

(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2019-200224

(P2019-200224A)

(43) 公開日 令和1年11月21日(2019.11.21)

| (51) Int.Cl. | | F I | テーマコード (参考) |
|-------------------|------------------|------------|-------------|
| G02B 27/01 | (2006.01) | G02B 27/01 | 2H045 |
| G02B 26/10 | (2006.01) | G02B 26/10 | C 2H199 |
| G02B 27/48 | (2006.01) | G02B 27/48 | 3D344 |
| B60K 35/00 | (2006.01) | B60K 35/00 | A |

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2018-92842 (P2018-92842)
 (22) 出願日 平成30年5月14日 (2018.5.14)

(71) 出願人 000006747
 株式会社リコー
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号
 (72) 発明者 中村 健翔
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 (72) 発明者 荻野 心平
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 (72) 発明者 佐藤 佑紀
 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式会社リコー内
 Fターム(参考) 2H045 AA01 AB13 AB38 AB81 BA13
 BA24 DA11

最終頁に続く

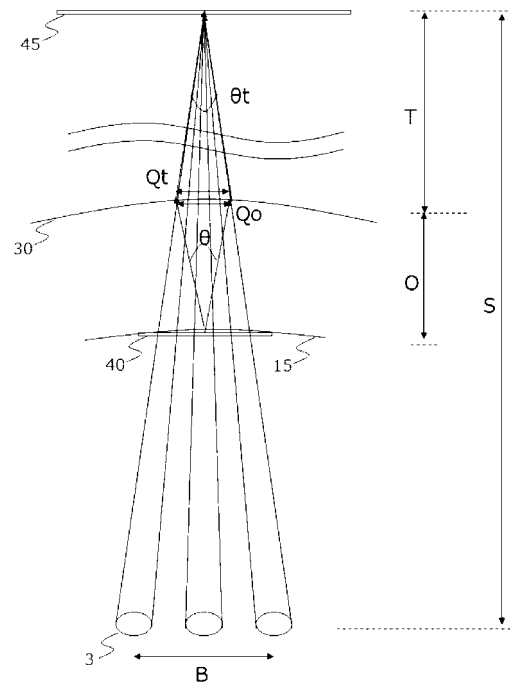
(54) 【発明の名称】 光学素子、表示システムおよび移動体

(57) 【要約】

【課題】 観察者の視点移動時の輝度のばらつきを抑制することができる。

【解決手段】 表示システム1Aは、光を発散させるスクリーン15と、光源装置11から射出された光を主走査方向および主走査方向に直交する副走査方向に走査してスクリーン15上に中間像を形成する光偏向装置13と、スクリーン15から発散された発散光を反射させるフロントガラス50と、スクリーン15から発散された発散光をフロントガラス50に向けて投射して虚像45を結像させる自由曲面ミラー30とを備える。そして、スクリーン15は、(式1)の条件を満たす。

【選択図】 図11



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光を発散させる光学素子と、前記光学素子から発散された発散光を投射して像を結像させる結像光学系と、を備え、前記結像された像を観察者に視認させる表示システムであって、下記(式1)の条件を満たすことを特徴とする表示システム。

$$\tan \theta = (T \times B) / (S \times O) \cdots (式1)$$

(上記(式1)中、 θ は前記光学素子の発散角を表し、Tは前記結像光学系から前記結像された像までの距離を表し、Bは前記結像された像を視認可能な領域であるアイボックスの範囲を表し、Sは前記結像された像の観察者の視点から当該結像された像までの距離を表し、Oは前記光学素子から前記結像光学系までの距離を表す。ただし、各距離は、基準アイポイントから観察した場合の前記光により形成される画像中心を通過する光路長である。)

10

【請求項 2】

前記 $\tan \theta$ は 0.9 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の表示システム。

【請求項 3】

光源から射出された光を主走査方向および前記主走査方向に直交する副走査方向に走査して前記光学素子上に中間像を形成する光偏向部と、を備えた請求項 1 または 2 記載の表示システム。

【請求項 4】

前記主走査方向における前記アイボックスの範囲を表す B_X は、前記副走査方向における前記アイボックスの範囲を表す B_Y よりも大きく、前記前記主走査方向における前記光学素子の発散角を表す θ_X は、前記副走査方向における前記光学素子の発散角を θ_Y よりも大きいことを特徴とする請求項 3 記載の表示システム。

20

【請求項 5】

前記光学素子は、マイクロレンズをアレイ状に配列させたマイクロレンズアレイである、請求項 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の表示システム。

【請求項 6】

前記マイクロレンズアレイは、前記光学素子から前記結像光学系までの距離を表す前記 O が 150 mm ~ 500 mm となるように配置されており、前記マイクロレンズの曲率は、 $31 \mu\text{m} \sim 554 \mu\text{m}$ である請求項 5 記載の表示システム。

30

【請求項 7】

前記光学素子から発散された発散光を反射させる反射部材を備え、前記結像光学系は、前記光学素子から発散された発散光を前記反射部材に向けて投射して虚像を結像させることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の何れか記載の表示システム。

【請求項 8】

請求項 7 記載の表示システムを備えた移動体であって、前記反射部材として、前記発散光を反射させるフロントガラスを備えた移動体。

【請求項 9】

光を発散させる光学素子と、前記光学素子から発散された発散光を投射して像を結像させる結像光学系と、を備え、前記結像された像を観察者に視認させる表示システムに用いられる光学素子であって、下記(式1)の条件を満たすことを特徴とする光学素子。

40

$$\tan \theta = (T \times B) / (S \times O) \cdots (式1)$$

(上記(式1)中、 θ は前記光学素子の発散角を表し、Tは前記結像光学系から前記結像された像までの距離を表し、Bは前記結像された像を視認可能な領域であるアイボックスの範囲を表し、Sは前記結像された像の観察者の視点から当該結像された像までの距離を表し、Oは前記光学素子から前記結像光学系までの距離を表す。ただし、各距離は、基準アイポイントから観察した場合の前記光により形成される画像中心を通過する光路長である。)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

