

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5179575号
(P5179575)

(45) 発行日 平成25年4月10日(2013.4.10)

(24) 登録日 平成25年1月18日(2013.1.18)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 27/02	(2006.01)	GO2B 27/02	Z
G02B 27/01	(2006.01)	GO2B 27/02	A
G02B 26/10	(2006.01)	GO2B 26/10	1 O 4 Z
H04N 5/64	(2006.01)	HO4N 5/64	5 1 1 A

請求項の数 8 (全 23 頁)

(21) 出願番号	特願2010-510038 (P2010-510038)
(86) (22) 出願日	平成21年4月28日 (2009.4.28)
(86) 国際出願番号	PCT/JP2009/001933
(87) 国際公開番号	W02009/133698
(87) 国際公開日	平成21年11月5日 (2009.11.5)
審査請求日	平成24年2月23日 (2012.2.23)
(31) 優先権主張番号	特願2008-118254 (P2008-118254)
(32) 優先日	平成20年4月30日 (2008.4.30)
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)

(73) 特許権者	000005821 パナソニック株式会社 大阪府門真市大字門真1006番地
(74) 代理人	100109210 弁理士 新居 広守
(72) 発明者	黒塚 章 日本国大阪府門真市大字門真1006番地 パナソニック株式会社内
審査官 大森 伸一	

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】走査型画像表示装置、眼鏡型ヘッドマウントディスプレイ、及び自動車

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザビームを出射する光源と、前記光源から出射されるレーザビームを反射させる反射面を2次元的に回動させることによって、当該レーザビームで被走査面を2次元走査する走査部とを備える走査型画像表示装置であって、

前記走査部を前記反射面の回動中心位置に保持した状態で、前記走査部に入射するレーザビームと、前記走査部から前記被走査面に走査されるレーザビームとを含む入射平面に垂直な一方側から見た場合において、

前記光源と前記走査部とは、前記光源から出射されるレーザビームが、当該レーザビームの入射位置における前記反射面の第1の法線に対して時計回り及び反時計回りのいずれか一方側に初期入射角 θ_1 だけ傾いて前記反射面に入射するような位置関係で配置され、

前記走査部と前記被走査面とは、前記走査部で走査されるレーザビームが、当該レーザビームの入射位置における前記被走査面の第2の法線に対して時計回り及び反時計回りの他方側に初期入射角 θ_2 だけ傾いて前記被走査面に入射するような位置関係で配置される走査型画像表示装置。

【請求項 2】

前記走査部は、前記入射平面に垂直な第1の回動軸回りに角度振幅 $\pm\Delta y$ だけ回動すると共に、前記第1の法線及び前記第1の回動軸のいずれにも垂直な第2の回動軸周りに角度振幅 $\pm\Delta x$ だけ回動することによって、前記光源から出力されるレーザビームで前記被走査面を2次元走査するものであり、

前記第2の回動軸回りに+ ×だけ回動した前記走査部によって走査されるレーザビームと、前記第2の回動軸回りに- ×だけ回動した前記走査部によって走査されるレーザビームとのなす角である垂直走査角 () は、前記走査部へのレーザビームの現実の入射角 (($\alpha_0 - \theta_y$) ($\alpha_0 + \theta_y$)) の関数として式1を満たす

【数1】

$$\frac{\omega(\alpha_0 - \theta_y)}{\omega(\alpha_0 + \theta_y)} \leq \frac{1 + \tan 2\theta_y \tan \beta_0}{1 - \tan 2\theta_y \tan \beta_0} \leq 1.5 \times \frac{\omega(\alpha_0 - \theta_y)}{\omega(\alpha_0 + \theta_y)} \quad \dots\dots \text{(式1)}$$

請求項1に記載の走査型画像表示装置。

【請求項3】

前記垂直走査角 () は、さらに、式2を満たす

【数2】

$$\frac{\omega(\alpha_0 - \theta_y)}{\omega(\alpha_0 + \theta_y)} = \frac{1 + \tan 2\theta_y \tan \beta_0}{1 - \tan 2\theta_y \tan \beta_0} \quad \dots\dots \text{(式2)}$$

請求項2に記載の走査型画像表示装置。

【請求項4】

前記走査部は、前記被走査面が前記入射平面に対して鋭角に交差するように配置されている場合に、前記第1及び第2の回動軸を前記第1の法線に対して所定の回転方向に所定の角度だけ回転させた状態で配置される

請求項2に記載の走査型画像表示装置。

20

【請求項5】

前記回転方向は、前記走査部で走査されたレーザビームの前記被走査面への入射位置のうち、前記走査部から最も遠い入射位置を前記入射平面に近づける方向である

請求項4に記載の走査型画像表示装置。

【請求項6】

ユーザの眼前に配置されるレンズと、一端が前記レンズに連結され、他端がユーザの側頭部に固定されるテンプルと、請求項1に記載の走査型画像表示装置とを備える眼鏡型ヘッドマウントディスプレイであって、

前記光源及び前記走査部は、前記テンプルに保持され、

前記被走査面は、前記レンズのユーザの眼に対面する側に配置され、前記走査部で走査されたレーザビームをユーザの眼に向かう方向に偏向する機能をさらに有する

30

眼鏡型ヘッドマウントディスプレイ。

【請求項7】

該テンブルは、さらに、前記光源から出射されたレーザビームの向きを変えて前記走査部に入射させる反射体を保持し、

前記光源と前記反射体と前記走査部とは、前記光源から前記反射体に向かうレーザビームがユーザから見て後方から前方に向かって進み、且つ前記反射体から前記走査部に向かうレーザビームがユーザから見て前方から後方に向かって進むような位置関係で配置される

請求項6に記載的眼鏡型ヘッドマウントディスプレイ。

40

【請求項8】

座席と、座席の前方に配置されるダッシュボードと、前記ダッシュボードの上方に配置されるフロントガラスと、請求項1に記載の走査型画像表示装置とを備える自動車であつて、

前記光源及び前記走査部は、前記ダッシュボードに保持され、

前記被走査面は、前記フロントガラスの前記座席に対面する位置に配置され、前記走査部で走査されたレーザビームを前記座席に着座するユーザの眼に向かう方向に偏向する機能をさらに有する

自動車。

【発明の詳細な説明】

50

【技術分野】**【0001】**

本発明は、走査ミラーを用いてレーザビームを2次元走査するHMD（ヘッドマウントディスプレイ）等の走査型画像表示装置に関するものである。

【背景技術】**【0002】**

従来、使用者の頭部に装着して画像表示を行うHMD（ヘッドマウントディスプレイ）等の画像表示装置において、画像表示部として液晶素子や有機ELなどの画素型表示デバイスを用いる方式や、レーザビームを2次元走査して眼の網膜に直描する方式など様々な方式が提案されている。

10

【0003】

このような画像表示装置においては、使用者への装着負担を軽減し長時間使用可能とするため、表示装置全体が小型で軽量であることが求められる。さらには一般的な眼鏡と同等のデザインで構成すれば、通常の眼鏡の様に常時装着して活動できるようになる。

【0004】

しかし、画素型表示デバイスを用いた方式は、高画質、高視野角にするほど、表示部ならびに表示部が発した光を眼まで導くプリズムやハーフミラーを用いた接眼光学系が大型になり、小型軽量化が困難である。

【0005】

また、接眼光学系が眼前を覆う構造となるので、一般的な眼鏡型の構成の実現は難しく、眼鏡というよりはゴーグルやヘルメットに近い形となる。その結果、自然な装着感は望み難い。

20

【0006】

一方、レーザ走査方式の網膜走査型ディスプレイは、小型のMEMS（Micro-Electro-Mechanical System）ミラーデバイスを用いて、極めて小型の表示装置を構成できる特徴がある。

【0007】

さらに、接眼光学系に、プリズムやハーフミラーではなくホログラムミラーを用いて光学系を薄型にし、装置全体を眼鏡型に構成する提案もされている（例えば、特許文献1参照）。

30

【0008】

図17A、図17B、及び図17Cに、このような走査型画像表示装置100の例を示す。

【0009】

図17Aは平面図、図17Bは側面図、図17Cは眼側から見た図である。なお、上記の各図では、使用者の頭部および走査型画像表示装置100の左半分のみを示しているが、両眼対応の場合は、左右対称な構成となる（以下同様）。

【0010】

従来の走査型画像表示装置100は、図17A及び図17Bに示されるように、ユーザの眼前に配置されるレンズ110と、一端がレンズ110の外縁部に連結され、他端がユーザの側頭部に固定されるテンプル111とを備える。

40

【0011】

レンズ110には、ユーザの眼に対面する側にホログラムミラー104が形成されている。テンプル111には、レーザビームを出射する光源101、光源101から出射されるレーザビームでホログラムミラー104を二次元走査する2軸走査ミラー102、及び各部を制御する制御部103が搭載されている。

