

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3624112号

(P3624112)

(45) 発行日 平成17年3月2日(2005.3.2)

(24) 登録日 平成16年12月3日(2004.12.3)

(51) Int.Cl.⁷

G02B 7/28

F I

G02B 7/11

H

請求項の数 2 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願平11-54836	(73) 特許権者	503360115
(22) 出願日	平成11年3月2日(1999.3.2)		独立行政法人科学技術振興機構
(65) 公開番号	特開2000-249902(P2000-249902A)		埼玉県川口市本町4丁目1番8号
(43) 公開日	平成12年9月14日(2000.9.14)	(74) 代理人	100105371
審査請求日	平成14年6月7日(2002.6.7)		弁理士 加古 進
前置審査		(72) 発明者	出澤 正徳
			埼玉県鶴ヶ島市富士見4-23-28
		(72) 発明者	藤田 豊己
			東京都田無市向台町4-10-30
		審査官	吉川 陽吾

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動焦点調節眼鏡

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

両眼で注視する位置までの距離を、暗い部分を明るい背景に対して検出する半導体暗点像検出素子を用い、両眼の瞳の位置を検知して求める手段と、
焦点距離を調節できるレンズと、

前記検知された距離情報に基づいて、前記レンズ系の焦点距離を調節する焦点距離調節手段とを備え、

前記半導体暗点像検出素子は、光が入射された部分で入射された光の強度に応じた光電流を生成する光電素子と、前記光電素子において生成された前記光電流が前記光の入射位置に対応して流入する負荷抵抗と、前記光の入射位置に対応した前記負荷抵抗へ流入する電流の分布が検出範囲全体にわたりほぼ一樣になるように前記光電流の不足分の電流を補充流入させるための、前記光電素子に対応して配設された分割抵抗及びダイオードと、前記分割抵抗の両端に配設された信号電極端とを有し、前記光電流の不足分を補充するための電流が、前記分割抵抗の前記光電流が前記負荷抵抗へ流入する位置に対応した部分から供給され、前記光電流の不足分を補充するための電流が、前記分割抵抗上の前記光電流の不足分を補充するための電流の供給部分と前記信号電極端との間の抵抗値に応じた割合で分配され、前記光電流の不足分を補充するための電流の供給区間全域にわたり加え合わされた電流として信号電極端から出力される

ことを特徴とする自動焦点調節型眼鏡。

【請求項2】

10

20

請求項 1 に記載された自動焦点調節型眼鏡において、
前記焦点距離が調整できるレンズは、2つの透明な板状対象物間に外部環境媒体の屈折率と異なる屈折率を有する変形可能な透明体を充填するように介在させ、該板状対象物周辺に設けたアクチュエータの厚みを変化させることにより、2つの板状対象物の表面形状及び変形可能な透明体形状を変化させて、2つの板状対象物を通過する光の屈折状態を変化させる可変焦点レンズであることを特徴とする自動焦点調節型眼鏡。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、焦点距離を注視点距離に応じて変化させることができる自動焦点調節眼鏡に関する。 10

【0002】

【背景技術】

人間の眼球では注視する対象物の距離に応じて水晶体の厚さが変化して網膜上に鮮明な像が投影されるようになっている（図1（a）I）。しかし、遠視（図1（a）II）や近視（図1（a）III）の場合には、網膜上に像が投影できない。

【0003】

また、水晶体厚さの調節能力は加齢するにしたがってその調節可能範囲が狭くなる。そのため、日常生活においても見ようとする対象物の距離が、焦点調節可能な範囲を超えてしまう場合がしばしば生じ、種々の作業が困難となる。眼球における焦点調節能力を補うためには眼鏡が用いられている（図1（b）参照）。 20

【0004】

近視の人が老齢化し焦点調節可能範囲が狭まってきた場合には、近見用と遠見用の2種類の眼鏡を選択使用する方法が使用されている。また、眼鏡レンズの上側の領域を遠見用に下側の領域を近見用にとレンズ焦点距離を1つのレンズの中で異ならせたものを介在させ、必要に応じて眼鏡に対する視線方向を意図的に変化させて遠見用、近見用を使い分ける法が用いられている。