50

【 0 0 0 1 】

本発明は、光学素子、表示システムおよび移動体に関する。

【 背景技術 】

【 0 0 0 2 】

車両等の移動体において、少ない視線移動で運転者（観察者）に各種情報（車両情報、警告情報、ナビゲーション情報等）を視認させるアプリケーションとして、HUD（ヘッドアップディスプレイ）等の表示装置が利用されている。

【 0 0 0 3 】

例えば、特許文献1は、光源から射出された画像光を光走査手段によって主走査方向および副走査方向へ二次元走査して光発散部上に中間像を形成し、中間像を車両のフロントガラス等の被投射部材に向けて拡大投射することによって、観察者の視野に重ねて虚像を表示させる表示装置を開示している。

10

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

本発明は、観察者の視点移動時の輝度のばらつきを抑制する光学素子、表示システムおよび移動体を提供することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 5 】

本発明に係る表示システムは、光を発散させる光学素子と、前記光学素子から発散された発散光を投射して像を結像させる結像光学系と、を備え、前記結像された像を観察者に視認させる表示システムであって、前記光学素子は、下記（式1）の条件を満たすように配置されている。

20

【 0 0 0 6 】

$$\tan \quad (T \quad \times \quad B) / (S \quad \times \quad O) \quad \cdots \quad (\text{式} 1)$$

（上記（式1）中、 θ は前記光学素子の発散角を表し、Tは前記結像光学系から前記結像された像までの距離を表し、Bは前記結像された像を視認可能な領域であるアイボックスの範囲を表し、Sは前記結像された像の観察者の視点から当該結像された像までの距離を表し、Oは前記光学素子から前記結像光学系までの距離を表す。ただし、各距離は、基準アイポイントから観察した場合の前記光により形成される画像中心を通過する光路長である。）

30

【 発明の効果 】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、観察者の視点移動時の輝度のばらつきを抑制することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図1 】 本発明の実施形態に係る表示システムのシステム構成の一例を示す図である。

【 図2 】 本発明の実施形態に係る表示装置のハードウェア構成の一例を示す図である。

【 図3 】 本発明の実施形態に係る表示装置の機能構成の一例を示す図である。

【 図4 】 本発明の実施形態に係る光源装置の具体的構成の一例を示す図である。

40

【 図5 】 本発明の実施形態に係る光偏向装置の具体的構成の一例を示す図である。

【 図6 】 本発明の実施形態に係るスクリーンの具体的構成の一例を示す図である。

【 図7 】 マイクロレンズアレイにおいて、入射光束径とレンズ径の大小関係の違いによる作用の違いについて説明するための図である。

【 図8 】 光偏向装置のミラーと走査範囲の対応関係について説明するための図である。

【 図9 】 2次元走査時の走査線軌跡の一例を示す図である。

【 図10 】 本発明の実施形態に係る表示システムにおける光路長の概略を示した図である。

。

【 図11 】 本発明の実施形態に係る表示システムにおける各構成要素の相対的な位置関係の一例を概略的に説明するための図である。

50

【図 1 2】本発明の実施形態に係るスクリーン 1 5 において発散される発散光の発散角と強度の関係を説明する図である。

【図 1 3】本発明の実施形態に係るスクリーン 1 5 において発散される発散光の発散角と光利用効率の関係を説明するための図である。

【図 1 4】本発明の実施形態に係るアイボックスの方向と発散角の方向の関係を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、図面を参照しながら、発明を実施するための形態を説明する。なお、図面の説明において同一要素には同一符号を付し、重複する説明は省略する。

10

【0010】

本発明の実施形態
システム構成

図 1 は、本発明の実施形態に係る表示システムのシステム構成の一例を示す図である。図 1 に示す表示システム 1 A は、観察者 3 が視認する画像（虚像 4 5）の端部における輝度の低下および観察者の視点移動時の輝度の低下を抑制しつつ、良好な輝度分布を有する画像を観察者 3 に視認させることができるシステムである。

【0011】

表示システム 1 A は、表示装置 1 0 から投射される投射光を、透過反射部材に投射させることによって観察者 3 に表示画像を視認させる。表示画像は、観察者 3 の視界に虚像 4 5 として重畳して表示する画像である。表示システム 1 A は、例えば、車両、航空機もしくは船舶等の移動体、または操縦シミュレーションシステムもしくはホームシアターシステム等の非移動体に備えられる。本実施形態は、表示システム 1 A が、移動体の一例である自動車に備えられた場合について説明する。なお、表示システム 1 A の使用形態は、これに限られるものではない。

20

【0012】

表示システム 1 A は、例えば、フロントガラス 5 0 を介して車両の操縦に必要なナビゲーション情報（例えば車両の速度、進路情報、目的地までの距離、現在地名称、車両前方における物体（対象物）の有無や位置、制限速度等の標識、渋滞情報等の情報等）を、観察者 3（操縦者）に視認させる。この場合、フロントガラス 5 0 は、入射された光の一部を透過させ、残部の少なくとも一部を反射させる透過反射部材として機能する。観察者 3 の視点位置からフロントガラス 5 0 までの距離は、数十 cm ~ 1 m 程度である。

30

【0013】

表示システム 1 A は、表示装置 1 0、自由曲面ミラー 3 0 およびフロントガラス 5 0 を備える。表示装置 1 0 は、例えば、移動体の一例である自動車に搭載されたヘッドアップディスプレイ装置（HUD 装置）である。表示装置 1 0 は、自動車のインテリアデザインに準拠して任意の位置に配置される。表示装置 1 0 は、例えば、自動車のダッシュボードの下方に配置されてもよく、ダッシュボード内に埋め込まれていてもよい。

【0014】

表示装置 1 0 は、光源装置 1 1、光偏向装置 1 3、スクリーン 1 5 を備える。光源装置 1 1 は、光源から出射されたレーザ光を、装置外部へ照射するデバイスである。光源装置 1 1 は、例えば、R、G、B の 3 色のレーザ光を合成したレーザ光を照射してもよい。光源装置 1 1 から射出されたレーザ光は、光偏向装置 1 3 の反射面に導かれる。光源装置 1 1 は、光源として、LD（Laser Diode）等の半導体発光素子を有する。なお、光源は、これに限られず、LED（light emitting diode）等の半導体発光素子を有してもよい。