【0012】

光源101から出射されるレーザビームは、2軸走査ミラー102によってレンズ110に向かって投射され、レンズ110の表面に形成されたホログラムミラー104によって反射され、使用者の眼120に入射して網膜上に画像を形成する。ホログラムミラー1

50

04は、例えば、リップマン体積ホログラムを形成したフォトポリマー層であり、波長選択性を付与することによってレーザビームの波長のみを反射する。その結果、ユーザは、外の景色及びレーザビームによって描かれる画像の両方を同時に視認することが可能となっている。

【0013】

このような構成の走査型画像表示装置100において、2軸走査ミラー102にMEMSミラーを使用した場合、テンプル111の耳121側（ユーザから見て2軸走査ミラーより後方）からMEMSミラーへのレーザビームを照射する光軸と、眼120の中心軸とが略平行となる。また、MEMSミラーへのレーザビームの入射角（反射面の法線と入射光軸のなす角）は、2軸走査ミラー102からホログラムミラー104への入射角と等しくなる。つまり、MEMSミラーからのレーザビームが使用者の顔で遮られることなくホログラムミラー104に照射されるように配置すると、 $\theta = 60^\circ$ 程度となる。10

【0014】

また、図17A及び図17Bと同様の構成で、レーザビームの入射方向が異なる例もある（例えば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開平10-301055号公報

【特許文献2】特開2003-029198号公報

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0016】

しかしながら、このような従来の眼鏡型HMDにおいては、ホログラムミラーに投影される画像が台形形状に歪むという課題がある。

【0017】

図17Cに示すように、2軸走査ミラー102からのレーザビームは、ホログラムミラー104に対して斜めに投影される。一般に、投射面に対して斜め位置から矩形映像を投影した場合、走査中心から遠い程、走査ビームが大きく広がって投射される。その結果、2軸走査ミラー102に近い側が狭く、遠い側が広い台形形状の投射領域となる。従って、ホログラムミラー104で反射され、眼鏡105に入射して網膜に到達し、ユーザが認識する画像も台形に歪むこととなる。30

【0018】

通常、フロントプロジェクタ等では、台形歪みに対応するために画像処理による補正が行われる。これは台形の上底もしくは下底の内、短い方の辺の長さに合わせて、矩形の表示領域を決定し、矩形領域からはみ出す部分（以下無効走査領域と称する）では画像の表示を行わないことで、ユーザに対しては矩形の画像を表示できる。

【0019】

しかし、この方法では投射領域が広がる側では画像を縮小して表示することになり、表示できる解像度が低下する。また、無効走査領域が大きいほど、1フレームの画像を表示する時間が短くなり、画像が暗くなる。明るさを保つには光源の光出力を上げる必要があり消費電力が増大する。40

【0020】

さらに、前述したいずれの従来例においても、レンズ110に対して斜めに投射することによる台形歪みに関して、画像表示によって補正することは示されているが、2軸走査ミラー102と投射面であるホログラムミラー104との位置関係に関しては何ら規定されていない。

【0021】

本発明は前記課題を解決するもので、走査ミラーと投射面とを適切に配置し、投射領域の台形歪みを除去ないし低減することで無効走査領域を削減し、良好な表示を実現した走50

査型画像表示装置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】

【0022】

本発明に係る走査型画像表示装置は、レーザビームを出射する光源と、前記光源から出射されるレーザビームを反射させる反射面を2次元的に回動させることによって、当該レーザビームで被走査面を2次元走査する走査部とを備える。そして、前記走査部を前記反射面の回動中心位置に保持した状態で、前記走査部に入射するレーザビームと、前記走査部から前記被走査面に走査されるレーザビームとを含む入射平面に垂直な一方側から見た場合において、前記光源と前記走査部とは、前記光源から出射されるレーザビームが、当該レーザビームの入射位置における前記反射面の第1の法線に対して時計回り及び反時計回りのいずれか一方側に初期入射角 θ_0 だけ傾いて前記反射面に入射するような位置関係で配置される。また、前記走査部と前記被走査面とは、前記走査部で走査されるレーザビームが、当該レーザビームの入射位置における前記被走査面の第2の法線に対して時計回り及び反時計回りの他方側に初期入射角 θ_0 だけ傾いて前記被走査面に入射するような位置関係で配置される。10

【0023】

上記構成とすることにより、被走査面に斜めに入射することによる台形歪みと、走査部に斜めに入射することによる台形歪みとが互いに相殺し合う。その結果、被走査面に投影される走査軌跡を矩形に近づけることができる。

【0024】

また、前記走査部は、前記入射平面に垂直な第1の回動軸回りに角度振幅 $\pm y$ だけ回動すると共に、前記第1の法線及び前記第1の回動軸のいずれにも垂直な第2の回動軸周りに角度振幅 $\pm x$ だけ回動することによって、前記光源から出力されるレーザビームで前記被走査面を2次元走査するものである。そして、前記第2の回動軸回りに $+x$ だけ回動した前記走査部によって走査されるレーザビームと、前記第2の回動軸回りに $-x$ だけ回動した前記走査部によって走査されるレーザビームとのなす角である垂直走査角 $(\)$ は、前記走査部へのレーザビームの現実の入射角 $((\theta_0 - y), (\theta_0 + y))$ の関数として下記式1を満たしてもよい。20

【0025】

式1の範囲内となるように、初期入射角 θ_0 、 y 及び角度振幅 x 、 y を決定することにより、無効面積が半分以下となり、且つ台形比を1.5以下に抑えることが可能となる。30

【0026】

さらに、前記垂直走査角 $(\)$ は、下記式2を満たしてもよい。これにより、無効走査領域を最小化することができる。

【0027】

また、前記走査部は、前記被走査面が前記入射平面に対して鋭角に交差するように配置されている場合に、前記第1及び第2の回動軸を前記第1の法線に対して所定の回転方向に所定の角度だけ回転させた状態で配置されてもよい。具体的には、前記回転方向は、前記走査部で走査されたレーザビームの前記被走査面への入射位置のうち、前記走査部から最も遠い入射位置を前記入射平面に近づける方向であってもよい。これにより、無効面積がさらに減少する。40

【0028】

本発明に係る眼鏡型ヘッドマウントディスプレイは、ユーザの眼前に配置されるレンズと、一端が前記レンズに連結され、他端がユーザの側頭部に固定されるテンプルと、上記記載の走査型画像表示装置とを備える。そして、前記光源及び前記走査部は、前記テンブルに保持される。また、前記被走査面は、前記レンズのユーザの眼に対面する側に配置され、前記走査部で走査されたレーザビームをユーザの眼に向かう方向に偏向する機能をさらに有する。

【0029】

50

20

30

40

50

さらに、該テンプルは、前記光源から出射されたレーザビームの向きを変えて前記走査部に入射させる反射体を保持する。そして、前記光源と前記反射体と前記走査部とは、前記光源から前記反射体に向かうレーザビームがユーザから見て後方から前方に向かって進み、且つ前記反射体から前記走査部に向かうレーザビームがユーザから見て前方から後方に向かって進むような位置関係で配置されてもよい。

【0030】

本発明に係る自動車は、座席と、座席の前方に配置されるダッシュボードと、前記ダッシュボードの上方に配置されるフロントガラスと、上記記載の走査型画像表示装置とを備える。そして前記光源及び前記走査部は、前記ダッシュボードに保持される。また、前記被走査面は、前記フロントガラスの前記座席に対面する位置に配置され、前記走査部で走査されたレーザビームを前記座席に着座するユーザの眼に向かう方向に偏向する機能をさらに有する。10

【発明の効果】

【0031】

被走査面に対しレーザビームを斜めに入射させるように配置した場合においても、走査部と被走査面とを適切に配置することで、被走査面の台形歪みを除去ないし低減することができる。その結果、無効走査領域を削減して良好な表示を実現し、より小型で低消費電力の走査型画像表示装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【0032】

【図1】図1は、レーザビームが被走査面に初期入射角 $\theta_0 = 0^\circ$ で入射する場合の走査型画像表示装置を示すモデル図である。20

【図2】図2は、2軸走査ミラーへの現実の入射角 α と垂直走査角 β との関係を示す図である。

【図3】図3は、2軸走査ミラーへの初期入射角 θ_0 と走査軌跡の左右高さ比との関係を示す図である。

【図4】図4は、本発明の実施の形態1に係る走査型画像表示装置を示すモデル図である。

【図5】図5は、図1及び図4を入射平面に垂直な一方側から見た図である。

【図6】図6は、走査軌跡の台形比が1となる場合の、2軸走査ミラーへの初期入射角 θ_0 と被走査面への初期入射角 θ_0 との関係を示す図である。30

【図7A】図7Aは、初期入射角 $\theta_0 = 45^\circ$ 、 $\alpha_0 = 0^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図7B】図7Bは、初期入射角 $\theta_0 = 45^\circ$ 、 $\alpha_0 = -26^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図7C】図7Cは、初期入射角 $\theta_0 = 45^\circ$ 、 $\alpha_0 = -45^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図7D】図7Dは、初期入射角 $\theta_0 = 45^\circ$ 、 $\alpha_0 = 26^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図8A】図8Aは、本発明の実施の形態2に係る走査型画像表示装置の平面図である。

