(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2010 年 6 月 10 日(10.06.2010)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2010/064582 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 27/02 (2006.01) *G02F 1/13* (2006.01)
G02B 27/01 (2006.01) *H04N 5/64* (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2009/070031

(22) 国際出願日: 2009 年 11 月 27 日(27.11.2009)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2008-309267 2008 年 12 月 4 日(04.12.2008) JP

(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): コニカミノルタホールディングス株式会社(Konica Minolta Holdings, Inc.) [JP/JP]; 〒1000005 東京都千代田区丸の内一丁目６番１号 Tokyo (JP).

(72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 谷尻 靖 (TANIJIRI Yasushi) [JP/JP]; 〒1928505 東京都八王子市石川町２９７０番地コニカミノルタオプト株式会社内 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

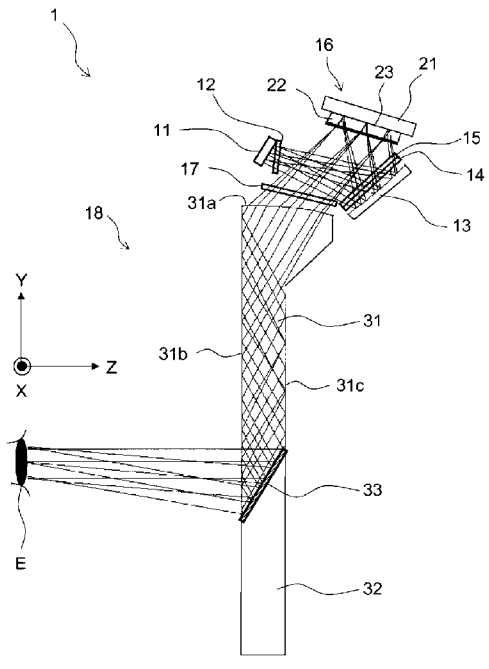
添付公開書類:
— 国際調査報告（条約第 21 条(3)）

WO 2010/064582 A1

(54) **Title**: VIDEO DISPLAY DEVICE AND HEAD-MOUNTED DISPLAY

(54) 発明の名称 : 映像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ

[図3]



(57) **Abstract**: Disclosed is a video display device and head-mounted display that reliably absorb video luminescence, by way of an analyzer, when a display is black, and allow observing a high-contrast video regardless of the location along the x-axis of the observer's eyes. A polarizer, a liquid crystal element, and the analyzer are positioned within a plane of symmetry upon a system of axial asymmetry, such that a relative angle of either a relative angle between a surface of the polarizer and an element surface of the liquid crystal element, i.e., an angle of inclination α, and/or a relative angle between the surface of the analyzer and the element surface, i.e., an angle of inclination β, is less than a relative angle between an optical axis and a normal of the element surface, i.e. an angle of inclination θ. It is thereby possible, even with respect to the light from the liquid crystal element that moves toward a position that is misaligned along the x-axis from the center of the optical aperture, to treat the misalignment in either the direction of the axis of penetration of the polarizer or the direction of the axis of penetration of the analyzer as less than or equal to the misalignment in the direction of the slow axis of the liquid crystal when the display is black, and to reduce the angular differential between the slow axis of the liquid crystal when the display is black and the axis of penetration of either the polarizer or the analyzer.

(57) 要約:

[続葉有]

本発明は、観察者の瞳のＸ方向の位置によらず、黒表示時の映像光を検光子にて確実に吸収して高コントラストの映像を観察可能とする。軸非対称な系の対称面内で、偏光子の面と液晶素子の素子面との相対角度（傾斜角α）、および検光子の面と素子面との相対角度（傾斜角β）のうちの少なくとも一方の相対角度が、光軸と上記素子面の法線との相対角度（角度θ）未満となるように、偏光子、液晶素子および検光子を配置する。これにより、光学瞳の中心からＸ方向にずれたどの位置に向かう液晶素子からの光についても、偏光子の透過軸の方向または検光子の透過軸の方向のずれを、黒表示時の液晶の遅相軸の方向のずれと同じか、それ以下のずれとすることができ、黒表示時の液晶の遅相軸と偏光子または検光子の透過軸との角度差を小さくできる。

明　細　書

発明の名称 ： 映像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ

技術分野

[0001] 本発明は、映像表示素子からの映像光を、軸非対称な接眼光学系を介して光学瞳に導くことにより、光学瞳の位置にて観察者に表示映像を観察させる映像表示装置およびヘッドマウントディスプレイ（以下、ＨＭＤとも称する）に関するものである。

背景技術

[0002] 従来から、反射型の表示素子（例えば強誘電性液晶を有する液晶素子）を用いて観察者に映像を観察させる映像表示装置が種々提案されている。例えば特許文献１の装置では、図２１に示すように、光源１０１からの光を、少なくとも、偏光子１０２、表示素子１０３、検光子１０４および軸非対称（回転非対称）な接眼光学系１０５を介して光学瞳Ｅに導いている。これにより、光学瞳Ｅの位置では、観察者は映像（虚像）を観察することが可能となっている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０００－２４９９６８号公報（図１参照）

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、表示素子１０３の素子面の中心と光学瞳Ｅの中心とを光学的に結ぶ軸を光軸ＡＸとし、光路を展開したときの光軸方向をＺ方向とする。また、Ｚ方向に垂直な２方向をそれぞれＸ方向およびＹ方向とする。このような定義の下では、上記の接眼光学系１０５は、ＹＺ面内で軸非対称であり、また、ＹＺ面を軸非対称の対称面として有している。

[0005] 特許文献１の装置では、接眼光学系１０５の軸非対称の対称面であるＹＺ面内において、偏光子１０２および検光子１０４が、表示素子１０３の素子

面との相対角度を鑑みて光路中に配置されてはいない。このため、観察者の瞳が光学瞳Ｅの中心からＸ方向にずれた位置にあるときに、黒が弱くなって観察映像のコントラストが低下するという問題が生ずる。

[0006] つまり、表示素子１０３が強誘電性液晶を有する液晶素子の場合、表示素子１０３が位相板（往復で１／２波長板）として作用しないときに映像が黒表示となる。反射型の表示素子１０３を用いる構成では、ＹＺ面内において、光軸ＡＸが表示素子１０３の素子面に対して垂直以外の傾斜角で傾斜しており、光軸ＡＸに対して液晶の遅相軸がＹＺ面内で傾いているので、光学瞳Ｅの中心からＸ方向にずれた位置に向かう表示素子１０３からの光（以下、瞳端に向かう光と称する）についての黒表示時の液晶の遅相軸の方向は、光学瞳Ｅの中心に向かう表示素子１０３からの光（以下、瞳中心に向かう光と称する）についての黒表示時の液晶の遅相軸の方向から少しずれる（回転する）。

[0007] このとき、ＹＺ面内で、偏光子１０２と表示素子１０３の素子面との相対角度、および検光子１０４と表示素子１０３の素子面との相対角度が適切に設定されていないと、瞳端に向かう光についての黒表示時の液晶の遅相軸と偏光子１０２の透過軸との角度差、および黒表示時の液晶の遅相軸と検光子１０４の透過軸との角度差が大きくなり、結果的に、瞳端では黒表示の映像光を検光子１０４で完全に吸収（遮光）することができなくなる。つまり、光学瞳Ｅの中心からＸ方向にずれた位置で映像を観察したとき、検光子１０４での光漏れによって黒が弱くなり、観察映像のコントラストが低下する。

[0008] 本発明は、上記の問題点を解決するためになされたものであって、その目的は、接眼光学系の軸非対称の対称面内で、偏光子および検光子の少なくとも一方と液晶素子の素子面との相対角度を適切に設定することにより、観察者の瞳のＸ方向の位置によらず、黒表示時の映像光を検光子にて確実に吸収して高コントラストの映像を観察することができる映像表示装置と、その映像表示装置を備えたＨＭＤとを提供することにある。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の映像表示装置は、光源からの光を変調して映像を表示する反射型の映像表示素子と、前記光源からの光を前記映像表示素子に導く軸非対称な照明光学系と、前記映像表示素子からの映像光を光学瞳に導く軸非対称な接眼光学系とを備えた映像表示装置であって、前記映像表示素子は、入射光を各画素ごとに変調する液晶素子と、前記光源からの光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記液晶素子に導く偏光子と、前記液晶素子から射出される光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記接眼光学系に導く検光子とを有しており、前記液晶素子の素子面の中心と前記光学瞳の中心とを光学的に結ぶ軸を光軸とすると、前記光軸は、前記接眼光学系の軸非対称の対称面内（軸非対称な系の対称面内）で、前記素子面に対して垂直以外の傾斜角で傾斜しており、前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記接眼光学系の軸非対称の対称面内で、前記偏光子の面と前記素子面との相対角度、および前記検光子の面と前記素子面との相対角度のうちの少なくとも一方の相対角度が、前記光軸と前記素子面の法線との相対角度未満であることを特徴としている。

[0010] 本発明の映像表示装置は、光源からの光を変調して映像を表示する反射型の映像表示素子と、前記光源からの光を前記映像表示素子に導く軸非対称な照明光学系と、前記映像表示素子からの映像光を光学瞳に導く軸非対称な接眼光学系とを備えた映像表示装置であって、前記映像表示素子は、入射光を各画素ごとに変調する液晶素子と、前記光源からの光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記液晶素子に導く偏光子と、前記液晶素子から射出される光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記接眼光学系に導く検光子とを有しており、前記液晶素子の素子面の中心と前記光学瞳の中心とを光学的に結ぶ軸を光軸とすると、前記光軸は、前記接眼光学系の軸非対称の対称面内（軸非対称な系の対称面内）で、前記素子面に対して垂直以外の傾斜角で傾斜しており、前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面と前記検光子の面とは平行ではなく、前記偏光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度と、前記検光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度

が等しいことを特徴としている。

[0011] 本発明の映像表示装置において、前記検光子は、前記偏光子とクロスニコルとなるように配置されており、黒表示において、前記液晶素子は前記偏光子を透過した光の偏光方向を保持し、前記検光子はその偏光方向の光を吸収する構成であることが望ましい。

[0012] 本発明の映像表示装置において、前記偏光子の透過軸は、前記接眼光学系の軸非対称の対称面に平行または垂直であることが望ましい。

[0013] 本発明の映像表示装置において、前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面および前記検光子の面の少なくとも一方が、前記液晶素子の素子面と略平行であってもよい。

