係る画像表示装置の基本構成を示す模式図である。

50

図 1 A 及び図 1 B は、画像表示装置 100 の側面図及び上面図である。画像表示装置 100 は、装置の周りにいるユーザに向けて表示対象の虚像 1 を立体的に表示する装置である。例えば画像表示装置 100 には、様々な視点 2 から表示対象を見た画像（虚像 1）が視点 2 の位置に応じて表示される。従ってユーザの視点 2 が移動すると、移動後の視点 2 から見た表示対象を表す虚像 1 を観察することが可能である。これにより、あたかも実際の空間に表示対象が存在しているかのような立体表示が可能となる。図 1 には、虚像 1 が形成される虚像面 3 が点線の領域により模式的に図示されている。

【0026】

画像表示装置 100 は、複数の虚像スクリーン 10 と、多視点映像源 11 と、映像制御部 12 とを有する。画像表示装置 100 では、多視点映像源 11 により表示された表示対象の画像が、虚像スクリーン 10 により虚像 1 として表示される。また多視点映像源 11 に表示される画像は、映像制御部 12 により制御される。本開示において、画像には、静止画像及び動画像（映像）が含まれる。以下では、画像表示装置 100 が配置される面の方向を水平方向、それに垂直な方向を垂直方向として説明を行う。

10

【0027】

複数の虚像スクリーン 10 は、中心軸 O の周囲の少なくとも一部を覆うように配置される。ここで中心軸 O は、例えば虚像 1 を表示する際の基準となる軸である。中心軸 O は、典型的には垂直方向と平行に設定される。本実施形態では、中心軸 O の周囲を部分的に囲むように、複数の虚像スクリーン 10 が配置される。なお、複数の虚像スクリーン 10 が中心軸 O の全周を覆うように配置される構成（図 10 等参照）でも本技術は適用可能である。本実施形態では、中心軸 O は、所定の軸に相当する。

20

【0028】

虚像スクリーン 10 は、各虚像スクリーン 10 に投射された画像の虚像 1 を中心軸 O を基準として表示する。また虚像スクリーン 10 は、透明である。後述するように、各虚像スクリーン 10 には、多視点映像源 11 により表示された実像である視点画像 4 が投射される。この視点画像 4 の虚像 1 が中心軸 O を基準に表示される。従って虚像スクリーン 10 は、多視点映像源 11 が表示した視点画像 4 の虚像 1 を、中心軸 O を基準に背景に重畳して表示する。

【0029】

本実施形態では、虚像スクリーン 10 として、ホログラフィック光学素子（HOE：Holographic Optical Element）が用いられる。HOE は、ホログラム技術を用いた光学素子であり、予め記録された干渉縞により光を回折することで、光の進行方向の制御（光路制御）を実現する。例えば所定の入射角度で入射した光を所定の出射角度で出射するように構成された HOE が虚像スクリーン 10 として用いられる。これにより、HOE（虚像スクリーン 10）に入射する光を、所望の方向に向けて出射することが可能となる。なお HOE は虚像 1 の位置を制御するために、平面ミラー・曲面ミラーの特性を持っていてもよい。

30

【0030】

また本実施形態では、虚像スクリーン 10 として、反射型のホログラフィック光学素子（反射型 HOE）が用いられる。反射型 HOE は、特定の角度範囲で入射した光を回折反射し、その他の角度範囲の光を透過するように構成される。例えば、反射型 HOE に対して特定の角度範囲で入射した光は、その入射角度に応じた出射角度で入射した面から出射される。また特定の角度範囲以外に入射角度で入射した光は、干渉縞による回折をほとんど受けることなく、反射型 HOE を透過する。これにより、透明な虚像スクリーン 10 を構成され、虚像スクリーン 10 越しに背景に重畳された虚像を表示することが可能となる。このように、虚像スクリーン 10 は、表示対象の虚像 1 を背景に重畳して表示するコンバイナーとして機能する。

40

【0031】

虚像スクリーン 10 は、例えば素子内部に干渉縞が記録された体積型の HOE を用いて構成される。また、素子表面の凹凸等により干渉縞が記録されたレリーフ型（エンボス型

50

)のH O E等が虚像スクリーン10として用いられてもよい。これらのH O Eは、回折光学素子(D O E : Diffractive Optical Element)の一例である。このように、虚像スクリーン10は、回折光学素子を用いて構成される。なお、干渉縞を記録して光を回折するH O Eの他に、所定のパターンの回折格子等を用いて光を回折するタイプの回折光学素子等が用いられてもよい

【0032】

虚像スクリーン10の具体的な構成は限定されない。例えば虚像スクリーン10としてハーフミラーが用いられてもよい。ハーフミラーを用いた場合でも、視点画像4の虚像1を背景に重畳して表示することが可能である。なお、ハーフミラーでの反射は正反射となる。このため、図1に示すようにハーフミラー(虚像スクリーン10)が垂直に配置される構成では、虚像1の視聴範囲は、ハーフミラーを斜め上方から見込む範囲となる。この他、虚像を表示可能な任意の光学素子が虚像スクリーン10として用いられてよい。

10

【0033】

図1A及び図1Bに示すように、虚像スクリーン10は、平面視が矩形状の平板形状であり、互いに反対側の面となる表面13と裏面14とを有する。各虚像スクリーン10は、中心軸Oに各々の裏面14を向けて、所定の角度で互いに隣接して配置される。各虚像スクリーン10は、中心軸Oに向けられた裏面14側に虚像1を表示する。また各虚像スクリーン10は、中心軸O(垂直方向)と平行に配置される。なお、各虚像スクリーン10が中心軸Oに対して傾斜して配置されてもよい。図1Bでは3つの虚像スクリーン10a~10cが、左側からこの順番で隣接して配置される。

20

【0034】

このように、画像表示装置100では、複数の虚像スクリーン10により、中心軸Oを基準として多面スクリーンが構成される。この多面スクリーンの内側(中心軸O側)に視点画像4の虚像1が表示される。本実施形態では、多面スクリーンは、中心軸Oを中心とする円筒面に内設する多角面(例えば正多角柱を構成する多角面)を含むスクリーンとなる。このように、虚像スクリーン10を中心軸Oを囲むように配置することで、中心軸Oを基準とする各方位から虚像1を観察することが可能となる。虚像スクリーン10の具体的な構成については、後に詳しく説明する。

【0035】

多視点映像源11は、複数の多視点ディスプレイ20を有する。多視点ディスプレイ20は、平面視が矩形状の平板形状であり、視点画像4を表示する表示面21を有する。多視点ディスプレイ20では、表示面21を見る方向に応じて表示される視点画像4が変化する。各多視点ディスプレイ20は、対応する虚像スクリーン10の表面13に、各々の表示面21を向けて、所定の角度で互いに隣接して配置される。このように、画像表示装置100では、複数の多視点ディスプレイ20により、中心軸Oを基準として多面ディスプレイが構成される。図1Bでは3つの虚像スクリーン10a~10cに向けて、多視点ディスプレイ20a~20cがそれぞれ配置される。

30

【0036】

また画像表示装置100では、虚像スクリーン10及び多視点ディスプレイ20のペアにより、虚像1を表示する表示ユニットが構成されるとも言える。図1Aには、虚像スクリーン10及び多視点ディスプレイ20からなる表示ユニットを側面から見た側面図が示されている。このような表示ユニットを中心軸Oの周りに回転移動させて、複数の表示ユニットを配置することで、画像表示装置が構成される。

40

【0037】

図1Aに示すように、多視点ディスプレイ20は、虚像スクリーン10の正面から下方にずれた位置に配置される。すなわち表示面21(多視点ディスプレイ20)は、複数の虚像スクリーン10により表示される虚像を遮らないように配置される。これにより、例えば虚像1の表示範囲等を広げることが可能となる。従って画像表示装置100は、複数の虚像スクリーン10からなる多面スクリーンの外側に、虚像1の光路を避けて、複数の多視点ディスプレイ20からなる多面ディスプレイが配置された構成となる。本実施形態

50

では、多視点映像源 11 は、表示部に相当する。

【0038】

虚像スクリーン 10 を介して表示される虚像 1 は、対応する多視点ディスプレイ 20 の表示面 21 に表示された画像（視点画像 4）によって構成される。つまり、虚像 1 を観察しているユーザは、虚像スクリーン 10 を介して表示面 21 を見ていると言える。以下では、ユーザが虚像スクリーン 10 を介して多視点ディスプレイ 20 を見込む方向を、実像観察方向と記載する。またユーザの視点 2 から中心軸 O に向かう方向を虚像観察方向と記載する。例えば虚像観察方向に向けられた視点 2 では、その視点 2 に対応する実像観察方向に対して表示される視点画像 4 が虚像 1 として観察される。

【0039】

ここで、多視点ディスプレイ 20 の表示面 21 に表示される視点画像 4 について説明する。図 2 は、視点画像 4 の一例を示す模式図である。本開示において、視点画像 4 とは、表示対象 5 を互いに異なる方向から見た状態を虚像として表示することが可能な画像である。従って、視点画像 4 は、表示対象 5 を見たままの画像である必要はない。

【0040】

上記したように本実施形態では、反射型の虚像スクリーン 10 が用いられる。すなわち、虚像スクリーン 10 は、表示面 21 から投射された視点画像 4 を反射して視点画像 4 の虚像 1 を表示する。従って、虚像 1 として表示される画像は、表示面 21 に表示された視点画像 4 の左右が反転した画像（鏡像反転画像）となる。この場合、後述する映像制御部 12 は、実像観察方向から見た表示対象 5 の画像を鏡面反転させた視点画像 4 を虚像観察方向に表示する。これにより、表示対象 5 の虚像 1 の左右を反転させることなく、適正に表示することが可能となる。

【0041】

図 2 A には、自身の左手にスティックを持ったキャラクター（表示対象 5）を左側、正面、及び右側から撮影した撮影画像 6a ~ 6c が図示されている。また図 2 B には、図 2 A の撮影画像 6a ~ 6c を表示する視点画像 4a ~ 4c が図示されている。図 2 A に示すように、撮影画像 6 は、キャラクターをそのまま撮影した画像である。これらを反射して虚像として表示する視点画像 4 は、撮影画像 6 を左右反転した鏡面反転画像となる。従って、視点画像 4a ~ 4c は、表示対象 5 であるキャラクターが自身の右手にスティックを持っている画像となる。

【0042】

視点画像 4 は、例えば、静止した表示対象 5 を、撮影距離を変更せずに撮影方向（撮影方位）を変更して撮影した画像に基づいて生成される。この時、撮影方向を変更する角度ピッチは、典型的には一定の角度に設定される。なお表示対象 5 は、実空間に存在する物体でもよいし、コンピュータグラフィックス等を用いて生成された 3D モデル等でもよい。また虚像 1 として表示される際の歪み等を補正するために変形された画像等が視点画像 4 として用いられてもよい。なお、後述するように、透過型の虚像スクリーンが用いられる場合には、表示対象 5 を見たままの画像が視点画像 4 として用いられる。

【0043】

図 1 に戻り、多視点ディスプレイ 20 の表示面 21 には、見る方向に応じて複数の視点画像 4 が切り替えて表示される。すなわち、表示面 21 は、表示対象 5 を互いに異なる方向から見た画像となる複数の視点画像 4 を互いに異なる方向に向けて表示する。図 1 B には、表示面 21 から各視点画像 4 が表示される方向（以下、表示方向 7 と記載する）が黒い矢印を用いて模式的に図示されている。表示方向 7 は、例えば各視点画像 4 の中心を表示する光が出射される方向である。従って表示方向 7 が向けられた点から表示面 21 を直視した場合、その表示方向 7 に向けて出射された像光により構成される画像が観察される。表示面 21 は、これらの表示方向 7 ごとに、図 2 に示すような視点画像 4 を切り替えて表示するように構成される。

