(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3556389号
(P3556389)
(45)発行日　平成16年8月18日(2004.8.18)　(24)登録日　平成16年5月21日(2004.5.21)

(51)Int.Cl.[7]　F I
G02B 27/02　G02B 27/02　Z
G09F 9/00　G09F 9/00　361

請求項の数 9　(全 17 頁)

(21)出願番号　特願平8-110632
(22)出願日　平成8年5月1日(1996.5.1)
(65)公開番号　特開平9-297282
(43)公開日　平成9年11月18日(1997.11.18)
審査請求日　平成13年1月19日(2001.1.19)

特許法第３０条第１項適用申請有り　１９９６年３月１１日　社団法人電子情報通信学会発行の「１９９６年電子情報通信学会総合大会講演論文集　情報・システム２」に発表

前置審査

(73)特許権者　000004226
日本電信電話株式会社
東京都千代田区大手町二丁目３番１号
(74)代理人　100121670
弁理士　入戸野　巧
(74)代理人　100121669
弁理士　本山　泰
(72)発明者　陶山　史朗
東京都新宿区西新宿三丁目１９番２号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　加藤　譲矢
東京都新宿区西新宿三丁目１９番２号　日本電信電話株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】ヘッドマウントディスプレイ装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
２次元表示装置と焦点距離が可変な可変焦点レンズとから構成される可変焦点レンズ付２次元表示装置と、前記２次元表示装置及び可変焦点レンズを制御する制御装置とを備え、人の左右の眼に前記可変焦点レンズ付２次元表示装置を各々装着するヘッドマウントディスプレイ装置であって、
前記可変焦点レンズは、固定焦点レンズ又は固定偏向機構を固定焦点レンズに組み込んだ固定光学素子と、屈折率可変物質とを有する層と、該層を挟持する少なくとも一対の透明電極とからなり、
前記屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であり、かつ、異なる周波数ｆ１と周波数ｆ２において、液晶分子の向きによる誘電率の差の符号が異なる物性を有する二周波駆動液晶であり、
前記制御装置は、前記可変焦点レンズを駆動するための駆動信号として、周波数ｆ１及び周波数ｆ２を各々有する電圧Ｖ１及びＶ２を一定のデューティ比と一定の周期で交互に出力し、かつ、前記駆動信号を一定時間印加することにより、前記可変焦点レンズの焦点距離をアナログ的かつ周期的に変化させるとともに、前記可変焦点レンズの焦点距離の変化に同期して、前記２次元表示装置に２次元像を順次に表示させる手段を備えた
ことを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。
【請求項２】
２次元表示装置と焦点距離が可変な可変焦点レンズと光偏向角度が可変な偏向手段とから

構成される可変焦点レンズ付２次元表示装置と、前記２次元表示装置及び可変焦点レンズを制御する制御装置とを備え、人の左右の眼に前記可変焦点レンズ付２次元表示装置を各々装着するヘッドマウントディスプレイ装置であって、
前記可変焦点レンズは、固定焦点レンズと屈折率可変物質とを有する層と、該層を挟持する少なくとも一対の透明電極とからなり、
前記屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であり、かつ、異なる周波数ｆ１と周波数ｆ２において、液晶分子の向きによる誘電率の差の符号が異なる物性を有する二周波駆動液晶であり、
前記制御装置は、前記可変焦点レンズを駆動するための駆動信号として、周波数ｆ１及び周波数ｆ２を各々有する電圧Ｖ１及びＶ２を一定のデューティ比と一定の周期で交互に出力し、かつ、前記駆動信号を一定時間印加することにより、前記可変焦点レンズの焦点距離をアナログ的かつ周期的に変化させるとともに、前記可変焦点レンズの焦点距離の変化に同期して、前記２次元表示装置に２次元像を順次に表示させる手段を備え、
前記偏向手段は、前記２次元表示装置と眼の間に配置され、前記可変焦点レンズの焦点距離が長くなり前記２次元表示装置の表示像の虚像の奥行き位置が眼に近付く場合に、前記２次元表示装置の表示像全体を左右の眼の中心に近付く方向に偏向させる
ことを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。
【請求項３】
請求項２に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、
前記固定焦点レンズは、球面もしくは非球面の単レンズあるいはフレネルレンズを有することを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。
【請求項４】
請求項２に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、
前記偏向手段は、固定プリズムと第２の屈折率可変物質を有する層と、該層を挟持する少なくとも一対の第２の透明電極とからなることを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。
【請求項５】
請求項４に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、
前記固定プリズムは、単体プリズムあるいは微小なプリズムを並べたマルチプリズムを有することを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。
【請求項６】
請求項４または５に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、
前記第２の屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であることを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。
【請求項７】
請求項４または５に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、
前記第２の屈折率可変物質は、高分子分散型液晶であり、かつ、液晶の粒径あるいは高分子の粒径が、可視光の波長よりも小さいことを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。
【請求項８】
２次元表示装置と焦点距離が可変な可変焦点レンズと光偏向角度が可変な偏向手段とから構成される可変焦点レンズ付２次元表示装置と、前記２次元表示装置及び可変焦点レンズを制御する制御装置とを備え、人の左右の眼に前記可変焦点レンズ付２次元表示装置を各々装着するヘッドマウントディスプレイ装置であって、
前記可変焦点レンズは、前記偏向手段と一体化されており、固定偏向機構を固定焦点レンズに組み込んだ固定光学素子と屈折率可変物質とを有する層と、該層を挟持する少なくとも一対の透明電極とからなり、
前記屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であり、かつ、異なる周波数ｆ１と周波数ｆ２において、液晶分子の向きによる誘電率の差の符号が異なる物性を有する二周波駆動液晶であり、

前記制御装置は、前記可変焦点レンズを駆動するための駆動信号として、周波数ｆ１及び周波数ｆ２を各々有する電圧Ｖ１及びＶ２を一定のデューティ比と一定の周期で交互に出力し、かつ、前記駆動信号を一定時間印加することにより、前記可変焦点レンズの焦点距離をアナログ的かつ周期的に変化させるとともに、前記可変焦点レンズの焦点距離の変化に同期して、前記２次元表示装置に２次元像を順次に表示させる手段を備え、
前記偏向手段は、前記可変焦点レンズの焦点距離が長くなり前記２次元表示装置の表示像の虚像の奥行き位置が眼に近付く場合に、前記２次元表示装置の表示像全体を左右の眼の中心に近付く方向に偏向させる
ことを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。

【請求項９】

請求項８に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、
前記固定偏向機構を固定焦点レンズに組み込んだ固定光学素子は、球面あるいは非球面の単レンズもしくはフレネルレンズの表面と光学軸とのなす角度を増加もしくは減少させるものであることを特徴とするヘッドマウントディスプレイ装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】

本発明は、人の左右の眼に別々の画像を提示し、かつ、その画像を電気的に制御することにより、動画の自然な３次元立体表示を行うためのヘッドマウントディスプレイ装置に関するものである。