【図8B】図8Bは、図8Aの側面図である。

【図9】図9は、本発明の実施の形態2に係る走査型画像表示装置を示すモデル図である。

【図10A】図10Aは、初期入射角 $\theta_0 = 70^\circ$ 、 $\alpha_0 = 54.5^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図10B】図10Bは、初期入射角 $\theta_0 = 60^\circ$ 、 $\alpha_0 = 54.5^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図10C】図10Cは、初期入射角 $\theta_0 = 50^\circ$ 、 $\alpha_0 = 54.5^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図10D】図10Dは、初期入射角 $\theta_0 = 30^\circ$ 、 $\alpha_0 = 54.5^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。50

示す図である。

【図10E】図10Eは、初期入射角 $\theta_0 = 15^\circ$ 、 $\phi_0 = 54.5^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図10F】図10Fは、初期入射角 $\theta_0 = 0^\circ$ 、 $\phi_0 = 54.5^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図11】図11は、被走査面上の走査軌跡を簡略化した図である。

【図12A】図12Aは、2軸走査ミラーへの初期入射角 θ_0 と無効面積との関係を示す図である。

【図12B】図12Bは、2軸走査ミラーへの初期入射角 θ_0 と台形比との関係を示す図である。 10

【図13A】図13Aは、本発明の実施の形態3に係る走査型画像表示装置の平面図である。

【図13B】図13Bは、図13Aの側面図である。

【図13C】図13Cは、図13Aをユーザ側から見た図である。

【図14】図14は、本発明の実施の形態3に係る走査型画像表示装置を示すモデル図である。

【図15A】図15Aは、初期入射角 $\theta_0 = 0^\circ$ 、 $\phi_0 = 10^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。

【図15B】図15Bは、初期入射角 $\theta_0 = 19.5^\circ$ 、 $\phi_0 = 10^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。 20

【図15C】図15Cは、図15Bの状態を基準として、2軸走査ミラーを反時計回りに回転させた情報を示す図である。

【図16】図16は、本発明の走査型画像表示装置を搭載した自動車の一例を示す図である。

【図17A】図17Aは、従来の走査型画像表示装置を示す平面図である。

【図17B】図17Bは、図17Aの側面図である。

【図17C】図17Cは、図17Aをユーザ側から見た図である。

【発明を実施するための形態】

【0033】

図1は、本発明の前提を説明するためのモデル図である。まず、図1を参照して、本発明の前提となる走査型画像表示装置10の構成要素、各構成要素の位置関係、及び動作を説明する。 30

【0034】

図1に示される走査型画像表示装置10は、光源11と、走査部としての2軸走査ミラー12と、被走査面13とを備える。光源11は、2軸走査ミラー12に向かってレーザビームを出射する。2軸走査ミラー12は、光源11で出射されたレーザビームで被走査面13を2次元走査する。

【0035】

座標系として、2軸走査ミラー12の回転中心を原点とし、水平方向にX軸、垂直上方にY軸、法線方向にZ軸を取っている（配置の関係上、図1は、2軸走査ミラー12を裏面（反射面と反対側の面）より見た図となっている。）。 40

【0036】

2軸走査ミラー12は、光源11から出射されるレーザビームを反射させる反射面を有するMEMSミラーである。この2軸走査ミラー12は、X軸周りに角度振幅 $\pm \Delta x$ 、Y軸周りに角度振幅 $\pm \Delta y$ だけ回動することにより、レーザビームで被走査面13を2次元走査する。そして、2軸走査ミラー12によって2次元走査されたレーザビームは、被走査面13上に走査軌跡14を描く。

【0037】

なお、2軸走査ミラー12の走査範囲の中心を「走査中心位置（反射面の「回動中心位置」ともいう）」と定義する。より具体的には、X軸周りの角度振幅が 0° 、且つY軸周 50

りの角度振幅が 0° の状態における2軸走査ミラー12の位置(向き)を走査中心位置と定義する。このとき、2軸走査ミラー12の法線ベクトル \mathbf{N}_m は、Z軸と一致する。また、走査中心位置にある2軸走査ミラー12から被走査面13に向かうレーザビームの軌跡を「走査中心軸16」と、2軸走査ミラー12と走査中心軸16との交点を「走査中心点17」と定義する。

【0038】

そして、2軸走査ミラー12が走査中心位置にある状態において、光源11から出射されるレーザビームの2軸走査ミラー12への初期入射角を θ_0 、2軸走査ミラー12で走査されるレーザビームの被走査面13への初期入射角を ϕ_0 (図1では図示省略)とする。なお、各面への入射角は、面の法線とレーザビームの軌跡とのなす角度で表される。

10

【0039】

図1に示されるように、2軸走査ミラー12が走査中心位置にある状態で、2軸走査ミラー12への初期入射角 θ_0 を2軸走査ミラー12の法線ベクトル \mathbf{N}_m からX軸方向に取る。すなわち、レーザビームの方向を表す入射ビームベクトル \mathbf{V}_i と法線ベクトル \mathbf{N}_m とを含む平面である入射平面15がXZ平面に一致するように、光源11及び2軸走査ミラー12を配置する。

【0040】

一般に、2軸走査ミラー12のような平面ミラーで反射するレーザビームは、入射平面15上を通る。また、反射角(2軸走査ミラー12の法線ベクトル \mathbf{N}_m と反射ビームとのなす角)は入射角に等しい。従って、2軸走査ミラー12で反射された反射ビームベクトル \mathbf{V}_r は入射平面15上にあり、走査中心軸16に一致する。

20

【0041】

ここで、2軸走査ミラー12をY軸周りに角度振幅 $\pm y$ だけ回動させると、法線ベクトル \mathbf{N}_m がXZ平面上を動くので、入射平面15はXZ平面に一致した状態で動かず、現実の入射角 θ_0 及び反射角はともに $(\theta_0 - y) \sim (\theta_0 + y)$ まで変化する。これに伴って、反射ビームベクトル \mathbf{V}_r は、XZ平面に一致する入射平面15上を動く。このとき、反射ビームベクトル \mathbf{V}_r は、走査中心軸16に対して $\pm 2y$ だけ水平方向に振れる。すなわち、2軸走査ミラー12の水平走査角は、 $4y$ となる。

【0042】

なお、図1に示すモデルでは、被走査面13を走査中心軸16に垂直($\phi_0 = 0^{\circ}$)となるように配置している。つまり、被走査面13の法線ベクトル \mathbf{N}_p と走査中心軸16とが一致する。これにより、2軸走査ミラー12から被走査面13に向かうレーザビームの水平方向の光路長は、走査中心軸16に対して対称となる。その結果、このモデルにおいては、被走査面13に対してレーザビームを斜めから投射することによる台形歪みが生じない。

30

【0043】

一方、2軸走査ミラー12をX軸周りに角度振幅 $\pm x$ だけ回動させると、法線ベクトル \mathbf{N}_m が垂直方向に回転する。その結果、入射平面15及び反射ビームベクトル \mathbf{V}_r は、XZ平面に対して上下に傾くことになる。

40

【0044】

ここで、図1に示すモデルでは、2軸走査ミラー12の初期入射角 $\theta_0 = 0^{\circ}$ であるので、2軸走査ミラー12の垂直走査角は、水平走査角のように一定値($4x$)とならず、現実の入射角 θ_0 に依存して変化することになる。より具体的には、入射角 θ_0 が大きくなるほど垂直走査角が小さくなり、入射角 θ_0 が小さくなるほど垂直走査角が大きくなる。つまり、図1に示されるように、被走査面13上の走査軌跡14の上下幅は、被走査面13の右側で小さく、左側で大きくなっている($H_L > H_R$)。

【0045】

このことをベクトルの反射式を用いて以下に表す。

【0046】

2軸走査ミラー12の中心(走査中心点17)に原点を取り、水平方向にX軸、鉛直方

50

向に Y 軸、 2 軸走査ミラー 1 2 の法線方向に Z 軸を取る。走査中心位置における 2 軸走査ミラー 1 2 の法線ベクトル $Nm_0 = (0, 0, 1)$ に対し、初期入射角 α_0 の入射ビームベクトル V_i は、 Y 軸周りの回転行列 R_y を用いて、式 3 のように表すことができる。

【0047】

【数 1】

$$Vi = -Nm_0 \bullet Ry(\alpha_0) = -(0, 0, 1) \begin{bmatrix} \cos \alpha_0 & 0 & -\sin \alpha_0 \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \alpha_0 & 0 & \cos \alpha_0 \end{bmatrix} = (-\sin \alpha_0, 0, -\cos \alpha_0) \dots \dots \text{(式 3)}$$

