

(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2014-153645

(P2014-153645A)

(43) 公開日 平成26年8月25日(2014.8.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>G09G 5/00 (2006.01)</b>	G09G 5/00 550C	2H045
<b>G02B 27/02 (2006.01)</b>	G02B 27/02 Z	2H199
<b>G09G 5/38 (2006.01)</b>	G09G 5/00 510G	5C082
<b>G09G 5/36 (2006.01)</b>	G09G 5/38 A	
<b>H04N 5/64 (2006.01)</b>	G09G 5/00 550B	
審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 29 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2013-25273 (P2013-25273)  
 (22) 出願日 平成25年2月13日 (2013.2.13)

(71) 出願人 000002369  
 セイコーエプソン株式会社  
 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号  
 (74) 代理人 100095728  
 弁理士 上柳 雅誉  
 (74) 代理人 100127661  
 弁理士 宮坂 一彦  
 (74) 代理人 100116665  
 弁理士 渡辺 和昭  
 (72) 発明者 村田 昭浩  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 (72) 発明者 齋藤 敏樹  
 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内  
 最終頁に続く

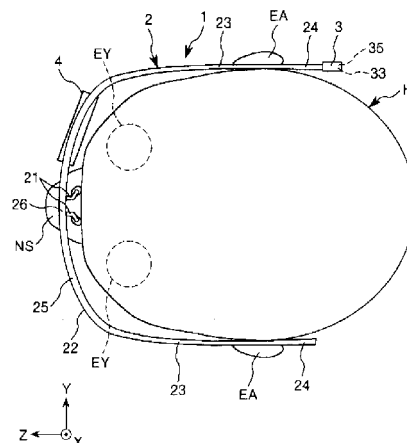
(54) 【発明の名称】 画像表示装置および画像表示装置の表示制御方法

## (57) 【要約】

【課題】 シースルー型の頭部装着型画像表示装置において、従来に比し使い勝手を向上させることができる画像表示装置および画像表示装置の表示制御方法を提供すること。

【解決手段】 画像表示装置1は、観察者が視認可能な画像として虚像を形成する画像形成部4と、使用される時における観察者の頭部の動きを検知する検知部35と、検知部35が検知した動きに基づいて、画像形成部4を制御する制御部33と、を備え、制御部33は、検知部35が検知した動きが所定量よりも大きいときに、虚像の表示位置を変更する。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

観察者の頭部に装着して使用される画像表示装置であって、  
前記観察者が視認可能な画像として虚像を形成する画像形成部と、  
前記使用される時における前記観察者の前記頭部の動きを検知する検知部と、  
前記検知部が検知した動きに基づいて、前記画像形成部を制御する制御部と、を備え、  
前記制御部は、前記検知部が検知した動きが所定量よりも大きいときに、前記虚像の表示位置を変更することを特徴とする画像表示装置。

## 【請求項 2】

前記検知部は、前記頭部の動きとして、前記頭部の所定軸周りの角速度を検知する請求項 1 に記載の画像表示装置。

10

## 【請求項 3】

前記検知部は、前記頭部の互いに交差する方向の 3 つの軸周りの角速度をそれぞれ検知し、

前記制御部は、前記 3 つの軸周りの角速度の総和が所定値以上であるときに、前記検知部が検知した動きが前記所定量よりも大きいと判断する請求項 2 に記載の画像表示装置。

## 【請求項 4】

前記所定値を  $\theta_0$  [rad/sec] とし、前記虚像を表示可能な領域の画角を  $\theta_1$  [rad] としたとき、

$\theta_0 > \theta_1 / 0.5$  の関係を満たす請求項 3 に記載の画像表示装置。

20

## 【請求項 5】

前記制御部は、基準位置に前記虚像を表示する第 1 状態と、前記基準位置と異なる位置に前記虚像を表示する第 2 状態とを含む複数の状態を切り換え可能であり、前記検知部が検知した動きが前記所定量よりも大きいと判断し、前記検知部が検知した動きが前記所定量よりも大きいと判断したときに、前記第 1 状態から前記第 2 状態へ切り換える請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

## 【請求項 6】

前記制御部は、前記第 1 状態から前記第 2 状態へ切り換えの後、所定時間経過後に、前記虚像の表示位置が前記基準位置に漸近するように前記第 2 状態から前記第 1 状態へ切り換える請求項 5 に記載の画像表示装置。

30

## 【請求項 7】

前記制御部は、前記第 2 状態から前記第 1 状態への切り換えにおいて、前記虚像の表示位置が前記基準位置へ漸近する際の移動速度は、前記検知部が前記所定量よりも大きい動きを検知したときの前記検知部が検知した動きに比例する請求項 6 に記載の画像表示装置。

## 【請求項 8】

前記所定時間は、0.5 秒以上である請求項 6 または 7 に記載の画像表示装置。

## 【請求項 9】

前記所定時間は、調整可能である請求項 6 に記載の画像表示装置。

## 【請求項 10】

前記制御部は、前記第 2 状態から前記第 1 状態への切り換えを、前記虚像の表示位置が前記基準位置に段階的に漸近するように行う請求項 6 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

40

## 【請求項 11】

前記制御部は、前記第 2 状態において、前記検知部が検知した動きと逆方向となる位置に前記虚像を表示する請求項 5 ないし 10 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

## 【請求項 12】

前記制御部は、前記検知部が検知した動きに基づいて、前記観察者の頭部の前記第 1 状態からの回転角度を求め、前記第 2 状態において、前記回転角度が所定角度以上であるとき、前記虚像の表示位置を前記虚像が表示可能な領域の端部に固定する請求項 5 ないし 1

50

1 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 13】

前記制御部は、前記第 2 状態の前記虚像の大きさを、前記第 1 状態の前記虚像の大きさに対して所定の圧縮比で縮小する請求項 12 に記載の画像表示装置。

【請求項 14】

前記圧縮比は、変更可能である請求項 13 に記載の画像表示装置。

【請求項 15】

前記制御部は、前記圧縮比を前記回転角度に比例して変更する請求項 14 に記載の画像表示装置。

【請求項 16】

前記圧縮比は、前記虚像を表示可能な領域の画角を  $\theta_0$  [rad] とし、前記観察者の頭部の前記回転角度を  $\theta_2$  としたとき、 $\theta_2 / \theta_0$  よりも大きい請求項 13 ないし 15 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 17】

前記画像形成部は、光反射性を有する光反射部を備える可動部を、互いに直交する 2 つの軸周りにそれぞれ揺動させる光スキャナーを有する請求項 1 ないし 16 のいずれか 1 項に記載の画像表示装置。

【請求項 18】

観察者が視認可能な画像として虚像を形成する画像形成部と、  
前記観察者の頭部の動きを検知する検知部と、  
前記検知部が検知した動きに基づいて、前記画像形成部を制御する制御部と、を備え、  
前記制御部は、前記検知部が検知した動きが所定量よりも大きいときに、前記虚像の表示位置を変更することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 19】

観察者の頭部に装着して使用される画像表示装置であって、  
前記観察者が視認可能な画像として虚像を形成する画像形成部と、  
前記画像表示装置の動きを検知する検知部と、  
前記検知部が検知した動きに基づいて、前記画像形成部を制御する制御部と、を備え、  
前記制御部は、前記検知部が検知した動きが所定量よりも大きいときに、前記虚像の表示位置を変更することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 20】

観察者が視認可能な画像として虚像を基準位置に形成する第 1 画像形成工程と、  
前記観察者の頭部の動きを検知し、その検知した動きが所定量よりも大きいかな否かを判断する判断工程と、  
前記判断工程で前記所定量よりも大きいと判断したときに、前記虚像の表示位置を前記基準位置から変更して、前記虚像を形成する第 2 画像形成工程と、を有することを特徴とする画像表示装置の表示制御方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像表示装置および画像表示装置の表示制御方法に関する。

【背景技術】

【0002】

観察者の頭部に装着して使用され、観察者が視認する画像を虚像として表示するヘッドマウントディスプレイ（HMD：Head Mount Display）が実用に供されている（例えば、特許文献 1 参照）。

このようなヘッドマウントディスプレイとしては、観察者が外界像と虚像とを重畳して視認することができる、いわゆるシースルー型のヘッドマウントディスプレイが知られている。

【0003】

10

20

30

40

50

このようなシースルー型のヘッドマウントディスプレイでは、虚像の鑑賞中に外界の所定の物体を注視しようと、顔の向きを変えても、虚像の表示位置が常に視線の真正面となると、使い勝手が悪い。

そこで、特許文献 1 に記載されているように、HMD 本体の動きを検知し、その検知した HMD 本体の動きと逆方向に虚像の表示位置を移動させることが考えられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開平 8 - 19004 号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、特許文献 1 に記載のヘッドマウントディスプレイでは、外界像の所定位置に対して虚像の表示位置が固定するように、虚像の表示位置を移動させるため、HMD 本体が動くと、常に HMD 本体の動きに応じて虚像の表示位置が移動してしまう。

したがって、観察者が虚像の鑑賞を継続したまま顔の向きを変えたい場合でも、虚像の表示位置が視線の真正面から外れてしまう。そのため、観察者にとって、かえって使い勝手の悪いものになってしまう場合があった。

本発明の目的は、シースルー型の頭部装着型画像表示装置において、従来に比し使い勝手を向上させることができる画像表示装置および画像表示装置の表示制御方法を提供することにある。

20

【課題を解決するための手段】

【0006】

このような目的は、下記の本発明により達成される。

本発明の画像表示装置は、観察者の頭部に装着して使用される画像表示装置であって、前記観察者が視認可能な画像として虚像を形成する画像形成部と、前記使用される時における前記観察者の前記頭部の動きを検知する検知部と、前記検知部が検知した動きに基づいて、前記画像形成部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記検知部が検知した動きが所定量よりも大きいときに、前記虚像の表示位置を変更することを特徴とする。

30

このような画像表示装置によれば、虚像を外界像と重畳させて観察者に視認させる画像表示装置において、所望時に、虚像の表示位置を変更して、外界像の視認性を高め、それ以外の時に、虚像の表示位置が変更されてしまうのを防止し、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

【0007】

本発明の画像表示装置では、前記検知部は、前記頭部の動きとして、前記頭部の所定軸周りの角速度を検知することが好ましい。

これにより、検知部が観察者の頭部の向きの変化を検知することができる。そのため、制御部が観察者の頭部の向きの変化に基づいて第 1 状態から第 2 状態へ切り換えることができる。

40

【0008】

本発明の画像表示装置では、前記検知部は、前記頭部の互いに交差する方向の 3 つの軸周りの角速度をそれぞれ検知し、

前記制御部は、前記 3 つの軸周りの角速度の総和が所定値以上であるときに、前記検知部が検知した動きが前記所定量よりも大きいと判断することが好ましい。

これにより、観察者の頭部の動きが所定量よりも大きいのか否かの判断をより確実に行うことができる。

【0009】

本発明の画像表示装置では、前記所定値を  $\theta_0$  [rad/sec] とし、前記虚像を表示可能な領域の画角を  $\theta_0$  [rad] としたとき、

50

$0 > 0 / 0.5$  の関係を満たすことが好ましい。

これにより、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、基準位置に前記虚像を表示する第 1 状態と、前記基準位置と異なる位置に前記虚像を表示する第 2 状態とを含む複数の状態を切り換え可能であり、前記検知部が検知した動きが前記所定量よりも大きいと判断し、前記検知部が検知した動きが前記所定量よりも大きいと判断したときに、前記第 1 状態から前記第 2 状態へ切り換えることが好ましい。

これにより、所望時に第 2 状態とすることにより、虚像の表示位置を変更して、外界像の視認性を高めることができる。また、それ以外の時に第 1 状態とすることにより、虚像の表示位置が変更されてしまうのを防止することができる。

10

#### 【0010】

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、前記第 1 状態から前記第 2 状態へ切り換えた後、所定時間経過後に、前記虚像の表示位置が前記基準位置に漸近するように前記第 2 状態から前記第 1 状態へ切り換えることが好ましい。

これにより、虚像の表示位置が第 2 状態から第 1 状態へ変化する際に観察者が感じる違和感を低減することができる。

#### 【0011】

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、前記第 2 状態から前記第 1 状態への切り換えにおいて、前記虚像の表示位置が前記基準位置へ漸近する際の移動速度は、前記検知部が前記所定量よりも大きい動きを検知したときの前記検知部が検知した動きに比例することが好ましい。