【0044】

画像表示装置 100 では、複数の表示面 21 により、複数の虚像スクリーン 10 の各々

10

20

30

40

50

に、各表示面 2 1 に表示された複数の視点画像 4 が投射される。具体的には、1 つの虚像スクリーン 1 0 に対して、表示ユニットにおけるペアとなる 1 つの表示面 2 1 から、複数の視点画像 4 が投射される。なお、1 つの虚像スクリーン 1 0 に対して複数の表示面 2 1 から視点画像 4 が投射される場合や、複数の虚像スクリーン 1 0 に対して 1 つの表示面 2 1 から視点画像 4 が投射されるといった構成もあり得る。

【 0 0 4 5 】

このように、虚像スクリーン 1 0 に対して複数の視点画像 4 が投射される。この結果、虚像スクリーン 1 0 には、虚像スクリーン 1 0 を見る方向（視点 2 の位置）に応じて、複数の視点画像 4 の虚像 1 が切り替わるように表示されることになる。

【 0 0 4 6 】

映像制御部 1 2 は、多視点映像源 1 1 の各多視点ディスプレイ 2 0（表示面 2 1）に表示される視点画像 4 の表示を制御する。具体的には、表示方向ごとに表示される視点画像 4 の画像データ（映像データ）を生成して、各表示面 2 1 に表示させる。映像制御部 1 2 は、例えば PC やサーバ装置等のコンピュータを用いて構成される。映像制御部 1 2 の動作については後述する。

【 0 0 4 7 】

図 1 に示すように、本実施形態では、各視点画像 4 の虚像 1 が形成される虚像面 3 が、中心軸 O を中心として、互いに重なるように、虚像スクリーン 1 0 及び多視点ディスプレイ 2 0 が構成される。これにより、表示対象 5 の虚像 1 の位置が見る方向によってずれるといった事態を回避することが可能である。なお、虚像 1 は必ずしも中心で重なる必要はない。例えば多視点ディスプレイ 2 0 を虚像スクリーン 1 0 に近づけると、虚像面 3 も虚像スクリーン 1 0 に近づく。この場合、ユーザから虚像 1 がつながって見えていれば視点画像 4 による立体表示が可能である。従って、虚像 1 がつながるような範囲で、多視点ディスプレイ 2 0 と虚像スクリーン 1 0 との距離を近づけることで、ディスプレイのサイズを小型化することができる。

【 0 0 4 8 】

図 3 は、画像表示装置 1 0 0 による立体表示について説明するための模式図である。以下では図 3 を参照して、立体表示を行うための視点画像 4 の表示方法について説明する。ここでは、中心軸 O に視点 2 を向けたユーザにより、2 つの虚像スクリーン 1 0 a 及び 1 0 b を介して虚像 1 が観察されるものとする。例えば図 3 に示すように、ユーザが観察する虚像 1 は、多視点ディスプレイ 2 0 a 及び 2 0 b に表示された視点画像 4 の虚像 1 a 及び 1 b が合成された像となる。

【 0 0 4 9 】

ユーザが互いに隣接する 2 つの虚像スクリーン 1 0 a 及び 1 0 b を介して表示物体を見ようとした場合、ユーザは、それぞれの虚像スクリーン 1 0 a 及び 1 0 b で反射された 2 つの多視点ディスプレイ 2 0 a 及び 2 0 b の表示面 2 1 を異なる角度で見ることになる。つまりユーザが虚像スクリーン 1 0 を介して各表示面 2 1 を見る角度、すなわち、ユーザが各表示面 2 1 を見込む方向は、互いに異なる。

【 0 0 5 0 】

図 3 には、多視点ディスプレイ 2 0 a 及び 2 0 b に向けられる実像観察方向 8 a 及び 8 b が白抜き矢印により模式的に図示されている。またユーザの視点 2 から中心軸 O に向けられる虚像観察方向 9 が黒塗りの矢印により模式的に図示されている。本実施形態では、実像観察方向 8 は、第 1 の方向に相当し、虚像観察方向 9 は、第 2 の方向に相当する。

【 0 0 5 1 】

画像表示装置 1 0 0 では、映像制御部 1 2 により、虚像スクリーン 1 0 の周囲のユーザの視点 2 から虚像スクリーン 1 0 を介して表示面 2 1 を見込む実像観察方向 8 に対して、ユーザの視点 2 から中心軸 O に向かう虚像観察方向 9 から見た表示対象 5 の虚像となる視点画像 4 が表示される。すなわち、ある視点 2 から表示面 2 1 を見込む実像観察方向 8 に向けて表示される視点画像 4 は、その視点 2 から観察されるべき表示対象 5 の状態を虚像 1 として表示する画像となる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

例えば映像制御部 1 2 は、ユーザが各表示面 2 1 a 及び 2 1 b を見込む実像観察方向 8 a 及び 8 b に対して、ユーザの視点 2 (虚像観察方向 9) から見える表示対象 5 を表示する視点画像 4 を、各表示面 2 1 a 及び 2 1 b に表示する。なお各表示面 2 1 a 及び 2 1 b には、虚像 1 として表示される表示対象 5 の中心軸が合うように視点画像 4 がそれぞれ表示される。これにより、虚像スクリーン 1 0 の境界越しに虚像 1 を観察する場合であっても、ユーザの視点 2 から見える表示対象 5 の画像を虚像として適正に表示することができる。

【 0 0 5 3 】

また、ユーザの視点 2 で観察される虚像 1 が単一の虚像スクリーン 1 0 を介して表示される場合にも、対応する表示面 2 1 に向けられた実像観察方向 8 に対して、その視点 2 (虚像観察方向 9) から見える表示対象 5 の虚像となる視点画像 4 が表示される。これにより、各虚像スクリーン 1 0 ごとに、表示対象 5 を多方位から観察することが可能となる。この結果、画像表示装置 1 0 0 では、ユーザの視点 2 の位置に係らず、多視点映像源 1 1 が表示する角度ピッチに応じた角度分解能で表示対象 5 の各視点映像を表示することが可能となる。

10

【 0 0 5 4 】

本実施形態では、複数の視点画像 4 として、表示対象 5 を所定の角度ピッチでずらした方向からみた画像が用いられる。また、映像制御部 1 2 は、ユーザの視点 2 の移動に応じて、その視点 2 から見て表示対象 5 の虚像が所定の角度ピッチで切り替わるように視点画像 4 を表示する。これにより、ユーザが移動した場合に、一定の角度で切り替わる視点画像 4 を表示することが可能となり、自然な立体表示を実現することが可能となる。

20

【 0 0 5 5 】

所定の角度ピッチを設定する方法は限定されない。例えば中心軸 0 から虚像スクリーン 1 0 (多視点ディスプレイ 2 0) の両端を水平に結ぶ直線がなす角度 (多角面の中心角) を整数で割った角度となるように角度ピッチが設定される。これにより、隣接する虚像スクリーン 1 0 の境界でもスムーズに視点画像 4 を切り替えることが可能となる。また角度ピッチは、多視点ディスプレイ 2 0 で表示可能な視点画像 4 の数に合わせて設定されてもよい。

【 0 0 5 6 】

このように、画像表示装置 1 0 0 では、虚像スクリーン 1 0 に対して、多視点映像源 1 1 の表示面 2 1 に表示された複数の視点画像 4 が投射される。これにより、各虚像スクリーン 1 0 ごとに、視点画像 4 の虚像を切り替えて表示することが可能となる。また画像表示装置 1 0 0 は、虚像スクリーン 1 0 と多視点ディスプレイ 2 0 とを含む表示ユニットを中心軸 0 の周りに複数配置して構成される。このように配置することで、虚像スクリーン 1 0 を多方位から視聴したときに、虚像 1 が形成される虚像面 3 をある一定の範囲にとどめるとともに、途切れなく虚像 1 を観察することが可能となる。これにより、ユーザの移動に伴って認識される運動視差を大幅に向上することが可能となる。

30

【 0 0 5 7 】

また H O E の虚像スクリーン 1 0 (コンバイナー) を用いることで、例えばハーフミラーを用いたペッパーズゴースト方式の虚像表示等に比べて、透明性や輝度を十分に向上することが可能である。また、虚像スクリーン 1 0 を垂直方向に立てて配置することが可能である。このため、スクリーンの水平幅を一定に保つことが可能となり、広い表示範囲に虚像 1 を表示することが可能となる。これにより、サイズが大きく明るい虚像 1 を、透明性の高いスクリーン越しに背景に重畳して表示することが可能となる。これにより、実在感の高い立体表示を実現することが可能となる。

40

【 0 0 5 8 】

図 4 は、画像表示装置 1 0 0 の具体的な構成例を示す模式図である。図 5 及び図 6 は、図 4 に示す画像表示装置 1 0 0 の側面図及び上面図である。本実施形態では、多視点映像源 1 1 の多視点ディスプレイ 2 0 として、マルチプロジェクタ方式のディスプレイが用い

50

られる。多視点映像源 11 は、複数の実像スクリーン 25 と、複数のプロジェクタ 26 とを有する。図 4 に示す例では、各実像スクリーン 25 ごとに、複数のプロジェクタ 26 が設けられプロジェクタアレイが構成される。この実像スクリーン 25 及びプロジェクタアレイが、上記した多視点ディスプレイ 20 として機能する。

【0059】

実像スクリーン 25 は、透過型の異方性拡散スクリーンであり、各プロジェクタ 26 から画像が投射される投射面 27 と、投射面とは反対側の画像表示面 28 とを有する。この画像表示面 28 が、上記した表示面 21 となる。複数の実像スクリーン 25 は、対応する虚像スクリーン 10 に画像表示面 28 (表示面 21) に向けて配置される。また実像スクリーン 25 は、水平方向と垂直方向とで拡散度の異なる異方性の拡散特性を有する。例えば水平方向の拡散度が垂直方向よりも小さく設定され、水平方向に対して狭い拡散特性を持つように構成される。これにより、水平方向に拡散する光の角度範囲を狭めることが可能となり、複数の視点画像 4 を所望の方位に向けて出射することが可能となる。また垂直方向に拡散する光の角度範囲を広げることが可能となる。これにより、垂直方向に対しては、虚像スクリーン 10 に対する入射角度を広げることなく視点画像 4 を投射することが可能となる。なお、実像スクリーン 25 を反射型にして、装置の内側にプロジェクタ 26 を並べることも可能である (図 10 等参照)。

【0060】

実像スクリーン 25 は、例えばマイクロレンズアレイ等により水平及び垂直方向の拡散度を偏らせたレンズ拡散板等により構成される。また異方性の拡散特性を記録した透過型の H O E が実像スクリーン 25 として用いられてもよい。H O E を使用した場合は、入射・反射角の関係を制御することが可能となる。このため、虚像スクリーン 10 に対する入射角を保ったまま、プロジェクタ 26 の実像スクリーン 25 に対する投射角を小さくすることができる。これにより、多視点映像源 11 全体のサイズを小さくすることが可能である。また H O E では拡散特性を制御しやすいため、より画質の良い視点画像 4 を表示することが可能である。

【0061】

複数のプロジェクタ 26 は、実像スクリーン 25 の投射面 27 に視点画像 4 を構成する画像を投射する。具体的には、図 6 に示すように、複数のプロジェクタ 26 は、互いに異なる方向から実像スクリーン 25 に画像を投射する。例えばプロジェクタ 26 の発光点 29 が実像スクリーン 25 の中心に対して円周上になるように各プロジェクタが配置される。もしくは、複数の発光点 29 が円周状に並ぶように一体化されたプロジェクタモジュールが用いられてもよい。なお図 5 に示すように、各プロジェクタ 26 は、実像スクリーン 25 の斜め下方から画像を投射する。この投射角度は、例えば虚像スクリーン 10 に対する表示面 21 の投射角度に合わせて設定される。これらのプロジェクタ 26 により、実像スクリーン 25 の投射面 27 に画像を投射され、表示面 21 に視点画像 4 が表示される。