【０００２】

【従来の技術】

従来の電気的に書き換えが可能な動画の立体表示を行うヘッドマウントディスプレイ装置としては、図１７に示すような平面表示装置、例えば、液晶表示装置（ＬＣＤ）と凸レンズを用いるものがよく知られている。この方式の原理について以下に述べる。３次元物体α１を異なる方向から見た像（これを視差像と呼ぶ）を、例えばカメラα２Ｌ、α２Ｒによって撮像する。このカメラα２Ｌ、α２Ｒからの映像をそれぞれ左右のＬＣＤα３Ｌ、α３Ｒに入力し、表示する。

【０００３】

観察者は、左右のＬＣＤα３Ｌ、α３Ｒの別な表示画像をそれぞれ別々の凸レンズα４Ｌ、α４Ｒを通して、左右の眼α５Ｌ、α５Ｒで別々に観察する。これにより、観察者は同時に両眼に視差像α６を観察でき、両眼視差による立体視が可能となる。

【０００４】

【発明が解決しようとする課題】

本発明者は、前記従来の技術を検討した結果、以下の問題点を見いだした。

【０００５】

前記従来の方式では、奥行き方向の一定の範囲における両眼視差を提示することはできるが、両眼視差、輻輳と、眼のピントとの間に矛盾が生ずるため、自然な立体視が困難である。すなわち、この方式では、眼のピントは凸レンズα４Ｌ、α４Ｒの焦点距離とＬＣＤα３Ｌ、α３Ｒの位置により決まる位置に固定される。

【０００６】

また、この方式で両眼の輻輳角の変化量を大きくとるためには、ＬＣＤα３Ｌ、α３Ｒのサイズを精細度を保ちながらきわめて大きくする必要がある。このように、この方式では自然な立体視にとって必要な両眼視差、輻輳、眼のピントとの間に矛盾が生じ、疲労感を感じるという問題があった。

【０００７】

立体感を感じる生理的要因をほぼ満たす方式としては、ホログラフィがよく知られている。しかし、ホログラフィは、撮像にコヒーレント光が必要であることや、情報量が膨大であるため、高速な電気的書き換えが困難であり、動画に適応できないこと等の問題点を有する。

【０００８】
本発明の目的は、立体感の主な生理的要因である両眼視差、輻輳、眼のピントなどを満足し、動画に対応できる高速で電気的書き換え可能なヘッドマウントディスプレイ装置を提供することにある。
【０００９】
本発明の前記ならびにその他の目的と新規な特徴は、本明細書の記述及び添付図面によって明らかにする。
【００１０】
【課題を解決するための手段】
本願において開示される発明のうち代表的なものの概要を簡単に説明すれば、以下のとおりである。
【００１１】
（１）２次元表示装置と焦点距離が可変な可変焦点レンズとから構成される可変焦点レンズ付２次元表示装置と、前記２次元表示装置及び可変焦点レンズを制御する制御装置とを備え、人の左右の眼に前記可変焦点レンズ付２次元表示装置を各々装着するヘッドマウントディスプレイ装置であって、前記可変焦点レンズは、固定焦点レンズ又は固定偏向機構を固定焦点レンズに組み込んだ固定光学素子と、屈折率可変物質とを有する層と、該層を挟持する少なくとも一対の透明電極とからなり、前記屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であり、かつ、異なる周波数ｆ１と周波数ｆ２において、液晶分子の向きによる誘電率の差の符号が異なる物性を有する二周波駆動液晶であり、前記制御装置は、前記可変焦点レンズを駆動するための駆動信号として、周波数ｆ１及び周波数ｆ２を各々有する電圧Ｖ１及びＶ２を一定のデューティ比と一定の周期で交互に出力し、かつ、前記駆動信号を一定時間印加することにより、前記可変焦点レンズの焦点距離をアナログ的かつ周期的に変化させるとともに、前記可変焦点レンズの焦点距離の変化に同期して、前記２次元表示装置に２次元像を順次に表示させる手段を備えたことを特徴とする。
【００１２】
（２）２次元表示装置と焦点距離が可変な可変焦点レンズと光偏向角度が可変な偏向手段とから構成される可変焦点レンズ付２次元表示装置と、前記２次元表示装置及び可変焦点レンズを制御する制御装置とを備え、人の左右の眼に前記可変焦点レンズ付２次元表示装置を各々装着するヘッドマウントディスプレイ装置であって、前記可変焦点レンズは、固定焦点レンズと屈折率可変物質とを有する層と、該層を挟持する少なくとも一対の透明電極とからなり、前記屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であり、かつ、異なる周波数ｆ１と周波数ｆ２において、液晶分子の向きによる誘電率の差の符号が異なる物性を有する二周波駆動液晶であり、前記制御装置は、前記可変焦点レンズを駆動するための駆動信号として、周波数ｆ１及び周波数ｆ２を各々有する電圧Ｖ１及びＶ２を一定のデューティ比と一定の周期で交互に出力し、かつ、前記駆動信号を一定時間印加することにより、前記可変焦点レンズの焦点距離をアナログ的かつ周期的に変化させるとともに、前記可変焦点レンズの焦点距離の変化に同期して、前記２次元表示装置に２次元像を順次に表示させる手段を備え、前記偏向手段は、前記２次元表示装置と眼の間に配置され、前記可変焦点レンズの焦点距離が長くなり前記２次元表示装置の表示像の虚像の奥行き位置が眼に近付く場合に、前記２次元表示装置の表示像全体を左右の眼の中心に近付く方向に偏向させることを特徴とする。
【００１４】
（３）前記（２）に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、前記固定焦点レンズは、球面もしくは非球面の単レンズあるいはフレネルレンズを有することを特徴とする。
【００１５】
（４）前記（２）に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、前記偏向手段は、固定プリズムと第２の屈折率可変物質を有する層と、該層を挟持する少なくとも一対