20

これにより、虚像の表示位置が第 2 状態から第 1 状態へ変化する際に観察者が感じる違和感を効果的に低減することができる。

#### 【0012】

本発明の画像表示装置では、前記所定時間は、0.5 秒以上であることが好ましい。

人間が視覚により物体を認識可能な時間は、一般に、最短で 0.5 秒程度と言われている。したがって、かかる時間以上の時間長さに亘って第 2 状態となっていれば、第 2 状態において、観察者が外界像を確実に視認することができる。よって、第 2 状態における外界像の視認性を優れたものとすることができる。

#### 【0013】

30

本発明の画像表示装置では、前記所定時間は、調整可能であることが好ましい。

これにより、観察者にとっての使い勝手をより優れたものとすることができる。

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、前記第 2 状態から前記第 1 状態への切り換えを、前記虚像の表示位置が前記基準位置に段階的に漸近するように行うことが好ましい。

これにより、第 2 状態から第 1 状態へ切り換わる間の外界像の視認性を高めることができる。

#### 【0014】

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、前記第 2 状態において、前記検知部が検知した動きと逆方向となる位置に前記虚像を表示することが好ましい。

40

これにより、第 2 状態において、虚像が外界像と一体化されたような表示を行うことができる。

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、前記検知部が検知した動きに基づいて、前記観察者の頭部の前記第 1 状態からの回転角度を求め、前記第 2 状態において、前記回転角度が所定角度以上であるとき、前記虚像の表示位置を前記虚像が表示可能な領域の端部に固定することが好ましい。

これにより、第 2 状態において、虚像の視認を可能としつつ、外界像の視認性を優れたものとすることができる。

#### 【0015】

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、前記第 2 状態の前記虚像の大きさを、前記

50

第 1 状態の前記虚像の大きさに対して所定の圧縮比で縮小することが好ましい。

これにより、第 2 状態において、虚像の視認を可能としつつ、外界像の視認性をより優れたものとすることができる。

本発明の画像表示装置では、前記圧縮比は、変更可能であることが好ましい。

これにより、観察者にとっての使い勝手をより優れたものとすることができる。

#### 【0016】

本発明の画像表示装置では、前記制御部は、前記圧縮比を前記回転角度に比例して変更することが好ましい。

これにより、観察者にとっての使い勝手を特に優れたものとすることができる。

本発明の画像表示装置では、前記圧縮比は、前記虚像を表示可能な領域の画角を  $\theta_0$  [rad] とし、前記観察者の頭部の前記回転角度を  $\theta_2$  としたとき、 $\theta_2 / \theta_0$  よりも大きいことが好ましい。

これにより、第 2 状態において、虚像の視認を可能としつつ、外界像の視認性を特に優れたものとすることができる。

#### 【0017】

本発明の画像表示装置では、前記画像形成部は、光反射性を有する光反射部を備える可動部を、互いに直交する 2 つの軸周りにそれぞれ揺動させる光スキャナーを有することが好ましい。

これにより、画像形成部の小型化および軽量化を図ることができる。その結果、観察者にとっての使い勝手をより優れたものとすることができる。

#### 【0018】

本発明の画像表示装置は、観察者が視認可能な画像として虚像を形成する画像形成部と、

前記観察者の頭部の動きを検知する検知部と、

前記検知部が検知した動きに基づいて、前記画像形成部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記検知部が検知した動きが所定量よりも大きいときに、前記虚像の表示位置を変更することを特徴とする。

このような画像表示装置によれば、虚像を外界像と重畳させて観察者に視認させる画像表示装置において、所望時に、虚像の表示位置を変更して、外界像の視認性を高め、それ以外の時に、虚像の表示位置が変更されてしまうのを防止し、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

#### 【0019】

本発明の画像表示装置は、観察者の頭部に装着して使用される画像表示装置であって、前記観察者が視認可能な画像として虚像を形成する画像形成部と、

前記画像表示装置の動きを検知する検知部と、

前記検知部が検知した動きに基づいて、前記画像形成部を制御する制御部と、を備え、前記制御部は、前記検知部が検知した動きが所定量よりも大きいときに、前記虚像の表示位置を変更することを特徴とする。

このような画像表示装置によれば、虚像を外界像と重畳させて観察者に視認させる画像表示装置において、所望時に、虚像の表示位置を変更して、外界像の視認性を高め、それ以外の時に、虚像の表示位置が変更されてしまうのを防止し、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

#### 【0020】

本発明の画像表示装置の表示制御方法は、観察者が視認可能な画像として虚像を基準位置に形成する第 1 画像形成工程と、

前記観察者の頭部の動きを検知し、その検知した動きが所定量よりも大きいかな否かを判断する判断工程と、

前記判断工程で前記所定量よりも大きいと判断したときに、前記虚像の表示位置を前記基準位置から変更して、前記虚像を形成する第 2 画像形成工程と、を有することを特徴とする。

10

20

30

40

50

このような画像表示装置の表示制御方法によれば、虚像を外界像と重畳させて観察者に視認させる画像表示装置の表示制御方法において、所望時に、虚像の表示位置を変更して、外界像の視認性を高め、それ以外の時に、虚像の表示位置が変更されてしまうのを防止し、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】本発明の第1実施形態に係る画像表示装置（ヘッドマウントディスプレイ）の概略構成を示す図である。

【図2】図1に示す画像表示装置の制御ユニットの概略構成図である。

【図3】図2に示す駆動信号生成部の駆動信号の一例を示す図である。

10

【図4】図1に示す画像表示装置の画像形成部の概略構成を示す模式図である。

【図5】図4に示す画像形成部の光スキャナーの平面図である。

【図6】図5に示す光スキャナーの断面図（X軸に沿った断面図）である。

【図7】観察者の頭部の動きを説明するための図である。

【図8】図1に示す画像表示装置の作用（虚像の表示位置の変化）を説明するための図である。

【図9】図7（a）に示す観察者の頭部の動きと虚像の表示位置との関係を説明するための図である。

【図10】虚像を表示可能な領域の画角を説明するための図である。

【図11】図1に示す画像表示装置の動作を説明するためのフローチャートである。

20

【図12】本発明の第2実施形態に係る画像表示装置の作用（虚像の表示位置および大きさの変化）を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

以下、本発明の画像表示装置および画像表示装置の表示制御方法の好適な実施形態について、添付図面を参照しつつ説明する。

< 第1実施形態 >

図1は、本発明の第1実施形態に係る画像表示装置（ヘッドマウントディスプレイ）の概略構成を示す図、図2は、図1に示す画像表示装置の制御ユニットの概略構成図、図3は、図2に示す駆動信号生成部の駆動信号の一例を示す図である。また、図4は、図1に示す画像表示装置の画像形成部の概略構成を示す模式図、図5は、図4に示す画像形成部の光スキャナーの平面図、図6は、図5に示す光スキャナーの断面図（X軸に沿った断面図）である。また、図7は、観察者の頭部の動きを説明するための図、図8は、図1に示す画像表示装置の作用（虚像の表示位置の変化）を説明するための図、図9は、図7（a）に示す観察者の頭部の動きと虚像の表示位置との関係を説明するための図、図10は、虚像を表示可能な領域の画角を説明するための図、図11は、図1に示す画像表示装置の動作を説明するためのフローチャートである。

30

【0023】

なお、図1、図7および図9では、説明の便宜上、互いに直交する3つの軸として、X軸、Y軸およびZ軸を図示しており、その図示した矢印の先端側を「+側」、基端側を「-側」とする。また、X軸に平行な方向を「X軸方向」、Y軸に平行な方向を「Y軸方向」、Z軸に平行な方向を「Z軸方向」という。

40

ここで、X軸、Y軸およびZ軸は、後述する画像表示装置1を観察者の頭部Hに装着した際に、ある基準時において、X軸方向が頭部Hの上下方向、Y軸方向が頭部Hの左右方向、Z軸方向が頭部Hの前後方向となるように設定されている。また、X軸、Y軸およびZ軸は、後述する画像表示装置1を観察者の頭部Hに装着した際に、ある基準時において、X軸方向が虚像の表示面（画面）の縦方向（垂直走査方向）、Y軸方向が虚像の表示面の横方向（水平走査方向）、Z軸方向が虚像の表示面に対して垂直な方向となるように設定されている。

【0024】

50

図 1 に示すように、本実施形態の画像表示装置 1 は、眼鏡のような外観を有するヘッドマウントディスプレイ（頭部装着型画像表示装置）であって、観察者の頭部 H に装着して使用され、観察者に虚像による画像を外界像と重畳した状態で視認させるものである。

この画像表示装置 1 は、フレーム 2 と、フレーム 2 に支持された制御ユニット 3 および画像形成部 4 とを備える。

【 0 0 2 5 】

このような画像表示装置 1 では、制御ユニット 3 からの信号に基づいて画像形成部 4 が作動し、画像形成部 4 が観察者の右側の眼 E Y に向けて光を 2 次元的に走査することにより、観察者が視認し得る虚像を形成する。

なお、本実施形態では、画像形成部 4 をフレーム 2 の右側にのみ設け、右眼用の虚像のみを形成する場合を例に説明するが、画像形成部 4 と同様の構成の画像形成部をフレーム 2 の左側に設けることによって、右眼用の虚像と併せて左眼用の虚像も形成してもよいし、左眼用の虚像のみを形成するようにしてもよい。

【 0 0 2 6 】

以下、画像表示装置 1 の各部を順次詳細に説明する。

（フレーム）

図 1 に示すように、フレーム 2 は、眼鏡フレームのような形状をなし、制御ユニット 3 および画像形成部 4 を支持する機能を有する。

また、フレーム 2 は、図 1 に示すように、画像形成部 4 およびノーズパッド部 2 1 を支持するフロント部 2 2 と、フロント部 2 2 に接続されて使用者の耳に当接する 1 対のテンプル部（つる部）2 3 と、各テンプル部 2 3 のフロント部 2 2 と反対の端部であるモダン部 2 4 と、を含む。

【 0 0 2 7 】

ノーズパッド部 2 1 は、使用時に観察者の鼻 N S に当接して、画像表示装置 1 を観察者の頭部に対して支持している。フロント部 2 2 には、リム部 2 5 やブリッジ部 2 6 が含まれる。

このノーズパッド部 2 1 は、使用時における観察者に対するフレーム 2 の位置を調整可能に構成されている。

なお、フレーム 2 の形状は、観察者の頭部 H に装着することができるものであれば、図示のものに限定されない。

【 0 0 2 8 】

（制御ユニット）

図 1 に示すように、制御ユニット 3 は、前述したフレーム 2 の一方（本実施形態では右側）のモダン部 2 4 に取り付けられている。

すなわち、制御ユニット 3 は、使用時に観察者の耳 E A に対して眼 E Y とは反対側に配置されている。これにより、画像表示装置 1 の重量バランスを優れたものとすることができる。

【 0 0 2 9 】

この制御ユニット 3 は、後述する画像形成部 4 の光走査部 4 2 で走査される信号光を生成する機能と、光走査部 4 2 を駆動する駆動信号を生成する機能とを有する。

このような制御ユニット 3 は、図 2 に示すように、信号光生成部 3 1 と、駆動信号生成部 3 2 と、制御部 3 3 と、レンズ 3 4 と、検知部 3 5 と、調整部 3 6 とを備える。

信号光生成部 3 1 は、後述する画像形成部 4 の光走査部 4 2（光スキャナー）で走査（光走査）される信号光を生成するものである。

【 0 0 3 0 】

この信号光生成部 3 1 は、波長の異なる複数の光源 3 1 1 R、3 1 1 G、3 1 1 B と、複数の駆動回路 3 1 2 R、3 1 2 G、3 1 2 B と、光合成部（合成部）3 1 3 とを有する。

光源 3 1 1 R（R 光源）は、赤色光を出射するものであり、光源 3 1 1 G（G 光源）は、緑色光を出射するものであり、光源 3 1 1 B は、青色光を出射するものである。このよ

10

20

30

40

50



うな３色の光を用いることにより、フルカラーの画像を表示することができる。

【００３１】

このような光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂは、それぞれ、特に限定されないが、例えば、レーザーダイオード、ＬＥＤを用いることができる。

このような光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂは、それぞれ、駆動回路３１２Ｒ、３１２Ｇ、３１２Ｂに電氣的に接続されている。