【0062】

例えば実像スクリーン 25 (表示面 21) に表示される画像の各画素を構成する画素光は、投射面 27 に入射した方向に応じて出射される。この特性を利用して、複数のプロジェクタ 26 の各々が投射する画像の一部 (典型的には短冊状の画像) を合成することで、表示方向ごとに複数の視点画像 4 を表示することが可能となる。図 4 には、投射面 27 側から見た複数の視点画像 4 が模式的に図示されている。

【0063】

マルチプロジェクタ方式では、複数のプロジェクタ 26 が実像スクリーン 25 に画像を投射する角度ピッチが、多視点映像源 11 が表示できる視点画像 4 の角度ピッチ (視点ピッチ) となる。この角度ピッチを、両眼の視差角度より小さくすることで、ユーザの両目にそれぞれ異なる視点画像 4 を表示して両眼視差を与えることが可能となり、表示対象の立体感を再現することが可能となる。なお、角度ピッチが荒い場合であっても、ユーザの視点位置の移動に応じて、視点画像 4 を切り替えて表示することで、表示対象 5 に運動視差を与え立体的に見せることが可能である。また実像スクリーン 25 の水平方向の拡散角

10

20

30

40

50

度は、プロジェクタ 26 の角度ピッチと同等にすることが望ましい。これにより、異なる方向に向けて表示すべき視点画像 4 が同時に観察されるクロストーク等を回避することが可能となる。

【0064】

また複数のプロジェクタ 26 が実像スクリーン 25 に画像を投射する全体の投射角度の範囲が、実像スクリーン 25 で表示できる視点画像の視域（視聴可能角）となる。このため、例えば表示対象 5 を見切れることなく表示するためには、できるだけ大きい角度で画像を投射することが望ましい。例えば各プロジェクタ 26 の投射画角を大きくすることで全体の投射角度を広げることが可能である。

【0065】

プロジェクタ 26 の光源としては、レーザ光源を用いることが望ましい。これにより、波長幅の狭い色光を用いて視点画像 4 を表示することが可能となり、H O E（虚像スクリーン 10 や実像スクリーン 25）での回折効率が向上し表示輝度を高めることが可能となる。また H O E での色分散による画像のぼけや色ずれ等を回避することが可能となる。また例えば、プロジェクタ 26 の光源として、L E D 光源が用いられてもよい。この場合、波長フィルタ等を用いて色光の波長幅を制限することで、色むらの少ない画像表示を安価に実現することが可能となる。その他、プロジェクタ 26 の具体的な構成は限定されない。

【0066】

図 7 は、反射型の虚像スクリーン 10 に投射される視点画像の表示方法について説明するための模式図である。図 7 では、ユーザが、互いに隣接する虚像スクリーン 10 a 及び 10 b の境界を通る虚像観察方向 9 に沿って虚像を観察しているものとする。また、中心軸 O から境界に向かう方向（図 7 における虚像観察方向 9 の逆方向）を表示対象 5 を表示する際の起点となる起点方向とする。起点方向は、例えば表示対象 5 の正面が向けられる方向である。図 7 では、画像表示装置 100 の上面から見て、中心軸 O を基準に右回りに回転する方向を方位角の正方向とする

【0067】

表示対象 5 の起点方向（例えば表示対象 5（虚像）の正面を観察する方向）を中心軸 O を基準とする方位角で表す。ここでは、起点方向の方位角を θ_0 度とする。従って図 7 では、虚像観察方向 9 が方位角 θ_0 となる視点 2 から虚像 1 が観察されている。このとき、ユーザの視点 2 から見て左側の実像スクリーン 25 a の中心を見込む角度を θ_{i1} とする。またユーザの視点 2 から見て右側の実像スクリーン 25 b の中心を見込む角度を θ_{i2} とする。

【0068】

ここでは、説明を簡単にするために、 θ_{i1} 及び θ_{i2} を、水平面内での角度として説明する。例えば、 θ_{i1} （ θ_{i2} ）は、虚像スクリーン 10 a（虚像スクリーン 10 b）を介して実像スクリーン 25 a（実像スクリーン 25 b）の中心に向かう光路を水平面に射影した直線が、実像スクリーン 25 a（実像スクリーン 25 b）の法線となす角度である。これらの角度は、各実像スクリーン 25 a 及び 25 b を見込む方向（実像観察方向 8 a 及び 8 b）を表す角度と言える。

【0069】

例えば、ユーザの視点 2 が θ_0 だけ移動して、虚像観察方向 9 の方位角が $(\theta_0 + \Delta\theta)$ になったとする。すなわち視点 2 は $\Delta\theta$ だけ、中心軸 O を基準に右回りに回転したものとする。この場合、実像スクリーン 25 a を見込む角度 θ_{i1} は、 $(\theta_{i1} - \Delta\theta) \times \alpha$ となる。ここで α は、正の係数である。この場合、 θ_{i1} は、視点 2 が $\Delta\theta$ だけ移動することで減少する。これは、上面から見た実像スクリーン 25 a を見込む方向が左回りに回転することを意味する。また実像スクリーン 25 b を見込む角度 θ_{i2} は、 $(\theta_{i2} + \Delta\theta) \times \beta$ となる。ここで β は、正の係数である。この場合、 θ_{i2} は、視点 2 が $\Delta\theta$ だけ移動することで増加する。これは、上面から見た実像スクリーン 25 b を見込む方向が左回りに回転することを意味する。

【0070】

このように $\Delta\theta$ だけ変化した角度で実像スクリーン 25 の表示面 21 を見込んだ時に、

10

20

30

40

50

各表示面 2 1 で $\theta_0 + \theta$ 度の表示対象 5 の視点画像 4 を表示することで、ユーザにそこから見た表示対象 5 の虚像を見せることが可能となる。

【0071】

なお、 θ_1 は、視点 2 から見て左側の実像スクリーン 2 5 a を見込む角度 θ_{i1} の変化量にかかる係数であり、 θ_2 は、視点 2 から見て右側の実像スクリーン 2 5 b を見込む角度 θ_{i2} の変化量にかかる係数である。これらの係数は、射影角度変換やレンズ効果、H O E の回折収差等の影響（角度のずれ等）を補正するパラメータであり、方位角 θ_0 を基準とする視点 2 の方位角 θ の関数として表される。このような係数を用いて変化量を補正することで、表示対象 5 の虚像 1 を正しく表示させることが可能となる。

【0072】

図 8 は、観察方向に応じて表示される視点画像の一例を示す模式図である。図 8 の中央の図に示すように、起点方向に沿って虚像 1 を観察する視点 2 では、左手にスティックを持ったキャラクター（表示対象 5）を正面から見た画像が表示される。この時、各実像スクリーン 2 5 a 及び 2 5 b では、視点画像 4 a 及び 4 b として、実像観察方向 8 a 及び 8 b に向けて右手にスティックを持ったキャラクターが表示される。なお図 8 には、各実像スクリーン 2 5 a 及び 2 5 b を正面側から実像観察方向 8 a 及び 8 b に沿って見た場合に観察される視点画像 4 a 及び 4 b が図示されている。

【0073】

例えば、図 8 の中央の図に示す状態から、ユーザが右回りに移動して右側からキャラクターの虚像 1 を観察する場合、各実像スクリーン 2 5 a 及び 2 5 b には、左周りに回転したキャラクターが映った視点画像 4 a 及び 4 b が表示される。同様に、ユーザが左回りに移動して左側からキャラクターの虚像 1 を観察する場合、各実像スクリーン 2 5 a 及び 2 5 b には、右周りに回転したキャラクターを映った視点画像 4 a 及び 4 b が表示される。

【0074】

このように、中心軸 O を基準にユーザが移動して表示対象 5 の虚像を観察する場合、実像スクリーン 2 5 の表示面 2 1 にはユーザの移動とは逆向きに回転した表示対象 5 が表示される。これにより、ユーザの移動に合わせて、表示対象 5 を適正に表示することが可能となる。

【0075】

以上、本実施形態に係る画像表示装置 1 0 0 では、中心軸 O の周囲の少なくとも一部を覆うように透明な複数の虚像スクリーン 1 0 が配置される。また表示対象 5 の複数の視点画像 4 を異なる方向に向けて表示する複数の表示面 2 1 が設けられる。各虚像スクリーン 1 0 には複数の視点画像 4 が投射される。この時、ある視点 2 から虚像スクリーン 1 0 を介して表示面 2 1 を見込む方向（実像観察方向 8）には、その視点 2 から中心軸 O を見たときに見える表示対象 5 の虚像 1 となる視点画像 4 が表示される。これにより、実在感の高い立体表示を実現することが可能となる。

【0076】

虚像を利用して物体を表示する方法として、ハーフミラーを水平に対して傾けて、物体の虚像を表示するペッパーズゴーストと呼ばれる方法が知られている。例えば 1 つのハーフミラーを介してスクリーンの奥に物体があるように虚像を表示する場合、ユーザの移動等に応じて物体の見える向きが変わるような視点映像を表現することが困難であり、物体の実在感が損なわれる可能性がある。またハーフミラーを多面化して物体の立体表示を行う方法が考えられる。この場合、隣り合う面を横切るさいに、映像の切り替わりが激しく、実在感が損なわれる恐れがある。また、ハーフミラーを用いる方法では、面数を増やすことで反射面のサイズが小さくなり映像サイズが小さくなる可能性がある。

【0077】

図 9 は、比較例として示す虚像表示装置 9 0 の模式図である。図 9 では、H O E 9 1 を用いて虚像 1 を表示する虚像表示装置 9 0 が模式的に図示されている。この虚像表示装置 9 0 では、多角柱状に配置された H O E 9 1 に対して、一方向から対象 9 2 を見た画像が投射される。このため、ユーザの視線が H O E 9 1 の境界を横切る際に、対象 9 2 の画像

10

20

30

40

50

が急激に変化するため、立体表示の実在感を損ねる可能性がある。

【0078】

本実施形態では、複数の虚像スクリーン10の各々に対して、表示対象5の視点画像が投射される。これにより、虚像スクリーン10ごとに、表示対象5を多方向から見た視点画像が表示される。また複数の虚像スクリーン10は中心軸を囲うように配置される。

【0079】

これにより、虚像表示による表示対象5の視点画像4を細かい間隔（角度ピッチ）で表示することが可能となる。この結果、表示対象5の向きが突然切り替わるといった不自然な表示が抑制され、実在感の高い立体表示を行うことが可能となる。

【0080】

またユーザの視点2が虚像スクリーン10を介して表示面21を見込む方向（虚像観察方向9）に向けて、その視点2から見える表示対象が表示されるように、視点画像4が表示される。すなわち、ユーザから見た各々の虚像面3の観察方向の違いに応じて、その方向から見た表示対象の視点画像4が形成されるように表示面21の表示が制御される。これにより、視点2の位置に係らず、その視点で観察されるべき表示対象5の虚像1を適正に表示することが可能となる。

【0081】

また本実施形態では、虚像スクリーン10としてH O Eが用いられる。これにより虚像スクリーン10を垂直方向に立てて配置するといったことが可能である。この結果、映像サイズを小さくすることなく、虚像スクリーン10の境界を横切る場合も含めて表示対象5の視点画像4の再現性を高めることが可能となり、実在感のある立体表示を実現することが可能となる。