【0005】

人間が自然環境にある物体に焦点を合わせるとき、その絶対距離と焦点調節には一対一の関係が存在する。眼が物体を見るとき角度である輻輳角は、物体までの絶対距離と反比例しているため、輻輳角と焦点調節もまた一対一の関係にある。したがって、輻輳角は距離感覚、もしくは焦点調整の手がかりの一つとされている。そのため、輻輳角と焦点距離の不一致は視覚への負担や疲労を引き起こすと考えられている。しかし、立体視の場合には、立体的に見ている物体から得られる距離感覚と、輻輳角との整合性が得られない。これを図2で説明する。図2において、左眼用の画像132および右眼用の画像134をそれぞれ左眼110および右眼120で見て、その画像の立体像130を見ていることを表している。右眼120および左眼110は、画像132および134に焦点を合わせているが、立体像130はその手前に見えることになり、距離感が、眼が実際に合わせている輻輳角や焦点距離と合わない。このように整合性がとれないことにより、「立体視酔い」や「VR酔い」などを生じる原因となっている。 40

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

2種類の眼鏡を選択使用する方法では、作業のため両手を使用するような場合には作業の続行が困難となる。また、近見用と遠見用のレンズを1つのレンズの中に組み込んだものでは、眼鏡レンズに対する視線の移動と視線が注視点に合致させるように補正するための頭部運動が必要となるため、意識を連続的に集中して行う作業等の場合には、しばしば作業に支障が生ずるなどの困難を伴う。

さらに、両眼立体視により3次元対象物を表示する場合などに生ずる両眼の輻輳と焦点調節との間での矛盾を解消して立体視酔いを低減させるなどの目的には適用できない。

【0007】

本発明の目的は、近見および遠見を要する作業等におけるこのような困難を軽減するために両眼での注視点までの距離を検知し、それに応じてレンズ焦点距離を自動的に調整して眼鏡の交換や意図的な視線移動および頭部運動等を行わなくとも遠見、近見の両範囲にわたり鮮明な像が観察できるように焦点調節機能を補助できる眼鏡を実現することである。さらに両眼立体視により３次元対象物を表示する場合などに、両眼の輻輳と焦点調節との間での矛盾を緩和し、従来のステレオ視システムに比べてより自然な形態観察でき、「立体視酔い」や「ＶＲ酔い」などを著しく軽減できるステレオ視システムを実現することも本発明の目的である。

【０００８】

【課題を解決するための手段】

上記の問題を解決するため、本発明においては両眼がそれぞれの方向を向いているかを検出して両眼が注視している位置までの距離の情報を推定する手段と焦点距離を調節できるレンズ系とを備え、前記検知された注視点までの距離情報に応じて前記レンズ系の焦点距離を自動的に調節するように構成する。

【０００９】

両眼がどの方向を向いているか、すなわち視線の方向が検出されれば両眼の視線が交差する点として注視する位置までの距離を推定することができる。両眼が注視する位置までの距離が分かればそれに応じて可変焦点距離レンズの焦点距離を注視点位置にある対象物が鮮明に見えるような状態に調節することができる。したがって、両眼が注視している位置にある対象物の像が常に鮮明に観察できるようにすることができる。

【００１０】

また、ステレオ表示の場合には人間の視覚では注視点すなわち両眼視線が交差する位置に焦点を合わせるのが自然である。したがって、画像が表示されている位置が自然に焦点合わせして、観察できる位置からずれている分だけ補正するように可変焦点距離レンズを調節し、視覚としては自然な状態で鮮明な画像として観察できる。

【００１１】

本発明によれば両眼が注視している距離に応じて、遠見用の眼鏡が必要な距離から近見用の眼鏡が必要となる範囲にわたって、眼鏡を遠見用から近見用へと交換すること無く、また、両眼の視線方向と頭部の姿勢とを意識的に変化することなく、注視点位置にある対象物の像を鮮明に観察できる。したがって、遠見用眼鏡および近見用眼鏡の両方が必要とされるような作業に際して、自然で効率の良い作業を行えるようになる。