[0014] 本発明の映像表示装置において、前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面と前記液晶素子の素子面とがなす角度および前記検光子の面と前記液晶素子の素子面とがなす角度が、いずれも５度以内であることが望ましい。

[0015] 本発明の映像表示装置において、前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面および前記検光子の面が、両方とも、前記液晶素子の素子面と略平行であってもよい。

[0016] 本発明の映像表示装置において、前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面と前記検光子の面とは平行ではなく、前記偏光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度と、前記検光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度とが等しくてもよい。

[0017] 本発明の映像表示装置において、前記偏光子の面と前記素子面との相対角度、および前記検光子の面と前記素子面との相対角度の両方が、前記光軸と前記素子面の法線との相対角度未満であってもよい。

[0018] 本発明の映像表示装置において、前記液晶素子は、強誘電性液晶を有していることが望ましい。

[0019] 本発明の映像表示装置において、前記照明光学系は、前記液晶素子から前記接眼光学系に向かう光路外に配置されており、前記光源からの光を反射さ

せて前記液晶素子に導くことが望ましい。

[0020] 本発明の映像表示装置において、前記光軸と前記素子面の法線との相対角度は、１０度以上であることが望ましい。

[0021] 本発明の映像表示装置において、前記映像表示素子は、前記接眼光学系の一端部側に配置されていることが望ましい。

[0022] 本発明のヘッドマウントディスプレイ（ＨＭＤ）は、上述した本発明の映像表示装置と、前記映像表示装置を観察者の眼前で支持する支持手段とを有していることを特徴としている。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、光源からの光のうちで所定の偏光方向の光は、反射型の映像表示素子の偏光子を透過して液晶素子に入射し、そこで各画素ごとに変調される。液晶素子から射出される光のうちで所定の偏光方向の光は、検光子を透過し、軸非対称な接眼光学系を介して光学瞳に導かれる。これにより、光学瞳の位置にて、観察者は映像表示素子で表示される映像の虚像を観察することができる。

[0024] ここで、液晶素子が例えば強誘電性液晶を有する液晶素子の場合、液晶素子が位相板（往復で１／２波長板）として作用しないときに映像が黒表示となるが、接眼光学系の軸非対称の対称面内（以下、ＹＺ面内と称する）で、光軸が液晶素子の素子面に対して垂直以外の傾斜角で傾斜しているので、光学瞳の中心からＹＺ面に垂直な方向（以下、Ｘ方向と称する）にずれた位置に向かう液晶素子からの光についての黒表示時の液晶の遅相軸の方向は、光学瞳の中心に向かう液晶素子からの光についての黒表示時の液晶の遅相軸の方向から少しずれる（回転する）。

[0025] しかし、ＹＺ面内において、偏光子の面と素子面との相対角度、および検光子の面と素子面との相対角度のうちの少なくとも一方の相対角度が、光軸と素子面の法線との相対角度未満に設定されているので、光学瞳の中心からＸ方向にずれたどの位置に向かう液晶素子からの光についても、偏光子の透過軸の方向または検光子の透過軸の方向のずれを、黒表示時の液晶の遅相軸

の方向のずれと同じか、それ以下のずれとすることができる。これにより、光学瞳の中心からＸ方向にずれたどの位置に向かう液晶素子からの光についても、黒表示時の液晶の遅相軸と偏光子の透過軸との角度差、または黒表示時の液晶の遅相軸と検光子の透過軸との角度差を小さくすることができる。したがって、観察者の瞳のＸ方向の位置によらず、黒表示時の映像光を検光子にて確実に吸収して高コントラストの映像を観察することが可能となる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]（ａ）は、本発明の実施の一形態の映像表示装置において、光軸に沿って光路をＹＺ面内で展開した説明図であり、（ｂ）は、上記光路をＺＸ面内で展開した説明図である。

[図2]上記映像表示装置が適用されるＨＭＤの概略の構成を示す斜視図である。

[図3]上記映像表示装置の概略の構成を示す断面図である。

[図4]光軸上の光の進行方向と、Ｘ方向瞳端の光の進行方向と、液晶の遅相軸の方向との関係を模式的に示す説明図である。

[図5]光軸上の光についての、偏光子の透過軸、液晶の黒表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図6]Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子の透過軸、液晶の黒表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図7]（ａ）は、ＹＺ面内で、$\alpha = \theta$、かつ、$\beta = \theta$となる映像表示装置の光路をＹＺ面内で展開した説明図であり、（ｂ）は、上記映像表示装置の光路をＺＸ面内で展開した説明図である。

[図8]上記映像表示装置におけるＸ方向瞳端の光についての、偏光子の透過軸、液晶の黒表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図9]上記映像表示装置において、液晶から射出される黒表示の映像光の偏光方向を示す説明図である。

[図10]光軸上の光についての、偏光子の透過軸、液晶の白表示時の遅相軸、

検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図11]Ｙ方向瞳端の光についての、偏光子の透過軸、液晶の白表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図12]（ａ）は、$\alpha = +\theta$、かつ、$\beta = +\theta$に設定した映像表示装置のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、（ｂ）は、上記映像表示装置において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子の透過軸、液晶の黒表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図13]（ａ）は、$\alpha = +\theta$、かつ、$\beta = -\theta$に設定した映像表示装置のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、（ｂ）は、上記映像表示装置において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子の透過軸、液晶の黒表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図14]（ａ）は、$\alpha = -\theta$、かつ、$\beta = +\theta$に設定した映像表示装置のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、（ｂ）は、上記映像表示装置において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子の透過軸、液晶の黒表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図15]（ａ）は、$\alpha = -\theta$、かつ、$\beta = -\theta$に設定した映像表示装置のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、（ｂ）は、上記映像表示装置において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子の透過軸、液晶の黒表示時の遅相軸、検光子の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。

[図16]上記映像表示装置の他の構成を模式的に示す説明図である。

[図17]上記映像表示装置のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。

[図18]上記映像表示装置のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。

[図19]上記映像表示装置のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。

[図20]上記映像表示装置のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。

[図21]従来の映像表示装置の概略の構成を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0027] 本発明の実施の一形態について、図面に基づいて説明すれば、以下の通りである。

[0028] （ＨＭＤの構成）

図２は、本実施形態に係るＨＭＤの概略の構成を示す斜視図である。ＨＭＤは、映像表示装置１と、支持手段２とで構成されている。

[0029] 映像表示装置１は、筐体３を有している。この筐体３は、少なくとも光源１１および液晶素子１６（ともに図３参照）を内包するとともに、接眼光学系１８の一部を保持している。接眼光学系１８は、接眼プリズム３１および偏向プリズム３２の貼り合わせによって構成されており、全体として眼鏡の一方のレンズ（図２では右眼用レンズ）のような形状をしている。また、上記の光源１１および液晶素子１６には、筐体３を貫通して設けられるケーブル４を介して、少なくとも駆動電力および映像信号が供給される。

[0030] 支持手段２は、映像表示装置１（特に接眼光学系１８）を観察者の一方の眼（例えば右眼）の前で支持するとともに、ダミーレンズ５を観察者の他方の眼（例えば左眼）の前で支持している。より詳しくは、以下の通りである。なお、ダミーレンズ５を設ける代わりに、両眼に対応して２つの映像表示装置１を設け、これらを支持手段２にて支持する構成としてもよい。

[0031] この支持手段２は、ブリッジ６と、フレーム７と、テンプル８と、鼻当て９とを有している。フレーム７、テンプル８および鼻当て９は、左右一対設けられているが、それぞれ、右フレーム７Ｒ、左フレーム７Ｌ、右テンプル８Ｒ、左テンプル８Ｌ、右鼻当て９Ｒ、左鼻当て９Ｌで構成されている。

[0032] ブリッジ６の一端は映像表示装置１と連結されており、他端はダミーレンズ５と連結されている。映像表示装置１におけるブリッジ６との連結側とは反対側の端部は、右フレーム７Ｒと固定されている。右テンプル８Ｒは右フレーム７Ｒに回動可能に支持されている。一方、ダミーレンズ５におけるブリッジ６との連結側とは反対側の端部は、左フレーム７Ｌと固定されている。左テンプル８Ｌは左フレーム７Ｌに回動可能に支持されている。

[0033] 観察者がＨＭＤを使用するときは、右テンプル８Ｒおよび左テンプル８Ｌを観察者の右側頭部および左側頭部に接触させるとともに、鼻当て９を観察者の鼻に当て、一般の眼鏡をかけるようにＨＭＤを観察者の頭部に装着する

。この状態で映像表示装置１にて映像を表示すると、観察者は、光学瞳の位置にて、映像表示装置１の表示映像を虚像として観察することができるとともに、この映像表示装置１を介して外界像をシースルーで観察することができる。このとき、映像表示装置１は支持手段２で支持されているので、観察者は映像表示装置１から提供される映像をハンズフリーで観察することができる。

[0034] なお、支持手段２が観察者の両眼に対応して２個の映像表示装置１を支持し、両眼表示を行う構成では、眼幅は観察者ごとに異なるので、光学瞳を眼幅方向に大きく設定して観察し易くする必要がある。この場合、左眼、右眼ともに瞳位置が光学瞳の中心から異なったとしても、本発明によれば、後述するように、偏光子および検光子の少なくとも一方と液晶素子の素子面との相対角度を適切に設定しているので、瞳位置によらずに高コントラストな映像を観察することができる。つまり、左右眼でコントラストが異なることなく、両眼共に高コントラストな映像を観察することができる。以下、映像表示装置１の詳細について説明する。

[0035] （映像表示装置の構成）

図３は、映像表示装置１の概略の構成を示す断面図である。映像表示装置１は、光源１１と、偏光子１２と、ミラー１３と、一方向拡散板１４と、偏光板１５と、液晶素子１６と、検光子１７と、軸非対称（回転非対称）な接眼光学系１８とを有している。なお、偏光子１２と、液晶素子１６と、検光子１７とで、光源１１からの光を変調して映像を表示する反射型の映像表示素子（ＬＣＤ）が構成されている。この映像表示素子は、接眼光学系１８の一端部側（図３では上方）に配置されており、接眼光学系１８に対して一端部側から映像光を入射させる構成として、小型で軽量な映像表示装置１を実現することができる。