の第２の透明電極とからなることを特徴とする。
【００１６】
（５）前記（４）に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、前記固定プリズムは、単体プリズムあるいは微小なプリズムを並べたマルチプリズムを有することを特徴とする。
【００１７】
（６）前記（４）または（５）に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、前記第２の屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であることを特徴とする。
【００１８】
（７）前記（４）または（５）に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、前記第２の屈折率可変物質は、高分子分散型液晶であり、かつ、液晶の粒径あるいは高分子の粒径が、可視光の波長よりも小さいことを特徴とする。
【００１９】
（８）２次元表示装置と焦点距離が可変な可変焦点レンズと光偏向角度が可変な偏向手段とから構成される可変焦点レンズ付２次元表示装置と、前記２次元表示装置及び可変焦点レンズを制御する制御装置とを備え、人の左右の眼に前記可変焦点レンズ付２次元表示装置を各々装着するヘッドマウントディスプレイ装置であって、前記可変焦点レンズは、前記偏向手段と一体化されており、固定偏向機構を固定焦点レンズに組み込んだ固定光学素子と屈折率可変物質とを有する層と、該層を挟持する少なくとも一対の透明電極とからなり、前記屈折率可変物質は、分子の向きにより誘電率異方性と屈折率異方性を有する液晶であり、かつ、異なる周波数ｆ１と周波数ｆ２において、液晶分子の向きによる誘電率の差の符号が異なる物性を有する二周波駆動液晶であり、前記制御装置は、前記可変焦点レンズを駆動するための駆動信号として、周波数ｆ１及び周波数ｆ２を各々有する電圧Ｖ１及びＶ２を一定のデューティ比と一定の周期で交互に出力し、かつ、前記駆動信号を一定時間印加することにより、前記可変焦点レンズの焦点距離をアナログ的かつ周期的に変化させるとともに、前記可変焦点レンズの焦点距離の変化に同期して、前記２次元表示装置に２次元像を順次に表示させる手段を備え、前記偏向手段は、前記可変焦点レンズの焦点距離が長くなり前記２次元表示装置の表示像の虚像の奥行き位置が眼に近付く場合に、前記２次元表示装置の表示像全体を左右の眼の中心に近付く方向に偏向させることを特徴とする。
【００２０】
（９）前記（８）に記載されるヘッドマウントディスプレイ装置において、前記固定偏向機構を固定焦点レンズに組み込んだ固定光学素子は、球面あるいは非球面の単レンズもしくはフレネルレンズの表面と光学軸とのなす角度を増加もしくは減少させるものであることを特徴とする。
【００２１】
すなわち、本発明は、２次元表示装置と、焦点距離が可変な可変焦点レンズと、これらの制御装置とを備え、これらの装置を人の左右の眼に各々装着し、２次元表示装置と可変焦点レンズとを同期運転させ、かつ２次元表示装置を可変焦点レンズを通して観察する。この際、可変焦点レンズの焦点距離の変化により、可変焦点レンズが作り出す像が奥行き方向に変化するため、実際に３次元の空間像を提示でき、立体感の生理的要因である両眼視差、輻輳、眼のピントに矛盾を生じない３次元表示を高速に電気的書換え可能な形で再生できる。
【００２２】
【実施の形態】
以下に、本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の実施形態を図面を参照して詳細に説明する。
【００２３】
なお、以下に示す実施形態では、観察者が立体感を感じ易い方向であることから観察者の

両眼を含む平面内において主に説明を行うが、その意味するところは明らかである。

【００２４】

（実施形態１）

図１は本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の実施形態１の概略構成を示す斜視図であり、図２は図１の観察者の両眼を含む面における平面図である。

【００２５】

図１及び図２において、１１Ｒ，１１Ｌは２次元表示装置であり、例えば、ＣＲＴ装置、液晶表示装置、ＥＬ表示装置、プラズマ表示装置、レーザースキャン型描画装置、プロジェクション型表示装置などを用いる。１２Ｒ，１２Ｌは可変焦点レンズであり、例えば、液晶レンズなどを用いる。１３Ｒ，１３Ｌは制御装置であり、前記２次元表示装置１１Ｒ，１１Ｌ及び可変焦点レンズ１２Ｒ，１２Ｌを制御するものである。１４Ｒは右眼用ヘッドマウントディスプレイ装置であり、２次元表示装置１１Ｒ、可変焦点レンズ１２Ｒ及び制御装置１３Ｒで構成される。１４Ｌは左眼用ヘッドマウントディスプレイ装置であり、２次元表示装置１１Ｌ、可変焦点レンズ１２Ｌ及び制御装置１３Ｌで構成される。１５Ｒは右眼、１５Ｌは左眼、１６Ｒ、１６Ｌは表示像、１７は虚像、Ｓは仕切である。

【００２６】

本実施形態１のヘッドマウントディスプレイ装置は、図１及び図２に示すように、可変焦点レンズ１２Ｒ、この可変焦点レンズ１２Ｒの焦点距離より可変焦点レンズ１２Ｒ側に近く配置された２次元表示装置１１Ｒ及び制御装置１３Ｒからなる右眼用ヘッドマウントディスプレイ装置１４Ｒと、同様に、２次元表示装置１１Ｌ、可変焦点レンズ１２Ｌ及び制御装置１３Ｌからなる左眼用ヘッドマウントディスプレイ装置１４Ｌとで構成され、これらの右眼用ヘッドマウントディスプレイ装置１４Ｒを右眼１５Ｒに、左眼用ヘッドマウントディスプレイ装置１４Ｌを左眼１５Ｌに各々装着して用いる。

【００２７】

この構成において、２次元表示装置１１Ｒの表示像１６Ｒを可変焦点レンズ１２Ｒを通して右眼１５Ｒで、２次元表示装置１１Ｌの表示像１６Ｌを可変焦点レンズ１２Ｌを通して左眼１５Ｌで見ると、例えば、虚像１７となる。ここで、可変焦点レンズ１２Ｒ，１２Ｌの焦点距離を変化させると、図３に示すように、虚像の奥行き位置が変化し、例えば、虚像１８となる。ここで、図４に示すように、立体像１９は、例えば、奥行き方向に標本化した２次元像（以下、奥行き標本化像とする）の集まり１１０として表現できる。

【００２８】

そこで、この奥行き標本化像を順次に２次元表示装置１６Ｒ，１６Ｌに表示していき、制御装置１３Ｒ，１３Ｌによってこの表示にあわせて可変焦点レンズ１２Ｒ，１２Ｌの焦点距離を変化させることにより、立体像を奥行き標本化像の集まり１１０として表示でき、バリフォーカル型３次元表示を実現することができる。

【００２９】

このように本実施形態１では、実際に虚像の奥行き方向が変化するため、図１５に示す従来の手法で生じていた眼のピントと両眼視差や輻輳の間における矛盾を解消できる。したがって、立体感の主な生理的要因である眼のピント、両眼視差、輻輳を満足できるようになり、自然な立体視が実現できる。

【００３０】

また、本実施形態１では、可変焦点レンズ１２Ｒ，１２Ｌの焦点距離（正負を含む）を小さくすると、虚像の奥行き位置が眼より遠くになるが、それとともに２次元表示装置１６Ｒ，１６Ｌの表示像も拡大される。したがって、虚像の大きさを同じにするためには、可変焦点レンズ１２Ｒ，１２Ｌの焦点距離の動きに対応して２次元表示装置１６Ｒ，１６Ｌの表示像の大きさを変化させる必要がある。

【００３１】

しかし、この性質により２次元表示装置のカバーできる視野域は眼より遠くなるほど大きくなることから、人の通常の視野の状態に近い自然な状態を実現することができる利点を有する。