【0048】

10

また、 2 軸走査ミラー 1 2 を X 軸周りに角度振幅 $\pm \theta_x$ だけ回動させると、法線ベクトル Nm は、 X 軸周りの回転行列 R_x を用いて式 4 のように表すことができる。

【0049】

【数 2】

$$Nm = Nm_0 \bullet Rx(\theta_x) = (0, 0, 1) \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\theta_x) & \sin(\theta_x) \\ 0 & -\sin(\theta_x) & \cos(\theta_x) \end{bmatrix} = (0, -\sin(\theta_x), \cos(\theta_x)) \dots \dots \text{(式 4)}$$

【0050】

さらに、 2 軸走査ミラー 1 2 を角度振幅 θ_x だけ回動させた時の反射ビームベクトル V_r ($\pm \theta_x$) は、上記の式 3 及び式 4 を用いて、式 5 のように表すことができる。

20

【0051】

【数 3】

$$Vr(\theta_x) = Vi - 2(Nm \bullet Vi)Nm = (-\sin \alpha_0, -2\cos \alpha_0 \cos(\theta_x) \sin(\theta_x), -\cos \alpha_0 + 2\cos^2(\theta_x) \cos \alpha_0) \dots \dots \text{(式 5)}$$

【0052】

同様に、 2 軸走査ミラー 1 2 を角度振幅 $-\theta_x$ だけ回動させた時の反射ビームベクトル V_r ($-\theta_x$) は、式 6 のように表すことができる。

【0053】

【数 4】

30

$$Vr(-\theta_x) = (-\sin \alpha_0, 2\cos \alpha_0 \cos(\theta_x) \sin(\theta_x), -\cos \alpha_0 + 2\cos^2(\theta_x) \cos \alpha_0) \dots \dots \text{(式 6)}$$

【0054】

よって、 V_r ($\pm \theta_x$) と V_r ($-\theta_x$) のなす角である垂直走査角 ω は、上記の式 5 及び式 6 を用いて、式 7 のように表すことができる。

【0055】

【数 5】

$$\cos \omega(\alpha) = Vr(\theta_x) \bullet Vr(-\theta_x) = 1 - 4\cos^2(\theta_x) \cos^2 \alpha_0 (\sin^2(\theta_x) - \cos^2 \alpha_0 + 1) \dots \dots \text{(式 7)}$$

40

【0056】

たとえば、 $\theta_x = \pm 10^\circ$ の時の現実の入射角 α と垂直走査角 ω の関係を図 2 に示す。

【0057】

図 2 に示されるように、入射角 $\alpha = 0^\circ$ で垂直走査角 ω は 40° となる。また、入射角 α が増加する（図 1 の被走査面 1 3 上の右側に移動する）に従って、垂直走査角 ω は減少してゆくことがわかる。従って、初期入射角 $\alpha_0 = 45^\circ$ とし、2 軸走査ミラー 1 2 を Y 軸周りに $\theta_y = \pm 10^\circ$ だけ回動させると、現実の入射角 α が 35° から 55° まで変化する。

【0058】

50

同様に、現実の入射角 θ の関数として表される垂直走査角 (ϕ) の値は、 $(35^\circ) = L = 32.5^\circ$ から $(55^\circ) = R = 22.6^\circ$ まで変化する。すなわち、走査ビームの描く走査軌跡 14 の高さが左右で変化することになる。図 1において、被走査面 13 に投射された走査軌跡 14 の左端の高さ H_L と右端の高さ H_R とが異なるのはこのためである。

【0059】

ここで、走査中心軸 16 上における 2 軸走査ミラー 12 から被走査面 13 までの距離を L とすると、左端の高さ H_L 及び右端の高さ H_R は、式 8 及び式 9 のように表すことができる。

【0060】

【数 6】

$$HL_0 = \frac{\pi \times \omega L}{180} \times \frac{L}{\cos 2\theta_y} \quad \dots(\text{式 } 8)$$

【0061】

【数 7】

$$HR_0 = \frac{\pi \times \omega R}{180} \times \frac{L}{\cos 2\theta_y} \quad \dots(\text{式 } 9)$$

【0062】

$x = y = \pm 10^\circ$ だけ回動する 2 軸走査ミラー 12 の初期入射角 θ_0 と、走査軌跡 14 の左右高さ比 (H_L / H_R) の関係を図 3 に示す。図 3 に示されるように、初期入射角 θ_0 が大きいほど、走査軌跡 14 の左右の高さの比も大きくなる。

【0063】

上記のように、2 軸走査ミラー 12 を 2 軸方向に振動させて、レーザビームで被走査面 13 を 2 次元走査する走査型画像表示装置 10 においては、2 軸走査ミラー 12 への初期入射角 $\theta_0 = 0^\circ$ とすることにより、被走査面 13 への初期入射角 $\theta = 0^\circ$ であっても被走査面 13 上の走査軌跡 14 は台形形状に歪むことになる。

【0064】

そこで、本発明の各実施の形態 1 ~ 4 では、レーザビームを被走査面 13 に斜めに投射する ($\theta_0 \neq 0^\circ$) ことによる台形歪みと、2 軸走査ミラー 12 への初期入射角 $\theta_0 \neq 0^\circ$ とすることによる台形歪みとを相殺することによって、被走査面 13 上の走査軌跡 14 を矩形形状とするための構成を説明する。

【0065】

(実施の形態 1)

図 4 及び図 5 を参照して、本発明の実施の形態 1 に係る走査型画像表示装置 20 を説明する。図 4 は、走査型画像表示装置 20 の概略構成図である。図 5 は、走査型画像表示装置 10、20 を上方から見た平面図である。なお、図 1 との相違点を中心に説明することとし、図 1 と共に構成要素には同一の参照番号を付し、詳しい説明を省略する。

【0066】

図 4 に示す走査型画像表示装置 20 は、被走査面 23 が走査中心軸 16 に対して垂直でない点で、図 1 に示す走査型画像表示装置 10 と異なる。具体的には、被走査面 23 は、走査中心軸 16 に対して垂直な被走査面 13 に対して、鉛直軸周りに角度 θ_0 だけ反時計回りに回転している。つまり、被走査面 23 は、レーザビームの初期入射角 $\theta_0 \neq 0^\circ$ となるように配置されている。さらに言い換えれば、被走査面 23 の法線ベクトル N_p と走査中心軸 16 とのなす角が θ_0 に一致する。

【0067】

次に、図 5 を参照して、走査型画像表示装置 10、20 の各構成要素の位置関係を詳しく説明する。

【0068】

10

20

30

40

50

まず、走査型画像表示装置 10において、走査中心点 17から被走査面 13上の走査軌跡 14の左端までの距離（つまり「光路長」。以下同じ）を LL、走査軌跡 14の右端までの距離を LRとすると、 $LL = LR$ が成立する。一方、走査型画像表示装置 20において、走査中心点 17から被走査面 23上の走査軌跡 24の左端までの距離を LL'、走査軌跡 24の右端までの距離を LR' とすると、 $LL' < LL$ 、 $LR' > LR$ が成立する。つまり、実施の形態 1に係る走査型画像表示装置 10の被走査面 23には、レーザビームが斜めから入射することによる台形歪みが生ずることになる。

【0069】

ここで、走査軌跡 24の右端から走査中心軸 16に延びる垂線と走査中心軸 16との交点を点 Pとし、走査中心点 17から点 Pまでの距離を A、走査軌跡 24の右端から点 Pまでの距離を Bと定義する。これらは、 $B / A = \tan^2 y$ 、 $(A - L) / B = \tan$ を満たすので、これらから LR / LR' は、式 10のように表すことができる。
10

【0070】

【数 8】

$$\frac{L}{A} = 1 - \tan 2\theta_y \tan \beta_0 = \frac{LR}{LR'} \quad \dots(\text{式 } 10)$$

【0071】

同様に、走査軌跡 24の左端から走査中心軸 16に延びる垂線と走査中心軸 16との交点を点 Qとし、走査中心点 17から点 Qまでの距離を C、走査軌跡 24の左端から点 Qまでの距離を Dと定義する。これらは、 $D / C = \tan^2 y$ 、 $(L - C) / D = \tan$ を見たすので、これらから LL / LL' は、式 11のように表すことができる。
20

【0072】

【数 9】

$$\frac{L}{C} = 1 + \tan 2\theta_y \tan \beta_0 = \frac{LL}{LL'} \quad \dots(\text{式 } 11)$$

【0073】

さらに、 $LR = LL$ であるので、被走査面 23上の走査軌跡 24左端と右端との高さの比 LR' / LL' は、式 10及び式 11を用いて、式 12のように表すことができる。
30

【0074】

【数 10】

$$\frac{LR'}{LL'} = \frac{1 + \tan 2\theta_y \tan \beta_0}{1 - \tan 2\theta_y \tan \beta_0} \quad \dots(\text{式 } 12)$$