【００１２】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態を、図面を用いて説明する。

図３および図４は、本発明に基づいて実現される自動焦点調節眼鏡の構成の概念図である。図３に示すように、本発明の自動焦点調節眼鏡２００は、左眼および右眼の視線方向検出器２２２および２２４と、焦点距離を変化できる可変焦点レンズ２４２および２４４とから構成されている。レンズ２３２および２３４は、それぞれ眼鏡の主レンズで、必要があれば、可変焦点レンズ２４２および２４４と組み合わされてレンズ系を構成している。図４は、本発明の自動焦点調節眼鏡２００の制御系を示している。図４において、左眼および右眼の視線方向検出器２２２および２２４から得られた左眼および右眼の視線方向信号は、それぞれ注視点距離の算出部５２０へ出力する。注視点距離算出部５２０は、入力された視線方向信号により両眼が見ている注視点（図３の２５０）を算出して、眼鏡のレンズ系の焦点距離を計算する。そして、これに基づき、レンズ系の焦点距離制御部５３０において、可変焦点レンズ２４２および２４４への制御信号を生成する。焦点距離制御部５３０で生成された制御信号により、可変焦点レンズ２４２および２４４を制御し、注視点までの距離を眼鏡を構成するレンズ系の焦点距離とする。

【００１３】

上述の例えば視線方向検出器等の構成要素の実現法は種々ある。したがって、本発明の実施形態は、これらの組み合わせとして実現できるのでその種類は極めて多種となる。以下

10

20

30

40

50

ではまず、これらの構成要素ごとの実現法について述べ、それらの組み合わせとして構成される一つの実施形態について詳述することにする。

【 0 0 1 4 】

< 視線方向の検出 >

図 5 は、注目点までの距離の算出を説明する図である。図 5 に示すように、注視点は、両眼眼球の向いている方向、すなわち視線方向を検知できれば、両眼の視線が交差する位置を算出して推定できる。すなわち、左眼 1 1 0 と右眼 1 2 0 と間隔を d とし、視線方向を示すそれぞれの角度を L および R とすると、眼から注目点 2 5 0 との距離 L は、

【数 1】

$$L = \left(\frac{d}{\tan \theta_L + \tan \theta_R} \right)$$

10

として計算される。

【 0 0 1 5 】

両眼の視線方向を検知する方法としては種々の眼球運動計測法が開発されており、それらが用いているものと同様の原理に基づて実現できる。しかし、本発明による自動焦点調節型眼鏡を実現するための視線方向の検知装置にはより簡便で小型軽量であることが望ましい。また、本発明による自動焦点調節型眼鏡は装着が簡便でしかも人間の動作を制限しないものであることが望ましい。したがって、本発明において採用する両眼視線検出法も非接触で小型軽量であることが望ましく、それを実現できる代表的な方法としては、まず第一に、光学的方法がある。

20

【 0 0 1 6 】

< 光学的方法 >

光学的に両眼視線方向を検出する方法としては、瞳孔の位置を検出して視線方向を検知する方法がある。この方法によって視線方向を検出する装置も製品化されている。図 6 はこの方法を説明する図である。

30

図 6 (a) において、CCD カメラ等の撮像器 6 2 2 および 6 2 4 を用いて眼球部分 (黒目) を画像として取り込む (図 6 (b) 参照)。取り込んだ画像を、図 6 (c) に示すような画像の明暗を利用した画像処理技術を用いて、暗い部分である瞳孔部分を抽出して、その位置を検出するものである。この方法は、撮像手段が大きくなること、および撮像時間、画像処理時間などのため眼球の高速な運動を検知できないなどの改良すべき課題が残されている。

【 0 0 1 7 】

同様な構成で、視野内にある輝点像の位置を高速に検出できる検出素子として半導体像位置検出素子 (P S D) がある (例えば、特開平 6 - 1 0 4 8 6 1 号公報参照)。この検出素子においては、輝点像が投射された位置において生成された光電流を分割抵抗に流入させ、その両端に設けられた電極からの出力信号を演算することによって輝点像の重心的位置を高速に得ることができる。従って、眼球の像から半導体像位置検出素子 (P S D) を用いて、瞳孔部分の位置を検出することができる。