【0082】

<第2の実施形態>

本技術に係る第2の実施形態の画像表示装置について説明する。これ以降の説明では、上記の実施形態で説明した画像表示装置100における構成及び作用と同様な部分については、その説明を省略又は簡略化する。

【0083】

図10は、第2の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。図10Aは、画像表示装置200の斜視図であり、図10Bは、画像表示装置200の内部構成の一例を示す模式図である。図11及び図12は、図10に示す画像表示装置200の断面図及び上面図である。画像表示装置200は、複数の虚像スクリーン210と、多視点映像源211とを有し、表示対象5を全方位から見た虚像1を表示可能な全方位ディスプレイとして機能する。

【0084】

図10Aに示すように、複数の虚像スクリーン210は、中心軸Oの全周を覆うように配置される。これらの虚像スクリーン210により、中心軸Oを基準として多角柱状の多面スクリーンが構成される。また虚像スクリーン210は、反射型のホログラフィック光学素子（H O E）である。従って、画像表示装置200では、多面スクリーンの外側から投射された表示対象5の視点画像4の虚像1が多面スクリーンの内側に表示される。なおH O Eは虚像1の位置を制御するために、平面ミラー・曲面ミラーの特性を持っていてもよい。

【0085】

多視点映像源211は、複数の実像スクリーン230と、各実像スクリーン230に互いに異なる方向から画像を投射する複数のプロジェクタ231とを有する。本実施形態では、実像スクリーン230と複数のプロジェクタ231とにより、多視点ディスプレイが構成される。

【0086】

本実施形態では、実像スクリーン230は、反射型の異方性拡散スクリーンである。従って、実像スクリーン230では、各プロジェクタ231から画像が投射される面が、視

10

20

30

40

50

点画像 4 が表示される表示面 2 2 1 (画像表示面) となる。複数の実像スクリーン 2 3 0 は、対応する虚像スクリーン 2 1 0 に表示面 2 2 1 を向けて配置される。これらの実像スクリーン 2 3 0 により、中心軸 O を基準として多角柱状の多面ディスプレイが構成される。

【 0 0 8 7 】

実像スクリーン 2 3 0 は、水平方向と垂直方向とで拡散度の異なる異方性の拡散特性を有し、例えば、透過型のレンズ拡散板に反射板を取り付けて構成される。また異方性の拡散特性を記録した反射型の H O E が実像スクリーン 2 3 0 として用いられてもよい。H O E を使用することで、多視点映像源 2 1 1 全体のサイズを小さくすることや、画質の良い視点画像 4 を表示することが可能である。

【 0 0 8 8 】

複数のプロジェクタ 2 3 1 は、中心軸 O の周りに配置された複数の実像スクリーン 2 3 0 (多面ディスプレイ) の内側から、各表示面 2 2 1 に向けて画像を投射する。プロジェクタ 2 3 1 の光源としては、レーザ光源や L E D 光源が用いられる。L E D 光源を用いる場合には、波長フィルタ等を用いて色光の波長幅が制限されてもよい。

【 0 0 8 9 】

以下では、プロジェクタ 2 3 1 から実像スクリーン 2 3 0 に画像を投射するための構成について説明する。図 1 0 B には、画像表示装置 2 0 0 の内部構成の一例として、反射型の虚像スクリーン 2 1 0 と反射型の実像スクリーン 2 3 0 とを含む表示ユニットが模式的に図示されている。この表示ユニットでは、実像スクリーン 2 3 0 の内側に、複数のプロジェクタ 2 3 1 からなるプロジェクタアレイが設けられる。例えばプロジェクタ 2 3 1 のサイズが十分に小さい場合や、装置サイズが大きい場合等には、図 1 0 B に示すように、実像スクリーン 2 3 0 に対して各プロジェクタ 2 3 1 から画像を直接投射する構成を用いることが可能である。

【 0 0 9 0 】

図 1 1 には、中心軸 O を含む断面で画像表示装置 2 0 0 を切断した断面図が模式的に図示されている。図 1 2 には、図 1 1 に示す構成に対応する上面図が模式的に図示されている。図 1 1 及び図 1 2 では、図 1 0 B とは異なる方法で実像スクリーン 2 3 0 に画像が投射される。ここでは、プロジェクタ 2 3 1 は装置の外周に沿って外側上方に向けて配置される。プロジェクタ 2 3 1 から投射された画像の光は、図示しないミラーを介して反射され、プロジェクタ 2 3 1 が配置された側とは反対側に配置された実像スクリーン 2 3 0 に入射する。すなわち、各実像スクリーン 2 3 0 には、中心軸 O を挟んで反対側の発光点 2 9 (ミラー) から画像が投射される。これにより、投射距離を増大させて、投射される画像のサイズを大きくすることが可能である。

【 0 0 9 1 】

また投射される画像のサイズを大きくすることで、例えば 1 つのプロジェクタ 2 3 1 から複数の実像スクリーン 2 3 0 に対して画像を投射することが可能となる。図 1 2 に示す例では、1 つのプロジェクタ 2 3 1 から、2 つ又は 3 つの実像スクリーン 2 3 0 に対して画像が投射される。これにより、プロジェクタ 2 3 1 の数を減らすことが可能となり装置のコストを抑えることができる。

【 0 0 9 2 】

図 1 2 では、各プロジェクタ 2 3 1 は、それぞれの発光点 2 9 が装置の外周となる円周に沿って並ぶように配置される。あるいは、複数の発光点が外周に沿って並ぶように一体型のプロジェクタモジュールが構成されてもよい。このようにプロジェクタ 2 3 1 を配置することで、各実像スクリーン 2 3 0 に入射するプロジェクタ 2 3 1 の光線角度の対称性を保つことができる。これにより、各実像スクリーン 2 3 0 には、各プロジェクタ 2 3 1 から対象に画像が投射されるため、複数の視点画像 4 を異なる表示方向に向けて適正に表示することが可能となる。

【 0 0 9 3 】

複数のプロジェクタ 2 3 1 が実像スクリーン 2 3 0 に画像を投射する角度ピッチが、多視点映像源 2 1 1 が表示できる視点画像 4 の角度ピッチ (視点ピッチ) となる。例えば角

10

20

30

40

50

度ピッチを十分に小さくすることで、両眼視差を与える立体表示等が可能となる。また複数のプロジェクタ 231 が実像スクリーン 230 に画像を投射する全体の投射角度の範囲が、実像スクリーン 230 で表示できる視点画像の視域（視聴可能角）となる。このため、各プロジェクタ 231 の投射画角を大きくすることで表示対象 5 を見切れることなく表示することが可能となる。

【0094】

また 1 つのプロジェクタ 231 から出射される光を分割して投射する分割投射を行う構成が用いられてもよい。分割投射により、1 つのプロジェクタ 231 から複数の発光点 29 を作り出すことが可能である。

【0095】

図 13 は、分割投射の一例を示す模式図である。図 13 に示す例では、プロジェクタ 231 が投射する画像を分割する 3 つの分割ミラー 235 a ~ 235 c が用いられる。例えばプロジェクタ 231 から投射された画像は、各分割ミラー 235 a ~ 235 c により分割され、分割画像として 3 方向に分かれて拡大しながら投射される。この場合、各分割ミラー 235 a ~ 235 c は、分割画像を投射する発光点と見做すことが可能である。なお分割ミラー 235 の数は限定されない。分割ミラー 235 を用いることで、プロジェクタ 231 の数を減らすことが可能となり、装置のコストを抑制することが可能である。

【0096】

図 14 は、画像表示装置 200 における虚像 1 の表示位置の例を示す模式図である。図 14 A ~ 図 14 C には、多面の多視点映像源 211 により表示される視点画像 4 の虚像 1 の表示位置の一例が模式的に図示されている。例えば図 14 A に示すように、複数の視点画像 4 の虚像 1 は、互いの虚像面 3 の中心線が重なるように表示される。ここで、虚像面 3 の中心線とは、垂直方向（中心軸 O）に平行な中心線である。典型的には、各虚像面 3 の中心線は、中心軸 O と一致するように表示される。これにより、表示対象 5 の位置をずらすことなく、中心軸 O の全周にわたって高品質な立体表示を行うことが可能となる。

【0097】

図 14 B に示す例では、複数の視点画像 4 の虚像 1 は、互いの虚像面 3 の一部が重なるように表示される。虚像 1 は必ずしも中心を合わせる必要はなく、一部が重なっている状態でもよい。その場合、多視点映像源 211（実像スクリーン 230）を虚像スクリーン 210 に近づけることができるので、装置の小型化が可能となる。なお、画像表示装置 200 では、虚像面 3 の前後に表示対象 5 の像が観察されるように、虚像 1 を表示させることが可能である。従って、虚像面 3 が中心軸 O で重なっていない場合であっても、虚像 1 を奥側に表示することで、中心軸 O を基準とした虚像表示が可能である。

【0098】

図 14 C に示す例では、複数の視点画像 4 の虚像 1 は、互いの虚像面 3 が接するように表示される。これにより、実像スクリーン 230 と虚像スクリーン 210 との距離を十分に短くすることが可能となり、例えば側面の段差が小さい略筒型の画像表示装置等を実現することが可能である。

【0099】

図 15 は、画像表示装置の他の構成例を示す模式図である。図 15 に示す画像表示装置 201 では、反射型の実像スクリーンに代えて透過型の実像スクリーン 240 が用いられる。図 15 A 及び図 15 B は、透過型の実像スクリーン 240 を搭載した画像表示装置 201 の断面図及び上面図である。図 15 A に示す例では、実像スクリーン 240 よりも外側にプロジェクタ 231 が配置され、各プロジェクタ 231 から直接に画像が投射される。また図 15 B に示すように、実像スクリーン 240 の外側にプロジェクタ 231 を設けることで、プロジェクタ 231 の配置の自由度が向上し、1 つのプロジェクタ 231 から複数の実像スクリーン 240 に画像投射するといった構成を容易に実現することが可能である。

【0100】

< 第 3 の実施形態 >

10

20

30

40

50

図 1 6 は、第 3 の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。図 1 6 A は、画像表示装置 3 0 0 の斜視図であり、図 1 6 B は、画像表示装置 3 0 0 の内部構成の一例を示す模式図である。図 1 7 及び図 1 8 は、図 1 6 に示す画像表示装置 3 0 0 の側面図及び上面図である。本実施形態では、直視型の立体表示ディスプレイ 3 4 0 を用いて、全方位ディスプレイが構成される。

【 0 1 0 1 】

画像表示装置 3 0 0 は、複数の虚像スクリーン 3 1 0 と、複数の立体表示ディスプレイ 3 4 0 で構成された多視点映像源 3 1 1 とを有する。各虚像スクリーン 3 1 0 は、例えば図 1 0 等を参照して説明した画像表示装置 2 0 0 の虚像スクリーン 2 1 0 と同様に構成される。すなわち虚像スクリーン 3 1 0 は、反射型の H O E であり、中心軸 O の全周を覆うように配置される。

10

【 0 1 0 2 】

立体表示ディスプレイ 3 4 0 は、専用のメガネ等を用いることなく立体像を表示可能な直視型のディスプレイである。立体表示ディスプレイ 3 4 0 は、立体像を表示する画像表示面 3 4 1 を有する。直視型の立体表示ディスプレイは、一般に、複数の表示方向にむけて複数の視点画像 4 を表示することで立体像を表示する。従って、本実施形態では、直視型の立体表示ディスプレイ 3 4 0 の画像表示面 3 4 1 が、視点画像 4 を表示する表示面となる。各立体表示ディスプレイ 3 4 0 は、対応する虚像スクリーン 3 1 0 に画像表示面 3 4 1 を向けて配置される。図 1 6 ~ 図 1 8 に示すように、画像表示装置 3 0 0 は、図 1 0 等に示す画像表示装置 2 0 0 の実像スクリーン 2 3 0 を、立体表示ディスプレイ 3 4 0 で置き換えた構成であると言える。