40

【0015】

光偏向部としての光偏向装置 1 3 は、光源装置 1 1 から射出された光を主走査方向および主走査方向に直交する副走査方向に走査して、光学素子としてのスクリーン 1 5 上に中間像を形成するものであり、MEMS（Micro Electro Mechanical Systems）等を利用してレーザ光の進行方向を変化させるデバイスである。光偏向装置 1 3 は、例えば、直交す

50

る2軸に対して揺動する単一の微小なMEMSミラー、または1軸に対して揺動もしくは回転する2つのMEMSミラーからなるミラー系等の走査手段を利用して構成される。光偏向装置13から射出したレーザ光は、スクリーン15に走査される。なお、光偏向装置13は、MEMSミラーに限られず、ポリゴンミラー等を用いて構成されてもよい。

【0016】

スクリーン15は、光を発散させる光学素子としてのレーザ光を所定の発散角で発散させる機能を有する発散部材である。スクリーン15は、例えば、EPE (Exit Pupil Expander) の形態として、マイクロレンズアレイ (MLA) または拡散板等の光拡散効果を持つ透過型の光学素子によって構成される。なお、スクリーン15は、マイクロミラーアレイ等の光拡散効果を持つ反射型の光学素子によって構成されてもよい。スクリーン15は、光偏向装置13から射出されたレーザ光がスクリーン15上に走査されることによって、スクリーン15上に二次元像である中間像40を形成する。

10

【0017】

ここで、表示装置10の投射方式は、液晶パネル、DMDパネル (デジタルミラーデバイスパネル) または蛍光表示管 (VFD) 等イメージングデバイスで中間像40を形成する「パネル方式」と、光源装置11から射出されたレーザ光を走査手段で走査して中間像40を形成する「レーザ走査方式」がある。

【0018】

本発明の実施形態に係る表示装置10は、後者の「レーザ走査方式」を採用する。「レーザ走査方式」は、各画素に対して発光または非発光を割り当てることができるため、一般に高コントラストの画像を形成することができる。なお、表示装置10は、投射方式として「パネル方式」を用いてもよい。

20

【0019】

スクリーン15から射出されたレーザ光 (光束) によって、自由曲面ミラー30およびフロントガラス50に投射された虚像45は、中間像40から拡大されて表示される。自由曲面ミラー30は、フロントガラス50の湾曲形状による画像の傾き、歪、位置ずれ等を相殺するように設計および配置されている。自由曲面ミラー30は、所定の回転軸を中心として回転可能に設置されてもよい。これにより、自由曲面ミラー30は、スクリーン15から射出したレーザ光 (光束) の反射方向を調整し、虚像45の表示位置を変化させることができる。

30

【0020】

ここでは、自由曲面ミラー30は、虚像45の結像位置が所望の位置になるように、一定の集光パワーを有するように既存の光学設計シミュレーションソフトを用いて設計されている。表示装置10は、虚像45が観察者3の視点位置から例えば1m以上かつ30m以下 (好ましくは10m以下) の位置 (奥行位置) に表示されるように、自由曲面ミラー30の集光パワーが設定される。なお、自由曲面ミラー30は、凹面ミラーや曲面ミラーであってもよい。自由曲面ミラー30は、光学素子から発散された発散光を投射して像を結像させる結像光学系の一例である。

【0021】

フロントガラス50は、レーザ光 (光束) の一部を透過させ、残部の少なくとも一部を反射させる機能 (部分反射機能) を有する透過反射部材である。フロントガラス50は、観察者3に前方の景色および虚像45を視認させる半透過鏡として機能する。虚像45は、例えば、車両情報 (速度、走行距離等)、ナビゲーション情報 (経路案内、交通情報等)、警告情報 (衝突警報等) 等を観察者3に視認させるための画像情報である。なお、透過反射部材は、フロントガラス50とは別途設けられたフロントウィンドシールド等であってもよい。フロントガラス50は、反射部材の一例である。

40

【0022】

虚像45は、フロントガラス50の前方の景色と重畳するように表示されてもよい。また、フロントガラス50は、平面でなく、湾曲している。そのため、虚像45の結像位置は、自由曲面ミラー30とフロントガラス50の曲面によって決定される。なお、フロン

50

トガラス50は、部分反射機能を有する個別の透過反射部材としての半透過鏡（コンバイナ）を利用してもよい。

【0023】

このような構成により、スクリーン15から射出されたレーザ光（光束）は、自由曲面ミラー30に向けて投射され、フロントガラス50によって反射される。観察者3は、フロントガラス50で反射された光によって、スクリーン15に形成された中間像40が拡大された虚像45を視認することができるようになる。

【0024】

ハードウェア構成

図2は、本発明の実施形態に係る表示装置のハードウェア構成の一例を示す図である。なお、図2に示すハードウェア構成は、各実施形態において同様の構成を備えていてもよく、必要に応じて構成要素が追加または削除されてもよい。

10

【0025】

表示装置10は、表示装置10の動作を制御するための制御装置17を有する。制御装置17は、表示装置10の内部に実装された基板またICチップ等のコントローラである。制御装置17は、FPGA（Field-Programmable Gate Array）1001、CPU（Central Processing Unit）1002、ROM（Read Only Memory）1003、RAM（Random Access Memory）1004、I/F（Interface）1005、バスライン1006、LDドライバ1008、MEMSコントローラ1010およびモータドライバ1012を含む。

20

【0026】

FPGA1001は、表示装置10の設計者による設定変更が可能な集積回路である。LDドライバ1008、MEMSコントローラ1010、およびモータドライバ1012は、FPGA1001からの制御信号に応じて駆動信号を生成する。CPU1002は、表示装置10全体を制御するための処理を行う集積回路である。ROM1003は、CPU1002を制御するプログラムを記憶する記憶装置である。RAM1004は、CPU1002のワークエリアとして機能する記憶装置である。I/F1005は、外部装置と通信するためのインターフェースである。I/F1005は、例えば自動車のCAN（Controller Area Network）等に接続される。

【0027】

LD1007は、例えば、光源装置11の一部を構成する半導体発光素子である。LDドライバ1008は、LD1007を駆動する駆動信号を生成する回路である。MEMS1009は、光偏向装置13の一部を構成し、走査ミラーを変位させるデバイスである。MEMSコントローラ1010は、MEMS1009を駆動する駆動信号を生成する回路である。モータ1011は、自由曲面ミラー30の回転軸を回転させる電動機である。モータドライバ1012は、モータ1011を駆動する駆動信号を生成する回路である。