40

【 0 0 1 8 】

また、P S D を改良したものとして、複眼式半導体像位置検出素子 (D i r e c t i o n S e n s i t i v e D e v i c e : D S D) を用いた方法がある。D S D は、マイクロレンズと微少 P S D とを組み合わせたものを多数配列し、微少 P S D の出力が加算されて出力されるように構成されている (例えば、特開昭 7 - 2 8 6 8 1 3 号公報参照)。これにより、光学系を小さくしても、等価的にレンズの開口がマイクロレンズの開口部の合

50

計となるようにして、レンズ系を小さくすることによる S / N 比の低下を回避している。瞳孔の位置検出は、前述の P S D と同様に行うことができる。

【 0 0 1 9 】

さらに、この P S D 原理にしたがって視野中にある暗点像を高速に検出できる素子が、本発明の発明者により考案されている（特願平 1 0 - 3 3 0 3 6 2 号出願参照）。この素子を用いることにより、瞳孔の暗い部分の重心的な位置を高速に検出できる。半導体暗点像検出素子を図 7 (a) を用いて説明する。図 7 (a) において、半導体暗点像検出素子 9 0 0 は、入射光に応じた光電流を生成する光電素子 9 2 0、光電素子で生成された光電流が光投射位置に対応して流入する負荷抵抗 9 1 0、負荷抵抗に流入する電流分布がほぼ一様になるように、光電流の不足分を補充するために分割抵抗 9 4 0 とダイオード 9 3 0 から構成されている。実際の構造では、光電素子 9 2 0、負荷抵抗 9 1 0、ダイオード 9 3 0、および分割抵抗 9 4 0 はそれぞれ層構造を有し、全体として多層構造となっている。光電流の不足分を補充するための手段が分割抵抗 9 4 0 の光電素子の位置に対応した部分から供給され（図 7 (b) 参照）、その光電流の不足分を補充する電流が分割抵抗 9 4 0 上の光電素子 9 2 0 の位置に対応した部分と両端の信号電極間の抵抗値に応じて分配される。それが補充電流供給区間全域にわたり加え合わされた電流として、分割抵抗 9 4 0 の両端より信号電流として出力（供給）されるように構成される。検出された信号電流を従来の P S D における同じように演算処理することによって、明るい背景中の暗い像の位置を検出できる。すなわち、補充電流を供給する分割抵抗の抵抗率が一樣であるとする、抵抗値は端子との間の距離に比例するので光の入射位置 x の情報（中心位置からのずれ率に相当）は次式で求められる。

【 数 2 】

$$x = \frac{I_A - I_B}{I_A + I_B}$$

この式により、光電素子に与えられた眼の像から暗い部分（瞳孔部分）が検出できる。

【 0 0 2 0 】

他の光学的な検出方法としては、図 8 に示したプルキンエ像を用いた方法がある。眼球は白目（強膜）と黒目（角膜）の部分に分かれている。角膜部分は、ガラス面と同様で透明体であり、光に対しては鏡面としての作用する。プルキンエ像とは、眼の外部にある光源（例えば、図 8 に示した L E D 8 2 0 ）が角膜を鏡として映されて眼球内にあるように見える輝点像のことである。図 8 に示されているように、眼球においては、眼球の回転中心に対して角膜表面の中心が偏心している。このため、眼球の向きが変化すると鏡に相当する面が回転し、プルキンエ像の位置が眼球の向きに対応して移動する。この移動を像位置検出器 8 3 0 により検出することにより、眼球の向きすなわち視線方向を検出することができる。この像位置検出器には、上述で説明した検出器（例えば P S D 等）を用いることができる。

【 0 0 2 1 】

上述のように、視線方向の検出を光学的に行うためには、瞳孔位置およびプルキンエ像の位置を検出して行うことができる。その他にも、白目と瞳孔境界位置や、コンタクトをはめ、それに付されたマーク位置を検知することによっても、視線方向を検出することができる。