【0075】

以上のことから、次のようなことがわかる。

【0076】

すなわち、2軸走査ミラー 12によって2次元走査されたレーザビームの走査軌跡 24は、2軸走査ミラー 12の初期入射角 β_0 を水平面内にとった場合、現実の入射角 β によって左右の高さが変わることになる。
40

【0077】

また、レーザビームが被走査面 23に斜めから入射する（ $\beta_0 = 0^\circ$ ）場合、入射角によっても左右高さが変わる。従って、2軸走査ミラー 12への入射角 β と被走査面 23への入射角 β_0 を適切に設定すれば、走査パターンの左右の高さを同じにするかまたは左右高さの比を小さくすることができる。逆に言えば、配置によってはより高さ比が大きくなってしまう。

【0078】

つまり、初期入射角 β_0 の2軸走査ミラー 12で2次元走査することによる左右の高さ

比 ($H L_0 / H R_0$) と、被走査面 2 3 に初期入射角 α_0 でレーザビームを走査することによる左右の光路長の比 ($L L' / L R'$) とが互いに相殺し合うように、つまり、 $(H L_0 / H R_0) \times (L L' / L R') = 1$ 、となるように各構成要素を配置すればよい。

【0079】

そこで、上記の式 7 を満たす垂直走査角 θ_y に対し、式 8、式 9、及び式 12 を用いて、式 2 の関係が成立するように、初期入射角 α_0 、 β_0 を設定すれば、走査軌跡 2 4 の左右の高さ比が 1 となる。

【0080】

【数 11】

$$\frac{\omega(\alpha_0 - \theta_y)}{\omega(\alpha_0 + \theta_y)} = \frac{1 + \tan 2\theta_y \tan \beta_0}{1 - \tan 2\theta_y \tan \beta_0} \quad \dots(\text{式 } 2)$$

10

【0081】

2 軸走査ミラー 1 2 の角度振幅が $x = y = \pm 10^\circ$ の場合において、上記式 2 を満たす初期入射角 α_0 、 β_0 の関係を図 6 に示す。

【0082】

このように、2 軸走査ミラー 1 2 への初期入射角 α_0 による左右高さ比と、被走査面 2 3 への初期入射角 β_0 による左右高さ比とが、互いに打ち消しあうようにするには、図 5 に示されるように、初期入射角 α_0 を 2 軸走査ミラー 1 2 の法線ベクトル N_m から反時計回りに取り、初期入射角 β_0 を被走査面 2 3 の法線ベクトル N_p から時計回りに取る。

20

【0083】

この場合、走査軌跡 2 4 は、2 軸走査ミラー 1 2 への現実の入射角 θ_y の影響を受けて、入射角 θ_y が大きくなる右側で高さが低く、入射角 θ_y が小さくなる左側で高さが高くなる。これと同時に、被走査面 2 3 への現実の入射角 θ_y の影響を受けて、入射角 θ_y が大きくなる右側で高さが高く、入射角 θ_y が小さくなる左側で高さが低くなる。つまり、これらが互いに相殺しあって、走査軌跡 2 4 が矩形に近付く。

【0084】

なお、本発明の効果を得るために構成は、上記に限定されない。すなわち、初期入射角 α_0 、 β_0 を、それぞれの法線ベクトル N_m 、 N_p に対して反対周りに設定すればよい。具体的には、初期入射角 α_0 、 β_0 の一方を法線ベクトル N_m 、 N_p に対して時計回りに設定し、他方を反時計回りに設定すればよい。一方、初期入射角 α_0 、 β_0 を、法線ベクトル N_m 、 N_p に対して同一方向にとった場合、両者の相乗効果によって台形歪みがさらに増大する。

30

【0085】

例えば、図 6 から明らかなように、2 軸走査ミラー 1 2 への初期入射角 $\alpha_0 = 45^\circ$ の時、被走査面 2 3 への初期入射角 $\beta_0 = 26^\circ$ で上記式 2 を満たす。

【0086】

図 7 A ~ 図 7 D に、2 軸走査ミラー 1 2 への初期入射角 $\alpha_0 = 45^\circ$ 、2 軸走査ミラー 1 2 の角度振幅 $x = y = \pm 10^\circ$ に固定し、被走査面 2 3 への初期入射角 β_0 を変化させた場合の走査軌跡 1 4、2 4、2 4 A、2 4 B を示す。ここでは、垂直走査周波数が水平走査周波数より高い垂直高速のリサーチュ走査としているが、走査軌跡 1 4、2 4、2 4 A、2 4 B の形状は、どちらを高速としても同じである。

40

【0087】

図 7 A は、初期入射角 $\beta_0 = 0^\circ$ 、すなわち、走査中心軸 1 6 に垂直な被走査面 1 3 に走査軌跡 1 4 を示す図である。図 7 A に示されるように、走査軌跡 1 4 の左右の高さは、 $H L_0 > H R_0$ となっている。

【0088】

図 7 B は、初期入射角 $\beta_0 = -26^\circ$ (初期入射角 β_0 と逆方向なので負号としている) の場合の走査軌跡 2 4 を示す図である。この初期入射角 α_0 、 β_0 の組み合わせは、式 2 を満たす。つまり、走査軌跡 2 4 の左右の高さは、 $H L = H R$ となる。左右の高さが同じに

50

なることで、画像を表示する際の無効走査領域が最小となる。なお、「無効走査領域」とは、走査軌跡 24 のうちの実際には画像が表示されない領域を指すものとする。

【0089】

図 7 C は、初期入射角 $\theta_0 = -45^\circ$ の場合の走査軌跡 24 A を示す図である。図 7 B の状態からさらに初期入射角 θ_0 を大きくすると、入射角 θ の影響による台形歪みが大きくなる。その結果、走査軌跡 24 A の左右の高さ比は、 $H_L < H_R$ となり、無効走査領域が増加する。

【0090】

図 7 D は、初期入射角 $\theta_0 = 26^\circ$ の場合の走査軌跡 24 B を示す図である。つまり、初期入射角 θ_0 を図 7 B と逆方向に取った場合の走査パターンである。もともと左端の高さが高かった図 7 A の状態からさらに左側が拡大されて、 $H_L > H_R$ となる。その比は、 $(H_L / H_R) > (H_{L0} / H_{R0})$ となっており、無効走査領域がさらに増大している。

10

【0091】

このように、被走査面 23 を走査中心軸 16 に対して傾けて設置する場合、2 軸走査ミラー 12 への初期入射角 θ_0 と被走査面 23 への初期入射角 θ_0 を適切に設定することで、走査軌跡 24 の形状の台形歪みを抑えることが可能である。その結果、無効走査領域の少ない良好な画像表示が実現できる。

【0092】

通常、図 1 に示されるように、被走査面 13 を走査中心軸 16 に対して垂直に取る場合は、入射ビームと走査ビームが干渉しない範囲で初期入射角 θ_0 はなるべく小さくする方がよい。しかし、図 3 に示されるように、被走査面 23 を走査中心軸 16 に対して傾けて設置する必要がある場合は、上述のような初期入射角 θ_0 、 θ_0 の関係を考慮する必要がある。

20

【0093】

(実施の形態 2)

次に、図 8 A、図 8 B、及び図 9 を参照して、本発明の実施の形態 2 に係る走査型画像表示装置を説明する。図 8 A は、走査型画像表示装置の平面図である。図 8 B は、走査型画像表示装置の側面図である。図 9 は、走査型画像表示装置を構成する構成要素の位置関係を示すモデル図である。なお、図 8 A 及び図 8 B では、走査型画像表示装置の左側半分のみを図示しているが、右側も同様の構成である。また、実施の形態 1 と共に構成要素には同一の参照番号を付し、詳しい説明を省略する。

30

【0094】

実施の形態 2 に係る走査型画像表示装置は、ユーザの頭部に装着される眼鏡型 HMD (Head-Mounted Display) 30 である。この眼鏡型 HMD 30 は、ユーザの眼前に配置されるレンズ 31 と、一端がレンズ 31 の外縁部に連結され、他端がユーザの側頭部に固定されるテンプル 32 とを備える。

【0095】

レンズ 31 は、ユーザの眼に対面する側の面にホログラムミラー 33 を有する。このホログラムミラー 33 は、実施の形態 1 の被走査面 23 に対応すると共に、走査されたレーザビームをユーザの眼の方向に偏向する偏向部としても機能する。

40

【0096】

テンプル 32 は、実施の形態 1 と同様の構成の光源 11 及び 2 軸走査ミラー 12 を保持すると共に、光源 11 から出射されるレーザビームを 2 軸走査ミラー 12 に導く折り返しミラー（反射体）34、35 と、眼鏡型 HMD 30 の各部を制御する制御部 36 とをさらに備える。

【0097】

上記構成の眼鏡型 HMD 30 において、光源 11 から出射されるレーザビームは、折り返しミラー 34、35 を経由して、2 軸走査ミラー 12 に入射する。2 軸走査ミラー 12 は、角度振幅 x 、 y だけ回動することによって入射したレーザビームでホログラムミラー 33 を 2 次元走査する。ホログラムミラー 33 は、2 軸走査ミラー 12 で走査された