【００３２】
さらに、２次元表示装置１６Ｒ，１６Ｌの、例えば、画素数あるいは表示ライン数などは変化しないため、虚像が眼より遠くなるにしたがって、例えば、画素の大きさや表示ラインの幅は大きくなるが、眼からの視角は変わらないため、人の感じる画像の精細度は変化しない利点も有する。
【００３３】
図５は奥行き知覚に関与する諸要因と奥行き感度の関係を示す図であり、各立体感要因についての実測ならびに計算値から概算された奥行き感度を図示したものである。
【００３４】
図６は輻輳－調節の対応関係と許容範囲を示す図であり、中央４５°の実線は輻輳－調節が完全に対応している部分で、その近傍の領域は、焦点深度などによって許容できる範囲を示す。許容基準として視力（ε）、ボケ検出能力（δ）を採用することにより少し範囲が異なるが、実際の２眼式立体範囲よりは非常に狭い。外側の曲線は、両眼の融像限界を示し、黒点実線は最大融像限界（輻輳許容限界）、点線は２重像状態から再度融像が成立する範囲（再融像限界）、破線は画像呈示時間０．５秒にした時の融像限界（短時間呈示０．５秒での輻輳限界）を示す。動画像に対しては破線範囲以内の立体効果でないと、長時間観察でかなりの疲労感が生じる。ＭＷは輻輳角、Ｄはディオプターである。
【００３５】
本発明において、例えば、奥行き標本化を用いる場合には、その標本化数を規定する必要がある。ここで、人の眼のピントは、図５に示すように視距離が近距離（２ｍ程度以下）の場合にしか作用せず、また、奥行き分解能は最高でも視距離の１／１０以上と比較的低く、かつ、図６に示すように輻輳角との間にも許容範囲がある。このため、実際には、例えば、２０～４０以上の奥行き標本化数とすれば、自然な立体視が実現できる。
【００３６】
なお、本実施形態１では、立体像を奥行き標本化像の集まりとして表現する場合について示したが、他にも立体像を、例えば、線画の集まりとして表現するなど多くの方法があることは明らかである。
【００３７】
なお、図１及び図２に示した構成は一例であり、鏡、レンズ、プリズムなどを用いて光路を折曲げることにより、装置の小型化が可能なことは明らかである。
【００３８】
（実施形態２）
図７は本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の実施形態２の概略構成を示す図であり、２１Ｒ，２１Ｌは２次元表示装置、２２Ｒ，２２Ｌは可変焦点レンズ、２３Ｒ，２３Ｌは制御装置、２４Ｒ，２４Ｌは偏向装置、２５Ｒ，２５Ｌは表示像、１７は虚像である。前記偏向装置２４Ｒ，２４Ｌとしては、例えば、液晶プリズム、可動ミラー、液体プリズムなどを用いる。本実施形態２は、輻輳角とピント調節の自然な対応関係を容易に作り出すための実施形態である。
【００３９】
本実施形態２のヘッドマウントディスプレイ装置は、図７に示すように、２次元表示装置２１Ｒ，２１Ｌ、可変焦点レンズ２２Ｒ，２２Ｌ及びこれらを制御する制御装置２３Ｒ，２３Ｌで構成される。
【００４０】
ここで、ヘッドマウントディスプレイ装置においては、表示する立体像の奥行き位置が眼に近づくと大きな輻輳角を作り出すために、左右の眼で観察する左像と右像を左右眼の中心方向に近づける必要がある。前記実施形態１のヘッドマウントディスプレイ装置では、この作用を２次元表示装置２１Ｒ，２１Ｌを用いて行うため、実際に表示像を左右眼の中心方向に近づけて表示する。このため、２次元表示装置２１Ｒ，２１Ｌの表示像の制御が複雑になってしまう。また、輻輳角を大きく変化させる場合には、２次元表示装置を視野以上の必要以上に左右方向に大きくする必要などが生じる。

【００４１】
これに対して、本実施形態２では、輻輳角を生じさせるための左像と右像の左右方向の動きを、偏向装置２４Ｒ，２４Ｌによって行う。すなわち、２次元表示装置２１Ｒ，２１Ｌと可変焦点レンズ２２Ｒ，２２Ｌの動作は、実施形態１と同様であるが、偏向装置２４Ｒ，２４Ｌによって、可変焦点レンズ２２Ｒ，２２Ｌの焦点距離が長くなり、２次元表示装置２１Ｒ，２１Ｌの表示像２５Ｒ，２５Ｌの虚像の奥行き位置が左右の眼に各々近づくにつれて、偏向装置２４Ｒ，２４Ｌによって２次元表示装置２１Ｒ，２１Ｌの表示像を左右眼の中央位置に近づける。
【００４２】
これにより、本実施形態２のヘッドマウントディスプレイ装置における２次元表示と輻輳角制御が分離されて制御し易くなり、かつ、２次元表示装置２１Ｒ、２１Ｌの表示面全体を有効に使用することが可能となる。すなわち、虚像１７が左右の眼から遠いときには輻輳角が小さく、虚像１７が左右の眼に近いときには輻輳角が大きくなるようにでき、輻輳角と眼のピントを容易に満足できる利点を有する。
【００４３】
本実施形態２では、偏向装置２４Ｒ，２４Ｌが可変焦点レンズ２２Ｒ、２２Ｌよりも２次元表示装置２１Ｒ，２１Ｌ側にある場合を示したが、この偏向装置２４Ｒ，２４Ｌが可変焦点レンズ２２Ｒ、２２Ｌよりも左右眼側にある場合でも同様の効果が得られることは明らかである。
【００４４】
また、図７の実施形態２では、偏向装置２４Ｒ，２４Ｌと可変焦点レンズに別々の装置を用いる場合について示したが、例えば、図８に示すように、偏向装置と可変焦点レンズ２２Ｒ，２２Ｌを一体化した可変光学装置２６Ｒ，２６Ｌ（例えば、実施形態６にその一例を示す）を用いる場合でも同様の効果を得られ、かつ、装置の小型化等において極めて有効であることは明らかである。
【００４５】
（実施形態３）
本発明においては、前記実施形態１、２において示したように、奥行き方向に時分割で眼の残像現象を利用して、立体像を再現する。このため、奥行き方向への像の移動は、眼の残像時間（例えば１６ｍｓ）内に行う必要があり、可変焦点レンズには高速性が要求される。しかし、従来の液晶レンズ（例えば昭和５９年度科学研究費補助金研究成果報告書Ｎｏ．５９８５００４８に記載の「液晶レンズ」など参照）では、動作速度は数秒以上と極めて遅く、立体表示装置に適用できなかった。
【００４６】
そこで、本発明では、立体表示装置に適用可能な高速な可変焦点レンズ構造として、図９に示す可変焦点レンズ｛本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の可変焦点レンズの一実施形態（実施形態３）｝を用いる。図９において、３１は固定焦点のレンズであり、例えば、ガラスやプラスチック製の単レンズ、あるいはフレネルレンズなどを用いる。３２は屈折率可変物質であり、例えば、二周波駆動液晶、高分子分散型液晶などを用いる。３３，３４は透明電極であり、例えば、ＩＴＯ膜、SnO_X膜などを用いる。３５は駆動装置、３６は入射光、３７，３８は出射光である。
【００４７】
本実施形態３の可変焦点レンズは、図９に示すように、固定焦点のレンズ３１と、屈折率可変物質３２と、これら固定焦点レンズ３１と屈折率可変物質３２を一定の間隔距離で挟んだ一対の透明電極３３，３４から構成される。
【００４８】
屈折率可変物質３２として二周波駆動液晶を用いる場合について示す。屈折率可変物質（二周波駆動液晶）３２は、屈折率異方性と誘電率異方性を有する。その誘電率異方性の符号は印加電界の周波数によって変化するため、透明電極３３，３４への印加電界の周波数の変化により、屈折率可変物質３２の分子の向きを電界の向きに対して変化できる。した