[0036] ここで、以下での説明の便宜上、方向を以下のように定義しておく。まず、光源１１の中心と、液晶素子１６の素子面の中心と、接眼光学系１８によって形成される光学瞳Ｅの中心とを光学的に結ぶ軸を光軸とする。なお、液

晶素子１６の素子面とは、後述する液晶封止基材２２と液晶２３との境界面を指す。そして、光源１１から光学瞳Ｅまでの光路を展開したときの光軸方向をＺ方向とする。また、接眼光学系１８の後述するホログラム光学素子３３の光軸入射面に垂直な方向をＸ方向とし、ＺＸ平面に垂直な方向をＹ方向とする。なお、ホログラム光学素子３３の光軸入射面とは、ホログラム光学素子３３における入射光の光軸と反射光の光軸とを含む平面、すなわち、ＹＺ平面を指す。また、本実施形態の接眼光学系１８は、上記光軸を含む面に対して対称な形状であり、上記したホログラム光学素子３３の光軸入射面は、接眼光学系１８の対称面ともなっている。

[0037] 光源１１は、液晶素子１６に向けて光を出射するものであり、液晶素子１６から接眼光学系１８に向かう光の光路に対して観察者側（光学瞳Ｅ側）に配置されている。この光源１１は、Ｒ（赤）、Ｇ（緑）、Ｂ（青）の各色に対応する光を出射するＲＧＢ一体型の発光ダイオード（ＬＥＤ）で構成されている。ＲＧＢの各発光部は、Ｘ方向に並んで配置されている。

[0038] 光源１１は、例えば、中心波長および光強度半値波長幅で、４６５±１２ｎｍ、５２０±１９ｎｍ、６３５±１０ｎｍとなる３つの波長帯域の光を発する。光源１１のＲＧＢの光強度は、ホログラム光学素子３３の回折効率や、液晶素子１６の光透過率を考慮して調整され、これによって白色表示を行うことが可能となる。なお、本実施形態では、後述するように、液晶素子１６として時分割駆動が可能な強誘電液晶素子を用いているため、光源１１はＲＧＢの各光を時分割で順に出射する。

[0039] なお、光源１１は、ＲＧＢの各発光部を１組有していてもよいし、２組有していてもよい。光源１１がＲＧＢの各発光部を２組有する場合、各組で同一色の発光部がＹＺ面に対して略対称となるように、各組の発光部が配置される。このとき、出射光の波長がより長い発光部ほど、対称面（ＹＺ面）に近い位置に配置される。

[0040] 偏光子１２は、光源１１からの光のうちで所定の偏光方向の光（例えばＰ偏光）を透過させて液晶素子１６に導く偏光板である。また、この偏光子１

２は、後述する偏光板１５と同一方向の偏光（例えばＰ偏光）を透過し、後述する検光子１７と同一方向の偏光（例えばＳ偏光）を遮断（吸収）する偏光板でもある。したがって、光源１１から出射される光のうち、検光子１７に直接向かってそこを透過する光（Ｓ偏光）や、偏光板１５の表面で反射されて検光子１７に向かい、そこを透過する光（Ｓ偏光）を偏光子１２にて予めカットすることができ、液晶素子１６にて変調されない不要光が検光子１７を透過して光学瞳Ｅに導かれるのを防ぐことができる。

[0041] ミラー１３は、光源１１からの光を映像表示素子（ＬＣＤ）に導く照明光学系であり、より詳しくは、光源１１からの光を反射させて液晶素子１６に導く。ミラー１３は、ＹＺ面を対称面として持つ軸非対称光学系であり、例えば、ＹＺ平面内でのみ光を集光する光学パワーを有するシリンドリカルミラーで構成されている。このように、ミラー１３が光学パワーを有しているので、光源１１からの光を集光して液晶素子１６を照明することができ、明るい映像を観察者に観察させることができる。また、光源１１から液晶素子１６に向かう光の光路が、ミラー１３によって折りたたまれるので、装置の小型軽量化を図ることができる。なお、ミラー１３は、軸非対称な非球面ミラー、軸非対称な凹面ミラー（自由曲面ミラー）などの他のミラーで構成されてもよい。

[0042] また、ミラー１３は、液晶素子１６から接眼光学系１８に向かう光路外に配置されている。より詳しくは、ミラー１３は、液晶素子１６から接眼光学系１８に向かう光の光路に対して、光源１１とは反対側に設けられている。この結果、液晶素子１６と接眼光学系１８との間の光路中には、検光子１７のみが光学部材として配置されており、例えば照明プリズムのような乱反射する光学素子は存在せず、中空となっている。これにより、そのようなプリズム内面での不要反射によるフレア光が生じることは全く無く、高コントラストでかつ高画質の映像を観察することができる。

[0043] なお、後述する接眼光学系１８は、ＹＺ面に対して軸非対称な光学系であり、ＹＺ面が軸非対称の対称面となっている。したがって、接眼光学系１８

の対称面とミラー１３（照明光学系）の対称面とは、同一平面内にある。

[0044] 一方向拡散板１４は、光源１１から出射される光を、接眼光学系１８の対称面に垂直なＸ方向に拡散させて液晶素子１６に導くものである。より詳しくは、一方向拡散板１４は、入射光をＸ方向には４０度拡散させ、Ｙ方向には０．５度拡散させる。なお、一方向拡散板１４の代わりに、入射光を両方向に拡散する通常の拡散板を用いてもよい。

[0045] 偏光板１５は、光源１１から出射された光のうち、偏光子１２を透過した所定の偏光方向の光（例えばＰ偏光）を透過させてミラー１３に導くとともに、ミラー１３にて反射された光（例えばＰ偏光）を透過させて液晶素子１６に導く。この偏光板１５により、一方向拡散板１４による拡散によって検光子１７を透過する成分が発生しても、これを除去することが可能となり、高コントラストな映像を観察することができる。

[0046] 検光子１７は、液晶素子１６から出射される光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて接眼光学系１８に導く。なお、上記所定の偏光方向の光とは、偏光子１２および偏光板１５を透過する光とは偏光方向が直交する光（例えばＳ偏光）である。したがって、検光子１７は、偏光子１２とクロスニコルとなるように配置されていると言える。

[0047] 液晶素子１６は、複数の画素をマトリクス状に有し、入射光（光源１１からの光）を画像データに応じて各画素ごとに変調する反射型の光変調素子である。より具体的には、液晶素子１６は、シリコン基板２１（第１の基材）と、液晶封止基材２２（第２の基材）と、液晶２３とを有しており、この他にも図示しない対向電極や配向膜、制御回路を有している。

[0048] シリコン基板２１には、各画素に対応して反射電極が形成されているとともに、走査線および信号線などの配線や、各画素をＯＮ／ＯＦＦ駆動するためのスイッチング素子（例えばＴＦＴ）が形成されている。液晶封止基材２２は、例えば透明なカバーガラスからなり、上記の対向電極が形成される基板である。液晶２３は、シリコン基板２１と液晶封止基材２２とで挟持されており、偏光の位相を制御して入射光を変調する。本実施形態では、液晶２

３は、強誘電性液晶で構成されている。

[0049] 液晶２３は、黒表示であれば、液晶分子の長軸方向（遅相軸の方向）がＰ偏光に平行あるいは垂直となるように制御され、入射するＰ偏光をＰ偏光のまま射出（反射）する一方、白表示であれば、１／４波長板（往復で１／２波長板）として働き、入射するＰ偏光をＳ偏光に変換して射出（反射）する。

[0050] 液晶素子１６は、矩形の表示画面の長辺方向がＸ方向となり、その短辺方向がＹ方向となるように配置されている。液晶素子１６はカラーフィルタを有してはおらず、それゆえ、液晶素子１６の各画素は、光源１１から時分割で順に供給されるＲＧＢの光のそれぞれに対応して時分割でＯＮ／ＯＦＦ駆動され、同一画素でＲＧＢの表示が時分割に行われる。これにより、観察者にカラー映像を提供することができる。また、液晶素子１６はカラーフィルタを有していないので、液晶素子１６の光透過率は高い。

[0051] 反射型の液晶素子１６においては、上述のようにシリコン等の半導体を基板として用いることができるため、小型で集積度の高い液晶素子１６を作製することができる。しかも、上記のスイッチング素子や配線を含む周辺回路を、上記基板の裏面（表示側とは反対側の面）に配置することができるので、開口率を容易に向上させることができ、明るい映像を表示することができる。また、強誘電性液晶は、駆動速度が速いことがメリットであるので、それゆえ、上記の時分割駆動方式を採用することができる。さらに、強誘電性液晶を用いることにより、ＴＮ液晶を用いる場合よりも高コントラストの映像を表示できるので、瞳位置のずれに関係なく高コントラストの映像を観察できる後述する本発明の効果が非常に有効となる。

[0052] 接眼光学系１８は、映像表示素子（特に液晶素子１６）から出射される映像光を光学瞳Ｅに導く光学系であり、軸非対称な正の光学パワーを有している。この接眼光学系１８は、接眼プリズム３１と、偏向プリズム３２と、ホログラム光学素子３３とを有して構成されている。

[0053] 接眼プリズム３１は、入射光すなわち液晶素子１６からの映像光を内部で

全反射させてホログラム光学素子３３まで導光する一方、外光を透過させる第１の透明基板であり、偏向プリズム３２とともに、例えばアクリル系樹脂で構成されている。この接眼プリズム３１は、平行平板の下端部を薄くして楔状にし、その上端部を厚くした形状で構成されている。また、接眼プリズム３１は、その下端部に配置されるホログラム光学素子３３を挟むように偏向プリズム３２と接着剤で接合されている。

[0054] 偏向プリズム３２は、平面視で略Ｕ字型の平行平板で構成されており（図２参照）、接眼プリズム３１の下端部および両側面部（左右の各端面）と貼り合わされたときに、接眼プリズム３１と一体となって略平行平板となる第２の透明基板である。この偏向プリズム３２を接眼プリズム３１に接合することにより、観察者が接眼光学系１８を介して観察する外界像に歪みが生じるのを防止することができる。

[0055] つまり、例えば、接眼プリズム３１に偏向プリズム３２を接合させない場合、外界像の光は接眼プリズム３１の楔状の下端部を透過するときに屈折するので、接眼プリズム３１を介して観察される外界像に歪みが生じる。しかし、接眼プリズム３１に偏向プリズム３２を接合させて一体的な略平行平板を形成することで、外界像の光が接眼プリズム３１の楔状の下端部を透過するときの屈折を偏向プリズム３２でキャンセルすることができる。その結果、シースルーで観察される外界像に歪みが生じるのを防止することができる。