50

レーザビームをユーザの眼の方向に偏向する。このレーザビームがユーザの眼に入射して、網膜上に画像を形成する。

【0098】

ホログラムミラー33は、例えば、リップマン体積ホログラムを形成したフォトポリマー層である。また、波長選択性を付与することによって、光源11から出射されるレーザビームの波長のみを反射させることができる。その結果、ユーザは、外の景色とレーザビームによって描かれる画像との両方を同時に視認することが可能となっている。

【0099】

図8Aに示されるように、光源11は、ユーザから見て後方から前方に向かってレーザビームを出射する。一方、折り返しミラー34、35で反射されたレーザビームは、ユーザから見て前方から後方に向かって2軸走査ミラー12に入射する。また、2軸走査ミラー12で走査されたレーザビームは、ユーザから見て左後方から右前方に向かってホログラムミラー33に入射する。10

【0100】

ここで、当該眼鏡型HMD30の入射平面15は、2軸走査ミラー12が走査中心位置にある場合において、ユーザから見て水平面となるように各構成要素を配置する。すなわち、図8Aは、眼鏡型HMD30を入射平面15に垂直な方向から見た図である。

【0101】

このような図8Aにおいて、2軸走査ミラー12への初期入射角 θ_0 は、2軸走査ミラー12の法線に対して反時計回りに設定されている。また、ホログラムミラー33への初期入射角 θ_0 は、ホログラムミラー33の法線に対して時計回りに設定されている。20

【0102】

ここで、ホログラムミラー33への初期入射角 $\theta_0 = 54.5^\circ$ 、ユーザの眼から見たレーザビームの水平画角を 100° 、垂直画角を 56° （すなわち、 $16:9$ ）とした場合、前述したように、2軸走査ミラー12への初期入射角 θ_0 の大きさによって走査軌跡の形状が変化し、2軸走査ミラー12の必要回動角も変わってくる。

【0103】

具体的には、上記式2の条件を満たす2軸走査ミラー12への初期入射角 $\theta_0 = 70^\circ$ 、 $x = \pm 20^\circ$ 、 $y = \pm 7.2^\circ$ となる。

【0104】

この状態から、初期入射角 θ_0 を変化させた場合の走査軌跡の変化の様子を図10A～図10Fに示す。30

【0105】

図10Aは、上記式2の条件を満たす初期入射角 $\theta_0 = 70^\circ$ の場合の走査軌跡を示す図である。この時、走査軌跡の上下辺は平行となり、幅W×高さHの画像表示領域（破線で示す）からはみ出す無効走査領域が最小となる。

【0106】

以下、図10B～図10Fにおいて、幅W×高さHの画像表示領域を確保した状態で、初期入射角 θ_0 を小さくした場合の走査軌跡の形状を示す。初期入射角 θ_0 が小さくなるほど、走査軌跡の右辺の高さHRが大きく広がり、上下辺が非平行となって無効走査領域が増大することがわかる。40

【0107】

この場合、ホログラムミラー33への初期入射角 $\theta_0 = 54.5^\circ$ と比較的大きいため、上記式2を満たす2軸走査ミラー12への初期入射角 $\theta_0 = 70^\circ$ と非常に大きな角度となる。また、この時必要な2軸走査ミラー12の垂直方向の角度振幅xも $\pm 20^\circ$ と大きな値となる。

【0108】

しかしながら、小型且つ高速で振動する2軸走査ミラー12においては、角度振幅x $= \pm 20^\circ$ を実現するのは困難である。そこで、初期入射角 θ_0 に上記（ 70° ）より小さい値を設定した場合の無効走査領域の変化を評価した。50

【0109】

図11は、ホログラムミラー33上の走査軌跡を簡略化したモデル図である。

【0110】

図11に示すモデル図は、走査軌跡上の端点を直線で接続することによって走査軌跡を簡略化した図である。このモデル図の各部の面積を計測することで、W×Hの画像表示領域に対する無効走査領域の大きさを評価する。

【0111】

実施の形態2における評価例を図12A及び図12Bに示す。

【0112】

図12Aは、図11のモデル図を用いて、2軸走査ミラー12への初期入射角 α_0 と無効面積率との関係を算出した結果を示す図である。なお、「無効面積率」＝「無効走査領域の面積」／「画像表示領域の面積（W×H）」である。図12Bは、図11のモデル図を用いて、2軸走査ミラー12への初期入射角 α_0 と走査軌跡の台形比との関係を算出した結果を示す図である。より具体的には、初期入射角 α_0 に対する台形比（＝HR/H）をプロットしたものである。10

【0113】

無効面積率は、図12Aに示されるように、初期入射角 $\alpha_0 = 0^\circ$ の時に最大（約0.63）となり、初期入射角 $\alpha_0 = 70^\circ$ の時に最小（約0.23）となっている。同様に台形比は図12Bに示されるように、初期入射角 $\alpha_0 = 0^\circ$ の時に最大（約2.2）となり、初期入射角 $\alpha_0 = 70^\circ$ の時に最小（1.0）となっている。すなわち、無効面積率及び台形比は、初期入射角 α_0 の増加に伴って減少する。20

【0114】

また、初期入射角 $\alpha_0 = 60^\circ$ の時の無効面積率は約4.3であり、初期入射角 $\alpha_0 = 0^\circ$ の時と比較して半減（無効面積率の最大値及び最小値の中間）している。また、このときの台形比は1.5となっている。

【0115】

従って、ホログラムミラー33への初期入射角 α_0 の値に対して、台形比が1.5となるように2軸走査ミラー12への初期入射角 α_0 を設定すれば、無効走査領域を半減させることができる。

【0116】

ここで、上記式2は、左辺が2軸走査ミラー12への初期入射角 α_0 による台形比、右辺がホログラムミラー33への初期入射角 α_0 による台形比を表しているので、無効面積率を最大値の半分に抑えるには、式13を満たす必要がある。30

【0117】

【数12】

$$1.5 \times \frac{\omega(\alpha_0 - \theta\gamma)}{\omega(\alpha_0 + \theta\gamma)} = \frac{1 + \tan 2\theta\gamma \tan \beta_0}{1 - \tan 2\theta\gamma \tan \beta_0} \quad \dots \text{(式13)}$$

【0118】

つまり、無効面積率が最大値の半分以下にするためには、式2及び式12を用いて、初期入射角 α_0 、 β_0 が式1を満たすように各構成要素を配置する必要がある。40

【0119】

【数13】

$$\frac{\omega(\alpha_0 - \theta\gamma)}{\omega(\alpha_0 + \theta\gamma)} \leq \frac{1 + \tan 2\theta\gamma \tan \beta_0}{1 - \tan 2\theta\gamma \tan \beta_0} \leq 1.5 \times \frac{\omega(\alpha_0 - \theta\gamma)}{\omega(\alpha_0 + \theta\gamma)} \quad \dots \text{(式1)}$$

【0120】

すなわち、式1の関係を満たせば、画像表示領域に対する無効領域を半減させることができる。

【0121】

(実施の形態 3)

次に、図13A、図13B、図13C、及び図14を参照して、本発明の実施の形態3に係る走査型画像表示装置を説明する。図13Aは、走査型画像表示装置の平面図である。図13Bは、走査型画像表示装置の側面図である。図13Cは、図13Aの走査中心軸16を含む鉛直面における断面図である。図14は、走査型画像表示装置を構成する構成要素の位置関係を示すモデル図である。なお、図13A～図14では、走査型画像表示装置の左側半分のみを図示しているが、右側も同様の構成である。また、実施の形態1、2と共に通する構成要素には同一の参照番号を付し、詳しい説明を省略する。

【0122】

実施の形態3に係る走査型画像表示装置は、眼鏡型HMD40である。実施の形態3に係る眼鏡型HMD40は、基本的には実施の形態2に係る眼鏡型HMD30と同様の構成であるが、レンズ41を通常の眼鏡と同様に、前方に（通常10°程度）傾けている。また、これに合わせて、折り返しミラー44、45を2軸走査ミラー12の下方に配置し、レーザビームが下方から2軸走査ミラー12に入射するよう構成されている。

【0123】

より具体的には、眼鏡型HMD30と比較して、レンズ41の上端が前方に、下端が後方に移動するように傾斜している。また、この方向への傾斜角度は、鉛直面に対して0°である。また、折り返しミラー44、45は、光源11から出射されたレーザビームを、走査中心軸16を含む鉛直平面上であって、且つ走査中心軸16より下側から2軸走査ミラー12に入射させる。

【0124】

これは、図1に対して、入射平面15を鉛直方向に配置したことに相当する。すなわち、図13Cに示すように、眼鏡型HMD30を水平方向（入射平面15に垂直な方向）から見た場合に、2軸走査ミラー12への初期入射角 θ_0 は、2軸走査ミラー12の法線に対して反時計回りに設定されている。一方、ホログラムミラー33への初期入射角 ϕ_0 は、ホログラムミラー33の法線に対して時計回りに設定されている。