【 0 0 2 2 】

10

20

30

40

50

< 筋電を検知する方法 >

眼球は、眼球の周りにある筋肉を用いて動いている。図 9 (a) はこの眼球の周りの筋肉について示している。この眼球運動を生成する筋肉の動きは、動くとき発生する皮膚電位を検出することにより検出できるので、この皮膚電位を検出することにより眼球の動きを推定することができる。図 9 (b) は、この皮膚電位の検出を示している。図 9 (b) において、眼鏡の内側に複数の電極 8 1 2 , 8 1 4 , 8 1 6 , 8 1 7 を取り付け、この電極により、その部分の皮膚電位を検出する。通常は、眼球の左右に取り付けた電極からの信号の差が、眼球の動きの向きに応じて変化する。このため、予め既知の位置を凝視して、この位置との相対的な位置を筋肉の動きを検出することで眼球の向きを推定する。

【 0 0 2 3 】

10

< レンズの焦点距離を変化させる方法 >

可変焦点型レンズについてもいろいろな方法がある。周知である方法としては、光学レンズの位置を変化させる方法である。本発明の自動焦点調節型眼鏡の実現には小型軽量で応答速度が速いことが望まれ、それらの点でこの方法はそれほど好ましいものではないが、この方法によって、眼鏡を構成するレンズの焦点距離変えることにより、本発明を実現できる。

【 0 0 2 4 】

< レンズの形状を変化させる型の方法 >

人間の眼球においては水晶体の厚さを変化させることによって焦点調節が行なわれている。以下においては眼球の水晶体におけると同様あるいはそれに類するような原理、すなわち、レンズ形状を変化させる型の方法による可変焦点レンズの実現法を、図 1 0 に示すことにする。

20

【 0 0 2 5 】

図 1 0 において、2つの透明な板状対象物 3 0 2 の間に、外部環境媒体（すなわち空気）の屈折率と異なる屈折率を有する変形可能な透明体 3 0 4 を充満するように介在させ、2つの板状対象物 3 0 2 の表面形状及び変形可能な透明体 3 0 4 の形状をアクチュエータ 3 0 6 により変化させて、2つの板状対象物 3 0 2 を通過する光の屈折状態を変化させる。

【 0 0 2 6 】

焦点距離を変化させるためには、例えば透明体 3 0 4 を液体等の流動体で構成し、そのアクチュエータ 3 0 6 により、流動体を密閉した板状対象物 3 0 2 の間に送り込むことを行えばよい。

30

【 0 0 2 7 】

この図 1 0 に示した可変焦点レンズについて、特にアクチュエータ 3 0 6 により板状対象物等を変化させる他の方法等については、同日に出願した同じ発明者による特許出願を参照されたい。

焦点を変化させる他の方法には、例えば、圧電体で構成した板状対象物を変形させる、アクチュエータの厚みを変化させる等がある。

【 0 0 2 8 】

< 立体視への応用 >

図 2 で示したように、両眼立体視により 3 次元対象物を表示する場合などに、立体が見える位置までの距離と画面までの距離が異なるため人間の目にとって焦点調節が不自然な状態、すなわち両眼の輻輳と焦点調節との間でも矛盾が生じる。このため、長時間立体視を行うと所謂「立体視酔い」とか「VR酔い」と呼ばれる状態となりひどい場合には頭痛や吐き気をもよほすことがある。このような場合に視線方向を検知し、それに応じて結果的に焦点が自然に画面上に合うように調整することにすれば、従来の立体視システムに比べてより自然な形態で、「立体視酔い」を著しく軽減できるステレオ視システムが実現される。これを図 1 1 を用いて説明する。

40

【 0 0 2 9 】

図 1 1 において、図 3 と同様に、左眼および右眼の視線方向検出器 2 2 2 および 2 2 4 と、焦点距離を変化できる可変焦点レンズ 2 4 2 および 2 4 4 は、本発明の自動焦点調節眼

50

鏡を構成している。レンズ 2 3 2 および 2 3 4 は、それぞれ眼鏡の主レンズで、必要があれば、可変焦点レンズ 2 4 2 および 2 4 4 と組み合わされてレンズ系を構成している。

【 0 0 3 0 】

さて、スクリーン 1 4 0 上の立体視用の画像をみて立体視を行い、1 3 0 にその立体画像が見えているとする。このような場合に、立体視画像 1 3 0 を見ている視線方向を検知し、それに応じて結果的に焦点がスクリーン 1 4 0 上に合うように調整する。このように眼鏡の焦点距離を調節して、眼の焦点が立体視画像 1 3 0 に合わせられていても、実際に見る必要のあるスクリーン 1 4 0 上に焦点を合わせることができる。これにより、両眼の輻輳と焦点調節との間の矛盾による「立体視酔い」を著しく軽減できる。