[0056] ホログラム光学素子３３は、液晶素子１６から出射されるＲＧＢの映像光をそれぞれ回折させて光学瞳Ｅに導く体積位相型で反射型のホログラムである。ホログラム光学素子３３は、光学的に軸非対称な正のパワーを持ち、非球面凹面ミラーと同様の機能を持っている。これにより、装置を構成する各光学部材の配置の自由度を高めて装置を容易に小型化することができるとともに、良好に収差補正された映像を観察者に提供することができる。

[0057] ホログラム光学素子３３は、例えば、回折効率のピーク波長および回折効率半値の波長幅で４６５±５ｎｍ（Ｂ光）、５２１±５ｎｍ（Ｇ光）、６３

４±５ｎｍ（Ｒ光）の３つの波長域の光を回折（反射）させるように作製されている。ここで、回折効率のピーク波長とは、回折効率がピークとなるときの波長のことであり、回折効率半値の波長幅とは、回折効率が回折効率ピークの半値となるときの波長幅のことである。

[0058] ホログラム光学素子３３は、特定入射角の特定波長の光のみを回折するように作製されているので、外光の透過にはほとんど影響しない。したがって、観察者は、接眼プリズム３１、ホログラム光学素子３３および偏向プリズム３２を介して外界像を通常通り見ることができる。

[0059] さらに、上述の数値関係から、ホログラム光学素子３３の回折効率のピーク波長と、光源１１から出射される光強度のピーク波長（中心波長）とは略一致していると言える。このような設定では、光源１１から出射される光のうちで光強度がピークとなる波長付近の光が、ホログラム光学素子３３にて効率よく回折されるので、外界像に重畳しても明るく、見やすい映像を観察者に提供することができる。また、各色の光学瞳の位置がＹ方向で一致し、全体の光学瞳Ｅを小さくすることができる。

[0060] （映像表示装置の動作）

次に、上記構成の映像表示装置１の動作について説明する。

[0061] 光源１１から時分割で出射されるＲＧＢの各色光（例えばＰ偏光）は、まず偏光子１２を透過し、偏光板１５および一方向拡散板１４を介してミラー１３に入射し、そこで反射される。そして、ミラー１３での反射光（Ｐ偏光）は、再び一方向拡散板１４に入射してそこでＸ方向に拡散され、偏光板１５を透過して液晶素子１６に入射する。

[0062] 液晶素子１６では、入射光が反射されるが、その際にＲＧＢごとの画像データに応じて各画素ごとに位相変調される。例えば黒表示に対応する画素では、入射光は位相変調されず、Ｐ偏光のまま液晶素子１６から出射され、検光子１７で吸収される。一方、白表示に対応する画素では、液晶素子１６が１／４波長板（往復で１／２波長板）として作用し、入射光はＳ偏光に変換され、検光子１７を透過する。液晶素子１６での変調時間または光源１１か

ら出射される光の強度を制御することにより、ＬＣＤにてカラー映像を表示することができる。なお、Ｐ偏光およびＳ偏光のうち、どちらを白表示に利用するかは任意である。

[0063] 検光子１７を透過した映像光は、接眼光学系１８の接眼プリズム３１に、凸の曲面を有する面３１ａを介して内部に入射する。入射した映像光は、接眼プリズム３１の対向する２つの平面（面３１ｂ・３１ｃ）で複数回全反射され、接眼プリズム３１の下端に配置されたホログラム光学素子３３まで導かれ、そこで反射されて光学瞳Ｅに導かれる。したがって、光学瞳Ｅの位置では、観察者は、ＬＣＤに表示されたＲＧＢごとの映像の拡大虚像をカラー映像として観察することができる。

[0064] 一方、接眼プリズム３１、偏向プリズム３２およびホログラム光学素子３３は、外光をほとんど全て透過させるので、観察者は外界像をシースルーで観察することができる。したがって、ＬＣＤに表示された映像の虚像は、外界像の一部に重なって観察されることになる。

[0065] 本実施形態では、検光子１７は、偏光子１２とクロスニコルとなるように配置されており、黒表示において、液晶素子１６は偏光子１２を透過した光（Ｐ偏光）の偏光方向を保持し、検光子１７はその偏光方向の光を吸収する。このように、黒表示時において、液晶素子１６は偏光子１２を透過した光を偏光変換しないので、偏光子１２を透過して液晶素子１６に入射し、そこから射出される光（黒表示の映像光）を検光子１７が確実に吸収して高コントラストな映像を観察することが可能となる。したがって、液晶素子１６にて偏光を回さずに黒表示を行う構成において、後述する本発明の構成、すなわち、Ｘ方向の瞳位置に関係なく高コントラストの映像を観察するための構成（偏光子１２、液晶素子１６、検光子１７の光軸に対する傾斜配置）が非常に有効となる。

[0066] このとき、偏光子１２の透過軸は、接眼光学系１８の軸非対称の対称面（ＹＺ面）に平行または垂直であることが望ましい。この構成では、偏光子１２の透過軸の方向が、ＹＺ面に平行な成分および垂直な成分の両方を同時に

持たないので、後述するように偏光子１２または検光子１７がＹＺ面内で所定の傾斜角でそれぞれ傾斜しても、偏光子１２の透過軸と検光子１７の吸収軸（透過軸に垂直な軸）とをＹＺ面に平行に維持することができる。これにより、黒表示時に偏光子１２を透過した光を検光子１７が確実に吸収して高コントラストな映像を観察することが可能となる。

[0067] また、本実施形態の映像表示装置１では、接眼光学系１８のホログラム光学素子３３は、ＬＣＤからの映像光と外光とを同時に観察者の瞳に導くコンバイナとして用いられているので、観察者は、ホログラム光学素子３３を介して、ＬＣＤから提供される映像と外界像とを同時に観察することができる。

[0068] また、ホログラム光学素子３３は、Ｐ偏光よりもＳ偏光の回折効率が高いので、本実施形態のように液晶素子１６から射出されて検光子１７を透過する映像光をＳ偏光とすることにより、明るく、色純度の高い映像を観察者に観察させることができる。なお、液晶素子１６からＰ偏光を射出し、検光子１７を通過した後に１／２波長板でＳ偏光に変換する構成であってもよい。

[0069] また、偏向プリズム３２は、接眼プリズム３１の楔部分での外光の屈折をキャンセルするので、観察者は接眼プリズム３１、偏向プリズム３２およびホログラム光学素子３３を通して、外界光を歪むことなく観察することができる。また、映像光を接眼プリズム３１内で反射して眼に導く構成としたので、通常の眼鏡レンズと同程度に接眼プリズム３１を薄く（例えば３ｍｍ程度に）構成することができ、さらに小型軽量となる。また、接眼プリズム３１内での反射を全反射としたので、観察者は接眼プリズム３１の面３１ｂ・３１ｃを通して、外光の透過率を落とすことなく外界像を観察することができる。

[0070] また、映像表示装置１は、軸非対称な光学系であるので、接眼光学系１８で利用される映像光の主光線（光軸上の光線）は、液晶素子１６の表示面に対してＹＺ面内でＹ方向に傾斜している。強誘電タイプの液晶素子１６は、位相板として作用しないときに黒表示するため、ＹＺ面内においては、液晶

分子が偏光方向と一致しており、偏光を変化させない。したがって、液晶素子１６に対して斜め入射しても黒表示の漏れ光が少なく、コントラストの高い表示が可能である。一方、白表示時は液晶素子１６が１／４波長板（往復で１／２波長板）として作用するため、波長により検光子１７を通過する光の強度が異なる（波長依存性）。しかし、この波長依存性は、光源１１から出射される光の強度調整や、液晶素子１６での変調時間を調整することでキャンセルすることが可能である。

[0071] また、本実施形態では、光源１１と光学瞳Ｅとの位置関係は、ほぼ共役となっている（図３参照）。ここで、反射型の液晶素子１６は開口率が高いので、液晶素子１６の各画素での拡散は小さい。したがって、光源１１と光学瞳Ｅとは、光学的には、Ｙ方向でほぼ共役であると言える。一方、Ｘ方向では、ミラー１３の光学パワーが無いので、光源１１と光学瞳Ｅとは光学的に共役ではない。また、ミラー１３は、光源１１からの光を集光した後、一方向拡散板１４によって拡散される光が効率よく光学瞳Ｅを形成するように配置されており、光学瞳Ｅの位置にて明るい映像を観察することが可能である。

[0072] また、本実施形態では、光学瞳Ｅは、強度半値でＸ方向に６ｍｍ、Ｙ方向に２ｍｍの大きさとなるように、各光学部材の光学配置と光学パワーとを設定している。なお、Ｙ方向には、光源１１の発光面積（例えば０．３ｍｍ角）が、一方向拡散板１４での０．５度の拡散と、液晶素子１６での２度程度の拡散により、共役関係の像倍率で形成される瞳よりも少し大きく形成されている。

[0073] このように、光学瞳Ｅは、一方向（Ｘ方向）には人間の瞳（３ｍｍ程度）よりも大きい６ｍｍの大きさなので、観察者は映像を観察しやすい。一方、光学瞳Ｅは、他の方向（Ｙ方向）には人間の瞳よりも小さい２ｍｍの大きさなので、光源１１からの光は上記方向においては光学瞳Ｅに無駄なく集光する。これにより、観察者は、明るい映像を観察することができる。つまり、観察者が映像を観察する際には、Ｘ方向を観察者の左右方向、Ｙ方向を上下

方向に設定すれば、観察者は目がよく動いて観察範囲の広い左右方向には大きな瞳で映像を観察しやすく、上下方向には小さい瞳に集光して明るい映像を観察することが可能となる。

[0074] （光学瞳の設定による色ムラの低減効果について）

本実施形態では、光学瞳Ｅは、上述したように、強度半値でＸ方向に６ｍｍ、Ｙ方向に２ｍｍの大きさとなるように設定されている。つまり、光学瞳Ｅは、Ｙ方向、すなわち、ホログラム光学素子３３の光軸入射面（ＹＺ平面）に平行な方向よりも、Ｘ方向、すなわち、光軸入射面に垂直な方向に大きい。このように光学瞳Ｅの大きさを設定することにより、ホログラム光学素子３３の波長特性（波長選択性）の影響をあまり受けずに、観察者は色ムラの少ない高画質の映像を観察することができる。その理由は以下の通りである。