【0125】

ここで、ホログラムミラー33への初期入射角 $\phi_0 = 10^\circ$ の時、式2の関係を満たす2軸走査ミラー12への初期入射角 $\theta_0 = 19.5^\circ$ である。従って、初期入射角 $\theta_0 = 19.5^\circ$ 、 $\phi_0 = 10^\circ$ とすれば、レンズ41を前傾させたことによる台形歪みは解消される。

【0126】

しかし、図13Aに示すように、ホログラムミラー33は、さらに走査中心軸16に対して水平方向にも傾いている。言い換えれば、ホログラムミラー33は、入射平面15に対して鋭角（90°）に交差するように傾いている。その結果、走査軌跡の右上が2軸走査ミラー12から最も遠くなり、右上方向に広がった形状となる。

【0127】

図15A、図15B、及び図15Cは、上記構成の眼鏡型HMD40のホログラムミラー33上の走査軌跡の形状を示す図である。

【0128】

図15Aは、初期入射角 $\phi_0 = 0^\circ$ の時の走査軌跡を示している。この場合の走査軌跡は、ホログラムミラー33が前傾していることで上方に向かって広がっている。また、同時に右側が遠いことで右上が大きく広がった形状となっている。

【0129】

図15Bは、初期入射角 $\phi_0 = 19.5^\circ$ の時の走査軌跡を示している。このように、初期入射角 ϕ_0 、 θ_0 を式2を満たすように設定することで、上方への広がりは低減され、左右の辺はほぼ平行となっている。しかし、右側が遠いことによる右上方への広がりのため、走査線が斜めに傾いているので、破線で示した画像表示領域の矩形が小さくなる。

【0130】

そこで、図15Cに示すように、図15Bの状態を基準として、2軸走査ミラー12を

10

20

30

40

50

回転軸（X軸、Y軸）ごと2軸走査ミラー12の法線まわりに回転させると、走査軌跡もこれに追従して回転する。その結果、走査線の斜めの傾きをなくすことができる。2軸走査ミラー12の回転方向は、走査中心点17から最も遠い走査軌跡上の点を入射平面15に近づける方向である。

【0131】

具体的には、図15Bにおいて、走査中心点17から最も遠い走査軌跡上の点は、右上の点Rである。また、入射平面15は、走査中心軸16を含む鉛直面である。すなわち、図15Cのように、図15Bの状態から、2軸走査ミラー12を反時計回りに7°回転して設置すると、走査軌跡の左右の辺がほぼ垂直となり、走査線の傾きも解消する。これにより、画像表示領域も十分確保でき、画像表示領域の上下に無効走査領域は残るもの、図15A及び図15Bに比べて、走査線がほぼ垂直で平行になり、良好な表示が可能となる。

10

【0132】

以上のように、2軸走査ミラー12を用いた走査型画像表示装置では、2軸走査ミラー12への初期入射角 θ_0 、ホログラムミラー33（被走査面）への初期入射角 θ_1 、及び2軸走査ミラー12の法線まわりの設置角度を適切に設定することで、画像表示領域に対する走査軌跡の形状を適切に設定し、良好な表示を実現できる。

【0133】

なお、本実施例ではいずれも2軸共振ミラーを想定したリサーチュパターンの例で説明したが、走査軌跡自体は通常のラスタースキャンでも全く同様である。

20

【0134】

（実施の形態4）

次に、図16を参照して、本発明の走査型画像表示装置を車載用に適用した実施の形態4について説明する。図16は、本発明の走査型画像表示装置を搭載した自動車50を示す図である。より具体的には、自動車50の車内から前方を見た図である。なお、実施の形態1～3と共通する構成には同一の参照番号を付し、詳しい説明は省略する。

【0135】

自動車50は、図16に示されるように、座席（図示省略）と、座席の前方に配置されるダッシュボード51と、ダッシュボード51の上方に配置されるフロントガラス52と、ダッシュボード51の運転席に対面する面に配置されるインパネ53と、バックミラー54と、ステアリング55とを主に備える。

30

【0136】

上記構成の自動車50において、光源11及び2軸走査ミラー12（図16では図示省略）は、ダッシュボード51の内部に保持されている。また、ホログラムミラー33は、フロントガラス52の座席（運転席及び助手席）に対面する位置と、インパネ53とにそれぞれ取り付けられている。そして、2軸走査ミラー12で走査されたレーザビームは、ダッシュボード51に設けられた投射開口部56、57から各ホログラムミラー33に投射される。

【0137】

具体的には、ダッシュボード51の中央部に設けられた投射開口部56からステアリング55の背後に位置するインパネ53に向かって、レーザビームを投射している。また、ダッシュボード51の上面に設けられた投射開口部57からフロントガラス52に向って、レーザビームを投射している。

40

【0138】

なお、フロントガラス52やインパネ53には、ホログラムミラー33に代えて、反射スクリーンや半透過拡散スクリーン等を適用してもよい。

【0139】

これにより、インパネ53には、スピードメータや各種インジケータを表示し、フロントガラス52には、スピード表示、暗視画像、歩行者や障害物に対する衝突警告表示などを表示する。

50

【0140】

このように、本発明の方法によれば、レーザビームを被走査面に対して斜めに投射できるので、運転席の限られたスペースの中に小型の走査型画像表示装置を組み込み、様々な位置へ文字や記号等を表示することができる。

【0141】

以上、図面を参照してこの発明の実施形態を説明したが、この発明は、図示した実施形態のものに限定されない。図示した実施形態に対して、この発明と同一の範囲内において、あるいは均等の範囲内において、種々の修正や変形を加えることが可能である。

【産業上の利用可能性】

【0142】

本発明にかかる走査型画像表示装置は、走査パターンの形状を適切に設定し、眼鏡型HMDなどの画像表示装置、表示システムなどの用途に応用できる。

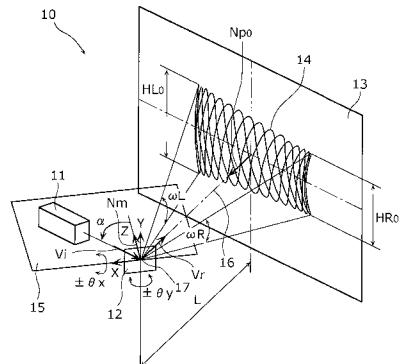
10

【符号の説明】

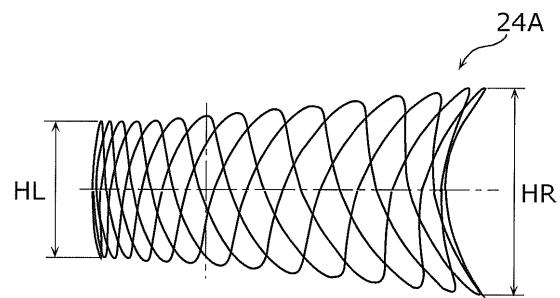
【0143】

1 0 , 2 0 , 1 0 0	走査型画像表示装置	
1 1 , 1 0 1	光源	
1 2 , 1 0 2	2 軸走査ミラー	
1 3 , 2 3	被走査面	
1 4 , 2 4 , 2 4 A , 2 4 B	走査軌跡	
1 5	入射平面	20
1 6	走査中心軸	
1 7	走査中心点	
3 0 , 4 0	眼鏡型HMD	
3 1 , 4 1 , 1 1 0	レンズ	
3 2 , 1 1 1	テンプル	
3 3 , 1 0 4	ホログラムミラー	
3 4 , 3 5 , 4 4 , 4 5	折り返しミラー	
3 6 , 1 0 3	制御部	
5 0	自動車	
5 1	ダッシュボード	30
5 2	フロントガラス	
5 3	インパネ	
5 4	バックミラー	
5 5	ステアリング	
5 6 , 5 7	投射開口部	
1 2 0	眼	
1 2 1	耳	