駆動回路３１２Ｒは、前述した光源３１１Ｒを駆動する機能を有し、駆動回路３１２Ｇは、前述した光源３１１Ｇを駆動する機能を有し、駆動回路３１２Ｂは、前述した光源３１１Ｂを駆動する機能を有する。

このような駆動回路３１２Ｒ、３１２Ｇ、３１２Ｂにより駆動された光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂから出射された３つ（３色）の光は、光合成部３１３に入射する。

【００３２】

光合成部３１３は、複数の光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂからの光を合成するものである。これにより、信号光生成部３１で生成される信号光を画像形成部４へ伝送するための光ファイバーの数を少なくすることができる。そのため、本実施形態では、フレーム２のテンブル部に沿って設けられた１本の光ファイバー７を介して制御ユニット３から画像形成部４へ信号光を伝送することができる。

【００３３】

本実施形態では、光合成部３１３は、２つのダイクロイックミラー３１３ａ、３１３ｂを有する。

ダイクロイックミラー３１３ａは、赤色光を透過させるとともに緑色光を反射する機能を有する。また、ダイクロイックミラー３１３ｂは、赤色光および緑色光を透過させるとともに青色光を反射する機能を有する。

【００３４】

このようなダイクロイックミラー３１３ａ、３１３ｂを用いることにより、光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂからの赤色光、緑色光および青色光の３色の光を合成して、信号光を形成する。

本実施形態では、光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂからの赤色光、緑色光および青色光の光路長が互いに等しくなるように、光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂが配置されている。

【００３５】

なお、光合成部３１３は、前述したようなダイクロイックミラーを用いた構成に限定されず、例えば、光導波路、光ファイバー等で構成されていてもよい。

このような信号光生成部３１で生成した信号光は、レンズ３４を介して光ファイバー７に入力される。そして、かかる信号光は、光ファイバー７を介して、後述する画像形成部４の光走査部４２に伝送される。

このように信号光生成部３１で生成した信号光を光走査部４２へ導光する光ファイバー７を用いることにより、信号光生成部３１の設置位置の自由度が増す。

【００３６】

ここで、レンズ３４は、信号光生成部３１で生成した信号光を光ファイバー７に入力するために集光するものである。なお、レンズ３４は、必要に応じて設ければよく、省略することができる。また、例えば、レンズ３４に代えて、各光源３１１Ｒ、３１１Ｇ、３１１Ｂと光合成部３１３との間にレンズを設けることによっても、信号光を光ファイバー７に入力することができる。

【００３７】

駆動信号生成部３２は、後述する画像形成部４の光走査部４２（光スキャナー）を駆動する駆動信号を生成するものである。

この駆動信号生成部３２は、光走査部４２の第１の方向での走査（水平走査）に用いる第１の駆動信号を生成する駆動回路３２１（第１の駆動回路）と、光走査部４２の第１の方向に直交する第２の方向での走査（垂直走査）に用いる第２の駆動信号を生成する駆動

10

20

30

40

50

回路 3 2 2 ( 第 2 の駆動回路 ) とを有する。

【 0 0 3 8 】

例えば、駆動回路 3 2 1 は、図 3 ( a ) に示すように、周期  $T_1$  で周期的に変化する第 1 の駆動信号  $V_1$  ( 水平走査用電圧 ) を発生させるものであり、駆動回路 3 2 2 は、図 3 ( b ) に示すように、周期  $T_1$  と異なる周期  $T_2$  で周期的に変化する第 2 の駆動信号  $V_2$  ( 垂直走査用電圧 ) を発生させるものである。

なお、第 1 の駆動信号および第 2 の駆動信号については、後に詳述する。

【 0 0 3 9 】

このような駆動信号生成部 3 2 は、図示しない信号線を介して、後述する画像形成部 4 の光走査部 4 2 に電氣的に接続されている。これにより、駆動信号生成部 3 2 で生成した駆動信号 ( 第 1 の駆動信号および第 2 の駆動信号 ) は、後述する画像形成部 4 の光走査部 4 2 に入力される。

前述したような信号光生成部 3 1 の駆動回路 3 1 2 R、3 1 2 G、3 1 2 B および駆動信号生成部 3 2 の駆動回路 3 2 1、3 2 2 は、制御部 3 3 に電氣的に接続されている。

【 0 0 4 0 】

制御部 3 3 は、映像信号 ( 画像信号 ) に基づいて、信号光生成部 3 1 の駆動回路 3 1 2 R、3 1 2 G、3 1 2 B および駆動信号生成部 3 2 の駆動回路 3 2 1、3 2 2 の駆動を制御する機能を有する。すなわち、制御部 3 3 は、画像形成部 4 の駆動を制御する機能を有する。

これにより、信号光生成部 3 1 が画像情報に応じて変調された信号光を生成するとともに、駆動信号生成部 3 2 が画像情報に応じた駆動信号を生成する。

【 0 0 4 1 】

また、制御部 3 3 は、検知部 3 5 の検知結果に基づいて、画像形成部 4 の駆動を制御し得るように構成されている。特に、制御部 3 3 は、画像表示装置 1 の動き ( より具体的には観察者の頭部 H の動き ) が所定量よりも大きいときに、虚像の表示位置を変更する。

検知部 3 5 は、使用時における観察者の頭部 H の動きを検知する機能を有する。なお、検知部 3 5 の構成および虚像の表示位置の変更については、画像表示装置 1 の作用の説明とともに後に詳述する。

【 0 0 4 2 】

また、制御部 3 3 には、調整部 3 6 が電氣的に接続されており、制御部 3 3 は、調整部 3 6 の操作に基づいて、各種設定を調整・変更し得るように構成されている。

調整部 3 6 は、例えば、観察者が操作可能なタッチパネル、ボタン、スイッチ等の操作部を有し、制御ユニット 3 の設定条件を変更する機能を有する。例えば、調整部 3 6 は、予め複数の設定条件が設定されており、操作部の操作により、複数の設定条件から任意の 1 つの設定条件を選択・設定する。

【 0 0 4 3 】

( 画像形成部 )

図 1 に示すように、画像形成部 4 は、前述したフレーム 2 の一方側 ( 本実施形態では右側 ) の部分に取り付けられている。

すなわち、画像形成部 4 は、使用時に観察者の一方 ( 右側 ) の眼 E Y の前方に位置するように配置されている。

【 0 0 4 4 】

画像形成部 4 は、観察者が視認可能な画像として虚像を形成する機能 ( 眼 E Y の網膜で結像する画像光 ( 走査光 ) を出射する機能 ) を有する。

この画像形成部 4 は、図 4 に示すように、光走査部 4 2 と、レンズ 4 3 ( カップリングレンズ ) と、反射部 4 4 とを備える。

光走査部 4 2 は、信号光生成部 3 1 からの信号光を 2 次元的に走査する光スキャナーである。この光走査部 4 2 で信号光を走査することにより走査光が形成される。

【 0 0 4 5 】

この光走査部 4 2 は、図 5 に示すように、可動ミラー部 1 1 と、1 対の軸部 1 2 a、1

10

20

30

40

50

2 b (第1の軸部)と、枠体部13と、2対の軸部14 a、14 b、14 c、14 d (第2の軸部)と、支持部15と、永久磁石16と、コイル17とを備える。言い換えれば、光走査部42はいわゆるジンバル構造を有している。

ここで、可動ミラー部11および1対の軸部12 a、12 bは、Y1軸(第1の軸)周りに揺動(往復回転)する第1の振動系を構成する。また、可動ミラー部11、2対の軸部12 a、12 b、枠体部13、1対の軸部14 a、14 b、14 c、14 dおよび永久磁石16は、X1軸(第2の軸)周りに揺動(往復回転)する第2の振動系を構成する。

また、光走査部42は、信号重畳部18を有しており(図6参照)、永久磁石16、コイル17、信号重畳部18および駆動信号生成部32は、前述した第1の振動系および第2の振動系を駆動(すなわち、可動ミラー部11をX1軸およびY1軸周りに揺動)させる駆動部を構成する。

10

#### 【0046】

以下、光走査部42の各部を順次詳細に説明する。

可動ミラー部11は、基部111(可動部)と、スパーサー112を介して基部111に固定された光反射板113とを有する。

光反射板113の上面(一方の面)には、光反射性を有する光反射部114が設けられている。

この光反射板113は、軸部12 a、12 bに対して厚さ方向に離間するとともに、厚さ方向から見たときに(以下、「平面視」ともいう)軸部12 a、12 bと重なって設けられている。

20

#### 【0047】

そのため、軸部12 aと軸部12 bとの間の距離を短くしつつ、光反射板113の板面の面積を大きくすることができる。また、軸部12 aと軸部12 bとの間の距離を短くすることができることから、枠体部13の小型化を図ることができる。さらに、枠体部13の小型化を図ることができることから、軸部14 a、14 bと軸部14 c、14 dとの間の距離を短くすることができる。

#### 【0048】

このようなことから、光反射板113の板面の面積を大きくしても、光走査部42の小型化を図ることができる。言い換えると、光反射部114の面積に対する光走査部42の大きさを小さくすることができる。

30

また、光反射板113は、平面視にて、軸部12 a、12 bの全体を覆うように形成されている。言い換えると、軸部12 a、12 bは、それぞれ、平面視にて、光反射板113の外周に対して内側に位置している。これにより、光反射板113の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部114の面積を大きくすることができる。また、不要な光が軸部12 a、12 bで反射して迷光となるのを防止することができる。

#### 【0049】

また、光反射板113は、平面視にて、枠体部13の全体を覆うように形成されている。言い換えると、枠体部13は、平面視にて、光反射板113の外周に対して内側に位置している。これにより、光反射板113の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部114の面積を大きくすることができる。また、不要な光が枠体部13で反射して迷光となるのを防止することができる。

40

#### 【0050】

さらに、光反射板113は、平面視にて、軸部14 a、14 b、14 c、14 dの全体を覆うように形成されている。言い換えると、軸部14 a、14 b、14 c、14 dは、それぞれ、平面視にて、光反射板113の外周に対して内側に位置している。これにより、光反射板113の板面の面積が大きくなり、その結果、光反射部114の面積を大きくすることができる。また、不要な光が軸部14 a、14 b、14 c、14 dで反射して迷光となるのを防止することができる。

#### 【0051】

本実施形態では、光反射板113は、平面視にて、円形をなしている。なお、光反射板

50

１１３の平面視形状は、これに限定されず、例えば、楕円形、四角形等の多角形であってもよい。

このような光反射板１１３の下面（他方の面）には、図６に示すように、硬質層１１５が設けられている。

【００５２】

硬質層１１５は、光反射板１１３本体の構成材料よりも硬質な材料で構成されている。これにより、光反射板１１３の剛性を高めることができる。そのため、光反射板１１３の揺動時における撓みを防止または抑制することができる。また、光反射板１１３の厚さを薄くし、光反射板１１３のＸ１軸およびＹ１軸周りの揺動時における慣性モーメントを小さくすることができる。

10

【００５３】

このような硬質層１１５の構成材料としては、光反射板１１３本体の構成材料よりも硬質な材料であれば、特に限定されず、例えば、ダイヤモンド、カーボンナイトライド膜、水晶、サファイヤ、タンタル酸リチウム、ニオブ酸カリウムなどを用いることができるが、特に、ダイヤモンドを用いるのが好ましい。

硬質層１１５の厚さ（平均）は、特に限定されないが、１～１０μｍ程度であるのが好ましく、１～５μｍ程度であるのがさらに好ましい。

【００５４】

また、硬質層１１５は、単層で構成されていてもよいし、複数の層の積層体で構成されていてもよい。なお、硬質層１１５は、必要に応じて設けられるものであり、省略することもできる。

20

このような硬質層１１５の形成には、例えば、プラズマＣＶＤ、熱ＣＶＤ、レーザーＣＶＤのような化学蒸着法（ＣＶＤ）、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング等の乾式メッキ法、電解メッキ、浸漬メッキ、無電解メッキ等の湿式メッキ法、溶射、シート状部材の接合等を用いることができる。

また、光反射板１１３の下面は、スペーサー１１２を介して基部１１１に固定されている。これにより、軸部１２ａ、１２ｂ、枠体部１３および軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄとの接触を防止しつつ、光反射板１１３をＹ１軸周りに揺動させることができる。