がって、屈折率異方性に基づき、入射光３６が感じる屈折率を、印加電界の周波数変化により変えられるため、本実施形態３の可変焦点レンズの焦点距離を変化できる。

【００４９】

次に、本実施形態３における可変焦点レンズの駆動法の一例を説明する。

【００５０】

図１０は可変焦点レンズの駆動法の一例を説明するための図であり、（ａ）は駆動電圧波形として正弦波を用いた場合、（ｂ）は駆動電圧波形として矩形波を用いた場合である。図１０において、T_1は低い周波数の信号を出力する時間、T_2は高い周波数の信号を出力する時間、T_3はT_1とT_2とを加算した時間を示す。

【００５１】

図１０に示す駆動波形は、二周波駆動液晶を駆動するための駆動電圧波形であり、例えば、周波数ｆ１（$\Delta\varepsilon_1 > 0$）と周波数ｆ２（$\Delta\varepsilon_2 < 0$）との異なる２つの周波数の信号を印加するときで誘電率異方性Δεの符号が異なる時である。

【００５２】

図１０から明らかなように、駆動手段の駆動出力の振幅は等しいかあるいはほぼ等しい周波数ｆ１を主周波数とする電界と、周波数ｆ２を主周波数とする電界とを、一定のデューティ比と一定の周期とからなる。

【００５３】

前述する電界を印加された二周波駆動液晶の分子は、長軸を電界に沿って配向させる力（周波数ｆ１を印加したときの力）と、長軸を電界に垂直に配向させる力（周波数ｆ２を印加したときの力）とを周期的かつ交互に受けることになる。

【００５４】

このとき、他に二周波駆動液晶の分子を拘束する力がなければ、液晶は周波数ｆ１と周波数ｆ２の切り替わりにしたがって、急激にデジタル的（二値的）な変化をすることとなり、立体表示装置に必要となる連続したアナログ動作を行わせることができない。

【００５５】

しかしながら、実際の液晶には粘性をはじめとして、液晶の結晶としての拘束力等の液晶分子の方向転換を阻害する力が働くので、前述する駆動信号によって働く力と均衡し、広い領域にわたってほぼ均一で高速な液晶のアナログ的かつ周期的な配向運動が可能となる。

【００５６】

ただし、前述する駆動信号で可変焦点レンズを駆動する場合、周波数ｆ１と周波数ｆ２とからなる駆動信号を周期的に一定の時間印加することが重要である。

【００５７】

例えば、周波数ｆ１と周波数ｆ２とからなる駆動信号を１回だけ印加した場合では、液晶の均一性が損なわれる、あるいは、散乱が大きくなる等の現象が表れるだけであり、可変焦点レンズとしての実用性には乏しい効果しか発現しない。

【００５８】

図９に示す可変焦点レンズの透明電極３３，３４に印加される駆動電圧として正弦波もしくは矩形波を用いた場合、図１０に示すように、二周波駆動液晶（屈折率可変物質３２）の誘電率異方性が正となる周波数ｆ１と誘電率異方性が負となる周波数ｆ２とを主な周波数として含む電界を交互に印加することにより、液晶を交互に電界に対して平行にしたり垂直にしたりできる。液晶はその分子軸に対して屈折率の異方性を有しているため、これにより屈折率を周期的に変化できる。したがって、このような駆動を行うことにより前記可変焦点レンズの焦点距離を周期的に変化できる。なお、可変焦点レンズの駆動法の詳細については、本出願人が先に出願した特願平８－４７６５４号明細書を参照されたい。

【００５９】

本実施形態３における可変焦点レンズは、前述したように主に電界によってその屈折率を変化できるため、その電界を大きくすることにより、可変焦点レンズの焦点距離の変化速度を容易に高速化できる利点を有している。また、透明電極３３，３４を、固定焦点レン

ズ３１と屈折率可変物質３２を挟む位置に配置できるため、透明電極３３，３４の間隔を一定にでき、均一な電界を屈折率可変物質３２に印加できる利点を有する。

【００６０】

また、本実施形態３の可変焦点レンズは、図１１に示すように、屈折率可変物質３２側の透明電極３３上に、配向膜３１０（例えば、ポリイミド、ＰＶＡ、ＰＶＢ、斜方蒸着ＳｉＯなど）を含む構成とし、配向膜３１０に、例えば、ラビング法などによる配向処理を加えることにより、この上の二周波駆動液晶（屈折率可変物質３２）の分子を一定の方向に配向させることができる。これにより、屈折率可変物質３２が配向膜３１０に平行（電界に対してほぼ垂直）となるような電界の場合に、屈折率可変物質３２を広い領域において均一な配向状態とすることができ、入射光３６の偏向状態をこの配向方向と一致させ、屈折率可変物質３２の屈折率変化を入射光３６に効率良く伝えることが可能となり、かつ屈折率可変物質３２が種々の方向にばらばらに向くことによって生じる散乱、白濁を防ぐことができる。

【００６１】

（実施形態４）図１２は本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の可変焦点レンズの他の実施形態（実施形態４；　但し、特許請求の範囲には含まれない。）の概略構成を示す図である。図１２において、４１は固定焦点のレンズ、４２は高分子分散型液晶、４３，４４は透明電極、４５は駆動装置、４６は入射光、４７，４８は出射光、４９は高分子、４１０は液晶である。

【００６２】

本実施形態４は、図１２に示すように、屈折率可変物質として高分子分散型液晶４２を用いる場合である。高分子分散型液晶４２は、例えば、高分子４９の中に粒径の小さな液晶４１０が数多く分散されている構造を有する。

【００６３】

この高分子分散型液晶４２では、例えば、液晶４１０の粒径が小さいために高分子４９と液晶４１０との界面の面積が体積に比べて大きくなり、この界面での液晶４１０の束縛力が大きくなるため、応答速度が１ｍｓ以上と高速である利点を有する。

【００６４】

しかし、通常の高分子分散型液晶４２においては、例えば、液晶４１０の粒径が可視光の波長と同程度以上であり、散乱が大きく、透過度や解像度が低下するため、可変焦点レンズとして本発明には適用できない。

【００６５】

そこで、本実施形態４では、例えば、液晶４１０の粒径を可視光の波長よりも充分に小さく、例えば１００ｎｍ以下とすることを特徴とする。これにより、散乱を充分に抑制でき、高い透過度と解像度を有する利点があり、高速な可変焦点レンズとして本発明に適用できる。

【００６６】

本実施形態４では、例として液晶４１０を微小な粒として高分子４９中に分散させる場合について示したが、逆に高分子４９を微小な粒として液晶中に分散させても同様な効果が得られることは明らかである。