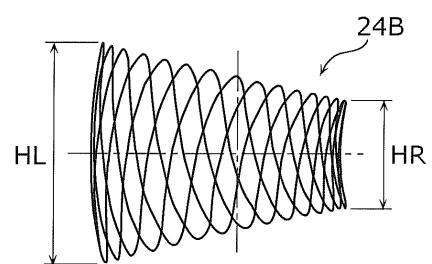
【図1】



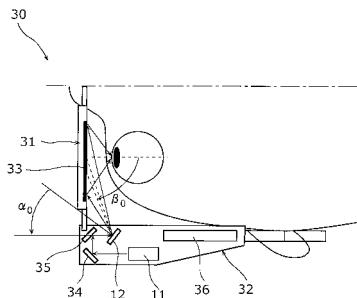
【図 7 C】



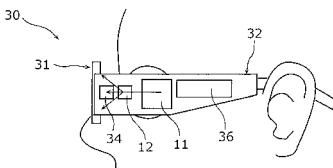
【図 7 D】



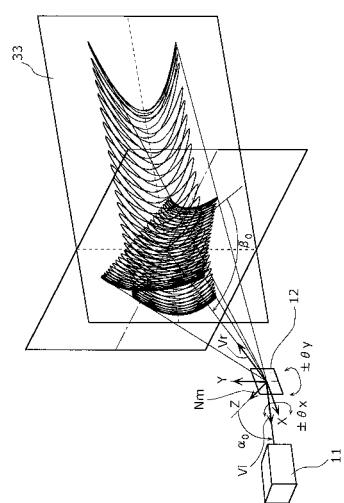
【図 8 A】



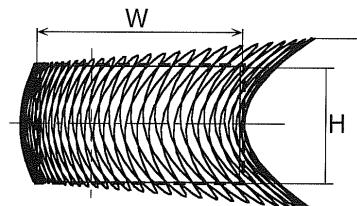
【図 8 B】



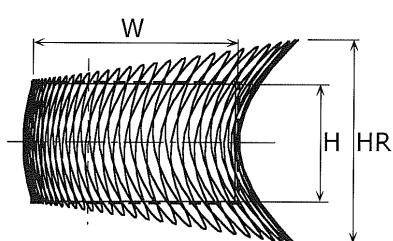
【図 9】



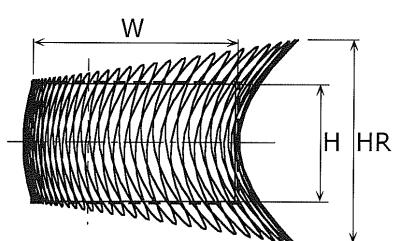
【図 10 A】



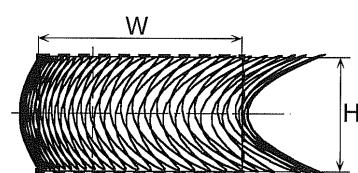
【図 10 B】



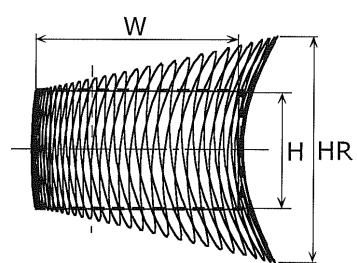
【図 10 C】



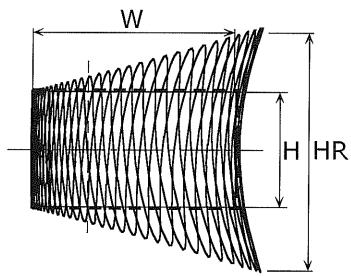
【図 10 D】



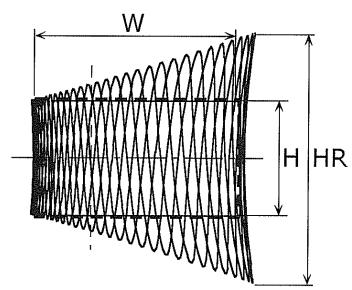
【図 10 E】



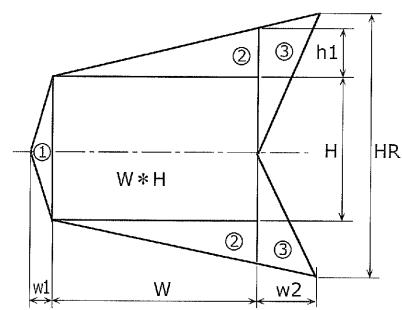
【図 10 E】



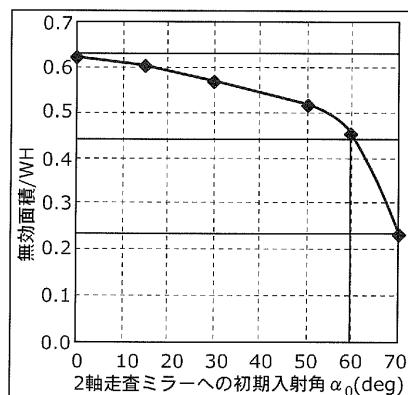
【図 10 F】



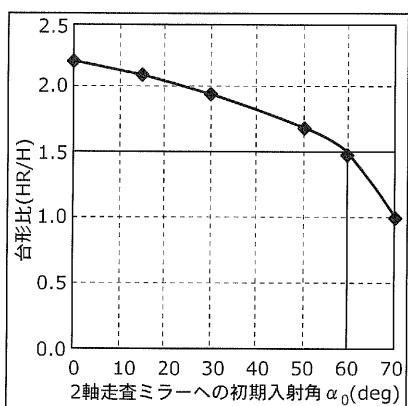
【図 11】



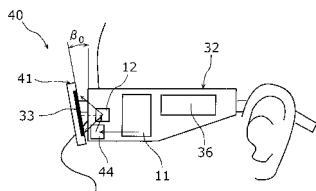
【図 12 A】



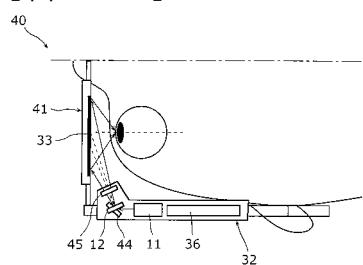
【図 12 B】



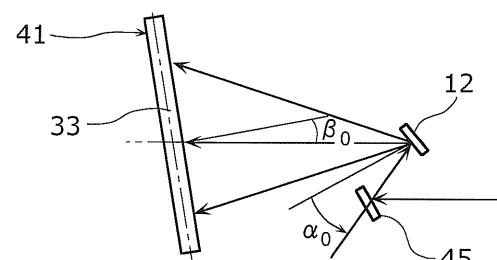
【図 13 B】



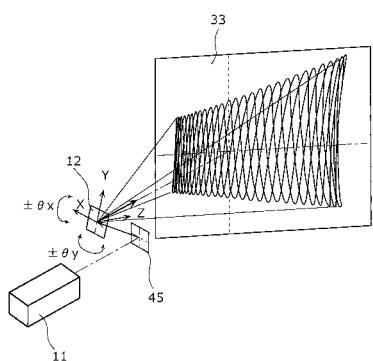
【図 13 A】



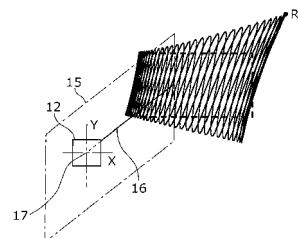
【図 13 C】



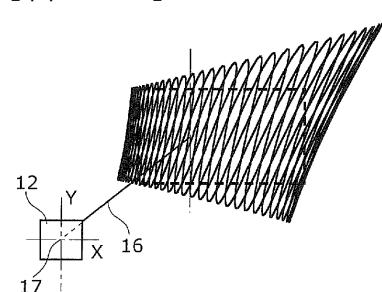
【図14】



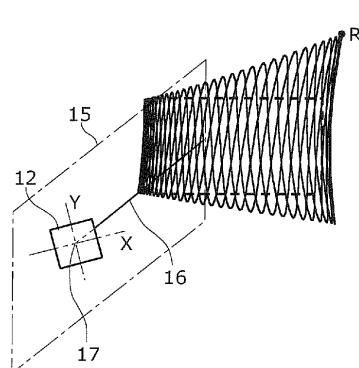
【図15B】



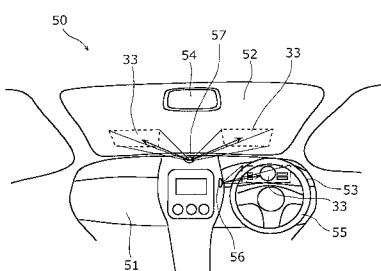
【図15A】



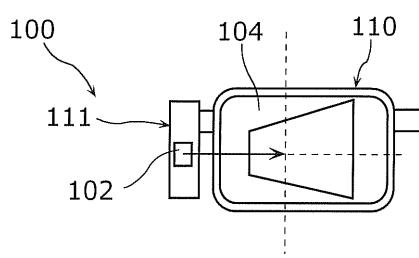
【図15C】



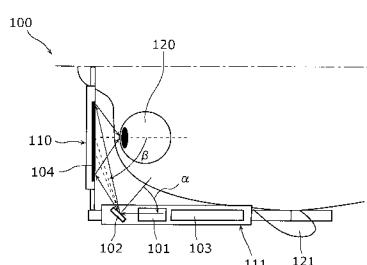
【図16】



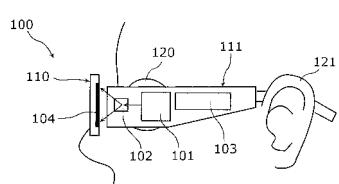
【図17C】



【図17A】



【図17B】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2000-509522(JP,A)
特開平4-57014(JP,A)
国際公開第1997/003380(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 27/02

G02B 26/10

G02B 27/01

H04N 5/64