【００５５】

また、基部１１１は、それぞれ、平面視にて、光反射板１１３の外周に対して内側に位置している。すなわち、光反射板１１３の光反射部１１４が設けられる面（板面）の面積は、基部１１１のスペーサー１１２が固定される面の面積よりも大きい。また、基部１１１の平面視での面積は、基部１１１がスペーサー１１２を介して光反射板１１３を支持することができれば、できるだけ小さいのが好ましい。これにより、光反射板１１３の板面の面積を大きくしつつ、軸部１２ａと軸部１２ｂとの間の距離を小さくすることができる。

30

【００５６】

枠体部１３は、図５に示すように、枠状をなし、前述した可動ミラー部１１の基部１１１を囲んで設けられている。言い換えると、可動ミラー部１１の基部１１１は、枠状をなす枠体部１３の内側に設けられている。

40

そして、枠体部１３は、軸部１４ａ、１４ｂ、１４ｃ、１４ｄを介して支持部１５に支持されている。また、可動ミラー部１１の基部１１１は、軸部１２ａ、１２ｂを介して枠体部１３に支持されている。

【００５７】

また、枠体部１３は、Ｙ１軸に沿った方向での長さがＸ１軸に沿った方向での長さよりも長くなっている。すなわち、Ｙ１軸に沿った方向における枠体部１３の長さをａとし、Ｘ１軸に沿った方向における枠体部１３の長さをｂとしたとき、 $a > b$ なる関係を満たす。これにより、軸部１２ａ、１２ｂに必要な長さを確保しつつ、Ｘ１軸に沿った方向における光走査部４２の長さを短くすることができる。

【００５８】

50

また、枠体部 1 3 は、平面視にて、可動ミラー部 1 1 の基部 1 1 1 および 1 対の軸部 1 2 a、1 2 b からなる構造体の外形に沿った形状をなしている。これにより、可動ミラー部 1 1 および 1 対の軸部 1 2 a、1 2 b で構成された第 1 の振動系の振動、すなわち、可動ミラー部 1 1 の Y 1 軸周りの揺動を許容しつつ、枠体部 1 3 の小型化を図ることができる。

なお、枠体部 1 3 の形状は、可動ミラー部 1 1 の基部 1 1 1 を囲む枠状であれば、図示のものに限定されない。

【0059】

軸部 1 2 a、1 2 b および軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、それぞれ、弾性変形可能である。

そして、軸部 1 2 a、1 2 b は、可動ミラー部 1 1 を Y 1 軸（第 1 の軸）周りに回動（揺動）可能とするように、可動ミラー部 1 1 と枠体部 1 3 を連結している。また、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、枠体部 1 3 を Y 1 軸に直交する X 1 軸（第 2 の軸）周りに回動（揺動）可能とするように、枠体部 1 3 と支持部 1 5 を連結している。

【0060】

軸部 1 2 a、1 2 b は、可動ミラー部 1 1 の基部 1 1 1 を介して互いに対向するように配置されている。また、軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、Y 1 軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、一端部が基部 1 1 1 に接続され、他端部が枠体部 1 3 に接続されている。また、軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、中心軸が Y 1 軸に一致するように配置されている。

このような軸部 1 2 a、1 2 b は、それぞれ、可動ミラー部 1 1 の Y 1 軸周りの揺動に伴ってねじれ変形する。

【0061】

軸部 1 4 a、1 4 b および軸部 1 4 c、1 4 d は、枠体部 1 3 を介して（挟んで）互いに対向するように配置されている。また、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、それぞれ、X 1 軸に沿った方向に延在する長手形状をなす。そして、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、それぞれ、一端部が枠体部 1 3 に接続され、他端部が支持部 1 5 に接続されている。また、軸部 1 4 a、1 4 b は、X 1 軸を介して互いに対向するように配置され、同様に、軸部 1 4 c、1 4 d は、X 1 軸を介して互いに対向するように配置されている。

【0062】

このような軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d は、枠体部 1 3 の X 1 軸周りの揺動に伴って、軸部 1 4 a、1 4 b 全体および軸部 1 4 c、1 4 d 全体がそれぞれねじれ変形する。

このように、可動ミラー部 1 1 を Y 1 軸周りに揺動可能とするとともに、枠体部 1 3 を X 1 軸周りに揺動可能とすることにより、可動ミラー部 1 1 を互いに直交する X 1 軸および Y 1 軸の 2 軸周りに揺動（往復回動）させることができる。

【0063】

また、このような軸部 1 2 a、1 2 b のうちの少なくとも一方の軸部、および、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d のうちの少なくとも 1 つの軸部には、それぞれ、例えば歪みセンサーのような角度検出センサーが設けられている。この角度検出センサーは、光走査部 4 2 の角度情報、より具体的には、光反射部 1 1 4 の X 1 軸周りおよび Y 1 軸周りのそれぞれの揺動角を検出することができる。この検出結果は、図示しないケーブルを介して、制御部 3 3 に入力される。

【0064】

なお、軸部 1 2 a、1 2 b および軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d の形状は、それぞれ、前述したものに限定されず、例えば、途中の少なくとも 1 箇所に屈曲または湾曲した部分や分岐した部分を有していてもよい。

前述したような基部 1 1 1、軸部 1 2 a、1 2 b、枠体部 1 3、軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d および支持部 1 5 は、一体的に形成されている。

10

20

30

40

50

## 【0065】

本実施形態では、基部111、軸部12a、12b、枠体部13、軸部14a、14b、14c、14dおよび支持部15は、第1のSi層（デバイス層）と、SiO<sub>2</sub>層（ボックス層）と、第2のSi層（ハンドル層）とがこの順に積層したSOI基板をエッチングすることにより形成されている。これにより、第1の振動系および第2の振動系の振動特性を優れたものとすることができる。また、SOI基板は、エッチングにより微細な加工が可能であるため、SOI基板を用いて基部111、軸部12a、12b、枠体部13、軸部14a、14b、14c、14dおよび支持部15を形成することにより、これらの寸法精度を優れたものとすることができ、また、光走査部42の小型化を図ることができる。

10

## 【0066】

そして、基部111、軸部12a、12bおよび軸部14a、14b、14c、14dは、それぞれ、SOI基板の第1のSi層で構成されている。これにより、軸部12a、12bおよび軸部14a、14b、14c、14dの弾性を優れたものとすることができる。また、基部111がY1軸周りに回転する際に枠体部13に接触するのを防止することができる。

## 【0067】

また、枠体部13および支持部15は、それぞれ、SOI基板の第1のSi層、SiO<sub>2</sub>層および第2のSi層からなる積層体で構成されている。これにより、枠体部13および支持部15の剛性を優れたものとすることができる。また、枠体部13のSiO<sub>2</sub>層および第2のSi層は、枠体部13の剛性を高めるリブとしての機能だけでなく、可動ミラ

20

ー部11が永久磁石16に接触するのを防止する機能も有する。

また、支持部15の上面には、反射防止処理が施されているのが好ましい。これにより、支持部15に照射された不要光が迷光となるのを防止することができる。

かかる反射防止処理としては、特に限定されないが、例えば、反射防止膜（誘電体多層膜）の形成、粗面化処理、黒色処理等が挙げられる。

## 【0068】

なお、前述した基部111、軸部12a、12bおよび軸部14a、14b、14c、14dの構成材料および形成方法は、一例であり、本発明は、これに限定されるものではない。

30

また、本実施形態では、スペーサー112および光反射板113も、SOI基板をエッチングすることにより形成されている。そして、スペーサー112は、SOI基板のSiO<sub>2</sub>層および第2のSi層からなる積層体で構成されている。また、光反射板113は、SOI基板の第1のSi層で構成されている。

## 【0069】

このように、SOI基板を用いてスペーサー112および光反射板113を形成することにより、互いに接合されたスペーサー112および光反射板113を簡単かつ高精度に製造することができる。

このようなスペーサー112は、例えば、接着剤、ろう材等の接合材（図示せず）により基部111に接合されている。

40

## 【0070】

前述した枠体部13の下面（光反射板113とは反対側の面）には、永久磁石16が接合されている。

永久磁石16と枠体部13との接合方法としては、特に限定されないが、例えば、接着剤を用いた接合方法を用いることができる。

永久磁石16は、平面視にて、X1軸およびY1軸に対して傾斜する方向に磁化されている。

## 【0071】

本実施形態では、永久磁石16は、X1軸およびY1軸に対して傾斜する方向に延在する長手形状（棒状）をなす。そして、永久磁石16は、その長手方向に磁化されている。

50

すなわち、永久磁石 16 は、一端部を S 極とし、他端部を N 極とするように磁化されている。

また、永久磁石 16 は、平面視にて、X 1 軸と Y 1 軸との交点を中心として対称となるように設けられている。

#### 【0072】

なお、本実施形態では、枠体部 13 に 1 つの永久磁石の数を設置した場合を例に説明するが、これに限定されず、例えば、枠体部 13 に 2 つの永久磁石を設置してもよい。この場合、例えば、長尺状をなす 2 つの永久磁石を、平面視にて基部 111 を介して互いに対向するとともに、互いに平行となるように、枠体部 13 に設置すればよい。

X 1 軸に対する永久磁石 16 の磁化の方向（延在方向）の傾斜角は、特に限定されないが、 $30^{\circ}$  以上  $60^{\circ}$  以下であるのが好ましく、 $45^{\circ}$  以上  $60^{\circ}$  以下であることがより好ましく、 $45^{\circ}$  であるのがさらに好ましい。このように永久磁石 16 を設けることで、円滑かつ確実に可動ミラー部 11 を X 1 軸の周りに回動させることができる。

#### 【0073】

このような永久磁石 16 としては、例えば、ネオジム磁石、フェライト磁石、サマリウムコバルト磁石、アルニコ磁石、ボンド磁石等を好適に用いることができる。このような永久磁石 16 は、硬磁性体を着磁したものであり、例えば、着磁前の硬磁性体を枠体部 13 に設置した後に着磁することにより形成される。既に着磁がなされた永久磁石 16 を枠体部 13 に設置しようとする、外部や他の部品の磁界の影響により、永久磁石 16 を所望の位置に設置できない場合があるからである。

#### 【0074】

このような永久磁石 16 の直下には、コイル 17 が設けられている。すなわち、枠体部 13 の下面に対向するように、コイル 17 が設けられている。これにより、コイル 17 から発生する磁界を効率的に永久磁石 16 に作用させることができる。これにより、光走査部 42 の省電力化および小型化を図ることができる。

このようなコイル 17 は、信号重畳部 18 に電氣的に接続されている（図 6 参照）。

そして、信号重畳部 18 によりコイル 17 に電圧が印加されることで、コイル 17 から X 1 軸および Y 1 軸に直交する磁束を有する磁界が発生する。

#### 【0075】

信号重畳部 18 は、前述した第 1 の駆動信号 V 1 と第 2 の駆動信号 V 2 とを重畳する加算器（図示せず）を有し、その重畳した電圧をコイル 17 に印加する。

ここで、第 1 の駆動信号 V 1 および第 2 の駆動信号 V 2 について詳述する。

前述したように、駆動回路 321 は、図 3（a）に示すように、周期 T 1 で周期的に変化する第 1 の駆動信号 V 1（水平走査用電圧）を発生させるものである。すなわち、駆動回路 321 は、第 1 周波数（ $1/T1$ ）の第 1 の駆動信号 V 1 を発生させるものである。

#### 【0076】

第 1 の駆動信号 V 1 は、正弦波のような波形をなしている。そのため、光走査部 42 は効果的に光を主走査することができる。なお、第 1 の駆動信号 V 1 の波形は、これに限定されない。

また、第 1 周波数（ $1/T1$ ）は、水平走査に適した周波数であれば、特に限定されないが、 $10 \sim 40 \text{ kHz}$  であるのが好ましい。

#### 【0077】

本実施形態では、第 1 周波数は、可動ミラー部 11 および 1 対の軸部 12a、12b で構成される第 1 の振動系（ねじり振動系）のねじり共振周波数（ $f1$ ）と等しくなるように設定されている。つまり、第 1 の振動系は、そのねじり共振周波数  $f1$  が水平走査に適した周波数になるように設計（製造）されている。これにより、可動ミラー部 11 の Y 1 軸周りの回動角を大きくすることができる。

#### 【0078】

一方、前述したように、駆動回路 322 は、図 3（b）に示すように、周期 T 1 と異なる周期 T 2 で周期的に変化する第 2 の駆動信号 V 2（垂直走査用電圧）を発生させるもの