30

【0028】

機能構成

図3は、本発明の実施形態に係る表示装置の機能構成の一例を示す図である。表示装置10により実現される機能は、車両情報受信部171、外部情報受信部172、画像生成部173および画像表示部174を含む。

40

【0029】

車両情報受信部171は、CAN等から自動車の情報（速度、走行距離等の情報）を受信する機能である。車両情報受信部171は、図2に示したI/F1005およびCPU1002の処理、並びにROM1003に記憶されたプログラム等により実現される。

【0030】

外部情報受信部172は、外部ネットワークから自動車外部の情報（GPSからの位置情報、ナビゲーションシステムからの経路情報または交通情報等）を受信する機能である。外部情報受信部172は、図2に示したI/F1005およびCPU1002の処理、並びにROM1003に記憶されたプログラム等により実現される。

50

【0031】

画像生成部173は、車両情報受信部171および外部情報受信部172により入力された情報に基づいて、中間像40および虚像45を表示させるための画像情報を生成する機能である。画像生成部173は、図2に示したCPU1002の処理、およびROM1003に記憶されたプログラム等により実現される。

【0032】

画像表示部174は、画像生成部173により生成された表示情報に基づいて、スクリーン15に中間像40を形成し、中間像40を構成したレーザ光(光束)をフロントガラス50に向けて投射して虚像45を表示させる機能である。画像表示部174は、図2に示したCPU1002、FPGA1001、LDドライバ1008、MEMSコントローラ1010およびモータドライバ1012の処理、並びにROM1003に記憶されたプログラム等により実現される。

10

【0033】

画像表示部174は、制御部175、中間像形成部176および投影部177を含む。制御部175は、中間像40を形成するために、光源装置11および光偏向装置13の動作を制御する制御信号を生成する。また、制御部175は、虚像45を所定の位置に表示させるために、自由曲面ミラー30の動作を制御する制御信号を生成する。

【0034】

中間像形成部176は、制御部175によって生成された制御信号に基づいて、スクリーン15に中間像40を形成する。投影部177は、観察者3に視認させる虚像45を形成するために、中間像40を構成したレーザ光を、透過反射部材(フロントガラス50等)に投射させる。

20

【0035】

光源装置

図4は、本発明の実施形態に係る光源装置の具体的構成に一例を示す図である。光源装置11は、光源素子111R, 111G, 111B(以下、区別する必要のないときは、光源素子111とする。)、カップリングレンズ112R, 112G, 112B、アパーチャ113R, 113G, 113B、合成素子114, 115, 116、およびレンズ117を含む。

【0036】

3色(R, G, B)の光源素子111R, 111G, 111Bは、例えば、それぞれ単数または複数の発光点を有するLD(Laser Diode)である。光源素子111R, 111G, 111Bは、互いに異なる波長R, G, B(例えばR=640nm, G=530nm, B=445nm)のレーザ光(光束)を放射する。

30

【0037】

放射された各レーザ光(光束)は、それぞれカップリングレンズ112R, 112G, 112Bによりカップリングされる。カップリングされた各レーザ(光束)は、それぞれアパーチャ113R, 113G, 113Bにより整形される。アパーチャ113R, 113G, 113Bは、レーザ光(光束)の発散角等の所定の条件に応じた形状(例えば円形、楕円形、長方形、正方形等)を有する。

40

【0038】

アパーチャ113R, 113G, 113Bにより整形された各レーザ光(光束)は、3つの合成素子114, 115, 116により合成される。合成素子114, 115, 116は、プレート状またはプリズム状のダイクロイックミラーであり、波長に応じてレーザ光(光束)を反射または透過し、1つの光束に合成する。合成された光束は、レンズ117を通り、光偏向装置13に導かれる。

【0039】

光偏向装置

図5は、本発明の実施形態に係る光偏向装置の具体的構成の一例を示す図である。光偏向装置13は、半導体プロセスにより製造されるMEMSミラーであり、ミラー130、

50

蛇行状梁部 132、枠部材 134、および圧電部材 136を含む。光偏向装置 13は、走査部の一例である。

【0040】

ミラー 130は、光源装置 11から射出されたレーザ光をスクリーン 15側に反射する反射面を有する。光偏向装置 13は、ミラー 130を挟んで一对の蛇行状梁部 132を形成する。蛇行状梁部 132は、複数の折り返し部を有する。折り返し部は、交互に配置される第1の梁部 132aと第2の梁部 132bとから構成されている。蛇行状梁部 132は、枠部材 134に支持されている。圧電部材 136は、隣接する第1の梁部 132aと第2の梁部 132bとを接続するように配置されている。圧電部材 136は、第1の梁部 132aと第2の梁部 132bとに異なる電圧を印加し、梁部 132a, 132bのそれぞれに反りを発生させる。

10

【0041】

これにより、隣接する梁部 132a, 132bは、異なる方向に撓む。ミラー 130は、撓みが累積されることによって、左右方向の軸を中心として垂直方向に回転する。このような構成により、光偏向装置 13は、垂直方向への光走査が低電圧で可能となる。上下方向の軸を中心とした水平方向の光走査は、ミラー 130に接続されたトーシヨンバー等を利用した共振により行われる。

【0042】

スクリーン

図6は、本発明の実施形態に係るスクリーンの具体的構成の一例を示す図である。スクリーン 15は、光源装置 11の一部を構成するLD 1007から射出されたレーザ光を結像させる。また、スクリーン 15は、所定の発散角で発散させる発散部材である。図6に示すスクリーン 15は、六角形状を有する複数のマイクロレンズ 150が隙間なく配列されたマイクロレンズアレイ構造を有している。マイクロレンズ 150の幅(対向する2辺間の距離)は、200 μ m程度である。スクリーン 15は、マイクロレンズ 150の形状を六角形とすることにより、複数のマイクロレンズ 150を高密度で配列することができる。