20

【 0 1 0 3 】

立体表示ディスプレイ 3 4 0 は、レンチキュラレンズ方式、レンズアレイ方式、及び視差バリア方式のいずれか 1 つの方式により複数の視点画像 4 を表示する。レンチキュラレンズ方式は、水平方向に光を分散させるレンチキュラレンズを用いて、互いに異なる方向に画像を表示させる方式である。レンチキュラレンズ方式を用いることで、視差バリア方式等と比べ、明るい視点画像 4 を表示することが可能である。レンズアレイ方式は、マイクロレンズアレイを用いて垂直及び水平方向に光を分散させて視点画像 4 を表示する方式である。レンズアレイ方式を用いることで、垂直方向の多視点化が可能となり、実在感の高い表現が可能となる。視差バリア方式は、各画素の光を選択的に遮るパララックスバリア等を用いて視点画像 4 を表示する方式であり、他の方式に比べて広い視野角を実現することが可能である。

30

【 0 1 0 4 】

これらの方式では、LCD (Liquid Crystal Display) 等のフラットパネルディスプレイにより、視点画像 4 の元となる画像が表示される。ディスプレイのバックライトに用いられる光源は、レーザ光源であることが望ましい。なお LED 光源を利用したバックライトが用いられる場合には、波長フィルタ等を用いて波長幅を狭くすることで、虚像スクリーン 3 1 0 (H O E) での色分散による画像のボケや色ずれを軽減することが可能である。この他、裸眼立体表示が可能な任意の方式が用いられてよい。なお、立体表示ディスプレイ 3 4 0 では、必ずしも立体視が可能な角度ピッチで視点画像 4 を表示する必要はない。例えばこれらの方式を使って、両眼視差が生じないレベルの視点画像を表示する多視点表示ディスプレイが用いられてもよい。

40

【 0 1 0 5 】

図 1 7 及び図 1 8 に示すように、画像表示装置 3 0 0 は、多角柱型の多面スクリーン (虚像スクリーン 3 1 0) と、その周りに配置された多角柱型の多面ディスプレイ (立体表示装置) とで構成される。このように、多視点映像源 3 1 1 として、直視型の立体表示ディスプレイ 3 4 0 を用いることで、全体の装置サイズを小さくすることができる。

【 0 1 0 6 】

< 第 4 の実施形態 >

図 1 9 は、第 4 の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。図 1 9 の

50

左側及び右側の図は、画像表示装置 400 の断面図及び上面図である。画像表示装置 400 では、虚像スクリーン 410 として、透過型のホログラフィック光学素子（透過型 H O E ）が用いられる。

【0107】

透過型 H O E は、特定の角度範囲で入射した光を回折透過し、その他の角度範囲の光を透過するように構成される。例えば、透過型 H O E に対して特定の角度範囲で入射した光は、H O E 本体を透過し、その入射角度に応じた出射角度で入射した面とは反対側の面から出射される。また特定の角度範囲以外に入射角度で入射した光は、干渉縞による回折をほとんど受けることなく、透過型 H O E を透過する。

【0108】

図 19 に示すように、複数の虚像スクリーン 410 は、中心軸 O の全周を覆うように配置され、多角柱状の多面スクリーンを構成する。図 19 では、虚像スクリーン 410 の裏面 414 に斜め下方から視点画像 4 が投射される。裏面 414 に投射された視点画像 4 を構成する光は、虚像スクリーン 410 の表面 413 に向けて水平方向に沿って出射される。この結果、虚像スクリーン 410 を観察するユーザは、表面 413 に向けて出射された光の光路を裏面 414 側に延長した延長線上に、視点画像 4 の虚像 1 を観察することになる。なお画像表示装置 400、各視点画像 4 の虚像 1 を形成する虚像面 3 が中心軸 O で交わるように構成されている。

【0109】

このように、虚像スクリーン 410 は、画像を透過して虚像として表示する透過型のミラー（透過型ミラー H O E ）であると言える。図 19 に示す例では、透過型の平面ミラーとして構成された虚像スクリーン 410 が用いられる。なお H O E にレンズ機能を持たせた透過型の曲面ミラーとして虚像スクリーン 410 を構成することも可能である（図 22 参照）。

【0110】

虚像スクリーン 410 は、単一の透過型 H O E を用いて構成される。あるいは、2 つの反射型 H O E を接合して虚像スクリーン 410 が構成されてもよい。この場合、2 度の回折反射により透過を実現することが可能である。虚像スクリーン 410 を透過型にすることで、例えば多視点映像源 411 を虚像スクリーン 410 よりも装置の内側に入れることが可能となり、装置の小型化を図ることが可能となる。なお、虚像スクリーン 410 は中心軸 O の周囲の一部を覆うように配置されてもよい。

【0111】

多視点映像源 411 は、複数の多視点ディスプレイ 420 を有する。多視点ディスプレイ 420 は、中心軸 O の全周を覆うように配置され、多角柱状の多面ディスプレイを構成する。また上記したように虚像スクリーン 410 は透過型である。従って、多視点ディスプレイ 420 は、例えば虚像スクリーン 410 の裏面 414 に対して斜め下方から視点画像 4 を投射する必要がある。このため、画像表示装置 400 では、多視点ディスプレイ 420 は、虚像スクリーン 410 よりも中心軸 O に近い位置に配置される。多視点ディスプレイ 420 としては、上記の実施形態で説明したマルチプロジェクタ方式の実像スクリーンや、直視型の立体表示ディスプレイを用いることが可能である。

【0112】

図 19 の左側の図に示すように、透過型の虚像スクリーン 410 を用いた場合、映像源である多視点ディスプレイ 420 と虚像スクリーン 410 との距離が近くなってくるので、虚像 1 を中心軸 O に重ねるように表示することが難しい場合があり得る。このような場合であっても、各方向から見た虚像 1 がつながる様に表示することで、表示対象 5 を多視点表示するといったことが可能である。

【0113】

図 20 は、透過型の虚像スクリーン 410 に投射される視点画像 4 の表示方法について説明するための模式図である。図 20 には、ユーザが虚像スクリーン 410 を介して多視点ディスプレイ 420 を見込む方向（実像観察方向 8）、及びユーザの視点 2 から中心軸

10

20

30

40

50

に向かう方向が、白抜き及び黒塗りの矢印を用いて模式的に図示されている。図 20 では、ユーザが、互いに隣接する虚像スクリーン 410 a 及び 410 b の境界を通る虚像観察方向 9 に沿って虚像を観察しているものとする。また、中心軸 O から境界に向かう方向（図 20 における虚像観察方向 9 の逆方向）を表示対象 5 を表示する際の起点となる起点方向とする。

【0114】

本実施形態では、透過型の虚像スクリーン 410 が用いられる。すなわち、虚像スクリーン 410 は、表示面 421 から投射された視点画像 4 を透過して視点画像 4 の虚像 1 を表示する。従って、表示面 421 に表示された視点画像 4 が、そのまま虚像 1 として表示される画像となる。この場合、図示しない映像制御部により、実像観察方向 8 から見た表示対象 5 の視点画像 4 を虚像観察方向 9 に表示する。これにより、表示対象 5 の虚像 1 を適正に表示することが可能となる。

10

【0115】

表示対象 5 の起点方向（例えば表示対象 5（虚像）の正面を観察する方向）を中心軸 O を基準とする方位角で表す。ここでは、起点方向の方位角を θ_0 度とする。従って図 20 では、虚像観察方向 9 が方位角 θ_0 となる視点 2 から虚像 1 が観察されている。このとき、ユーザの視点 2 から見て左側の多視点ディスプレイ 420 a の中心を見込む角度を α_{i1} とする。またユーザの視点 2 から見て右側の多視点ディスプレイ 420 b の中心を見込む角度を α_{i2} とする。

【0116】

ここでは、説明を簡単にするために、 α_{i1} 及び α_{i2} を、水平面内での角度として説明する。例えば、 α_{i1} (α_{i2}) は、虚像スクリーン 410 a (虚像スクリーン 410 b) を介して多視点ディスプレイ 420 a (多視点ディスプレイ 420 b) の中心に向かう光路を水平面に射影した直線が、多視点ディスプレイ 420 a (多視点ディスプレイ 420 b) の法線となす角度である。これらの角度は、各多視点ディスプレイ 420 a 及び 420 b を見込む方向（実像観察方向 8 a 及び 8 b）を表す角度と言える。

20

【0117】

ここで、ユーザの視点 2 が θ_0 だけ移動して、虚像観察方向 9 の方位角が ($\theta_0 + \Delta\theta$) になったとする。すなわち視点 2 は $\Delta\theta$ だけ、中心軸 O を基準に右回りに回転したものとする。この場合、多視点ディスプレイ 420 a を見込む角度 α_{i1} は、($\alpha_{i1} - \Delta\alpha_{i1}$) となる。ここで $\Delta\alpha_{i1}$ は、正の係数である。この場合、 α_{i1} は、視点 2 が θ_0 だけ移動することで減少する。これは、上面から見た多視点ディスプレイ 420 a を見込む方向が右回りに回転することを意味する。また多視点ディスプレイ 420 b を見込む角度 α_{i2} は、($\alpha_{i2} + \Delta\alpha_{i2}$) となる。ここで $\Delta\alpha_{i2}$ は、正の係数である。この場合、 α_{i2} は、視点 2 が θ_0 だけ移動することで増加する。これは、上面から見た多視点ディスプレイ 420 b を見込む方向が右回りに回転することを意味する。

30

【0118】

このように $\Delta\theta$ だけ変化した角度で多視点ディスプレイ 420 の表示面 421 を見込んだ時に、各表示面 421 で $\theta_0 + \Delta\theta$ 度の表示対象 5 の視点画像 4 を表示することで、ユーザにそこから見た表示対象 5 の虚像を見せることが可能となる。また透過型の虚像スクリーン 410 を用いる場合、見込む方向が回転する方向は、図 7 を参照して説明した反射型の虚像スクリーン 410 を用いる場合とは逆になる。

40

【0119】

なお、 $\Delta\alpha_{i1}$ ($\Delta\alpha_{i2}$) 及び $\Delta\theta$ は、各多視点ディスプレイを見込む角度 (α_{i1} 及び α_{i2}) の変化量にかかる係数であり、射影角度変換やレンズ効果、HOE の回折収差等の影響（角度のずれ等）を補正するパラメータである。特に以下で説明するレンズ機能を持たせる場合には、光の進行方向が大きく変わり、収差も発生することが考えられる。これらの影響を低減するように係数を設定して変化量を補正することで、表示対象 5 の虚像 1 を正しく表示させることが可能となる。

【0120】

50

図 2 1 は、レンズ機能を有する透過型の虚像スクリーン 4 1 0 により表示される虚像の一例を示す模式図である。図 2 1 では、虚像スクリーン 4 1 0 を介して虚像 1 が観察されているものとする。例えば虚像スクリーン 4 1 0 にレンズ機能を加えることで、虚像 1 の表示位置及び虚像 1 のサイズが変化する。この時、レンズの中心に向けられた視点 2 では、虚像を表示する光路の向き等に変化はない。

【 0 1 2 1 】

一方でレンズの端から虚像 1 を観察する場合、レンズ機能が加わることで、虚像 1 を見る方向（荒い点線の矢印）が変化する。なお、多視点ディスプレイ 4 2 0 を見込む方向（細かい点線の矢印）は、レンズ機能を加えても変化しない。このように、レンズ機能の追加に伴い、虚像 1 を表示する光の光路が変化し、かつ各種の収差が発生する場合がある。