【００６７】

（実施形態５）

図１３は本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の偏向装置の一実施形態（実施形態５）の概略構成を示す図である。図１３において、５１は固定プリズムであり、例えば、ガラスやプラスチック製の単体プリズムあるいは微小プリズムを並べたマルチプリズムなどを用いる。５２は屈折率可変物質であり、例えば、二周波駆動液晶、高分子分散型液晶などを用いる。５３，５４は透明電極、５５は駆動装置、５６は入射光、５７，５８は出射光である。

【００６８】

本実施形態５の偏向装置は、図１３に示すように、固定プリズム５１と、屈折率可変物質

５２と、これら固定プリズム５１と屈折率可変物質５２を一定の間隔距離で挟んだ一対の透明電極５３，５４から構成される。

【００６９】

まず、屈折率可変物質５２として二周波駆動液晶を用いる場合について説明する。前記実施形態３で示した装置と同様に、透明電極５３、５４への印加電界の周波数の変化により、屈折率可変物質５２の分子の向きを電界の向きに対して変化でき、屈折率異方性に基づいて入射光５６が感じる屈折率を印加電界の周波数変化により変えられる。このため、スネルの屈折の法則に基づき、本実施形態５の偏向装置の光偏向角度を変化させることができる。

【００７０】

また、本実施形態５における偏向装置は、前記実施形態３で示した装置と同様に、主に電界によってその屈折率を変化できるため、偏向装置の光偏向角の変化速度を容易に高速化できる利点を有している。また、透明電極５３を固定プリズム５１と屈折率可変物質５２を挟む位置に配置できるため、透明電極５３、５４の間隔を一定でき、均一な電界を屈折率可変物質５２に印加できる利点を有する。

【００７１】

また、本実施形態５の偏向装置は、前記実施形態３で示した装置と同様に、図１４に示すように、屈折率可変物質５２側の透明電極５３上に、配向膜５１０（例えばポリイミド、ＰＶＡ、ＰＶＢ、斜方蒸着ＳｉＯなど）を含む構成とし、配向膜５１０に、例えば、ラビング法などによる配向処理を加えることにより、この上の二周波駆動液晶（屈折率可変物質５２）の分子を一定の方向に配向膜移行させることができ、広い領域で均一な配向状態を実現できる。

【００７２】

したがって、入射光５６の偏光状態をこの配向方向と一致させることで、屈折率可変物質５２の屈折率変化を入射光５６に効率よく伝えることが可能となり、かつ屈折率可変物質５２が種々の方向にばらばらに向くことによって生じる散乱、白濁を防ぐことができる。

【００７３】

次に、屈折率可変物質として、前記実施形態４に示した装置と同様に、高分子分散型液晶を用いることも有効である。高分子分散型液晶を用いることにより、応答速度を１ｍｓ以上と高速にできる利点を有する。さらに、前記実施形態４に示した装置と同様に、例えば、液晶の粒径を可視光の波長よりも充分に小さく、例えば、１００ｎｍ以下とすることにより、散乱を充分に抑制でき、高い透過度と解像度を得られる利点があり、高速な光偏向装置として本発明に適用できる。

【００７４】

（実施形態６）

図１５は本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の可変光学装置の一実施形態（実施形態６）の概略構成を示す図である。図１５において、６１は固定光学素子であり、固定焦点レンズ（例えば、ガラスやプラスチック製の単レンズあるいはフレネルレンズなど）に固定偏向機構（例えば、単体プリズムあるいは微小プリズムを並べたマルチプリズムなど）を組合せたものである。６２は屈折率可変物質、６３，６４は透明電極、６５は駆動装置、６６は入射光、６７，６８は出射光である。

【００７５】

本実施形態６の可変光学装置は、図１５に示すように、固定光学素子６１と、屈折率可変物質６２と、これら固定光学素子６１と屈折率可変物質６２を一定の間隔距離で挟んだ一対の透明電極６３，６４から構成される。

【００７６】

例えば、固定焦点レンズとしてフレネルレンズを用いた場合には、固定光学素子６１は、図１５に示すように、各フレネル面のフレネル角を所望の光偏向角度範囲に応じて一方向に傾けた構造とすることにより、実現できる。また、固定焦点レンズとして単体レンズを用いた場合には、固定光学素子６１はレンズ面を所望の光偏向角度範囲に応じて一方向に

傾けた構造とすることにより実現できる。

【００７７】

まず、屈折率可変物質６２として二周波駆動液晶を用いる場合について説明する。前記実施形態３及び実施形態５で示した装置と同様に、透明電極６３，６４への印加電界の周波数の変化により、屈折率可変物質６２の分子の向きを電界の向きに対して変化でき、屈折率異方性に基づいて入射光６６が感じる屈折率を印加電界の周波数変化により変えられる。このため、本実施形態６の可変光学装置の焦点距離と光の偏向角を変化することができる。

【００７８】

本実施形態６の可変光学装置は、前記実施形態３及び実施形態５で示した装置と同様に、主に電界によってその屈折率を変化できるため、焦点距離と偏向角の変化速度を容易に高速化できる利点を有している。また、透明電極６３を固定光学素子６１と屈折率可変物質６２を挟む位置に配置できるため、透明電極６３，６４の間隔を一定にでき、均一な電界を屈折率可変物質６２に印加できる利点を有する。

【００７９】

また、本発明の可変光学装置は、前記実施形態３及び実施形態５で示した装置と同様に、図１６に示すように、屈折率可変物質６２側の透明電極６３上に、配向膜６１０（例えばポリイミド、ＰＶＡ、ＰＶＢ、斜方蒸着ＳｉＯなど）を含む構成とし、配向膜６１０に例えばラビング法などによる配向処理を加えることにより、この上の二周波駆動液晶（屈折率可変物質６２）の分子を一定の方向に配向させることができ、広い領域において均一な配向状態を実現できる。したがって、入射光６６の偏光状態をこの配向方向と一致させることにより、屈折率可変物質６２の屈折率変化を入射光６６に効率よく伝えることが可能となり、かつ屈折率可変物質６２が種々の方向にばらばらに向くことによって生じる散乱、白濁を防ぐことができる。

【００８０】

次に、屈折率可変物質として、前記実施形態４及び実施形態５に示した装置と同様に、高分子分散型液晶を用いることも有効である。高分子分散型液晶を用いることにより、応答速度を１ｍｓ以上と高速にできる利点を有する。さらに、実施形態４、５に示した装置と同様に、例えば液晶の粒径を可視光の波長よりも充分に小さく、例えば１００ｎｍ以下とすることにより、散乱を充分に抑制でき、高い透過度と解像度を得られる利点があり、高速な可変光学装置として本発明に適用できる。

【００８１】

以上、本発明者によってなされた発明を、前記実施形態に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更可能であることは勿論である。