【 0 0 3 1 】

【発明の効果】

上記の説明のように、本発明においては、人間が見ようとする距離にある対象物に容易に焦点を合わせられる様に、焦点調節可能なレンズ系の焦点距離を注視点距離に応じて変化させることができる。

【 0 0 3 2 】

そのため、たとえばオフィスにおける事務作業や工業における組立作業等の様に、腕が届く程度の範囲での作業において、近い対象物および離れた対象物を明瞭に観察し判断して操作するような場合に、老眼の人でも眼鏡を掛け替える必要がなく、作業効率を著しく高めることができる。

さらに、両眼立体視により 3 次元対象物を表示する場合に、長時間立体視を行うと生じる所謂「立体視酔い」とか「VR 酔い」を防ぐためにも使用することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】眼において、老眼鏡が必要となることを説明する図である。

【図 2】立体視において、「立体視酔い」が起きる原因を説明する図である。

【図 3】本発明の自動焦点調節眼鏡の構成を説明する図である。

【図 4】本発明の自動焦点調節眼鏡の制御系を説明するブロック図である。

【図 5】視線方向から焦点距離を算出することを説明する図である。

【図 6】PSD 等による眼の位置検出を説明する図である。

【図 7】半導体暗点像検出素子による眼の位置検出を説明する図である。

【図 8】プルキンエ像による視線方向検出を説明する図である。

【図 9】皮膚電位により視線方向検出を説明する図である。

【図 10】可変焦点レンズの構成を説明する図である。

【図 11】立体視への応用を説明する図である。

【符号の説明】

1 1 0	左眼
1 2 0	右眼
1 3 0	立体視画像
1 3 2	左眼用画像
1 3 4	右眼用画像
1 4 0	スクリーン
2 0 0	自動焦点調節眼鏡
2 2 2 , 2 2 4	視線方向検出器
2 3 2 , 2 3 4	レンズ
2 4 2 , 2 4 4	可変焦点レンズ
2 5 0	注目点
3 0 2	板状対象物
3 0 4	透明体
3 0 6	アクチュエータ
5 2 0	算出部
5 2 0	注視点距離算出部

10

20

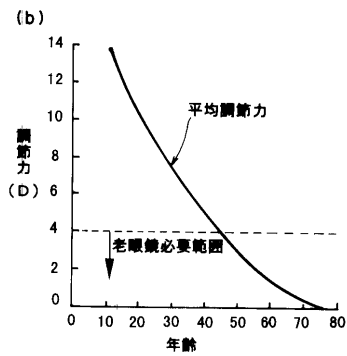
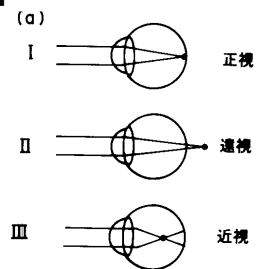
30

40

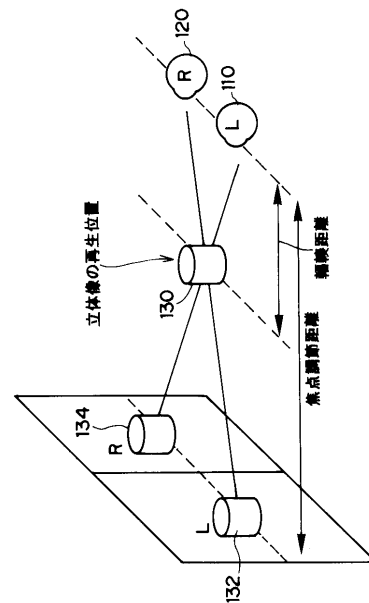
50

5 3 0 焦点距離制御部
 6 2 2 , 6 2 4 画像撮像器
 8 1 2 , 8 1 4 , 8 1 6 , 8 1 7 電極
 8 3 0 像位置検出器
 9 0 0 半導体暗点像検出素子
 9 1 0 負荷抵抗
 9 2 0 光電素子
 9 3 0 ダイオード
 9 4 0 分割抵抗