である。すなわち、駆動回路 3 2 2 は、第 2 周波数 ( $1/T_2$ ) の第 2 の駆動信号  $V_2$  を発生させるものである。

第 2 の駆動信号  $V_2$  は、鋸波のような波形をなしている。そのため、光走査部 4 2 は効果的に光を垂直走査 (副走査) することができる。なお、第 2 の駆動信号  $V_2$  の波形は、これに限定されない。

#### 【0079】

第 2 周波数 ( $1/T_2$ ) は、第 1 周波数 ( $1/T_1$ ) と異なり、かつ、垂直走査に適した周波数であれば、特に限定されないが、 $30 \sim 80 \text{ Hz}$  ( $60 \text{ Hz}$  程度) であるのが好ましい。このように、第 2 の駆動信号  $V_2$  の周波数を  $60 \text{ Hz}$  程度とし、前述したように第 1 の駆動信号  $V_1$  の周波数を  $10 \sim 40 \text{ kHz}$  とすることで、ディスプレイでの描画に適した周波数で、可動ミラー部 1 1 を互いに直交する 2 軸 ( $X_1$  軸および  $Y_1$  軸) のそれぞれの軸周りに回動させることができる。ただし、可動ミラー部 1 1 を  $X_1$  軸および  $Y_1$  軸のそれぞれの軸周りに回動させることができれば、第 1 の駆動信号  $V_1$  の周波数と第 2 の駆動信号  $V_2$  の周波数との組み合わせは、特に限定されない。

10

#### 【0080】

本実施形態では、第 2 の駆動信号  $V_2$  の周波数は、可動ミラー部 1 1、1 対の軸部 1 2 a、1 2 b、枠体部 1 3、2 対の軸部 1 4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d および永久磁石 1 6 で構成された第 2 の振動系 (ねじり振動系) のねじり共振周波数 (共振周波数) と異なる周波数となるように調整されている。

このような第 2 の駆動信号  $V_2$  の周波数 (第 2 周波数) は、第 1 の駆動信号  $V_1$  の周波数 (第 1 周波数) よりも小さいことが好ましい。すなわち、周期  $T_2$  は、周期  $T_1$  よりも長いことが好ましい。これにより、より確実かつより円滑に、可動ミラー部 1 1 を  $Y_1$  軸周りに第 1 周波数で回動させつつ、 $X_1$  軸周りに第 2 周波数で回動させることができる。

20

#### 【0081】

また、第 1 の振動系のねじり共振周波数を  $f_1 [\text{Hz}]$  とし、第 2 の振動系のねじり共振周波数を  $f_2 [\text{Hz}]$  としたとき、 $f_1$  と  $f_2$  とが、 $f_2 < f_1$  の関係を満たすことが好ましく、 $f_1 = 10 f_2$  の関係を満たすことがより好ましい。これにより、より円滑に、可動ミラー部 1 1 を、 $Y_1$  軸周りに第 1 の駆動信号  $V_1$  の周波数で回動させつつ、 $X_1$  軸周りに第 2 の駆動信号  $V_2$  の周波数で回動させることができる。これに対し、 $f_1 = f_2$  とした場合は、第 2 周波数による第 1 の振動系の振動が起こる可能性がある。

30

#### 【0082】

次に、光走査部 4 2 の駆動方法について説明する。なお、本実施形態では、前述したように、第 1 の駆動信号  $V_1$  の周波数は、第 1 の振動系のねじり共振周波数と等しく設定されており、第 2 の駆動信号  $V_2$  の周波数は、第 2 の振動系のねじり共振周波数と異なる値に、かつ、第 1 の駆動信号  $V_1$  の周波数よりも小さくなるように設定されている (例えば、第 1 の駆動信号  $V_1$  の周波数が  $15 \text{ kHz}$ 、第 2 の駆動信号  $V_2$  の周波数が  $60 \text{ Hz}$  に設定されている)。

#### 【0083】

例えば、図 3 (a) に示すような第 1 の駆動信号  $V_1$  と、図 3 (b) に示すような第 2 の駆動信号  $V_2$  とを信号重畳部 1 8 にて重畳し、重畳した電圧をコイル 1 7 に印加する。

40

すると、第 1 の駆動信号  $V_1$  によって、永久磁石 1 6 の一端部 ( $N$  極) をコイル 1 7 に引き付けようとするとともに、永久磁石 1 6 の他端部 ( $S$  極) をコイル 1 7 から離間させようとする磁界 (この磁界を「磁界 A 1」という) と、永久磁石 1 6 の一端部 ( $N$  極) をコイル 1 7 から離間させようとするとともに、永久磁石 1 6 の他端部 ( $S$  極) をコイル 1 7 に引き付けようとする磁界 (この磁界を「磁界 A 2」という) とが交互に切り換わる。

#### 【0084】

ここで、上述したように、永久磁石 1 6 は、それぞれの端部 (磁極) が、 $Y_1$  軸で分割される 2 つの領域に位置するように配置される。すなわち、図 5 の平面視において、 $Y_1$  軸を挟んで一方側に永久磁石 1 6 の  $N$  極が位置し、他方側に永久磁石 1 6 の  $S$  極が位置している。そのため、磁界 A 1 と磁界 A 2 とが交互に切り換わることで、枠体部 1 3 に  $Y_1$

50



軸周りのねじり振動成分を有する振動が励振され、その振動に伴って、軸部 1 2 a、1 2 b を捩れ変形させつつ、可動ミラー部 1 1 が第 1 の駆動信号 V 1 の周波数で Y 1 軸まわりに回転する。

【0085】

また、第 1 の駆動信号 V 1 の周波数は、第 1 の振動系のねじり共振周波数と等しい。そのため、第 1 の駆動信号 V 1 によって、効率的に、可動ミラー部 1 1 を Y 1 軸周りに回転させることができる。すなわち、前述した枠体部 1 3 の Y 1 軸周りのねじり振動成分を有する振動が小さくても、その振動に伴う可動ミラー部 1 1 の Y 1 軸周りの回転角を大きくすることができる。

【0086】

一方、第 2 の駆動信号 V 2 によって、永久磁石 1 6 の一端部（N 極）をコイル 1 7 に引き付けようとするとともに、永久磁石 1 6 の他端部（S 極）をコイル 1 7 から離間させようとする磁界（この磁界を「磁界 B 1」という）と、永久磁石 1 6 の一端部（N 極）をコイル 1 7 から離間させようとするとともに、永久磁石 1 6 の他端部（S 極）をコイル 1 7 に引き付けようとする磁界（この磁界を「磁界 B 2」という）とが交互に切り換わる。

【0087】

ここで、上述したように、永久磁石 1 6 は、それぞれの端部（磁極）が、X 1 軸で分割される 2 つの領域に位置するように配置される。すなわち図 5 の平面視において、X 1 軸を挟んで一方側に永久磁石 1 6 の N 極が位置し、他方側に永久磁石 1 6 の S 極が位置している。そのため、磁界 B 1 と磁界 B 2 とが交互に切り換わることで、軸部 1 4 a、1 4 b および軸部 1 4 c、1 4 d をそれぞれ捩れ変形させつつ、枠体部 1 3 が可動ミラー部 1 1 とともに、第 2 の駆動信号 V 2 の周波数で X 1 軸周りに回転する。

【0088】

また、第 2 の駆動信号 V 2 の周波数は、第 1 の駆動信号 V 1 の周波数に比べて極めて低く設定されている。また、第 2 の振動系のねじり共振周波数は、第 1 の振動系のねじり共振周波数よりも低く設計されている。そのため、可動ミラー部 1 1 が第 2 の駆動信号 V 2 の周波数で Y 1 軸周りに回転してしまうことを防止することができる。

以上説明したような光走査部 4 2 によれば、光反射性を有する光反射部 1 1 4 を備える可動ミラー部 1 1 を互いに直交する 2 つの軸周りにそれぞれ揺動させるので、光走査部 4 2 の小型化および軽量化、ひいては画像形成部 4 の小型化および軽量化を図ることができる。その結果、観察者にとっての使い勝手をより優れたものとすることができる。

【0089】

このような光走査部 4 2 の光反射部 1 1 4 には、図 4 に示すように、前述した光ファイバー 7 から出射した信号光がレンズ 4 3 を介して入射する。

レンズ 4 3 は、光ファイバー 7 から出射した信号光のスポット径を調整する機能を有する。また、レンズ 4 3 は、光ファイバー 7 から出射した信号光の放射角を調整し、略平行化する機能をも有する。

【0090】

また、光反射部 1 1 4 に入射した信号光は、図 4 に示すように、光走査部 4 2 で走査されながら、反射部 4 4 に向けて反射する。

反射部 4 4 は、使用時に観察者の一方の眼 E Y の前方に位置するように配置されている。

この反射部 4 4 は、光走査部 4 2 からの信号光を当該観察者の眼に向けて反射する機能を有する。

【0091】

本実施形態では、反射部 4 4 は、ハーフミラーであり、外界光を透過させる機能（可視光に対する透光性）をも有する。すなわち、反射部 4 4 は、光走査部 4 2 で走査された信号光（走査光）を反射させるとともに、使用時において反射部 4 4 の外側から観察者の眼に向かう外界光を透過させる機能を有する。これにより、観察者は、外界像を視認しながら、信号光により形成された虚像（画像）を視認することができる。すなわち、シースル

10

20

30

40

50

ー型のヘッドマウントディスプレイを実現することができる。

【0092】

この反射部44は、図示しないが、例えば、外界光を透過させる透明基板（透光部）と、透明基板61に支持され、光走査部42からの信号光を反射させる回折格子とを有する。これにより、回折格子に様々な光学特性をもたせ、光学系の部品点数を減らしたり、デザインの自由度を高めたりすることができる。例えば、回折格子としてホログラム素子を用いることにより、反射部44で反射する信号光の出射方向を調整することができる。また、回折格子にレンズ効果をもたせることによって、反射部44で反射する信号光からなる走査光全体の結像状態を調整することもできる。

【0093】

なお、反射部44は、前述した構成に限定されず、例えば、透明基板上に金属薄膜や誘電体多層膜等で構成された半透過反射膜を形成したものであってもよい。

本実施形態では、反射部44は、フレーム2の湾曲に沿って湾曲した形状をなす。なお、反射部44の形状は、光走査部42の配置や、反射部44およびレンズ43の光学特性等に応じて決められるものであり、図示のものに限定されない。

【0094】

次に、以上のように構成された画像表示装置1の動作（作用）について説明する。

画像形成装置1では、制御部33が、検知部35が検知した動き（すなわち観察者の頭部Hの動き）が所定量よりも大きいときに、虚像の表示位置を変更する。

具体的には、制御部33は、虚像の表示位置を基準位置に設定する第1状態（以下、単に「第1状態」ともいう）と、検知部35が検知した動きに応じて、虚像の表示位置を前記基準位置から変更する第2状態（以下、単に「第2状態」ともいう）を含む複数の状態を切り換え可能である。

【0095】

そして、制御部33は、検知部35が検知した動きが前記所定量よりも大きいかな否かを判断し、検知部35が検知した動きが前記所定量よりも大きいと判断したときに、第1状態から第2状態へ切り換える。

これにより、所望時に第2状態とすることにより、虚像の表示位置を変更して、外界像の視認性を高めることができる。また、それ以外の時に第1状態とすることにより、虚像の表示位置が変更されてしまうのを防止することができる。

【0096】

まず、検知部35について説明する。

検知部35は、頭部Hの動き（検知情報）として、頭部Hの所定軸周りの角速度を検知する。これにより、検知部35が観察者の頭部Hの向きの変化を検知することができる。そのため、制御部33が観察者の頭部Hの向きの変化に基づいて第1状態から第2状態へ切り換えることができる。

また、検知部35は、頭部Hの互いに交差する方向の3つの軸周り（例えば、X軸、Y軸およびZ軸）の角速度をそれぞれ検知するものであることが好ましい。これにより、頭部Hの様々な軸周りの角速度を検出することができる。

【0097】

このような検知部35は、例えば、角速度センサー備える。頭部Hの互いに交差する方向の3つの軸周りの角速度をそれぞれ検知する場合、3軸検出の角速度センサーを用いるか、または、1軸検出タイプの角速度センサーを3つ組み合わせて用いればよい。

以下、虚像の表示位置の変更方法について詳述する。なお、以下では、説明の便宜上、図7に示すように、X軸が頭部Hの中心を貫いており、頭部HがX軸周りに角度 $\theta_x$ だけ回転した場合を例に説明する。