10

【 0 1 2 2 】

図 2 2 は、画像表示装置の他の構成例を示す模式図である。図 2 2 A に示す画像表示装置 4 0 1 は、図 1 9 に示す画像表示装置 4 0 0 において、虚像スクリーン 4 1 0 にレンズ機能を持たせた構成を示す。この構成では、虚像 1 の表示位置を虚像スクリーン 4 1 0 から遠い位置にすることで、中心軸 O で重なるように虚像 1 を表示させることが可能である。このように、レンズ機能を用いて、虚像 1 の表示位置を適宜調整することが可能である。

【 0 1 2 3 】

図 2 2 B に示す画像表示装置 4 0 2 では、虚像スクリーン 4 1 0 で構成される多面スクリーンと、多視点ディスプレイ 4 2 0 で構成される多面ディスプレイとが同一の円筒に内設するように構成される。また虚像スクリーン 4 1 0 には、中心軸 O 挟んで反対側に配置された多視点ディスプレイ 4 2 0 から視点画像 4 が投射される。このように、反対側から画像を投射する構成とすることで、投射距離を広げることが可能となる。また、段差のない筒型の画像表示装置 4 0 0 を実現することが可能である。

20

【 0 1 2 4 】

< 第 5 の実施形態 >

図 2 3 は、第 5 の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。本実施形態に係る画像表示装置 5 0 0 は、曲面形状の虚像スクリーン 5 1 0 を用いて構成される。

【 0 1 2 5 】

画像表示装置 5 0 0 は、円筒形状の虚像スクリーン 5 1 0 と、虚像スクリーン 5 1 0 よりも半径の大きい円筒形状の実像スクリーン 5 2 5 とを有する。虚像スクリーン 5 1 0 及び実像スクリーン 5 2 5 は中心軸 O を中心としてそれぞれ配置される。典型的には、実像スクリーン 5 2 5 は、虚像スクリーン 5 1 0 の下方に、虚像 1 の表示を遮らないように配置される。虚像スクリーン 5 1 0 及び実像スクリーン 5 2 5 は、例えば反射型の H O E により構成される。

30

【 0 1 2 6 】

また画像表示装置 5 0 0 は、実像スクリーン 5 2 5 に画像を投射する複数のプロジェクタ 5 2 6 を有する。図 2 3 には、複数のプロジェクタ 5 2 6 の各発光点 2 9 が図示されている。画像表示装置 5 0 0 は、例えば図 1 0 ~ 図 1 2 を参照して説明した画像表示装置 2 0 0 の多面スクリーン（虚像スクリーン）及び多面ディスプレイ（実像スクリーン）を、円筒にした構成であると言える。

40

【 0 1 2 7 】

図 2 3 に示すように、複数のプロジェクタ 5 2 6 は、発光点 2 9 が実像スクリーン 5 2 5 に沿って円周上に並ぶように配置される。各発光点 2 9 からは、中心軸 O を挟んで反対側の実像スクリーン 5 2 5 に向けて画像が投射される。これにより、実像スクリーン 5 2 5 の内側の表示面 5 2 1 には、複数のプロジェクタ 5 2 6 から互いに異なる方向から画像が投射され、視点画像 4 を表示することが可能となる。表示面 5 2 1 に表示された視点画像 4 は、虚像スクリーン 5 1 0 に投射される。また虚像スクリーン 5 1 0 の内側には、中心軸 O を中心とする円筒状の虚像面 3 が形成される。この虚像面 3 に表示対象 5 の虚像が

50

表示される。

【0128】

虚像スクリーン510を円筒型にすると、図23に示すように虚像面3はつながった状態になる。従って画像表示装置500では虚像スクリーン510の継ぎ目がなくなる。このため、表示対象5の虚像を滑らかに表示することが可能となり、実在感を十分に向上する効果がある。また、虚像スクリーン510を見込む角度の最大値が多角柱状の虚像スクリーン510を用いる場合よりも小さくなる。ここで虚像スクリーン510を見込む角度とは、例えば虚像スクリーン510の表面に対する視線方向の交点における、表面の法線方向と視線方向とのなす角度である。

【0129】

円筒形状では、視点2の移動とともに虚像スクリーン510を見込む角度が連続的に変化する。このため視点2を移動させたときに、面の切り替わりで起こりやすい輝度の低下や変動等が発生しなくなる。これにより、虚像の輝度が不自然に変化するといった事態が回避され自然な立体表示を実現することが可能となる。なお、これらは透過型のH O Eが虚像スクリーン510として用いられる場合でも同様である。

【0130】

上記では、実像スクリーン525も円筒形状である場合について説明したが、これに限定されるわけではない。例えば実像スクリーン525は多角柱形状であってもよい。逆に、実像スクリーン525が円筒形状で、虚像スクリーン510が多角柱形状であってもよい。このように、本実施形態では、虚像スクリーン510及び実像スクリーン525（表示面）の少なくとも一方は、曲面形状である。

【0131】

図24は、画像表示装置の他の構成例を示す模式図である。図24に示す画像表示装置501は、円弧状の虚像スクリーン510及び実像スクリーン525と、実像スクリーン525に向けて画像を投射する複数のプロジェクタ526とを有する。この構成は、例えば図23に示す画像表示装置500を部分的に切り出した構成となっている。このように、曲面状の虚像スクリーン510（実像スクリーン525）が中心軸Oの周囲の一部を覆うように配置されてもよい。この他、曲面状のスクリーンの具体的な構成は限定されない。例えば水平方向の断面が楕円形、双極線、2次曲線等の任意の曲線となるような虚像スクリーン510が用いられてもよい。

【0132】

<第6の実施形態>

図25は、第6の実施形態に係る画像表示装置の構成例を示す模式図である。本実施形態では、虚像スクリーン610としてハーフミラーが用いられる。一般にハーフミラーに入射する光は、入射角と等しい出射角で正反射される。このため、例えば水平方向に光を出射させる（虚像を表示する）場合には、垂直方向から45度傾いたミラー面に光を入射することになる。

【0133】

図25Aに示す画像表示装置600では、複数の虚像スクリーン610aにより、頂点側を上方に向けて配置された多角錐状の多面スクリーンが形成される。また多面スクリーンの上方には、各面に向けて視点画像4を表示する複数の多視点ディスプレイ620aがそれぞれ配置される。図25Bに示す画像表示装置601では、頂点側を上方に向けて配置された円錐状の虚像スクリーン610bが用いられる。虚像スクリーン610aの上方には、図25Aと同様に複数の多視点ディスプレイ620bがそれぞれ配置される。これにより、虚像スクリーン610a及び610bの外周に向けて表示対象5の虚像を表示することが可能となる。

【0134】

図25Cに示す画像表示装置602では、頂点側を上方に向けて配置された円錐状の虚像スクリーン610cの上方に、円環状に視点画像4を表示可能な多視点ディスプレイ620cが配置される。このように、円環状の多視点ディスプレイ620cを用いることで

10

20

30

40

50

、全周にわたって連続的に虚像 1 を表示することが可能となる。これにより、例えば多視点ディスプレイ 620 が分かれていることで、虚像 1 の表示が部分的に途切れるといった事態を回避することが可能である。

【0135】

以上説明した本技術に係る特徴部分のうち、少なくとも 2 つの特徴部分を組み合わせることも可能である。すなわち各実施形態で説明した種々の特徴部分は、各実施形態の区別なく、任意に組み合わせられてもよい。また上記で記載した種々の効果は、あくまで例示であって限定されるものではなく、また他の効果が発揮されてもよい。

【0136】

本開示において、「同じ」「等しい」「直交」等は、「実質的に同じ」「実質的に等しい」「実質的に直交」等を含む概念とする。例えば「完全に同じ」「完全に等しい」「完全に直交」等を基準とした所定の範囲（例えば ±10% の範囲）に含まれる状態も含まれる。

10

【0137】

なお、本技術は以下のような構成も採ることができる。

(1) 所定の軸の周囲の少なくとも一部を覆うように配置され、投射された画像の虚像を前記所定の軸を基準として表示する透明な 1 以上の虚像スクリーンと、

表示対象を互いに異なる方向から見た画像となる複数の視点画像を互いに異なる方向に向けて表示し、前記 1 以上の虚像スクリーンの各々に前記表示された複数の視点画像を投射する 1 以上の表示面を有する表示部と、

20

前記虚像スクリーンの周囲の観察点から前記虚像スクリーンを介して前記表示面を見込む第 1 の方向に対して、前記観察点から前記所定の軸に向かう第 2 の方向から見える前記表示対象の虚像となる前記視点画像を表示する表示制御部と

を具備する画像表示装置。

(2) (1) に記載の画像表示装置であって、

前記複数の視点画像は、前記表示対象を所定の角度ピッチでずらした方向からみた画像であり、

前記表示制御部は、前記観察点の移動に応じて、前記観察点から見て前記表示対象の虚像が前記所定の角度ピッチで切り替わるように前記視点画像を表示する

画像表示装置。

30

(3) (1) 又は (2) に記載の画像表示装置であって、

前記虚像スクリーンは、前記表示面から投射された前記視点画像を反射して前記視点画像の虚像を表示し、

前記表示制御部は、前記第 2 の方向から見た前記表示対象の画像を鏡面反転させた前記視点画像を前記第 1 の方向に表示する

画像表示装置。

(4) (1) 又は (2) に記載の画像表示装置であって、

前記虚像スクリーンは、前記表示面から投射された前記視点画像を透過して前記視点画像の虚像を表示し、

前記表示制御部は、前記第 2 の方向から見た前記表示対象の前記視点画像を前記第 1 の方向に表示する

40

画像表示装置。

(5) (1) から (4) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

前記 1 以上の虚像スクリーンは、複数の虚像スクリーンを含み、前記所定の軸を基準として多面スクリーンを構成する

画像表示装置。

(6) (1) から (5) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

前記虚像スクリーンは、回折光学素子又はハーフミラーのいずれか一方である

画像表示装置。

(7) (1) から (6) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、

50

前記虚像スクリーンは、反射型のホログラフィック光学素子又は透過型のホログラフィック光学素子のいずれか一方である

画像表示装置。

(8) (1) から (7) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記 1 以上の虚像スクリーンは、前記所定の軸の全周を覆うように配置される画像表示装置。

(9) (1) から (8) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記 1 以上の表示面は、前記 1 以上の虚像スクリーンにより表示される虚像を遮らないように配置される

画像表示装置。

10

(10) (1) から (9) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記 1 以上の表示面は、複数の表示面を含み、前記所定の軸を基準として多面ディスプレイを構成する

画像表示装置。

(11) (1) から (10) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面の中心線が重なるように表示される画像表示装置。

(12) (1) から (10) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面の一部が重なるように表示される画像表示装置。

20

(13) (1) から (10) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記複数の視点画像の虚像は、互いの虚像面が接するように表示される画像表示装置。

(14) (1) から (13) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記虚像スクリーン及び前記表示面の少なくとも一方は、曲面形状である画像表示装置。

(15) (1) から (14) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記表示面は、異方性拡散スクリーンの画像表示面であり、前記表示部は、互いに異なる方向から前記異方性拡散スクリーンに画像を投射する複数の投射部を有する

画像表示装置。

30

(16) (1) から (15) のうちいずれか 1 つに記載の画像表示装置であって、前記表示面は、直視型の立体表示ディスプレイの画像表示面である画像表示装置。

(17) (16) に記載の画像表示装置であって、前記立体表示ディスプレイは、レンチキュラレンズ方式、レンズアレイ方式、及び視差バリア方式のいずれか 1 つの方式により前記複数の視点画像を表示する