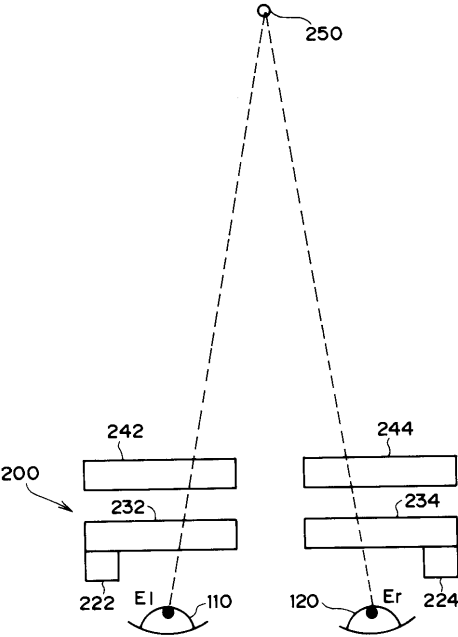
【図 1】



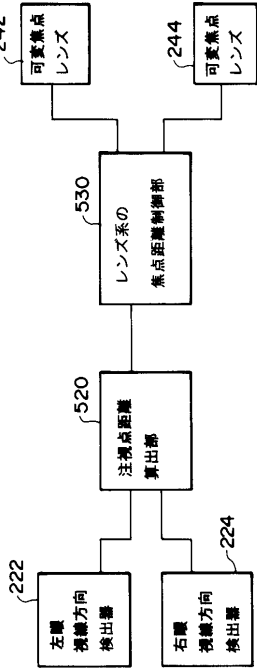
【図 2】



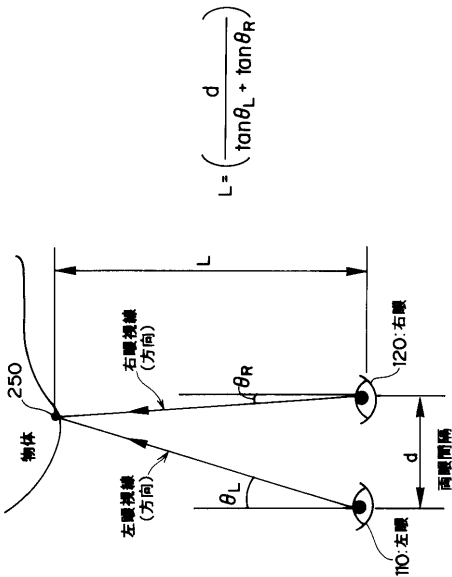
【 図 3 】



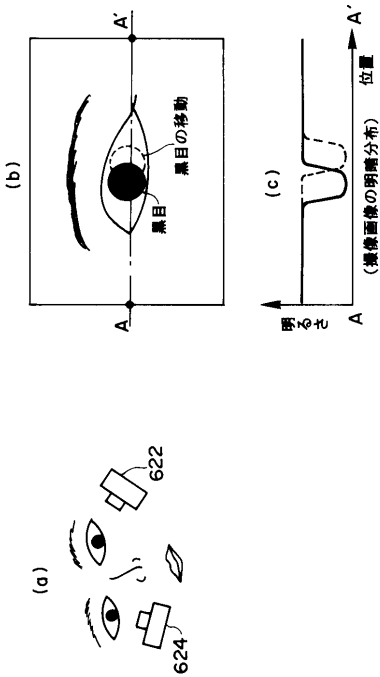
【 図 4 】



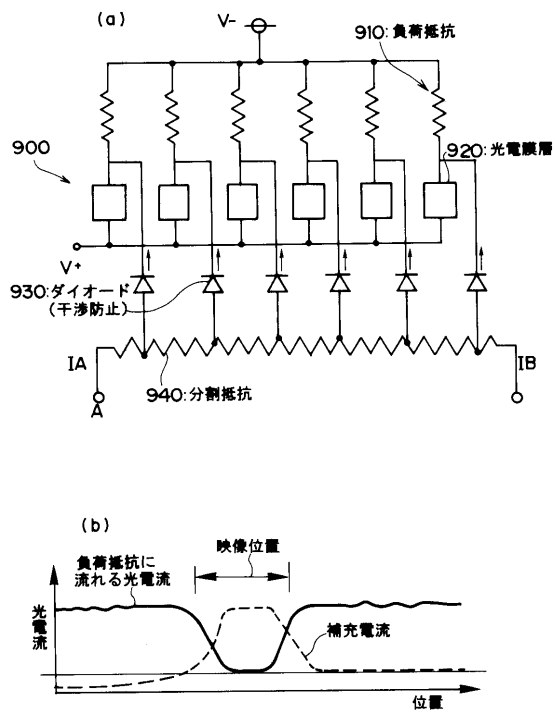
【 図 5 】



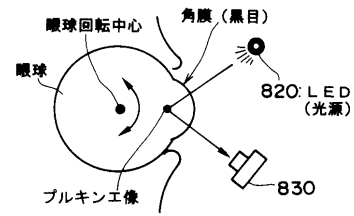
【 図 6 】



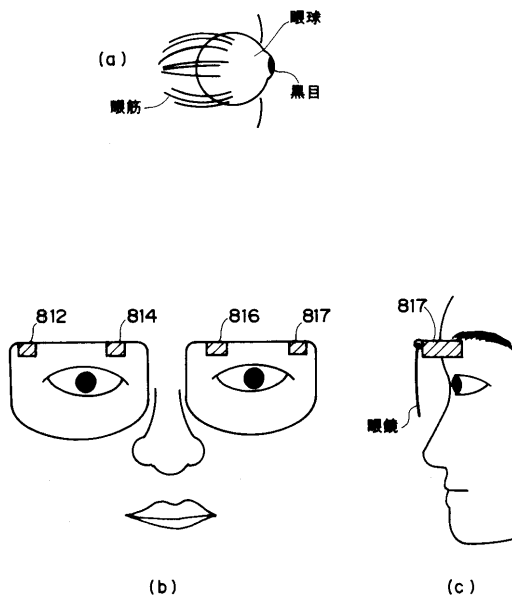
【図 7】



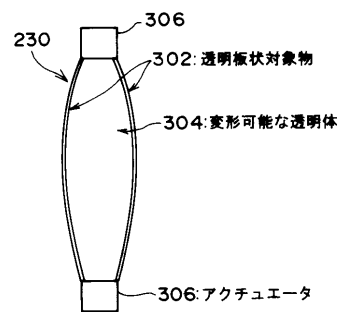
【図 8】



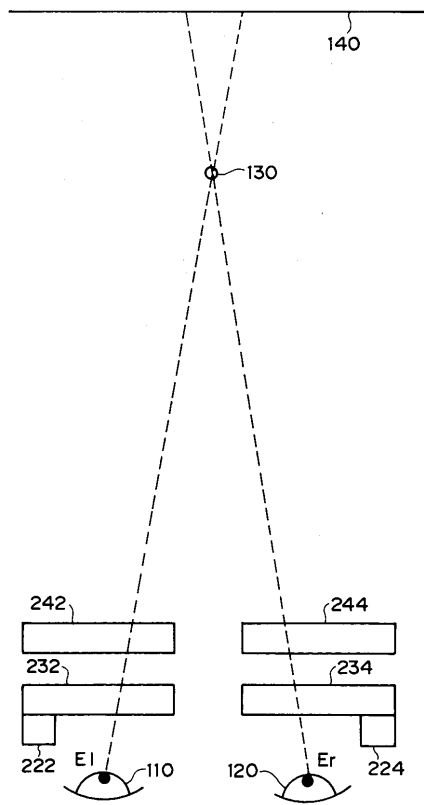
【図 9】



【図 10】



【図 11】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平11-052292(JP,A)
特開平09-068670(JP,A)
特開平08-126032(JP,A)
特開平09-218376(JP,A)
特開平02-096114(JP,A)
特開平08-043775(JP,A)
特開平06-095797(JP,A)
特開昭63-313118(JP,A)
特開2000-155014(JP,A)
特開平08-322797(JP,A)
特開平09-325260(JP,A)
特開平09-276226(JP,A)
特開平09-114543(JP,A)
特開平01-190177(JP,A)
特開平05-298015(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)
G02B 7/28-7/40