20

【0043】

なお、マイクロレンズ 150の形状は、六角形に限られるものではなく、例えば四角形、三角形等であってもよい。また、複数のマイクロレンズ 150が規則正しく配列された構造を例示しているが、マイクロレンズ 150の配列は、これに限られるものではなく、例えば、各マイクロレンズ 150の中心を互いに偏心させ、不規則な配列としてもよい。このように偏心させた配列を採用する場合、各マイクロレンズ 150は、互いに異なる形状となる。

30

【0044】

図7は、マイクロレンズアレイにおいて、入射光束径とレンズ径の大小関係の違いによる作用の違いについて説明するための図である。図7(a)において、スクリーン 15は、マイクロレンズ 150が整列して配置された光学板 151によって構成される。光学板 151上に入射光 152を走査される場合、入射光 152は、マイクロレンズ 150により発散され、発散光 153となる。スクリーン 15は、マイクロレンズ 150の構造により、入射光 152を所望の発散角 154で発散させることができる。この発散角 154は、マイクロレンズ 150の曲率と対応関係がある。マイクロレンズ 150の周期 155は、入射光 152の径 156aよりも大きくなるように設計される。これにより、スクリーン 15は、レンズ間での干渉が起こさずに、スペックル(スペックルノイズ)を生じさせない。

40

【0045】

図7(b)は、入射光 152の径 156bが、マイクロレンズ 150の周期 155の2倍大きい場合の発散光の光路を示す。入射光 152は、二つのマイクロレンズ 150a、150bに入射し、それぞれ発散光 157、158を生じさせる。このとき、領域 159において、二つの発散光が存在するため、光の干渉を生じうる。この干渉光が観察者の目

50

に入った場合、スペックルとして視認される。

【0046】

以上を考慮して、スペックルを低減するため、マイクロレンズ150の周期155は、入射光の径156よりも大きく設計される。なお、図7は、凸面レンズの形態で説明したが、凹面レンズの形態においても同様の効果があるものとする。

【0047】

図8は、光偏向装置のミラーと走査範囲の対応関係について説明するための図である。光源装置11の各光源素子は、FPGA1001によって発光強度や点灯タイミング、光波形が制御される。光源装置11の各光源素子は、LDドライバ1008によって駆動され、レーザ光を射出する。各光源素子から射出され光路合成されたレーザ光は、図8に示すように、光偏向装置13のミラー130によって軸周りに二次元的に偏向され、ミラー130を介して走査光としてスクリーン15に照射される。すなわち、スクリーン15は、光偏向装置13による主走査および副走査によって二次元走査される。

10

【0048】

走査範囲は、光偏向装置13によって走査しうる全範囲である。走査光は、スクリーン15の走査範囲を、2~4万Hz程度の速い周波数で主走査方向(X軸方向)に振動走査(往復走査)しつつ、数十Hz程度の遅い周波数で副走査方向(Y軸方向)に片道走査する。すなわち、光偏向装置13は、スクリーン15に対してラスタースキャンを行う。この場合、表示装置10は、走査位置(走査光の位置)に応じて各光源素子の発光制御を行うことで、画素ごとの描画または虚像の表示を行うことができる。

20

【0049】

一画面を描画する時間、すなわち1フレーム分の走査時間(二次元走査の1周期)は、上記のように副走査周期が数十Hzであることから、数十msecとなる。例えば、主走査周期を20000Hz、副走査周期を50Hzとした場合、1フレーム分の走査時間は、20msecとなる。

【0050】

図9は、二次元走査時の走査線軌跡の一例を示す図である。スクリーン15は、図9に示すように、中間像40が描画される(画像データに応じて変調された光が照射される)画像領域61(有効走査領域)と、画像領域61を取り囲むフレーム領域62を含む。

【0051】

走査範囲は、スクリーン15における画像領域61とフレーム領域62の一部(画像領域61の外縁近傍の部分)を併せた範囲とする。図9において、走査範囲における走査線の軌跡は、ジグザグ線によって示される。図9において、走査線の本数は、便宜上、実際よりも少なくしている。

30

【0052】

スクリーン15は、上述のように、マイクロレンズアレイ等の光拡散効果を持つ透過型の光学素子で構成されている。画像領域61は、矩形または平面である必要はなく、多角形または曲面であってもよい。また、スクリーン15は、光拡散効果を持たない平板または曲板であってもよい。さらに、画像領域61は、装置レイアウトに応じて、例えば、マイクロミラーアレイ等の光拡散効果を持つ反射型の素子とすることもできる。

40

【0053】

スクリーン15は、走査範囲における画像領域61の周辺領域(フレーム領域62の一部)に、受光素子を含む同期検知系60が備える。図9において、同期検知系60は、画像領域61の-X側かつ+Y側の隅部に配置される。同期検知系60は、光偏向装置13の動作を検出して、走査開始タイミングや走査終了タイミングを決定するための同期信号をFPGA1001に出力する。

【0054】

詳細

続いて、図10乃至図12を用いて、本発明の実施形態に係る表示システム1Aの光学設計について説明する。

50

【 0 0 5 5 】

図 1 0 は、本発明の実施形態に係る表示システムにおける光路長の概略を示した図である。ここで、各光路長は、表示システム 1 A の各構成要素におけるアイリプス中心（基準アイポイント）から観察した際の画像中心が通過する光路を用いて測定される。画像中心は、それぞれの構成要素における幾何学中心に一致しているものとする。なお、アイリプス中心（基準アイポイント）は、観察者 3 の基準となる視点位置であり、結像された像を視認可能な領域となるアイボックスの中心である。

【 0 0 5 6 】

なお、観察者 3（例えば自動車を運転する運転者）は、フロントガラス 5 0 によって反射された光の光路上のアイボックス（観察者 3 の目の近傍の領域）から虚像 4 5 を視認する。ここで、アイボックスは、観察者 3 が視点の位置を調整して虚像 4 5 を視認可能な範囲を意味する。具体的には、アイボックスは、自動車の運転者アイレンジ（J I S D 0 0 2 1）と同等かそれ以下である。アイボックスは、運転者が虚像 4 5 を視認可能な領域として、座席に着座した運転者のアイポイントが存在可能な空間領域であるアイリプスに基づいて設定される。