【0098】

（第1状態）

第1状態では、図8（a）に示すように、虚像Gの表示位置を基準位置に設定する。

このとき、図示の例では、外界の対象物 $V_1$ 、 $V_2$ を有する外界像が虚像Gと重畳して

10

20

30

40

50

観察者に視認される。ここで、対象物  $V_2$  は、領域  $S$  の右側に位置している。

なお、本実施形態では、基準位置を虚像  $G$  を表示可能な領域  $S$  の中央としているが、基準位置は、領域  $S$  の中央に限定されず、例えば、領域  $S$  の中央からずれていてもよい。

【0099】

(第2状態)

第2状態では、図8(b)に示すように、虚像  $G$  の表示位置を基準位置から変更(移動)する。

このとき、図示の例では、頭部  $H$  の  $X$  軸周りの回転後の領域  $S'$  の中心に対象物  $V_2$  を位置するように、外界の対象物  $V_1$ 、 $V_2$  を有する外界像が虚像  $G$  と重畳して観察者に視認される。

【0100】

また、制御部33は、第2状態において、検知部35が検知した動きと逆方向(図8(b)では、左方向)となる位置に虚像  $G$  の表示位置を変更する。これにより、第2状態において、虚像  $G$  が外界像と一体化されたような表示を行うことができる。また、頭部を動かした際に、虚像  $G$  が観察者の視認したい外界像を遮らないように表示を行うことができる。

【0101】

このような第1状態から第2状態への切り換えの後、所定時間経過後に、図8(c)に示すように、虚像  $G$  の表示位置を基準位置に戻す。すなわち、制御部33は、第1状態から第2状態へ切り換えの後、所定時間経過後に、第2状態から前記第1状態へ切り換える。

このとき、制御部33は、虚像  $G$  の表示位置が基準位置に漸近するように第2状態から第1状態へ切り換えることが好ましい。これにより、虚像  $G$  の表示位置が第2状態から第1状態へ変化する際に観察者が感じる違和感を低減することができる。

【0102】

また、制御部33は、第2状態から第1状態への切り換えにおいて、虚像  $G$  の表示位置が基準位置へ漸近する際の移動速度は、検知部35が前記所定量よりも大きい動きを検知したときの検知部35が検知した動きに比例することが好ましい。これにより、虚像  $G$  の表示位置が第2状態から第1状態へ変化する際に観察者が感じる違和感を効果的に低減することができる。この場合、例えば、検知部35が検知した動きが速くなるほど、虚像  $G$  の表示位置が基準位置へ漸近する際の移動速度を速くし、また、検知部35が検知した動きが遅くなるほど、虚像  $G$  の表示位置が基準位置へ漸近する際の移動速度を遅くする。

また、前記所定時間(第2状態を維持する時間長さ)は、0.5秒以上であることが好ましく、0.5秒以上2秒以下であることがより好ましい。

【0103】

人間が視覚により物体を認識可能な時間は、一般に、最短で0.5秒程度と言われている。したがって、かかる時間以上の時間長さに亘って第2状態となっていれば、第2状態において、観察者が外界像を確実に視認することができる。よって、第2状態における外界像の視認性を優れたものとすることができる。

また、前記所定時間(第2状態を維持する時間長さ)は、調整可能であることが好ましい。これにより、観察者にとっての使い勝手をより優れたものとすることができる。この場合、例えば、かかる所定時間を調整可能なように、前述した調整部36を構成すればよい。

【0104】

また、制御部33は、第2状態から第1状態への切り換えを、虚像  $G$  の表示位置が基準位置に段階的に漸近するように行うことが好ましい。これにより、第2状態から第1状態へ切り換わる間の外界像の視認性を高めることができる。なお、虚像  $G$  が基準位置に戻る途中の段階の位置における表示時間は、任意であり、かかる時間を短くして虚像  $G$  が連続的に移動するようにしてもよいし、かかる時間を長くして虚像  $G$  が基準位置に戻る途中で一旦停止するようにしてもよい。

## 【 0 1 0 5 】

次に、画像表示装置 1 の表示制御方法（制御部 3 3 による制御）について説明する。

まず、画像表示装置 1 と虚像との位置関係について説明する。

ある基準時（例えば初期状態）において、図 9 に示すように、ワールド座標系を（ $X$ ， $Y$ ， $Z$ ）とし、画像表示装置 1 が虚像  $G$  を表示可能な領域  $S$ （画面）における座標（以下、「画面座標」という）系を（ $u$ ， $v$ ）としたとき、ワールド座標系（ $X$ ， $Y$ ， $Z$ ）および画面座標系（ $u$ ， $v$ ）は、下記式（1）で表される。

## 【 0 1 0 6 】

【数 1】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f \frac{X}{Z} \\ f \frac{Y}{Z} \end{bmatrix} \quad \dots (1)$$

10

## 【 0 1 0 7 】

なお、前記式（1）中、 $f$  は、焦点距離である。また、焦点距離  $f$  は、観察者の眼  $E$   $Y$ （カメラ視点）と画面座標平面との間の距離に等しい。

ここで、焦点距離  $f$  が観察者の視点と画面座標平面との間の距離（前記式（1）中の  $Z$ ）に等しいため、前記式（1）は、下記式（2）のように変形することができる。

20

## 【 0 1 0 8 】

【数 2】

$$\begin{bmatrix} u \\ v \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} \quad \dots (2)$$

## 【 0 1 0 9 】

このような画面座標について、 $X$  軸周りの角度  $\theta$  のカメラ座標の回転を考えると、回転後のワールド座標系を（ $X'$ ， $Y'$ ， $Z'$ ）とし、回転後の画面座標系を（ $u'$ ， $v'$ ）としたとき、回転後の画面座標系（ $u'$ ， $v'$ ）は、下記式（3）で表される。

30

## 【 0 1 1 0 】

【数 3】

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y' \end{bmatrix} \quad \dots (3)$$

## 【 0 1 1 1 】

このようなカメラ座標系の回転は、 $X$  軸周りの回転であるため、 $X$  が変化せず、 $Y'$  のみが変わる。

この  $Y'$  は、下記式（4）で表される 3 次元ユークリッド空間における回転行列  $R_x$ （ $\theta$ ）を用いて算出することができ、下記式（5）で表される。

40

## 【 0 1 1 2 】

【数 4】

$$R_x(\theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta & -\sin \theta \\ 0 & \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \quad \dots (4)$$

## 【 0 1 1 3 】

【数 5】

$$Y' = Y \cos \theta - Z \sin \theta \quad \cdots (5)$$

【0114】

したがって、前記式(3)および式(5)により、カメラ座標回転後の画面座標系( $u'$ ,  $v'$ )は、下記式(6)で表される。

【0115】

【数 6】

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \cos \theta - Z \sin \theta \end{bmatrix} \quad \cdots (6)$$

10

【0116】

次に、画像表示装置1の表示制御方法の一例について、図11に基づいて、具体的に説明する。

[A] 第1画像形成工程

まず、虚像Gの画面座標における表示位置( $u$ ,  $v$ )を基準位置である初期位置 $P_0$ ( $u_0$ ,  $v_0$ )に設定する(ステップS0)。これにより、観察者が視認可能な画像として虚像Gを基準位置に形成する(第1画像形成工程)。すなわち、虚像Gの表示位置を第1状態(初期状態)とする。

20

【0117】

[B] 判断工程

次に、検知部35により観察者の頭部Hの動きを検知し、その検知した動きが所定量よりも大きいか否かを判断する判断工程を行う(ステップS1)。

具体的には、検知部35が検知した角速度( $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ )に基づいて、観察者の頭部Hの動きが所定量よりも大きいか否かを判断する。

【0118】

例えば、角速度の大きさ $|\omega_x|$ 、 $|\omega_y|$ 、 $|\omega_z|$ と、予め設定された閾値 $\theta_0$ (所定量)とを比較し、 $|\omega_x|$ 、 $|\omega_y|$ 、 $|\omega_z|$ が $\theta_0$ 以上であるか否かを判断する。

そして、角速度の大きさ $|\omega_x|$ 、 $|\omega_y|$ 、 $|\omega_z|$ が閾値 $\theta_0$ 以上であるときに、観察者の頭部Hの動きが所定量よりも大きいと判断し、角速度の大きさ $|\omega_x|$ 、 $|\omega_y|$ 、 $|\omega_z|$ が閾値 $\theta_0$ 未満であるときに、観察者の頭部Hの動きが所定量以下であると判断する。ここで、 $|\omega_x|$ 、 $|\omega_y|$ 、 $|\omega_z|$ は、下記式(7)で表される。

30

【0119】

【数 7】

$$\|\omega\| = \sqrt{\omega_x^2 + \omega_y^2 + \omega_z^2} \quad \cdots (7)$$

【0120】

そして、観察者の頭部Hの動きが所定量よりも大きいと判断した場合、次のステップS2に遷移する。一方、観察者の頭部Hの動きが所定量以下であると判断した場合、前述したステップS1に戻る。

40

このように、制御部33が3つの軸周りの角速度の総和が閾値 $\theta_0$ (所定値)以上であるときに、検知部35が検知した動きが所定量よりも大きいと判断することにより、観察者の頭部Hの動きが所定量よりも大きいか否かの判断をより確実に行うことができる。

虚像Gを表示可能な領域Sの画角(図10参照)を $\theta_0$ [rad]としたとき、閾値 $\theta_0$ [rad/sec]は、 $\theta_0 > \theta_0 / 0.5$ の関係を満たすことが好ましい。これにより、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

【0121】

[C] 第2画像形成工程

50

ステップ S 2 では、検知部 3 5 が検知した動きに基づいて、虚像 G の表示位置を変更する。これにより、[ B ] 判断工程で検知部 3 5 が検知した動きが所定量よりも大きいと判断したときに、虚像 G の表示位置を基準位置から変更して、虚像 G を形成する（第 2 画像形成工程）。すなわち、虚像 G の表示位置を第 2 状態とする。

【 0 1 2 2 】

具体的には、本ステップ S 2 では、まず、検知部 3 5 が検知した角速度  $\omega$  に基づいて、虚像 G の変更後の位置  $P_1$  を求める。

例えば、検知部 3 5 が検知した角速度  $\omega$  の成分が  $(\omega_x, 0, 0)$  となる場合、観察者の頭部 H の動きが X 軸周りの角度  $-\theta_1$  [rad] の回転のみであり、前述した式 (6) により、虚像 G の変更後の位置  $P_1 (u_1, v_1)$  は、下記式 (8) で表される。

10

【 0 1 2 3 】

【数 8】

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \cos \theta_1 - Z \sin \theta_1 \end{bmatrix} \cdots (8)$$

【 0 1 2 4 】

ここで、角度  $-\theta_1$  は、検知部が検知した角速度  $\omega$  と、その角速度  $\omega$  が生じていた時間長さをを用いて（角速度  $\omega$  を積分して）、求めることができる。

ただし、 $(u_1, v_1)$  がそれぞれとり得る最大値を予め設定しておく。そして、前記式 (8) で求められた位置  $P_1$  が最大値を超える場合、位置  $P_1$  を最大値に設定する。これにより、虚像 G が画面（領域  $S'$ ）からはみ出してしまうのを防止することができる。

20

また、 $(u_1, v_1)$  がそれぞれとり得る最小値を予め設定しておく。そして、前記式 (8) で求められた位置  $P_1$  が最小値未満である場合、位置  $P_1$  を最小値に設定する。これにより、画面の中央部に虚像 G が位置するのを防止または抑制し、観察者による外界像の視認性を高めることができる。

【 0 1 2 5 】

このように、制御部 3 3 は、検知部 3 5 が検知した動きに基づいて、観察者の頭部 H の第 1 状態からの回転角度  $-\theta_1$  を求め、第 2 状態において、回転角度  $-\theta_1$  が所定角度以上であるとき、虚像 G の表示位置を虚像 G が表示可能な領域  $S'$  の端部に固定する。これにより、第 2 状態において、虚像 G の視認を可能としつつ、外界像の視認性を優れたものとすることができる。

30

【 0 1 2 6 】

以上のようにして、位置  $P_1$  を求め、求められた位置  $P_1$  に虚像の表示位置を変更する。

そして、虚像の表示位置を位置  $P_1$  に変更した後に所定時間が経過したか否かを判断し（ステップ S 3）、経過していない場合は、ステップ S 2 に戻り、経過している場合は、ステップ S 4 に移行する。