[0075] まず、ホログラム光学素子３３における入射角と波長選択性との関係について説明する。０度より大きい入射角を持つ光を回折させる干渉縞を持つホログラム光学素子３３では、光軸入射面に平行な方向よりも光軸入射面に垂直な方向において、波長選択性が小さい（入射角のずれによる回折波長のずれが小さい）。言い換えると、光軸入射面に平行な方向よりも光軸入射面に垂直な方向のほうが、干渉縞への入射角のずれに対する角度選択性が低い。これは、ホログラム光学素子３３の干渉縞に光が入射角を有して入射する場合、光軸入射面内での入射角の角度ずれは、そのまま入射角の角度ずれとなるため、回折波長に対する影響が大きいが、光軸入射面に垂直な方向の角度ずれは、入射角のずれとしては小さく、回折波長に対する影響は小さいからである。

[0076] したがって、ホログラム光学素子３３の干渉縞に所定の入射角からずれた角度の光が入射すると、同じ角度ずれでも、光軸入射面に平行なＹ方向での角度ずれのほうが、光軸入射面に垂直なＸ方向の角度ずれよりも、大きく回折波長がずれる（すなわち、光軸入射面に平行なＹ方向は、波長選択性が大きい）。

[0077] したがって、回折波長の変化が大きいＹ方向に光学瞳Ｅを小さく形成することにより、回折波長の変化の範囲が狭くなるので、光学瞳Ｅ上での色ムラを低減することができる。また、光軸入射面に垂直なＸ方向に光学瞳Ｅを大きく形成しても、色純度の高い映像を観察者に提供することができる。なお、光軸入射面外の光は入射面が光軸入射面と若干平行ではないが、前述の通り、光軸入射面に垂直な方向の角度ずれは回折波長に対する影響が小さいので、光軸入射面を基準にしても色ムラが大きくなることはない。

[0078] （偏光子、液晶素子、検光子の位置関係について）

次に、偏光子１２、液晶素子１６、検光子１７の位置関係について説明する。

[0079] 図１（ａ）は、上述した映像表示装置１において、光軸ＡＸに沿って光源１１から光学瞳Ｅまでの光路をＹＺ面内で展開した説明図であり、図１（ｂ）は、上記光路をＺＸ面内で展開した説明図である。なお、図１（ａ）の一点鎖線は、光学瞳Ｅの中心からＹ方向にずれた位置（例えばＹ方向端部）に向かう液晶素子１６からの光（以下、Ｙ方向瞳端の光と称する）を指す。また、図１（ｂ）の二点鎖線は、光学瞳Ｅの中心からＸ方向にずれた位置（例えばＸ方向端部）に向かう液晶素子１６からの光（以下、Ｘ方向瞳端の光と称する）を指す。光学瞳Ｅは、前述の通り、Ｙ方向よりもＸ方向に大きく設定されている。

[0080] 図１（ａ）（ｂ）に示すように、接眼光学系１８は、ＹＺ面内では軸非対称であり、ＺＸ面内では軸対称の光学系である。そして、接眼光学系１８が軸非対称となるＹＺ面内（対称面内）において、光軸ＡＸは液晶素子１６の素子面に対して垂直以外の傾斜角で傾斜している。

[0081] ここで、光軸ＡＸ上の光線を主光線とし、ＹＺ面内における主光線の液晶素子１６への入射角をθ（°）とする。すなわち、θは、ＹＺ面内での液晶素子１６の素子面の法線と光軸ＡＸとのなす角度である。なお、光学系は、光学収差を小さくするために略テレセントリックに設定されているので、素子面の中心以外に入射する光線についても同様に、ＹＺ面内では角度θに近

い入射角で液晶素子１６に入射する。本実施形態では、各光学部材の配置の自由度を大きくしつつ、光学性能（例えば収差に関する性能）を確保しながら装置を小型化するために、$\theta \geqq 10°$に設定している。

[0082] また、軸非対称な系の対称面であるＹＺ面内において、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面との相対角度をα（°）とし、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面との相対角度をβ（°）とする。なお、以下では、α、βを、それぞれ、偏光子１２の傾斜角、検光子１７の傾斜角とも称する。

[0083] 本実施形態では、光軸ＡＸに沿って光路を展開したときに、ＹＺ面内で、$\alpha < \theta$、かつ、$\beta < \theta$となるように、偏光子１２、液晶素子１６および検光子１７が配置されている。これにより、観察者の瞳のＸ方向の位置によらず、黒表示時の映像光を検光子１７にて確実に吸収して高コントラストの映像を観察することが可能となる。その理由は、以下の通りである。

[0084] 図４は、光軸ＡＸ上の光の進行方向X_0と、Ｘ方向瞳端の光の進行方向X_1と、液晶２３の液晶分子の遅相軸の方向D_0との関係を模式的に示す説明図である。また、図５は、光軸ＡＸ上の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。光軸ＡＸ上の光について、偏光子１２の透過軸の方向および液晶２３の黒表示時の遅相軸の方向は、Ｙ方向に設定されており、検光子１７の透過軸の方向は、Ｘ方向に設定されている。

[0085] 液晶素子１６の素子面の法線はＹＺ面内で光軸ＡＸに対して角度θだけ傾いており、液晶２３の黒表示時の遅相軸はＹＺ面内で傾いている。ここで、偏光子１２および検光子１７は、液晶２３の黒表示時の遅相軸と光軸とを含む面に平行な面内で傾斜角αおよび傾斜角βでそれぞれ傾斜しているので、光軸ＡＸ上の光については、偏光子１２の透過軸の方向と、液晶２３の黒表示時の遅相軸の方向と、検光子１７の透過軸の方向とは、上記光の進行方向に垂直な面内で傾くことがなく、偏光子１２を通過した光は検光子１７で確実に吸収されて高コントラストとなる。このことは、図４に示すように、例えば、液晶２３の黒表示時の遅相軸の方向D_0は、光軸ＡＸ上の光が進行する

X_0の方向から見るとＹ方向となり、光軸ＡＸに垂直なＸＹ面内ではＹ方向から傾かないことから容易に理解できる。同様に、偏光子１２の透過軸および検光子１７の透過軸も上記面内では傾かない。また、光軸ＡＸ上の光だけでなく、例えば図１（ａ）の一点鎖線で示すＹ方向瞳端の光についても同様に、偏光子１２の透過軸の方向と、液晶２３の黒表示時の遅相軸の方向と、検光子１７の透過軸の方向とは、上記光の進行方向に垂直な面内では傾かないので、高コントラストである。

[0086] 一方、図６は、図１（ｂ）の二点鎖線で示すＸ方向瞳端の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。液晶２３の黒表示時の遅相軸がＹＺ面内で傾いているため、Ｘ方向瞳端の光については、図４に示すように、液晶２３の黒表示時の遅相軸の方向D_0は、Ｘ方向瞳端の光が進行するX_1の方向から見ると傾いており、例えば光軸ＡＸに垂直な投影面内ではD_1の方向となる。このため、Ｘ方向瞳端の光については、図６に示すように、液晶２３の黒表示時の遅相軸は上記光の進行方向に垂直な面内でＹ方向から角度Ｂだけ少しずれる。同様に、偏光子１２および検光子１７は、$\alpha < \theta$、かつ、$\beta < \theta$となるようにＹＺ面内で傾いているため（図１（ａ）参照）、Ｘ方向瞳端の光については、偏光子１２の透過軸は、上記進行方向に垂直な面内でＹ方向から角度Ａだけ少しずれ、検光子１７の透過軸は、上記進行方向に垂直な面内でＸ方向から角度Ｃだけ少しずれる。

[0087] 黒表示時には、検光子１７が偏光子１２からの光を全て吸収して、光漏れしないのが理想であるが、１／２波長板として作用する液晶２３の遅相軸と、偏光子１２および検光子１７の各透過軸が平行あるいは垂直からずれると、ずれ角が大きいほど検光子１７を透過する光が多く発生し、その量は、検光子１７に入射する光の偏光方向と検光子１７の透過軸の方向とのずれ角の正弦の２乗に比例する。したがって、図６の例では、偏光子１２を透過した光のうち、

$\{\sin(2B-A-C)\}^2$

の割合に相当する光が検光子１７を透過することになる。

[0088] しかし、本実施形態では、偏光子１２の傾斜角αおよび検光子１７の傾斜角βをθ未満に設定していることにより、Ｘ方向瞳端の光についての偏光子１２の透過軸の方向または検光子１７の透過軸の方向を、黒表示時の液晶２３の遅相軸の方向のずれと同じか、それ以下のずれ量でずらすことができる。これにより、ずれ量（｜Ｂ－Ａ｜あるいは｜Ｂ－Ｃ｜）は小さくなる。しかも、黒表示時の液晶２３の遅相軸と、偏光子１２および検光子１７の透過軸とが同じ方向にずれるので、偏光子１２からの光のうち、検光子１７を透過する成分は非常に小さくなる。このことは、Ｘ方向瞳端の光についてのみならず、光学瞳Ｅの中心からＸ方向にずれたどの位置に向かう光についても言える。したがって、観察者の瞳のＸ方向の位置によらず、黒表示時の映像光を検光子１７にて確実に吸収して高コントラストな映像を観察することができる。

[0089] 例えば、接眼光学系１８の焦点距離を２０ｍｍとし、光学瞳ＥのＸ方向の大きさを５ｍｍとしたとき、液晶素子１６の素子面の中心から射出されてＸ方向の瞳端に向かう光線のＺＸ平面内での光軸ＡＸとのなす角は、約１４°となる。このとき、θ＝１５°、α＝３°、β＝１°に設定すると、角度Ａは約３°、角度Ｂは約３．８°、角度Ｃが約４．１°となる。ゆえに、上述の式から、入射光を１としたときの割合で０．００００８だけ光が漏れることになる。例えば、光軸上では白と黒の比が１００対１のコントラストとなる場合、Ｘ方向瞳端ではコントラストが１００対１．００８となり、ほぼ光軸上と同じ高コントラストを達成することができる。なお、光軸上で１０００対１などのさらに高コントラストの場合でも、光軸上で１００対１よりも低いコントラストの場合でも、Ｘ方向瞳端では高コントラストな映像を観察することができる。