画像表示装置。

【符号の説明】

【 0 1 3 8 】

40

1、1 a、1 b ... 虚像

2 ... 視点

3 ... 虚像面

4、4 a ~ 4 c ... 視点画像

5 ... 表示対象

8、8 a、8 b ... 実像観察方向

9 ... 虚像観察方向

10、210、310、410、510、610 ... 虚像スクリーン

11、211、311、411 ... 多視点映像源

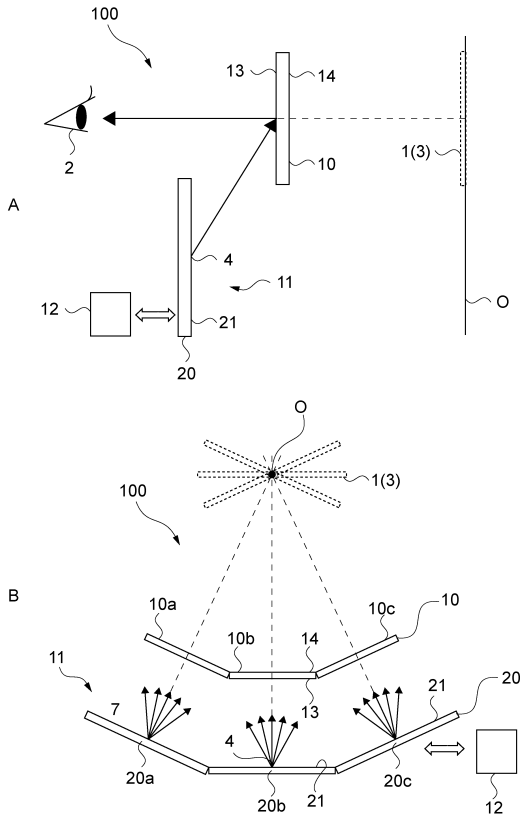
12 ... 映像制御部

50

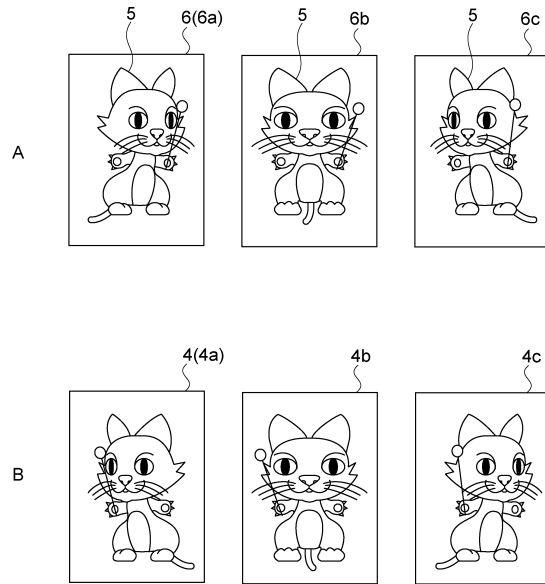
- 20、420、620...多視点ディスプレイ
- 21、221、421、521、...表示面
- 25、230、525...実像スクリーン
- 26、231、526...プロジェクタ
- 28、341...画像表示面
- 100、200、201、300、400、401、402、500、501、600
- 、601、602...画像表示装置
- 340...立体表示ディスプレイ

【図面】

【図1】



【図2】



10

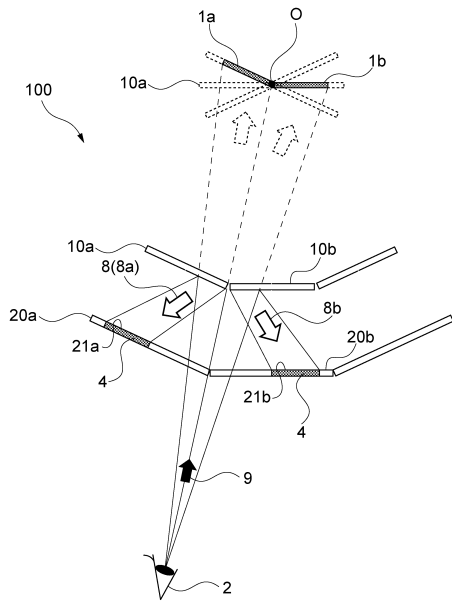
20

30

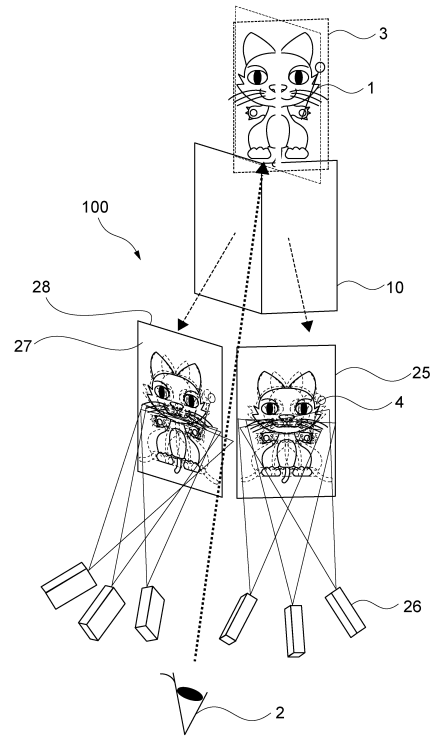
40

50

【 図 3 】



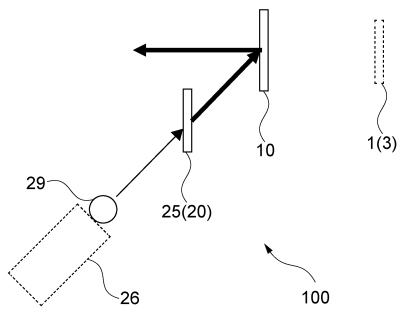
【 図 4 】



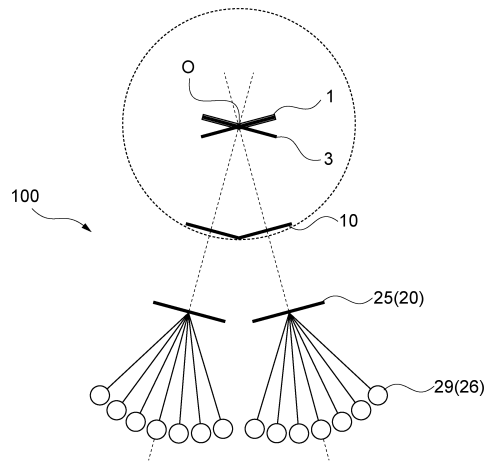
10

20

【 図 5 】



【 図 6 】

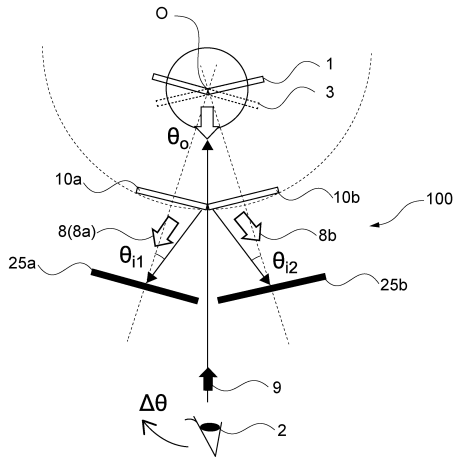


30

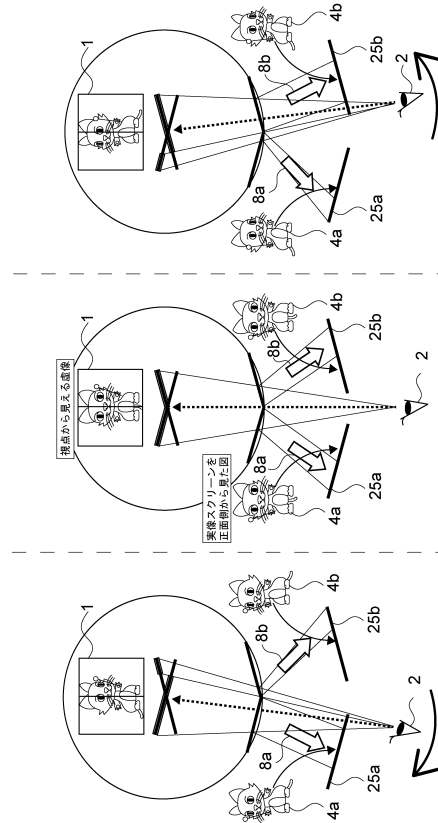
40

50

【 図 7 】



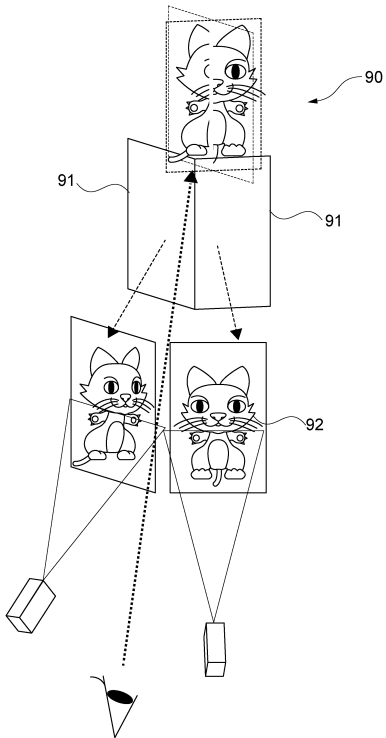
【 図 8 】



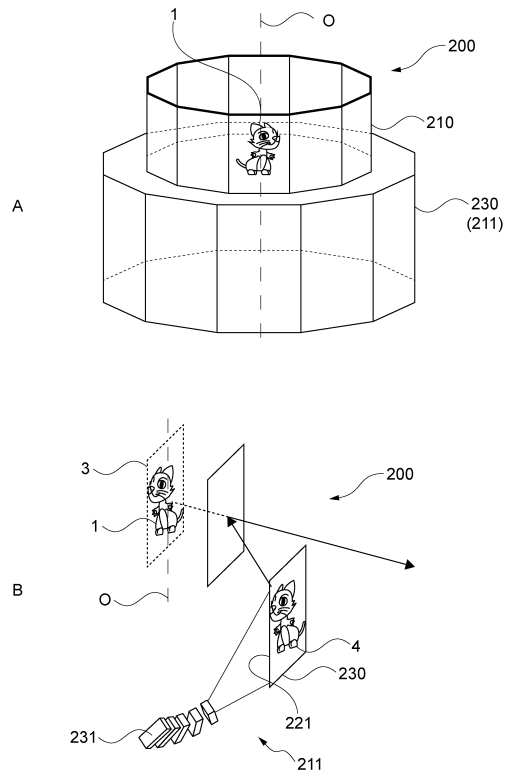
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】