【 0 0 5 7 】

表示システム 1 A において、観察者 3 の基準アイポイントから虚像 4 5 の画像中心までの光路長は、光路長 S として定義される。

【 0 0 5 8 】

光偏向装置 1 3 からスクリーン 1 5 に形成される中間像 4 0 の画像中心までの光路長は、光路長 M として定義される。また、スクリーン 1 5 に形成される中間像 4 0 の画像中心から、中間像 4 0 から発散された光束が自由曲面ミラー 3 0 を通過する領域の中心位置までの光路長は、光路長 O として定義される。

【 0 0 5 9 】

図 1 1 は、本発明の実施形態に係る表示システムにおける各構成要素の相対的な位置関係の一例を概略的に説明するための図である。図 1 1 は、便宜上、各構成要素が X Z 平面上に平行に配置されているものとして説明するが、実際には、各構成要素の配置は、図 1 0 に示すように、必ずしも X Y 平面に平行ではない。

【 0 0 6 0 】

さらに、中間像 4 0 から発散された光束が自由曲面ミラー 3 0 を通過する領域の中心位置から虚像 4 5 の画像中心までの光路長は、光路長 T として定義される。

【 0 0 6 1 】

スクリーン 1 5 は、上述のように、マイクロレンズアレイ等の光発散部材を備えており、本実施形態では、マイクロレンズアレイそのものである。スクリーン 1 5 に走査された光束は、スクリーン 1 5 を通過することによって、発散角 θ で発散される。スクリーン 1 5 から射出される光束は、自由曲面ミラー 3 0 へ入射する。自由曲面ミラー 3 0 に対する光束の通過幅は、 Q_0 である。

【 0 0 6 2 】

自由曲面ミラー 3 0 は、図 1 0 に示したフロントガラス 5 0 で発生する光学歪を低減するように面形状が設計されている。自由曲面ミラー 3 0 を通過した光束は、その後フロントガラス 5 0 に入射し、観察者 3 の基準アイポイントを含む少なくともアイリプス領域内の一点の視点に到達する。フロントガラス 5 0 に入射した光束は、フロントガラス 5 0 の面形状に応じて反射される。

【 0 0 6 3 】

B は結像された像を視認可能な領域であるアイボックスの範囲を表し、観察者 3 は、自由曲面ミラー 3 0 により結像された虚像をアイボックスの範囲 B 内で視認可能である。図 1 1 において、 t は虚像とアイボックスの範囲 B を結ぶ線がなす角度を表し、 Q_t は虚像とアイボックスの範囲 B を結ぶ線が自由曲面ミラー 3 0 と交差する領域を表す。

【 0 0 6 4 】

表示システム 1 A は、領域 Q_0 、領域 Q_t となるように構成されることが好ましい。仮

10

20

30

40

50

に領域 $Q_o < 領域 Q_T$ の場合、領域 Q_o の端部では光量不足になり、アイボックスの範囲 B の端部の視点から虚像を観ると輝度不足となる。これに対して、領域 Q_o 領域 Q_t の場合は、領域 Q_o の端部でも光量が確保され、アイボックスの範囲 B の端部の視点から虚像を観ても輝度が確保される。

【0065】

ここで、図11において、 Q_o は(式2)で規定され、 Q_t は(式3)で規定され、 B は(式4)で規定される。

【0066】

$$Q_o = O \times \tan \quad \dots (式2)$$

$$Q_t = T \times \tan \quad \dots (式3)$$

$$B = S \times \tan \quad \dots (式4)$$

【0067】

(式2)~(式4)に基づき、 Q_o Q_t の関係式を変形させると、下記(式1)に示す条件が導かれる。すなわち、表示システム1Aは、下記(式1)に示す条件を満たすことにより、観察者の視点移動時の輝度のばらつきを抑制することができる。具体的には、観察者3が、アイボックスの範囲 B の端部の視点から虚像を観ても輝度を確保することができる。

【0068】

$$\tan \quad (T \times B) / (S \times O) \quad \dots (式1)$$

【0069】

図12は、本発明の実施形態に係るスクリーン15において発散される発散光の発散角と強度の関係を説明する図である。図12の横軸は、スクリーン15に入射される光束を基準としたときのスクリーン15における発散光の発散角である。図12に示すように、発散角に対する規格化強度は、レーザ光特有のガウシアン分布の強度プロファイルを持つ。ここで、発散角は、スクリーン15に入射される光の入射角と、入射された光がスクリーン15によって発散されて観察者3の視点に到達する発散光の発散角中心との角度差である。

【0070】

図12における実線は、 $\tan \quad TB / SO$ を満たす本発明の実施例であり、破線は $\tan \quad TB / SO$ を満たさない ($\tan < TB / SO$ となる) 比較例である。実施例は、発散角が大きくなるに従って、比較例に比べてなだらかに規格化強度が低下していることがわかる。したがって、本発明の実施例では、観察者3が、発散角が大きい部分、すなわちアイボックスの範囲 B の端部の視点から虚像を観ても輝度が確保することができる。よって、本発明の実施例では、観察者の視点移動時の輝度のばらつきを抑制することができる。

【0071】

図13は、本発明の実施形態に係るスクリーン15において発散される発散光の発散角と光利用効率の関係を説明する図である。横軸は、スクリーン15に入射される光束を基準としたときのスクリーン15における発散光の発散角に基づく \tan の値であり、縦軸は発散光全体の光利用効率である。本実施形態では、発散光全体の光利用効率は50%以上が好ましく、これに対応して \tan は0.9以下が好ましい。

【0072】

ここで、図7において説明したように、発散角はマイクロレンズ150の曲率と対応関係がある。具体的には、マイクロレンズ150の曲率は、発散角以外に、画角、解像度、屈折率、スクリーン15のサイズにより決定される。マイクロレンズ150から結像光学系までの距離を表す O が150mm~500mmとなるようにマイクロレンズ150が配置される場合は、マイクロレンズの曲率は $31 \mu m \sim 554 \mu m$ であることが好ましく、主走査方向については $84 \mu m \sim 126 \mu m$ であることがより好ましい。この場合、解像度は50ppd~150ppdであることが好ましい。これにより、表示システム1Aは、 $0.9 \tan \quad TB / SO$ の条件を容易に満たすことができる。