[0090] 以上では、ＹＺ面内で、α＜θ、かつ、β＜θとなる場合について説明したが、α＜θおよびβ＜θの少なくとも一方を満足していれば、Ｘ方向の瞳位置に関係なく高コントラストの映像を観察できる本発明の効果を得ること

ができる。α＜θおよびβ＜θの一方を満足する例については後述するが、特に、本実施形態のように、α＜θおよびβ＜θの両方を満足することにより、その効果を確実に得ることができる。

[0091] （α＝θ、かつ、β＝θのときのコントラストについて）

次に、ＹＺ面内で、αおよびβが上限のθであるときのＸ方向瞳端でのコントラストについて説明する。図７（ａ）は、ＹＺ面内で、α＝θ、かつ、β＝θとなる映像表示装置１の光路を光軸ＡＸに沿ってＹＺ面内で展開した説明図であり、図７（ｂ）は、上記映像表示装置１の光路を光軸ＡＸに沿ってＺＸ面内で展開した説明図である。

[0092] ＹＺ面内で、α＝θ、かつ、β＝θのとき、偏光子１２および検光子１７は、光軸ＡＸに垂直となるように配置され、互いに平行となる。ただし、ここでは、ＹＺ面内で光路を展開したときに、液晶素子１６の素子面の法線が光軸ＡＸに近づく方向と同方向に＋θだけ、偏光子１２および検光子１７を傾けているものとする。

[0093] 光軸ＡＸ上の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向については、図５と同様である。つまり、偏光子１２および検光子１７は、液晶２３の黒表示時の遅相軸と光軸とを含む面に平行な面内で傾斜角α（＝θ）および傾斜角β（＝θ）でそれぞれ傾斜しているので、光軸ＡＸ上の光については、偏光子１２の透過軸の方向と、液晶２３の黒表示時の遅相軸の方向と、検光子１７の透過軸の方向は、上記光の進行方向に垂直な面内で傾くことがなく、偏光子１２を通過した光は検光子１７で確実に吸収されて高コントラストとなる。また、光軸ＡＸ上の光だけでなく、例えば図７（ａ）の一点鎖線で示すＹ方向瞳端の光についても、同様に高コントラストである。

[0094] 一方、図８は、図７（ｂ）の二点鎖線で示すＸ方向瞳端の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。Ｘ方向瞳端の光については、図６の場合と同様に、液晶２３の黒表示時の遅相軸はＹ方向から角度Ｄ（°）だけず

れる。しかし、図７（ａ）に示すように、偏光子１２および検光子１７は、光軸ＡＸに対してほぼ垂直であるため、各透過軸はＹ方向およびＸ方向からほとんどずれない。したがって、図９に示すように、偏光子１２を透過した光は、液晶２３の遅相軸のＹ方向からのずれの２倍の角度２Ｄだけ偏光方向が回転する（液晶２３は１／２波長板として作用するため２倍になる）。その結果、偏光子１２を透過した光のうち、

｛ｓｉｎ（２Ｄ）｝^{2}

の割合に相当する光（検光子１７の透過軸に平行な成分Ｐ）が検光子１７を透過する。

[0095] ここで、接眼光学系１８の焦点距離等を上記と同様の条件に設定してＸ方向瞳端でのコントラストを算出すると、角度Ｄ＝３．８°の２倍の角度ずれが漏れ光に影響し、その漏れ光の量は、入射光を１としたときの割合で０．０１７となる。したがって、光軸上で１００対１のコントラストの場合、Ｘ方向瞳端では１００対２．７となる。言い換えると、本発明によれば、光軸上で１００対１のコントラストの場合、Ｘ方向瞳端で最低でも１００対２．７のコントラストとなる。

[0096] なお、図１０および図１１は、図１（ａ）（ｂ）の構成および図７（ａ）（ｂ）の構成における、偏光子１２の透過軸、液晶２３の白表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図であって、図１０は光軸上の光についてのものを、図１１はＹ方向瞳端でのものをそれぞれ示している。白表示の場合、図１０に示すように、光軸上の光についても、液晶２３の遅相軸の方向は４５度からずれ、偏光子１２を透過した光の偏光方向を検光子１７が透過する方向に確実には回転できない。しかしながら、白の明るさが多少暗くなってもコントラストはほとんど変わらない。例えば、コントラストが１００対１の表示に対して、白レベルを１００としたとき、白が２だけ低下しても９８対１になるだけで、依然、高コントラストである。また、図１１に示すように、Ｙ方向瞳端の光については、白表示時に液晶２３の遅相軸がさらに４５度から大きくずれるが、前述の通り、コントラストへ

の影響は小さいと言える。

[0097] （偏光子および検光子の傾き方向とコントラストとの関係について）

次に、ＹＺ面内における偏光子１２および検光子１７の傾き方向とコントラストとの関係について、シミュレーションした結果について説明する。なお、検光子１７に入射する光の偏光方向と検光子１７の透過軸とのずれ角（相対角度）をδとすると、δ＝２Ｂ－Ａ－Ｃであり、ここでは、Ｂ＝Δθ（°）とする。また、αおよびβの正負は、ＹＺ面内で光路を展開したときに、液晶素子１６の素子面の法線が光軸ＡＸに近づく方向と同方向の偏光子１２および検光子１７の傾き方向（回転方向）を正（例えば＋θ）とする。

（１）α＝＋θ、かつ、β＝＋θの場合

図１２（ａ）は、αおよびβを上記のように設定した映像表示装置１のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、図１２（ｂ）は、上記映像表示装置１において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。ＹＺ面内で、α＝＋θ、かつ、β＝＋θの場合、すなわち、上述したように、偏光子１２および検光子１７が光軸ＡＸに垂直となるように配置され、互いに平行となる場合、黒表示時は、Ａ＝０°、Ｂ＝Δθ、Ｃ＝０°となり、上式より、δ＝２Δθとなる。したがって、Ｘ方向瞳端の光については、黒表示の映像光が検光子１７から若干漏れて、後述する（２）（３）の場合よりもコントラストは低くなるが、最低でもこのコントラストを確保することができる。

（２）α＝＋θ、かつ、β＝－θの場合

図１３（ａ）は、αおよびβを上記のように設定した映像表示装置１のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、図１３（ｂ）は、上記映像表示装置１において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。ＹＺ面内で、α＝＋θ、かつ、β＝－θの場合、すなわち、偏光子１２と検光子１７とが互いに平行でなく（偏光子１２と検光子１７とは互いに逆

方向に傾き）、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面との相対角度αが、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面との相対角度βに等しい場合、黒表示時は、Ａ＝０°、Ｂ＝Δθ、Ｃ＝２Δθとなり、上式より、δ＝０°となる。したがって、この条件の場合は、Ｘ方向瞳端の光について検光子１７での漏れ光を確実に無くし、確実に高コントラストを実現することができる。

（３）α＝－θ、かつ、β＝＋θの場合

図１４（ａ）は、αおよびβを上記のように設定した映像表示装置１のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、図１４（ｂ）は、上記映像表示装置１において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。ＹＺ面内で、α＝－θ、かつ、β＝＋θの場合、すなわち、偏光子１２と検光子１７とが互いに平行でなく（偏光子１２と検光子１７とは互いに逆方向に傾き）、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面との相対角度αが、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面との相対角度βに等しい場合、黒表示時は、Ａ＝２Δθ、Ｂ＝Δθ、Ｃ＝０°となり、上式より、δ＝０°となる。したがって、この条件の場合も、Ｘ方向瞳端の光について検光子１７での漏れ光を確実に無くし、確実に高コントラストを実現することができる。

（４）α＝－θ、かつ、β＝－θの場合

図１５（ａ）は、αおよびβを上記のように設定した映像表示装置１のＹＺ面内で光路を展開した説明図であり、図１５（ｂ）は、上記映像表示装置１において、Ｘ方向瞳端の光についての、偏光子１２の透過軸、液晶２３の黒表示時の遅相軸、検光子１７の透過軸の各方向を模式的に示す説明図である。ＹＺ面内で、α＝－θ、かつ、β＝－θの場合、すなわち、偏光子１２および検光子１７が光軸ＡＸに垂直ではなく、かつ、互いに平行となる場合、黒表示時は、Ａ＝２Δθ、Ｂ＝Δθ、Ｃ＝２Δθとなり、上式より、δ＝－２Δθとなる。したがって、Ｘ方向瞳端の光については、黒表示の映像光が検光子１７から若干漏れて、上記の（２）（３）の場合よりもコントラストは低くなるが、上記（１）の場合と同様に、最低でもこのコントラストを

確保することができる。

[0098] なお、上記（２）（３）のように、偏光子１２と検光子１７とが互いに平行でなく、かつ、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面との相対角度αが、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面との相対角度βに等しい構成は、ＹＺ面内でα＜θまたはβ＜θの条件を満足しない場合でも有効であり（αおよびβの少なくとも一方がθより大きい場合でも有効であり）、この場合でもＸ方向の位置に関係なく、高コントラストの映像を観察することができる。

[0099] つまり、上記（２）（３）の実施形態は、「光軸に沿って光路を展開したときに、接眼光学系の軸非対称の対称面内で、偏光子の面と液晶素子の素子面との相対角度、および検光子の面と素子面との相対角度のうちの少なくとも一方の相対角度が、光軸と素子面の法線との相対角度未満である」という条件でなくても高コントラストを実現することができる。

[0100] （映像表示装置の他の構成について）

図１６は、本実施形態の映像表示装置１の他の構成を模式的に示す説明図である。なお、同図では、接眼光学系１８以降の構成の図示を省略している。この映像表示装置１は、ＹＺ面内で光軸ＡＸに沿って光路を展開したときに、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面とが光学的に平行となるように、すなわち、β＝０°となるように、検光子１７を配置し、かつ、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面との相対角度が、素子面の法線と光軸ＡＸとのなす角度よりも大きくなるように、すなわち、α＞θとなるように、偏光子１２を配置して構成されている。したがって、偏光子１２と検光子１７とは、光学的に傾斜角を有している。なお、偏光子１２は、液晶素子１６から検光子１７に向かう光路に対して光源１１とは反対側に、すなわち、ミラー１３と液晶素子１６との間の光路中に配置されている。