【００８２】

【発明の効果】

本願において開示される発明のうち代表的なものによって得られる効果を簡単に説明すれば、以下のとおりである。

【００８３】

２次元表示装置と可変焦点レンズとを含む装置を人の左右の眼に各々装着し、２次元表示装置の表示像を可変焦点レンズを通して観察し、可変焦点レンズの焦点距離を変化させ、２次元表示装置の表示像の虚像の位置を奥行き方向に変化させることにより、立体感の主な生理的要因である両眼視差、輻輳、眼のピントに矛盾を生じないような３次元像を高速で電気的書換え可能な形で再生できる利点を有する。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の実施形態１の概略構成を示す斜視図である。

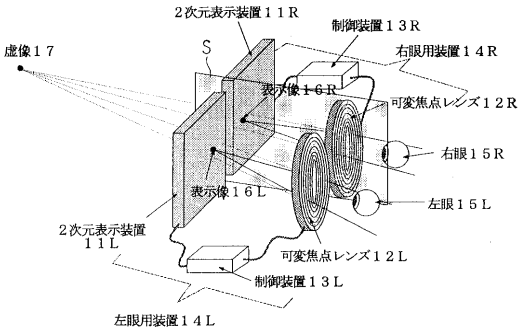
【図２】図１の観察者の両眼を含む面における平面図である。

【図３】本実施形態１のヘッドマウントディスプレイ装置の動作を説明するための図であ

る。
【図４】本実施形態１のヘッドマウントディスプレイ装置の動作を説明するための図である。
【図５】奥行き知覚に関与する諸要因と奥行き感度の関係を示す図である。
【図６】輻輳－調節の対応関係と許容範囲を示す図である。
【図７】本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の実施形態２の概略構成を示す図である。
【図８】本実施形態２のヘッドマウントディスプレイ装置の変形例の概略構成を示す図である。
【図９】本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の可変焦点レンズの一実施形態（実施形態３）の概略構成を示す図である。
【図１０】本実施形態３の可変焦点レンズの駆動法を説明するための図である。
【図１１】本実施形態３の可変焦点レンズの変形例の概略構成を示す図である。
【図１２】本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の可変焦点レンズの他の実施形態（実施形態４）の概略構成を示す図である。
【図１３】本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の偏向装置の一実施形態（実施形態５）の概略構成を示す図である。
【図１４】本実施形態５の偏向装置の変形例の概略構成を示す図である。
【図１５】本発明によるヘッドマウントディスプレイ装置の可変光学装置の一実施形態（実施形態６）の概略構成を示す図である。
【図１６】本実施形態６の可変光学装置の変形例の概略構成を示す図である。
【図１７】従来の立体表示装置の例の概略構成を示す図である。
【符号の説明】
１１Ｒ，１１Ｌ，２１Ｒ，２１Ｌ…２次元表示装置、
１２Ｒ，１２Ｌ，２２Ｒ，２２Ｌ…可変焦点レンズ、
１３Ｒ，１３Ｌ，２３Ｒ，２３Ｌ…制御装置、
１４Ｒ…右眼用装置（ヘッドマウントディスプレイ装置）、１４Ｌ…左眼用装置、１５Ｒ…右眼、１５Ｌ…左眼、
１６Ｒ，１６Ｌ，２５Ｒ，２５Ｌ…表示像、
１７，１８…虚像、２４Ｒ，２４Ｌ…偏向装置、
３１，４１…固定焦点のレンズ、
３２，５２，６２…屈折率可変物質、
３３，３４，４３，４４，５３，５４，６３，６４…透明電極、
３５，４５，５５，６５…駆動装置、
３６，４６，５６，６６…入射光、
３７，３８，４７，４８，５７，５８，６７，６８…出射光、
４２は高分子分散型液晶、
４９…高分子、４１０…液晶、
５１…固定プリズム、６１…固定光学素子。