【 0 1 2 7 】

[ D ] 第 3 画像形成工程（表示位置を基準位置に戻す）

40

ステップ S 4 では、虚像の表示位置を  $P_1 (u_1, v_1)$  から初期位置  $P_0 (u_0, v_0)$  に戻す。すなわち、第 2 状態から第 1 状態へ切り換える。

このとき、虚像の表示位置を  $P_1 (u_1, v_1)$  から初期位置  $P_0 (u_0, v_0)$  へ所定時間に亘って徐々に近づくように移動させる。

例えば、かかる所定時間を 1 秒間に設定し、表示フレームレートが 10 fps である場合、1 移動ステップあたりの単位回転角  $\Delta\theta$  は、下記式 (9) で表される。

【 0 1 2 8 】

【数 9】

$$\Delta\theta = \frac{\theta_1}{T_{\max}} = \frac{\theta_1}{1[\text{sec}] * 10[\text{fps}]} = \frac{\theta_1}{10} \quad \dots (9)$$

【0129】

ただし、前記式(9)中、 $T_{\max}$ は、虚像の表示位置を位置 $P_1$ から位置 $P_0$ へ移動させる処理(以下、単に「移動処理」ともいう)が行われる表示フレーム数の合計である。

したがって、位置 $P_1$ から位置 $P_0$ へ移動する虚像の表示位置の座標 $P_2$ は、下記式(10)で表される。

【0130】

【数10】

$$\begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X \\ Y \cos(\theta_1 - \Delta\theta * t) - Z \sin(\theta_1 - \Delta\theta * t) \end{bmatrix} \quad \dots (10)$$

【0131】

ただし、前記式(10)中、 $t$ は、経過ステップ数を表す正の整数であって、1から $T_{\max}$ までの値をとる(本例では、 $1 \leq t \leq 10$ )。

この移動処理では、 $t$ が、 $1000 / (\text{表示フレームレート}) [\text{秒}]$ の間隔(本例では、0.1秒間隔)でインクリメントされ、インクリメントの度に虚像の描画処理を行う。

そして、 $t$ が $T_{\max}$ に等しくなったとき、すなわち、虚像の表示位置が初期位置 $P_0$ に戻ったとき、移動処理を終了し、終了か否かを判断し(ステップS5)、終了しない場合、前述したステップS0へ遷移する。

【0132】

以上説明したような画像表示装置1およびその表示制御方法によれば、検知部35が検知した動きが所定量よりも大きいときに、虚像の表示位置を変更するため、所望時に、虚像Gの表示位置を変更して、外界像の視認性を高め、それ以外の時に、虚像Gの表示位置が基準位置から変更されてしまうのを防止し、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

【0133】

&lt; 第2実施形態 &gt;

次に、本発明の第2実施形態について説明する。

図12は、本発明の第2実施形態に係る画像表示装置の作用(虚像の表示位置および大きさの変化)を説明するための図である。

以下、第2実施形態について、前述した第1実施形態との相違点を中心に説明し、同様の事項については、その説明を省略する。

【0134】

本実施形態の画像表示装置は、第2状態における虚像の表示方法が異なる以外は、前述した第1実施形態の画像表示装置と同様である。

本実施形態では、制御部は、図12(b)に示すように、第2状態において、図12(a)に示す第1の状態の虚像Gの大きさに対して所定の圧縮比(第1状態の大きさ/第2状態の大きさ)で縮小して、虚像G1を表示する。これにより、第2状態において、虚像G1の視認を可能としつつ、外界像の視認性をより優れたものとすることができる。

【0135】

かかる圧縮比は、調整可能であることが好ましい。これにより、観察者にとっての使い勝手をより優れたものとすることができる。

また、制御部は、かかる圧縮比を頭部の第1状態からの回転角度に比例して変更することが好ましい。これにより、観察者にとっての使い勝手を特に優れたものとするこ

10

20

30

40

50

きる。この場合、例えば、回転角度が大きくなるほど、圧縮比を大きくし、また、回転角度が小さくなるほど、圧縮比を小さくする。

#### 【0136】

また、かかる圧縮比は、虚像 G 1 を表示可能な領域 S' の画角を  $\theta_0$  [rad] とし、観察者の頭部の第 1 状態からの回転角度を  $\theta_2$  としたとき、 $\theta_2 / \theta_0$  よりも大きいことが好ましい。これにより、第 2 状態において、虚像 G 1 の視認を可能としつつ、外界像の視認性を特に優れたものとすることができる。

以下、本実施形態の画像表示装置における表示制御方法を詳細に説明する。

本実施形態の表示制御方法は、前述した第 1 実施形態の表示制御方法において、[C] 第 2 画像形成工程工程（ステップ S 2、S 3）および [D] 第 3 画像形成工程に代えて、以下の [C'] 第 2 画像形成工程および [D'] 第 3 画像形成工程を有する。

10

#### 【0137】

[C'] 第 2 画像形成工程（縮小表示あり）

本工程では、検知部 35 が検知した動きに基づいて、虚像 G の表示位置を変更するとともに、必要に応じて、表示される虚像 G を縮小（圧縮）する。

具体的には、前述した第 1 実施形態の [C] 第 2 画像形成工程と同様、位置  $P_1$  ( $u_1, v_1$ ) を求める。

#### 【0138】

そして、位置  $P_1$  が最大値となるか否かを判断し、位置  $P_1$  が最大値ではない場合には、前述した第 1 実施形態の [C] 第 2 画像形成工程と同様、虚像を圧縮せずに（圧縮比 100% で）、求められた位置  $P_1$  に虚像の表示位置を変更する。

20

一方、求められた位置  $P_1$  が最大値である場合、観察者の頭部 H の動きの程度（例えば X 軸周りの回転角度、角速度）に応じて、虚像の圧縮比を求め、その圧縮比で縮小した虚像 G 1 を位置  $P_1$  に表示する。

#### 【0139】

例えば、頭部の X 軸周りの回転角度  $\theta_1$  が最大値の位置  $P_1$  に対応する回転角度となった後に 1 秒間で角度  $\theta_2$  増加したとき、表示フレームレートが 10 fps である場合、1 フレーム当りの回転角度は、 $\theta_2 / 10$  となる。

ここで、虚像の Y' 軸方向 ( $v'$  方向) の画素数が 100 画素である場合、虚像 G を表示可能な領域の画角を  $\theta_0$  [rad] としたとき、1 フレーム当りの画素圧縮は、 $100 \times \theta_2 / (10 \times \theta_0)$  で表される。

30

#### 【0140】

[D'] 第 3 画像形成工程（縮小解除あり）

次に、虚像の表示位置を  $P_1$  ( $u_1, v_1$ ) から初期位置  $P_0$  ( $u_0, v_0$ ) に戻すとともに、必要に応じて、虚像の縮小を解除（元の大きさに拡大）する。

以上説明したような第 2 実施形態によっても、検知部 35 が検知した動きが所定量よりも大きいときに、虚像の表示位置を変更するため、所望時に、虚像 G の表示位置を変更して、外界像の視認性を高め、それ以外の時に、虚像 G の表示位置が基準位置から変更されてしまうのを防止し、観察者にとっての使い勝手を優れたものとすることができる。

#### 【0141】

40

以上、本発明の画像表示装置およびその表示制御方法について、図示の実施形態に基づいて説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。例えば、本発明の画像表示装置では、各部の構成は、同様の機能を有する任意の構成のものに置換することができ、また、他の任意の構成を付加することもできる。

また、本発明は、前記各実施形態のうちの、任意の 2 以上の構成（特徴）を組み合わせたものであってもよい。

#### 【0142】

また、前述した実施形態では、眼鏡型の頭部装着型画像表示装置に本発明を適用した場合を例に説明したが、本発明は、観察者が視認する画像として虚像を形成するものであれば、これに限定されず、例えば、ヘルメット型またはヘッドセット型の頭部装着型画像表

50



示装置や、観察者の首や肩等の身体で支持される形態の画像表示装置にも適用可能である。

**【 0 1 4 3 】**

また、前述した実施形態では、画像表示装置全体が観察者の頭部に装着される場合を例に説明したが、画像表示装置は、観察者の頭部に装着される部分と、観察者の頭部以外の部分に装着または携帯される部分とを有していてもよい。この場合、検知部は、観察者の頭部に装着される部分（例えば画像形成部）の動きを画像表示装置の動き（観察者の頭部の動き）として検知すればよい。

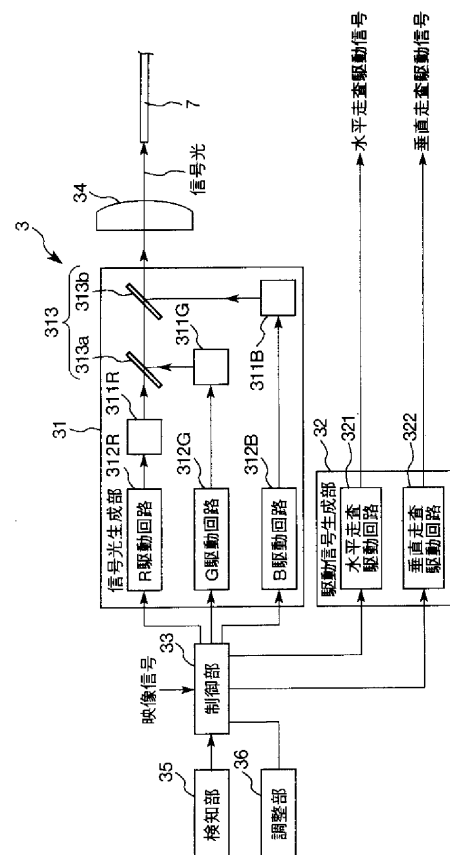
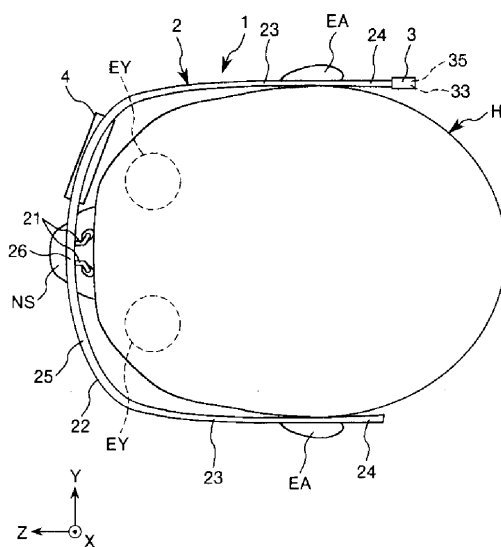
### 【符号の説明】

**【 0 1 4 4 】**

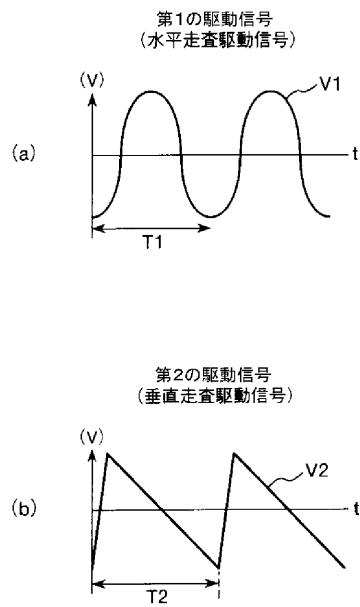
1	画像表示装置	2	フレーム	3	制御ユニット	4	画像形成部	7	
光ファイバー	1 1	可動ミラー部	1 2 a、1 2 b	軸部	1 3	枠体部	1		
4 a、1 4 b、1 4 c、1 4 d		軸部	1 5	支持部	1 6	永久磁石	1 7		
コイル	1 8	信号重畳部	2 1	ノーズパッド部	2 2	フロント部	2 3		
テンブル部	2 4	モダン部	2 5	リム部	2 6	ブリッジ部	3 1	信号光	
生成部	3 2	駆動信号生成部	3 3	制御部	3 4	レンズ	3 5	検知部	
3 6	調整部	4 2	光走査部	4 3	レンズ	4 4	反射部	6 1	透明基
板	1 1 1	基部	1 1 2	スペーサー	1 1 3	光反射板	1 1 4	光反射部	
1 1 5	硬質層	3 1 1 B	光源	3 1 1 G	光源	3 1 1 R	光源	3 1 2	
B	駆動回路	3 1 2 G	駆動回路	3 1 2 R	駆動回路	3 1 3	光合成部		
3 1 3 a	ダイクロイックミラー	3 1 3 b	ダイクロイックミラー	3 2 1	駆				
動回路	3 2 2	駆動回路	E A	耳	E Y	眼	G	虚像	G 1
頭部	N S	鼻	P <sub>1</sub>	位置	P <sub>2</sub>	座標	S	領域	S'
域	T 1、T 2	周期	V 1	第 1 の駆動信号	V 2	第 2 の駆動信号	V <sub>1</sub> 、V <sub>2</sub>		
、	外界の対象物								