[0101] 図１６の構成においては、β（＝０°）＜θであり、α＜θおよびβ＜θの一方を満足しているので、上述したように、Ｘ方向の瞳位置に関係なく高コントラストの映像を観察することができる。ただし、この構成では、α＞

θであるため、α＜θおよびβ＜θを両方満足する構成に比べると、Ｘ方向瞳端でのコントラストが若干低下するが、それでも高コントラストを実現することができる。

[0102] 例えば、接眼光学系１８の焦点距離を２０ｍｍとし、光学瞳ＥのＸ方向の大きさを５ｍｍとしたとき、液晶素子１６の素子面の中心から射出されてＸ方向の瞳端に向かう光線のＺＸ平面内での光軸ＡＸとのなす角は、約１４°となる。このとき、θ＝１５°、α＝４５°、β＝１°に設定すると、偏光子１２の面の法線と光軸ＡＸとのなす角が４５°の場合は、角度Ａは約８．２°、角度Ｂは約３．８°、角度Ｃが約４．１°となる。ゆえに、上述の式から、入射光を１としたときの割合で０．００７だけ光が漏れることになる。例えば、光軸上では白と黒の比が１００対１のコントラストとなる場合、Ｘ方向瞳端ではコントラストが１００対１．７となるが、依然として高コントラストである。なお、α＜θで、かつ、β＞θの場合でも同様のことが言える。したがって、α＜θおよびβ＜θの一方を満足するだけでも、Ｘ方向の瞳位置に関係なく比較的コントラストの高い映像を観察することができると言える。

[0103] ところで、図１７は、映像表示装置１のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。なお、同図では、接眼光学系１８以降の構成の図示を省略している。同図に示すように、偏光子１２は、ミラー１３に沿ったシリンドリカル形状、すなわち、ＹＺ面内でのみ曲率を有する形状で形成されていてもよい。この場合は、偏光子１２を曲面のミラー１３に容易に貼り付けることができ、またこれらを一体的に保持することができる。

[0104] なお、光軸ＡＸ上の光については、黒表示時の液晶２３の遅相軸と偏光子１２の透過軸とがそれぞれの面内でＹ方向からずれないので、このように偏光子１２をＹＺ面内で曲げてもコントラストが低下することはない。つまり、偏光子１２がシリンドリカル形状であるので、画面や瞳位置によりコントラストが少し異なるのはやむを得ないが、検光子１７の面を液晶素子１６の素子面と平行（β＝０°）にしていることにより、図１６の構成と同様に、

Ｘ方向の瞳位置に関係なく、コントラストの高い映像を観察することができる。なお、検光子１７をＹＺ面内で曲げる場合も上記と同様に考えることができ、この場合でもコントラストの高い映像を観察することができる。

[0105] また、図１８は、映像表示装置１のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。なお、同図では、接眼光学系１８以降の構成の図示を省略している。この映像表示装置１では、ミラー１３の代わりに照明プリズム４１を配置し、ほぼ$\alpha=\beta=0°$に設定している。

[0106] 照明プリズム４１は、凹面反射面４１ａを有しており、偏光子１２から液晶素子１６に向かう光の光路が凹面反射面４１ａで折り曲げられる。つまり、偏光子１２を透過した光源１１からの光は、照明プリズム４１の内部に入射して凹面反射面４１ａで反射され、液晶素子１６に入射する。そして、液晶素子１６から射出される光が、再び照明プリズム４１に入射してそこを透過し、検光子１７に向かう。

[0107] この構成によれば、偏光子１２の面および検光子１７の面を両方とも、液晶素子１６の素子面に光学的に平行にしているので、偏光子１２の面および検光子１７の面の一方のみを液晶素子１６の素子面に光学的に平行にする場合に比べて、Ｘ方向瞳端でさらに高コントラストの映像を観察することができる。なお、この効果は、偏光子１２の面および検光子１７の面が液晶素子１６の素子面に完全に平行でなくても、平行に近い状態であれば得ることができる。例えば、偏光子１２の面および検光子１７の面が液晶素子１６の素子面と５度以下の角度をなしていればよく、更に略平行であれば、その効果を最大限に得ることができる。以下では、完全に平行な場合、平行に近い場合の両者を含めて、略平行と称することとする。

[0108] 以上のことをまとめると、光軸ＡＸに沿って光路を展開したときに、偏光子１２の面および検光子１７の面の少なくとも一方が、液晶素子１６の素子面と略平行であればよいと言える。この場合、ＹＺ面内で、偏光子１２の面と素子面との相対角度（傾斜角α）、および検光子１７の面と素子面との相対角度（傾斜角β）のうちの少なくとも一方は、ほぼゼロとなり、確実に、

光軸ＡＸと素子面の法線との相対角度（角度θ）以下となる。これにより、光学瞳Ｅの中心からＸ方向にずれたどの位置に向かう液晶素子１６からの光についても、黒表示時の液晶２３の遅相軸と偏光子１２の透過軸との角度差、および／または黒表示時の液晶２３の遅相軸と検光子１７の透過軸との角度差を確実に小さくすることができる。その結果、観察者の瞳のＸ方向の位置によらず、さらに高コントラストの映像を観察することが可能となる。また、偏光子１２の面と検光子１７の面の両方が液晶素子１６の素子面となす角が５度以下であれば、高コントラストの映像を観察することが可能となり、特に、偏光子１２の面および検光子１７の面の両方が液晶素子１６の素子面と略平行であれば、その効果を最大限に得ることができる。

[0109] 例えば、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面とが平行で、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面とが平行でないとき、Ａ＝Ｂ＝Δθ、Ｃ≦２Δθとすれば、｜δ｜＝｜２Ｂ－Ａ－Ｃ｜≦Δθとなる。また、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面とが平行でなく、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面とが平行なとき、Ｂ＝Ｃ＝Δθ、Ａ≦２Δθとすれば、｜δ｜＝｜２Ｂ－Ａ－Ｃ｜≦Δθとなる。いずれも検光子１７での漏れ光が小さいので、Ｘ方向瞳端で高コントラストの映像を観察することができる。

[0110] また、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面とが平行で、かつ、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面とが平行なとき、例えばＡ＝Ｂ＝Ｃ＝Δθとなり、δ＝２Ｂ－Ａ－Ｃ＝０°となるため、Ｘ方向瞳端で最高にコントラストの高い映像を観察することができる。

[0111] （映像表示装置のさらに他の構成について）

図１９は、本実施形態の映像表示装置１のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。なお、同図では、接眼光学系１８以降の構成の図示を省略している。同図に示すように、照明プリズム１９の代わりに、選択透過反射面４２ａを有するシリンダミラー４２を照明光学系として用いてもよい。この構成では、偏光子１２を透過した光は、シリンダミラー４２の選択透過反射面４２ａで反射され、液晶素子１６に入射する。そして、液晶素子１６から

射出された光は、選択透過反射面４２ａを透過して検光子１７に向かう。この構成では、照明プリズム４１を用いる構成に比べて、照明光学系を軽量化することができる。

[0112] また、図２０は、本実施形態の映像表示装置１のさらに他の構成を模式的に示す説明図である。なお、同図では、接眼光学系１８以降の構成の図示を省略している。同図に示すように、偏光子１２と検光子１７とを兼ねた反射タイプの偏光板４３（例えば輝度上昇フィルム（ＤＢＥＦ；Dual Brightness Enhancement Film））を液晶素子１６の素子面に平行に配置してもよい。なお、偏光板４３の裏面側（接眼光学系１８側）には、偏光板４３を透過する光と同じ偏光方向の光を透過させる偏光板４４が配置されている。

[0113] この構成では、光源１１からの光のうちで例えばＰ偏光は、偏光板４３にて反射されて液晶素子１６に入射する。そして、液晶素子１６から射出される光（例えば白表示のＳ偏光）は、偏光板４３および偏光板４４を透過して接眼光学系１８に入射する。一方、液晶素子１６から射出される光（例えば黒表示のＰ偏光）は、偏光板４３にて大部分が吸収されるが、そこを透過したとしても、裏面の偏光板４４により確実に吸収される。このように、偏光子１２および検光子１７の代わりに偏光板４３を用いる構成であっても、偏光板４３の面を液晶素子１６の素子面と平行にすることにより、Ｘ方向の瞳位置に関係なく高コントラストの映像を観察できる本発明の効果を得ることができる。

[0114] 上記（２）、（３）のように、偏光子１２の面と検光子１７の面とは平行ではなく、偏光子１２の面と液晶素子１６の素子面との相対角度と、検光子１７の面と液晶素子１６の素子面との相対角度とが等しい配置、偏光子１２の面と検光子１７の面の少なくとも一方が、液晶素子１６の素子面と略平行な配置、あるいは、偏光子１２の面と検光子１７の面の両方が、液晶素子１６の素子面と５度以下の角度でなす配置のいずれを選択するかは、照明光学系の構成に応じて、適宜選択すればよい。

[0115] （補足）

以上では、液晶素子１６の液晶２３として、強誘電性液晶を用いた例について説明したが、液晶２３としてＩＰＳ（In Plane Switching）液晶を用いてもよい。ＩＰＳ液晶は、強誘電性液晶と同様に位相板としての機能を有しており、偏光の位相を変換して白表示を行う一方、入射する光の偏光方向と液晶分子の長軸方向とが一致するときに偏光の位相を変換せずに黒表示を行うので、高コントラストの映像を表示することができる。したがって、ＩＰＳ液晶を用いた場合でも、Ｘ方向の瞳位置に関係なく高コントラストの映像を観察できる本発明の効果が有効となる。

[0116] なお、液晶素子１６は、ＴＮ液晶を用いて構成されてもよく、カラーフィルタを有して構成されていてもよい。例えば、偏光子１２の面および／または検光子１７の面と液晶素子１６の素子面とが平行の場合に高コントラストが得られる効果は、液晶素子１６がＴＮ液晶を用いて構成される場合でも得ることができる。ただし、上述した（２）（３）のように、$\alpha = +\theta$、かつ、$\beta = -\theta$、または$\alpha = -\theta$、かつ、$\beta = +\theta$に設定して高コントラストを得る効果は、強誘電性液晶のような位相板としての機能を発揮する液晶を用いた場合にのみ得られる。つまり、ＴＮ液晶は、上述の（２）（３）以外の構成に適用することができる。

[0117] なお、本実施形態では、軸非対称な正のパワーを有するホログラム光学素子３３を用いたが、他に、自由曲面ミラーや、自由曲面を用いたプリズム、軸非対称なレンズなどを用いて接眼光学系１８を構成した場合でも、本実施形態と同様の効果を得ることができる。