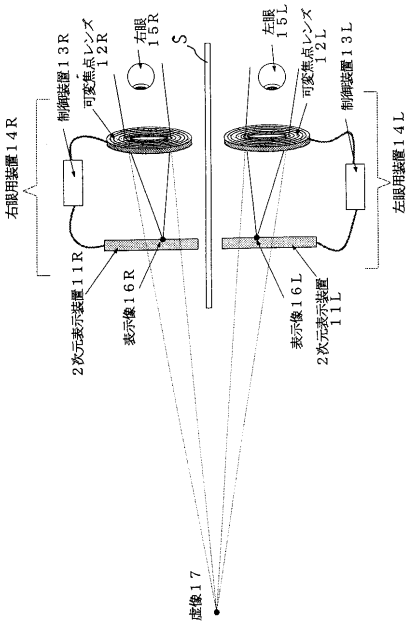
【図１】

図１



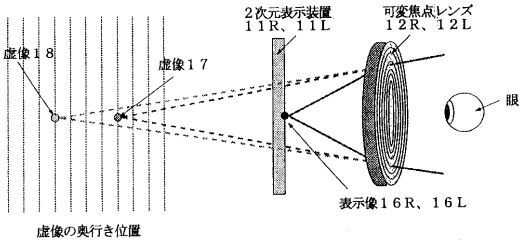
【図２】

図２



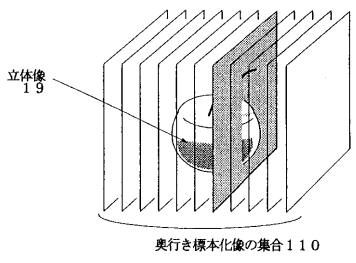
【図３】

図３



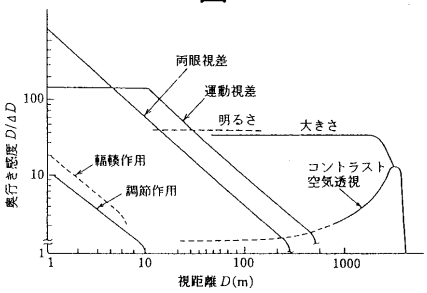
【図４】

図４



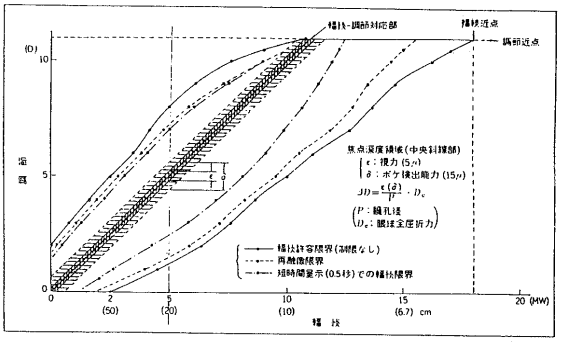
【図５】

図５



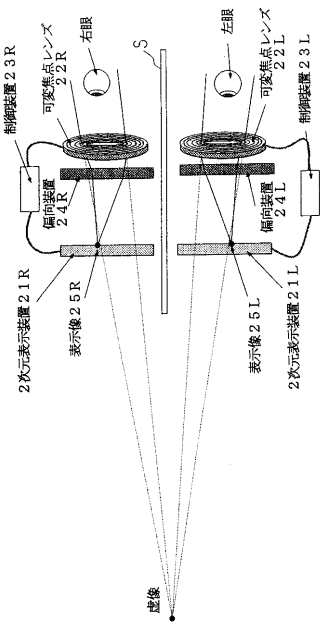
【図６】

図６



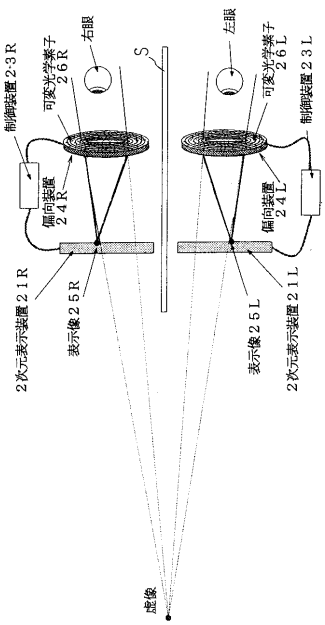
【図７】

図７



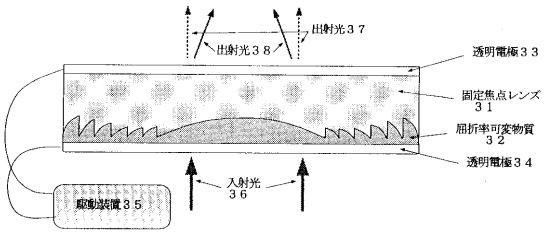
【図８】

図８



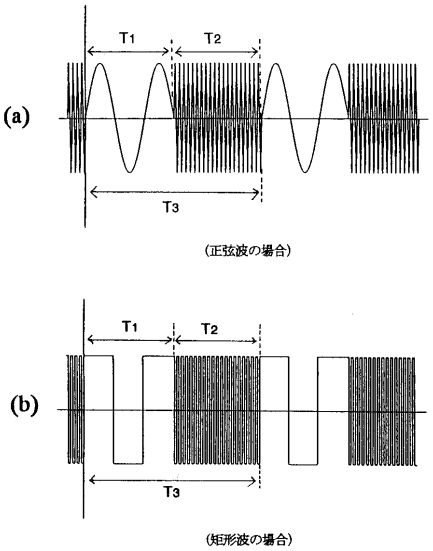
【図９】

図９



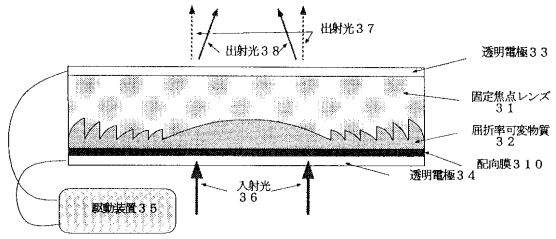
【図１０】

図１０



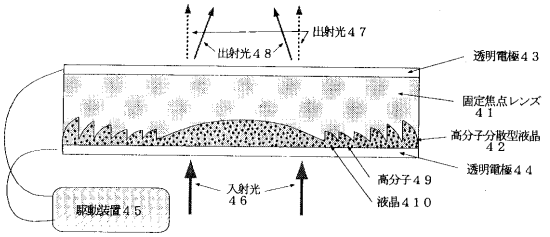
【図１１】

図１１



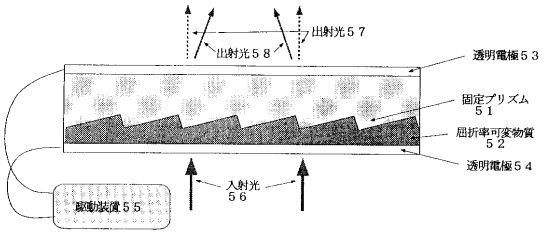
【図１２】

図１２



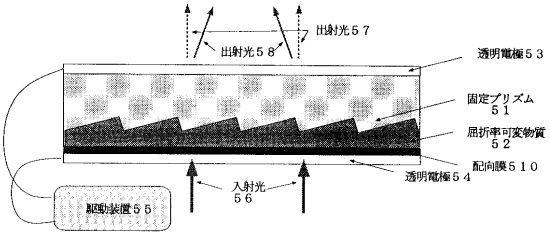
【図１３】

図１３



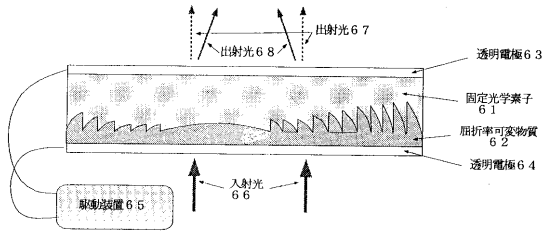
【図１４】

図１４



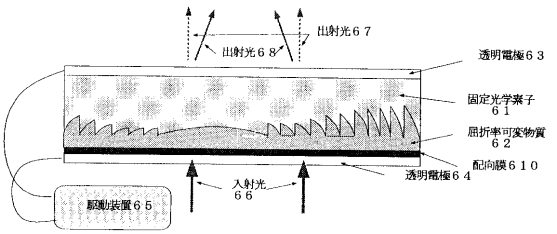
【図１５】

図１５



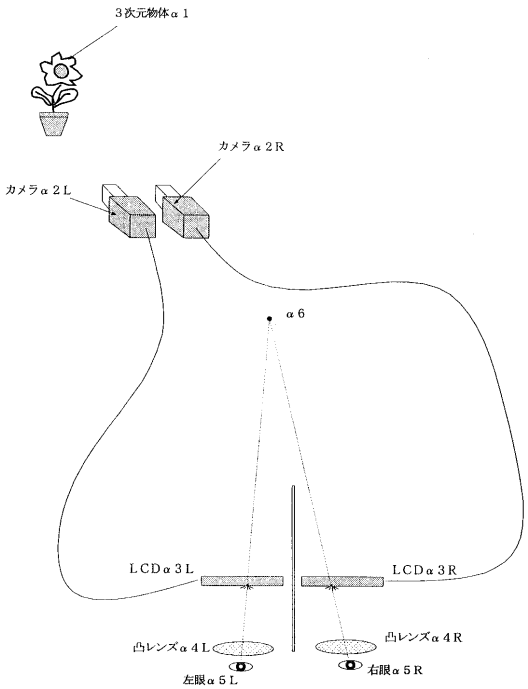
【図１６】

図１６



【図１７】

図１７



フロントページの続き

(72)発明者　幸田　成人
東京都新宿区西新宿三丁目１９番２号　日本電信電話株式会社内
(72)発明者　酒井　重信
東京都新宿区西新宿三丁目１９番２号　日本電信電話株式会社内

審査官　三橋　健二

(56)参考文献　特開平０１－２８４０９１（ＪＰ，Ａ）
実開昭５９－１８４１２１（ＪＰ，Ｕ）
特開平０４－２８０２２２（ＪＰ，Ａ）
特開昭６３－２５３３３４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.^{7}，ＤＢ名)
G02B 27/02
G09F 9/00
JICSTファイル(JOIS)