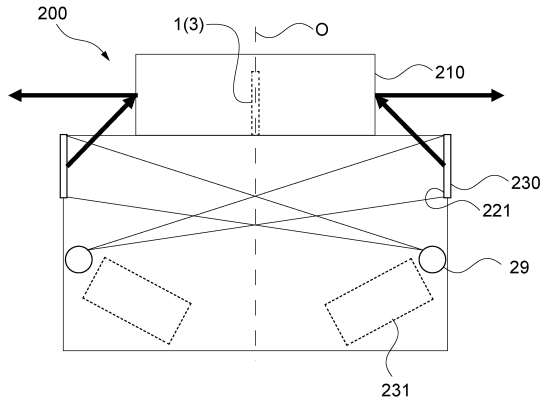


30

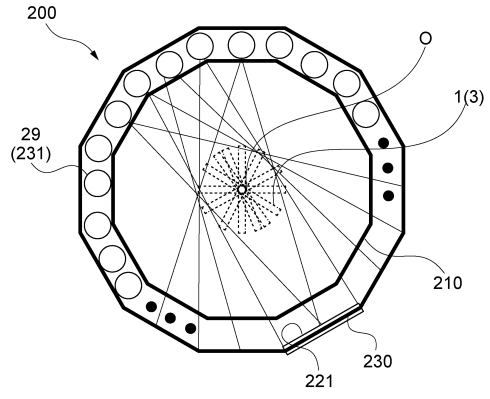
40

50

【図 1 1】

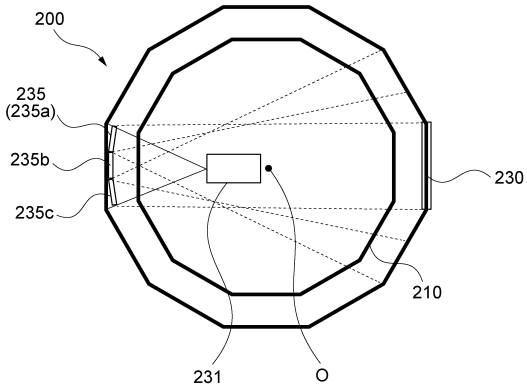


【図 1 2】

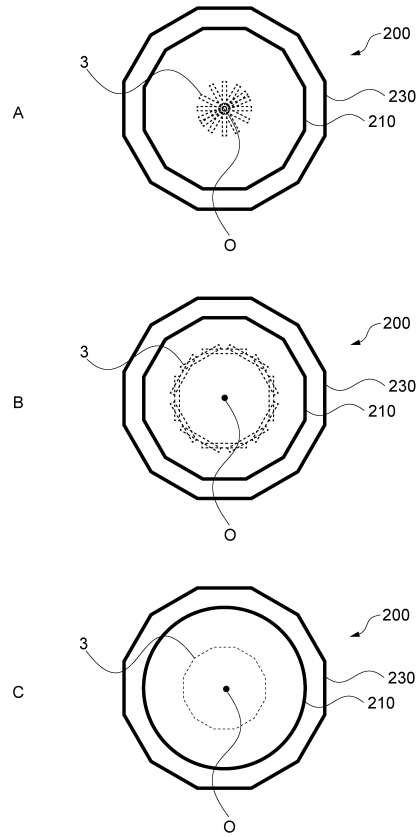


10

【図 1 3】



【図 1 4】



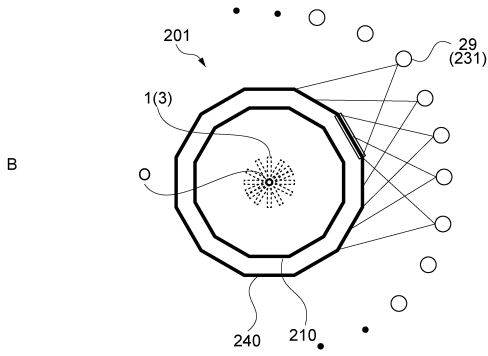
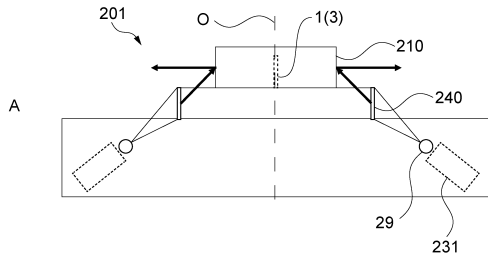
20

30

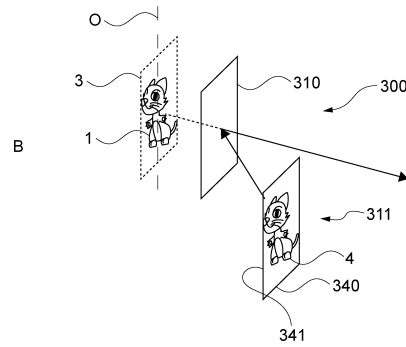
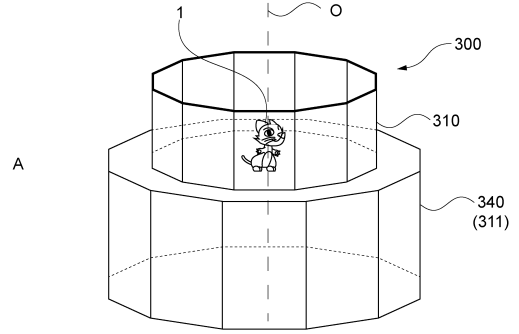
40

50

【 図 1 5 】



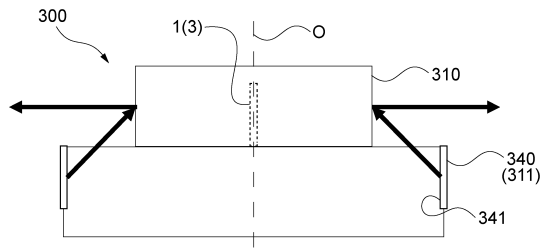
【 図 1 6 】



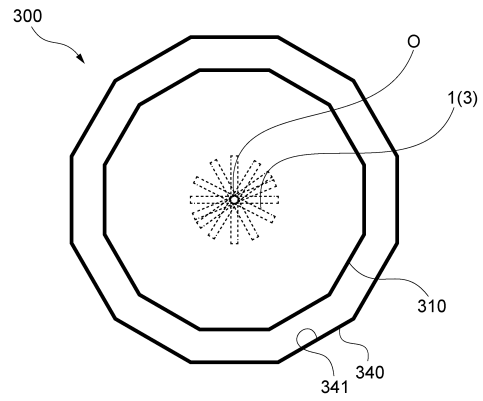
10

20

【 図 1 7 】



【 図 1 8 】

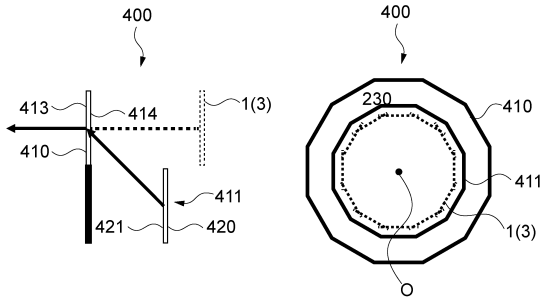


30

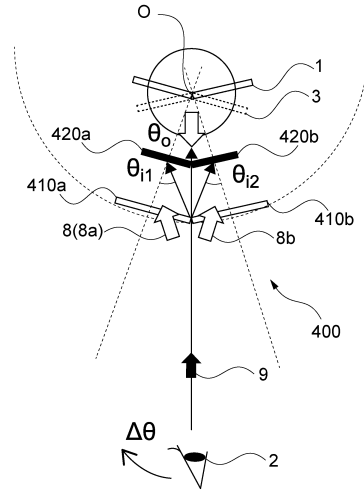
40

50

【図 19】

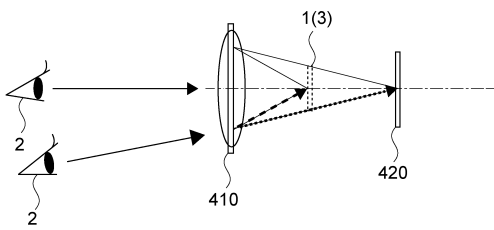


【図 20】

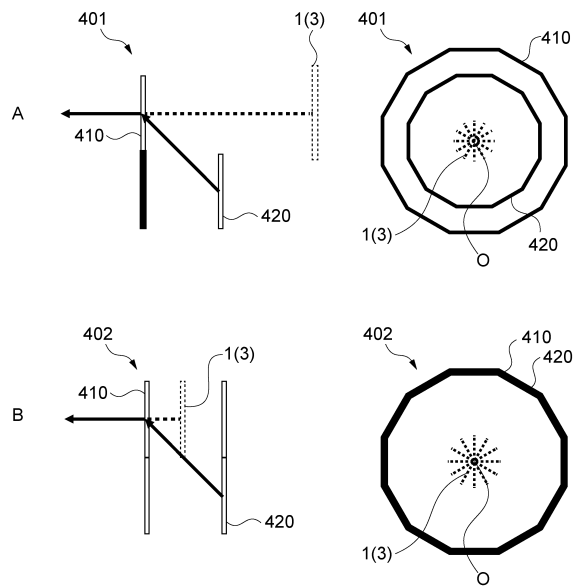


10

【図 21】



【図 22】



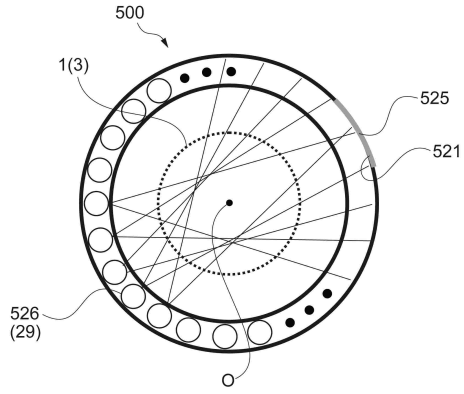
20

30

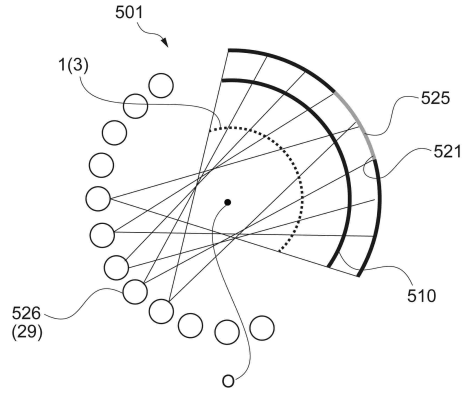
40

50

【 図 2 3 】

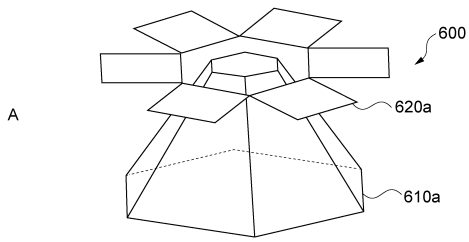


【 図 2 4 】

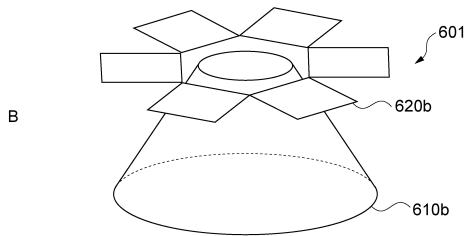


10

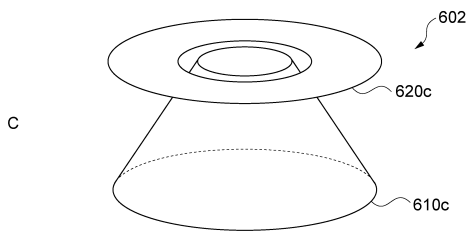
【 図 2 5 】



20



30



40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類

G 0 2 B 30/26 (2020.01)

F I

G 0 2 B 30/26

(56)参考文献

特開 2 0 0 8 - 1 7 6 1 8 0 (J P , A)

特開 2 0 1 7 - 1 5 2 7 8 4 (J P , A)

米国特許出願公開第 2 0 1 6 / 0 0 4 8 0 3 0 (U S , A 1)

特開 2 0 0 5 - 1 7 8 9 4 (J P , A)

国際公開第 2 0 1 9 / 0 4 0 4 8 4 (W O , A 1)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)

G 0 2 B 5 / 1 8、3 0 / 0 0

G 0 3 B 3 5 / 0 0、3 5 / 1 8

H 0 4 N 1 3 / 3 0 2、1 3 / 3 4 6、1 3 / 3 6 3