10

20

30

40

50

【0073】

図14は、本発明の実施形態に係るアイボックスの方向と発散角の方向の関係を示す図である。結像された像を視認可能な領域であるアイボックスの範囲Bは、主走査方向（X軸方向）におけるアイボックスの範囲を B_x 、副走査方向（Y軸方向）におけるアイボックスの範囲を B_y として、観察者3の目の前に仮想される矩形を成している。また、スクリーン15における発散光の発散角 θ_x は、主走査方向（X軸方向）における発散角を表す θ_x と、副走査方向（Y軸方向）における発散角を表す θ_y を含む。

【0074】

本実施形態において、主走査方向（X軸方向）におけるアイボックスの範囲を表す B_x は、副走査方向（Y軸方向）におけるアイボックスの範囲を表す B_y よりも大きく、主走査方向（X軸方向）におけるスクリーン15の発散角を表す θ_x は、副走査方向（Y軸方向）におけるスクリーン15の発散角を表す θ_y よりも大きい。XYZ軸は、車両実装上のレイアウトを考慮して変更することが可能である。

10

【0075】

以上説明した本発明の実施形態に係る表示システム1Aは、光を発散させる光学素子としてスクリーン15を備えた「レーザ走査方式」の表示システムであったが、光を発散させる光学素子として液晶パネルを備えた「パネル方式」の表示システムに本発明を適用しても良い。

【0076】

また、各光学系のレイアウトの関係における θ_x と他のパラメータの値の許容範囲を考慮した場合、光偏向装置13と中間像40までの光路長Mは、80mm～120mmの付近であることが好ましい。表示装置10は、このMの値を用いて、他のパラメータを算出することによって、最適な光学設計を行うことが可能になる。

20

【0077】

さらに、表示システム1Aは、投射光学系が自由曲面ミラー30のみで構成されているが、これには限定されない。光学素子を複数用いた場合、表示システム1Aは、一素子に合成した場合の系を換算して、(式1)の条件を満たせばよい。

【0078】

なお、本発明の一実施形態に係る光学素子、表示システムおよび移動体について説明してきたが、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、当業者が想到することができる範囲内で変更することができる。

30

【符号の説明】

【0079】

- 1A 表示システム
- 10 表示装置
- 11 光源装置（光源の一例）
- 13 光偏向装置（光偏向部の一例）
- 15 スクリーン（光学素子の一例）
- 30 自由曲面ミラー（結像光学系の一例）
- 50 フロントガラス（反射部材の一例）