【 図 1 】

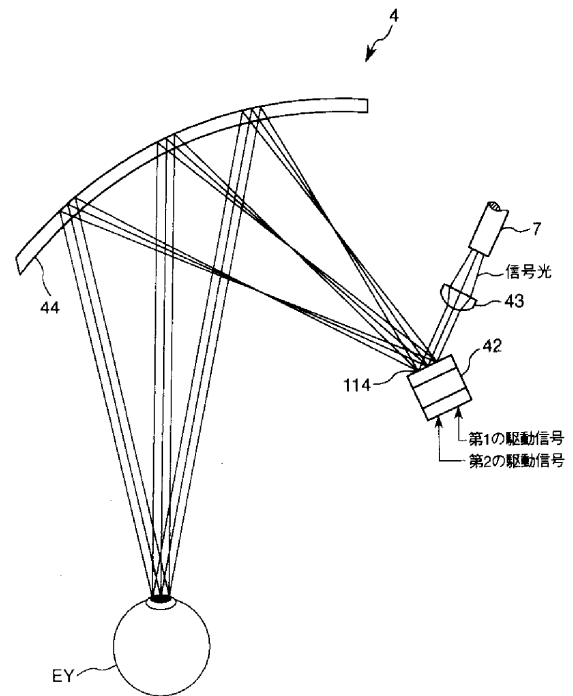
【 図 2 】



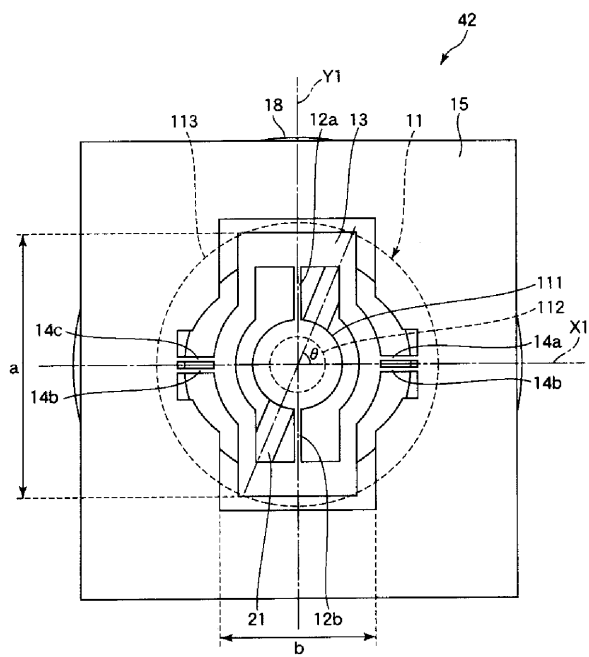
【図3】



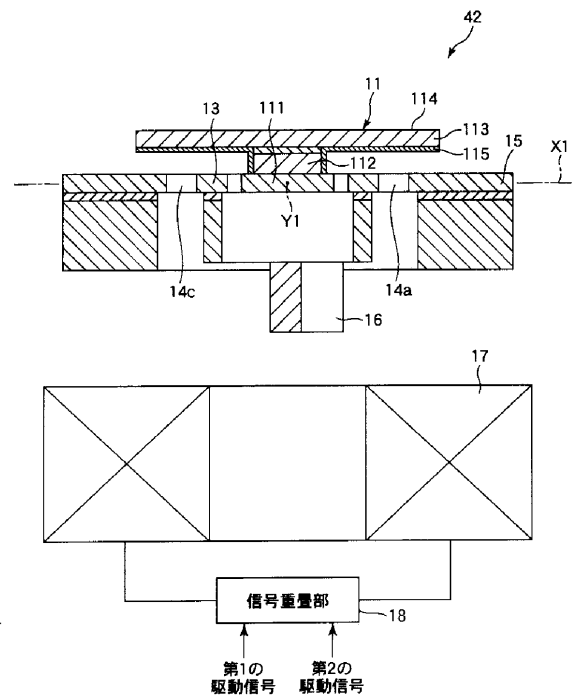
【図4】



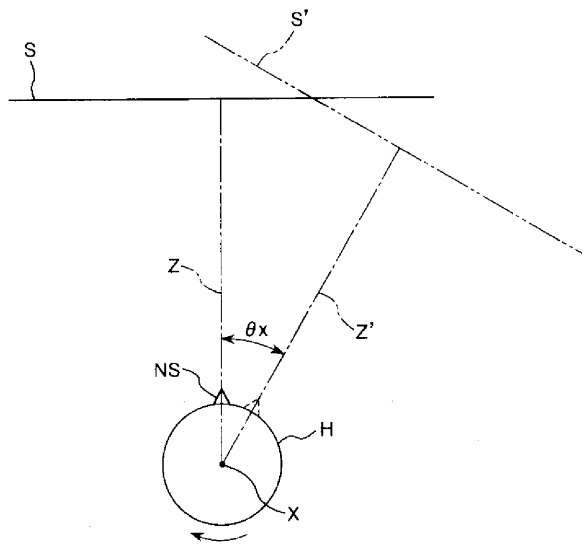
【図5】



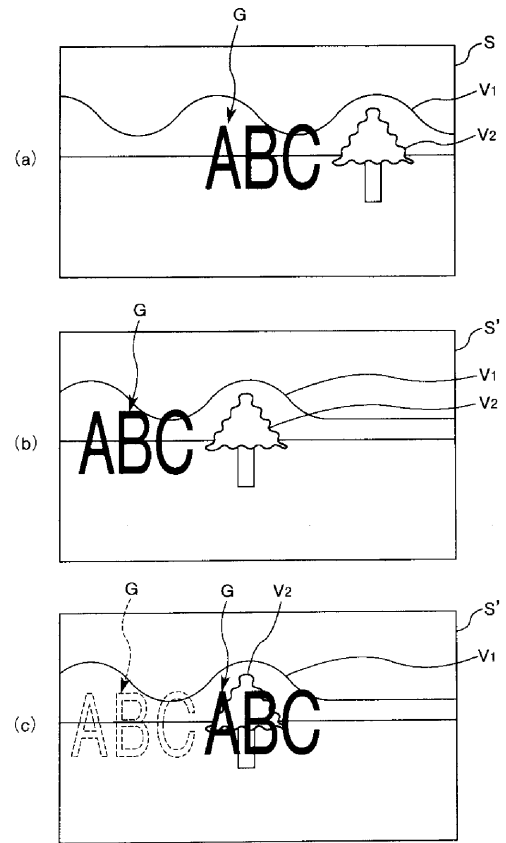
【図6】



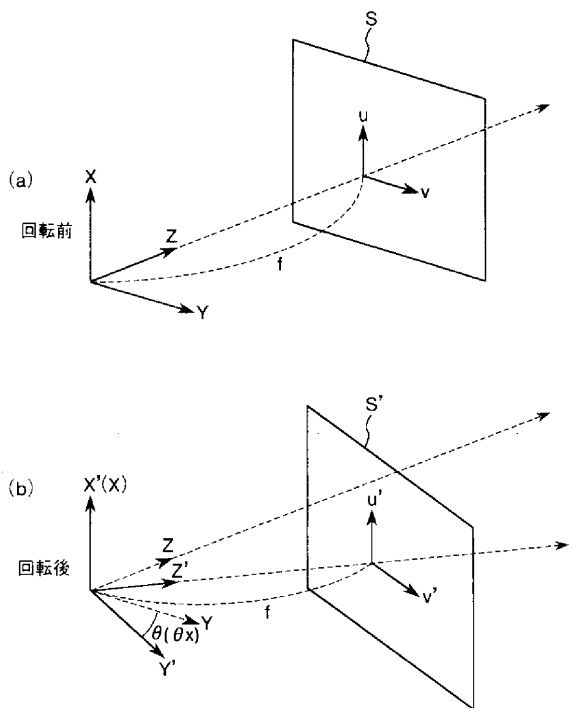
【図 7】



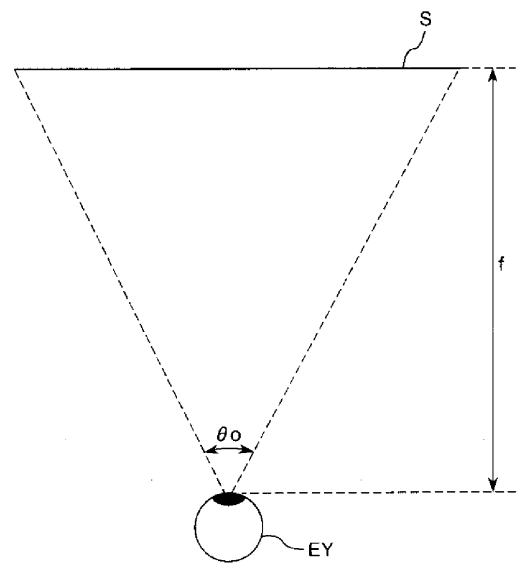
【図 8】



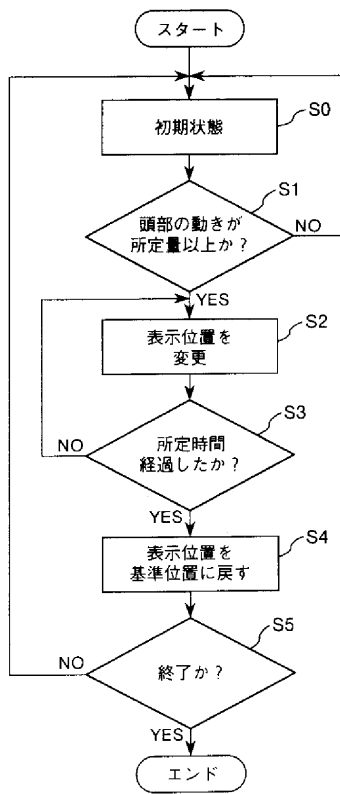
【図 9】



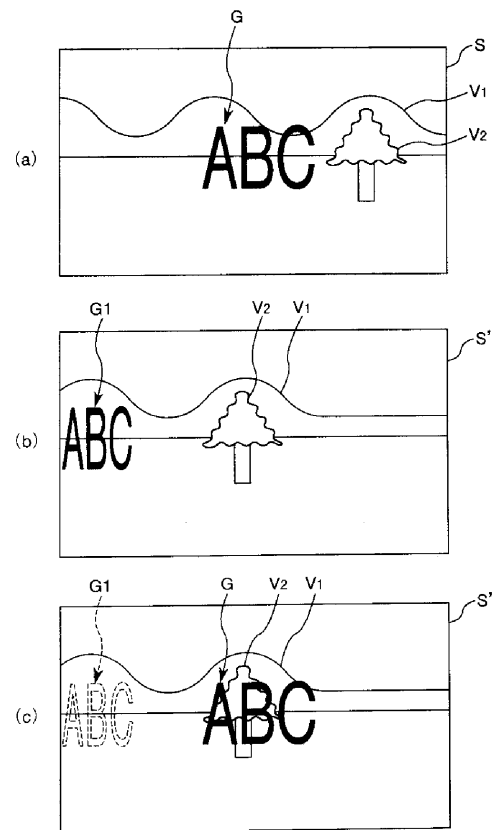
【図 10】



【図 1 1】



【図 1 2】



---

 フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I		テーマコード (参考)	
<b>G 0 2 B 26/10 (2006.01)</b>	G 0 9 G	5/00	5 3 0 H	
	G 0 9 G	5/36	5 2 0 G	
	H 0 4 N	5/64	5 1 1 A	
	G 0 2 B	26/10	C	
	G 0 2 B	26/10	1 0 4 Z	
F ターム (参考) 2H045 AB03 AB13 AB24 AB25 AB38 AB43 BA13 BA24				
2H199 CA03 CA04 CA05 CA06 CA12 CA29 CA34 CA42 CA45 CA66				
CA69 CA96				
5C082 AA21 BA02 CA34 CA52 CA81 CB01 MM09 MM10				