40

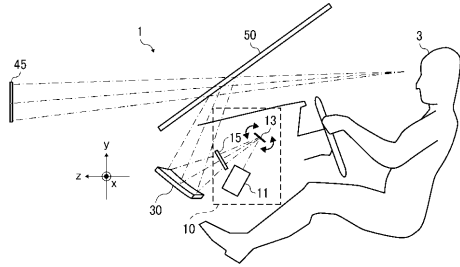
【先行技術文献】

【特許文献】

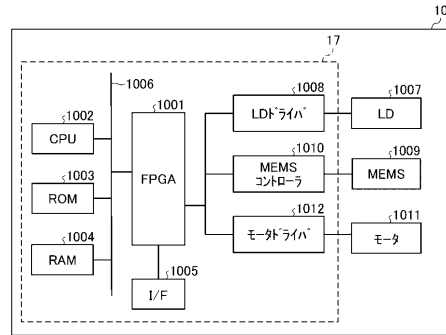
【0080】

【特許文献1】特開2015-232693号公報

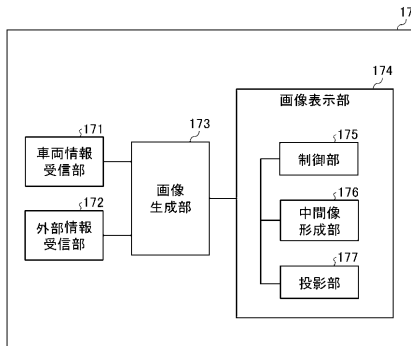
【 図 1 】



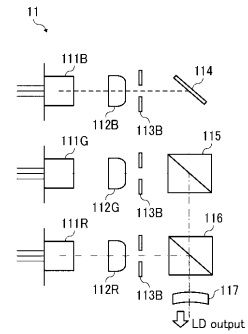
【 図 2 】



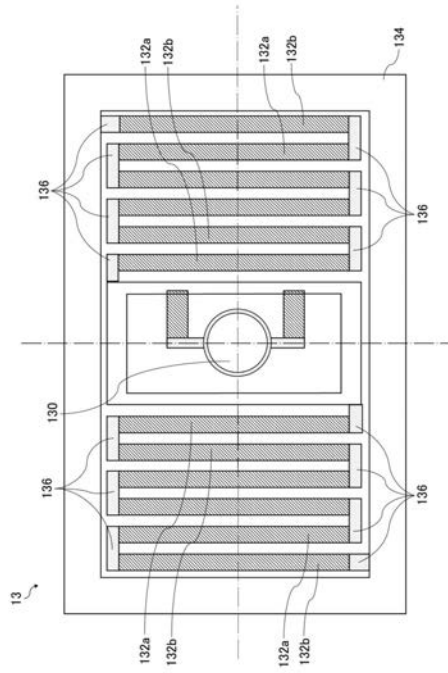
【 図 3 】



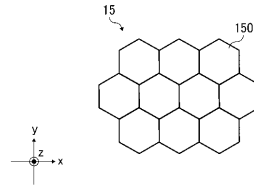
【 図 4 】



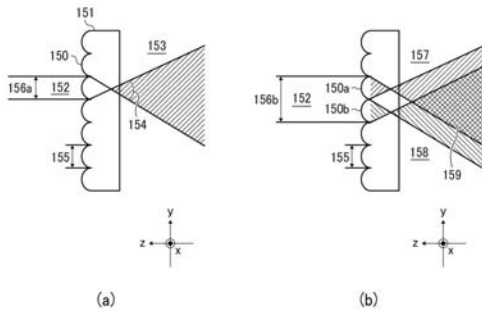
【 図 5 】



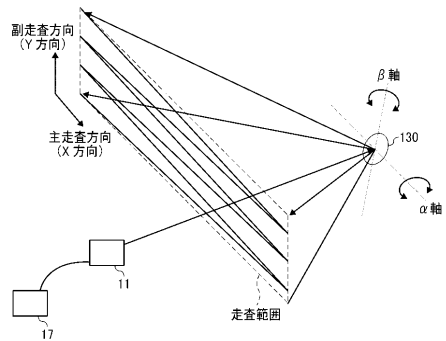
【 図 6 】



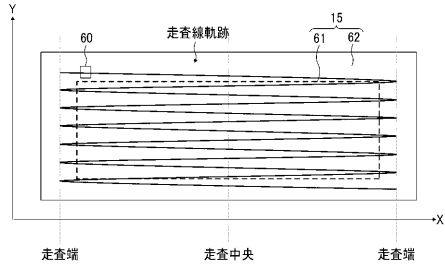
【 図 7 】



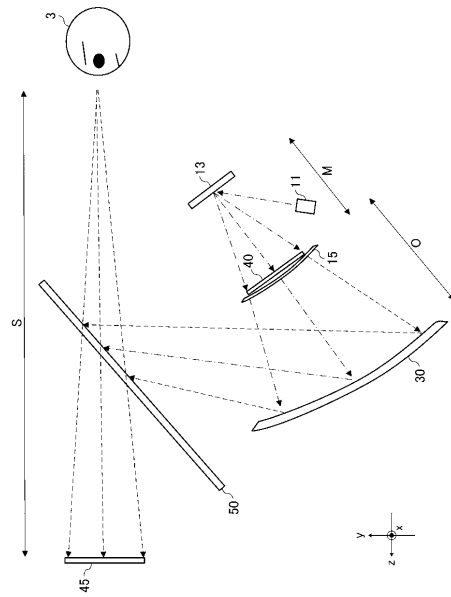
【 図 8 】



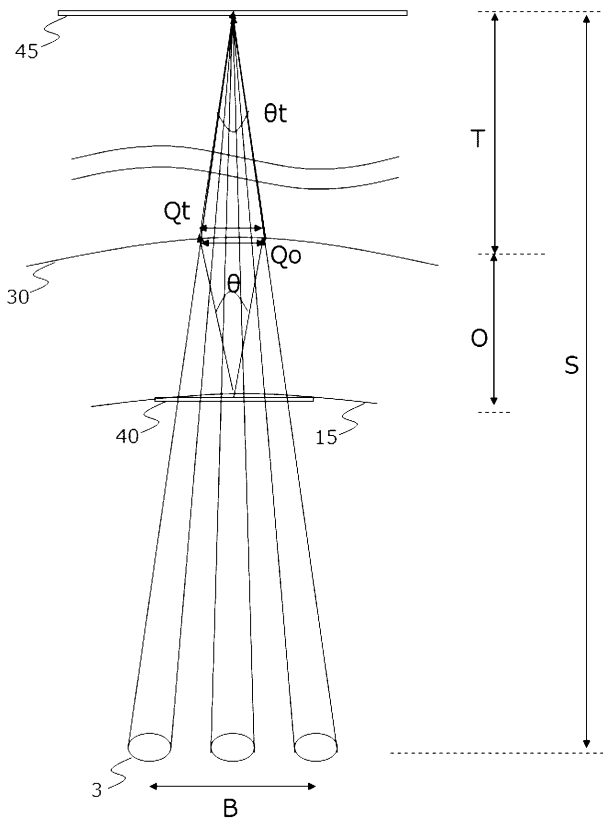
【 図 9 】



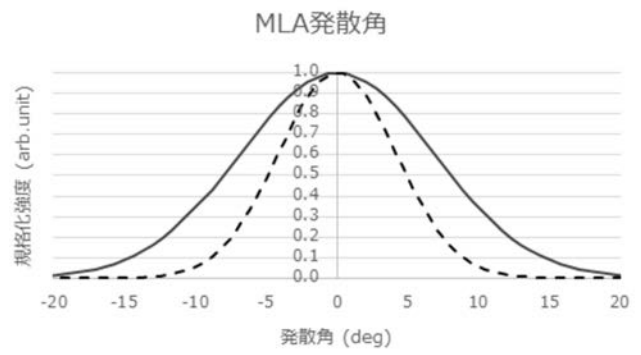
【 図 1 0 】



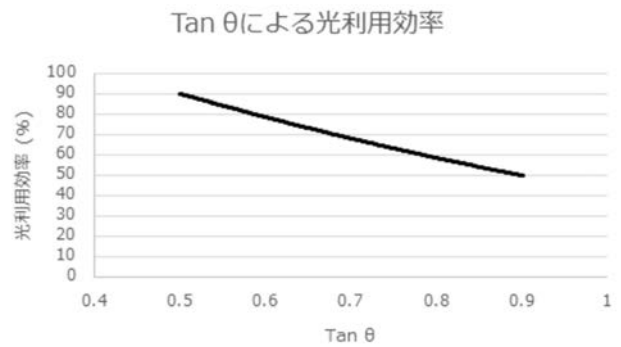
【 図 1 1 】



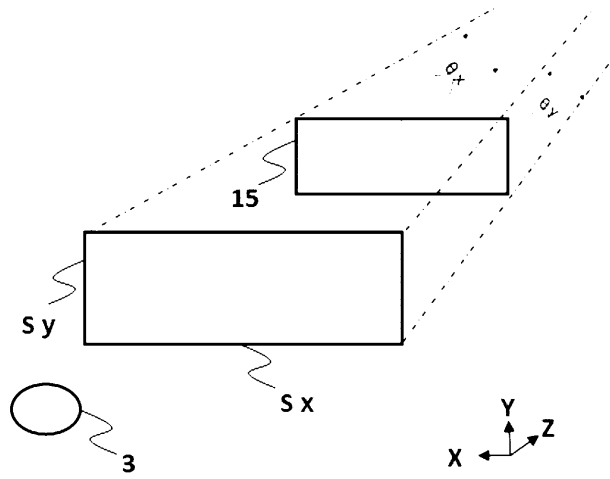
【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2H199 DA03 DA12 DA15 DA17 DA28 DA30 DA33 DA44
3D344 AA22 AA30 AB01 AC25 AD13