[0118] なお、本実施形態では、ＨＭＤに好適な映像表示装置１について種々説明したが、本実施形態の映像表示装置１は、例えばＨＵＤ（ヘッドアップディスプレイ）などの他の装置にも適用することが可能である。

[0119] なお、本実施形態で述べた構成を適宜組み合わせて、映像表示装置１ひいてはＨＭＤを構成することも勿論可能である。

産業上の利用可能性

[0120] 本発明は、ＨＭＤやＨＵＤに利用可能である。

符号の説明

[0121] １　映像表示装置

２　支持手段

１１　光源

１２　偏光子（映像表示素子）

１３　ミラー（照明光学系）

１６　液晶素子（映像表示素子）

１７　検光子（映像表示素子）

１８　接眼光学系

２３　液晶（強誘電性液晶）

Ｅ　光学瞳

請求の範囲

[請求項1] 光源からの光を変調して映像を表示する反射型の映像表示素子と、

前記光源からの光を前記映像表示素子に導く軸非対称な照明光学系と、

前記映像表示素子からの映像光を光学瞳に導く軸非対称な接眼光学系と、を備えた映像表示装置であって、

前記映像表示素子は、

入射光を各画素ごとに変調する液晶素子と、

前記光源からの光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記液晶素子に導く偏光子と、

前記液晶素子から射出される光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記接眼光学系に導く検光子と、を有しており、

前記液晶素子の素子面の中心と前記光学瞳の中心とを光学的に結ぶ軸を光軸とすると、

前記光軸は、前記接眼光学系の軸非対称の対称面内で、前記素子面に対して垂直以外の傾斜角で傾斜しており、

前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記接眼光学系の軸非対称の対称面内で、前記偏光子の面と前記素子面との相対角度、および前記検光子の面と前記素子面との相対角度のうちの少なくとも一方の相対角度が、前記光軸と前記素子面の法線との相対角度未満であることを特徴とする映像表示装置。

[請求項2] 光源からの光を変調して映像を表示する反射型の映像表示素子と、

前記光源からの光を前記映像表示素子に導く軸非対称な照明光学系と、

前記映像表示素子からの映像光を光学瞳に導く軸非対称な接眼光学系と、を備えた映像表示装置であって、

前記映像表示素子は、

入射光を各画素ごとに変調する液晶素子と、

前記光源からの光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記液晶素子に導く偏光子と、

前記液晶素子から射出される光のうちで所定の偏光方向の光を透過させて前記接眼光学系に導く検光子と、を有しており、

前記液晶素子の素子面の中心と前記光学瞳の中心とを光学的に結ぶ軸を光軸とすると、

前記光軸は、前記接眼光学系の軸非対称の対称面内で、前記素子面に対して垂直以外の傾斜角で傾斜しており、

前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面と前記検光子の面とは平行ではなく、前記偏光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度と、前記検光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度が等しいことを特徴とする映像表示装置。

[請求項3] 前記検光子は、前記偏光子とクロスニコルとなるように配置されており、

黒表示において、前記液晶素子は前記偏光子を透過した光の偏光方向を保持し、前記検光子はその偏光方向の光を吸収することを特徴とする請求項１または２に記載の映像表示装置。

[請求項4] 前記偏光子の透過軸は、前記接眼光学系の軸非対称の対称面に平行または垂直であることを特徴とする請求項３に記載の映像表示装置。

[請求項5] 前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面および前記検光子の面の少なくとも一方が、前記液晶素子の素子面と略平行であることを特徴とする請求項１または３または４に記載の映像表示装置。

[請求項6] 前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面と前記液晶素子の素子面とがなす角度および前記検光子の面と前記液晶素子の素子面とがなす角度が、いずれも５度以内であることを特徴とする請求項１または３または４に記載の映像表示装置。

[請求項7] 前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面および前

記検光子の面が、両方とも、前記液晶素子の素子面と略平行であることを特徴とする請求項６に記載の映像表示装置。

[請求項8] 前記光軸に沿って光路を展開したときに、前記偏光子の面と前記検光子の面とは平行ではなく、前記偏光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度と、前記検光子の面と前記液晶素子の素子面との相対角度とが等しいことを特徴とする請求項１または３または４に記載の映像表示装置。

[請求項9] 前記偏光子の面と前記素子面との相対角度、および前記検光子の面と前記素子面との相対角度の両方が、前記光軸と前記素子面の法線との相対角度未満であることを特徴とする請求項１から５のいずれか１項または請求項８に記載の映像表示装置。

[請求項10] 前記液晶素子は、強誘電性液晶を有していることを特徴とする請求項１から９のいずれか１項に記載の映像表示装置。

[請求項11] 前記照明光学系は、前記液晶素子から前記接眼光学系に向かう光路外に配置されており、前記光源からの光を反射させて前記液晶素子に導くことを特徴とする請求項１から１０のいずれか１項に記載の映像表示装置。

[請求項12] 前記光軸と前記素子面の法線との相対角度は、１０度以上であることを特徴とする請求項１から１１のいずれか１項に記載の映像表示装置。

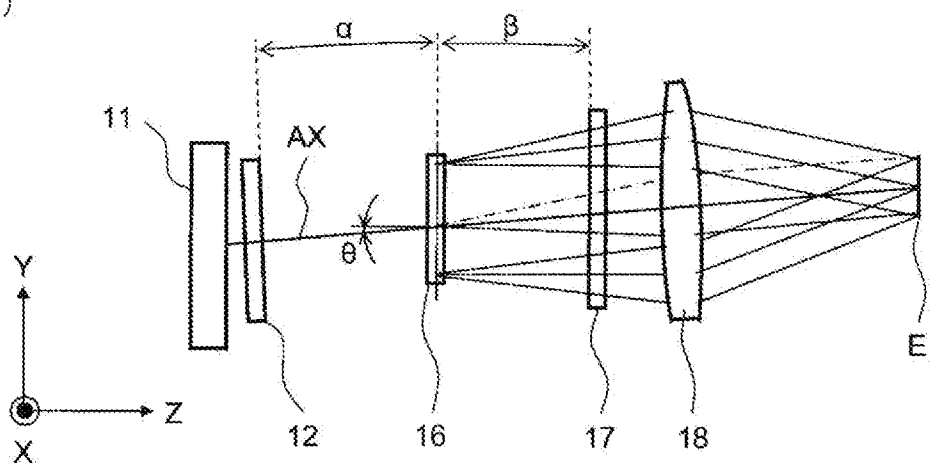
[請求項13] 前記映像表示素子は、前記接眼光学系の一端部側に配置されていることを特徴とする請求項１から１２のいずれか１項に記載の映像表示装置。

[請求項14] 請求項１から１３のいずれか１項に記載の映像表示装置と、

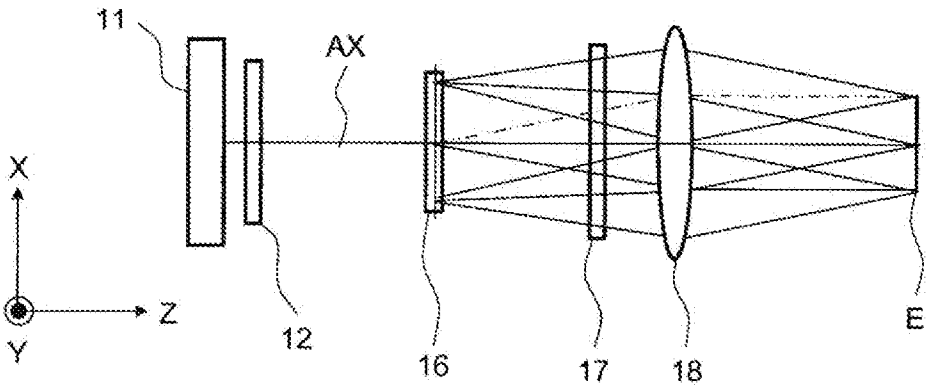
前記映像表示装置を観察者の眼前で支持する支持手段と、を有していることを特徴とするヘッドマウントディスプレイ。

[図1]

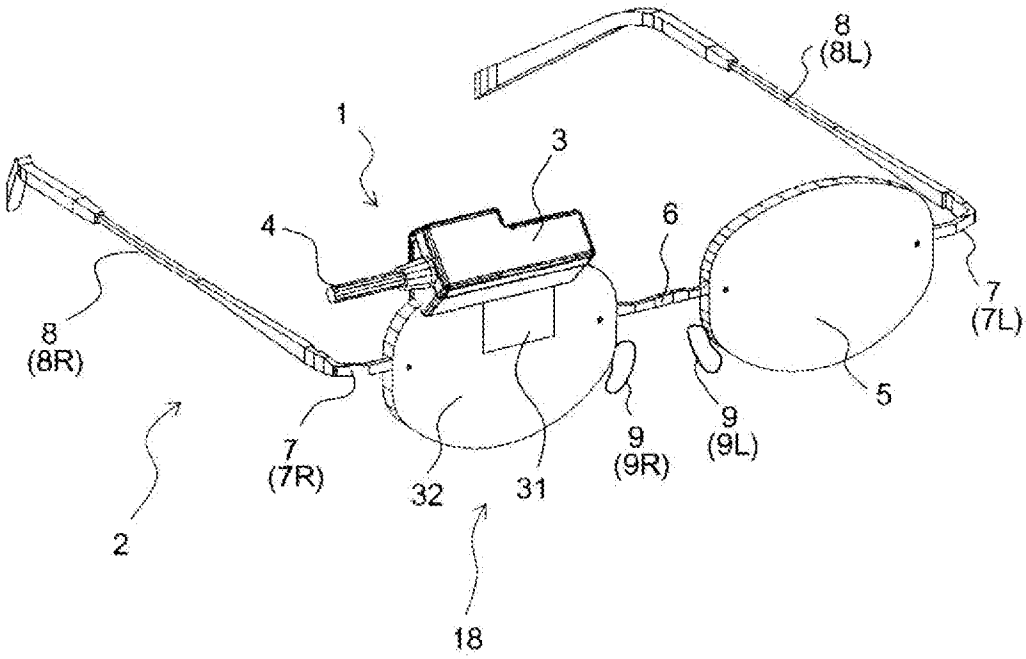
(a)



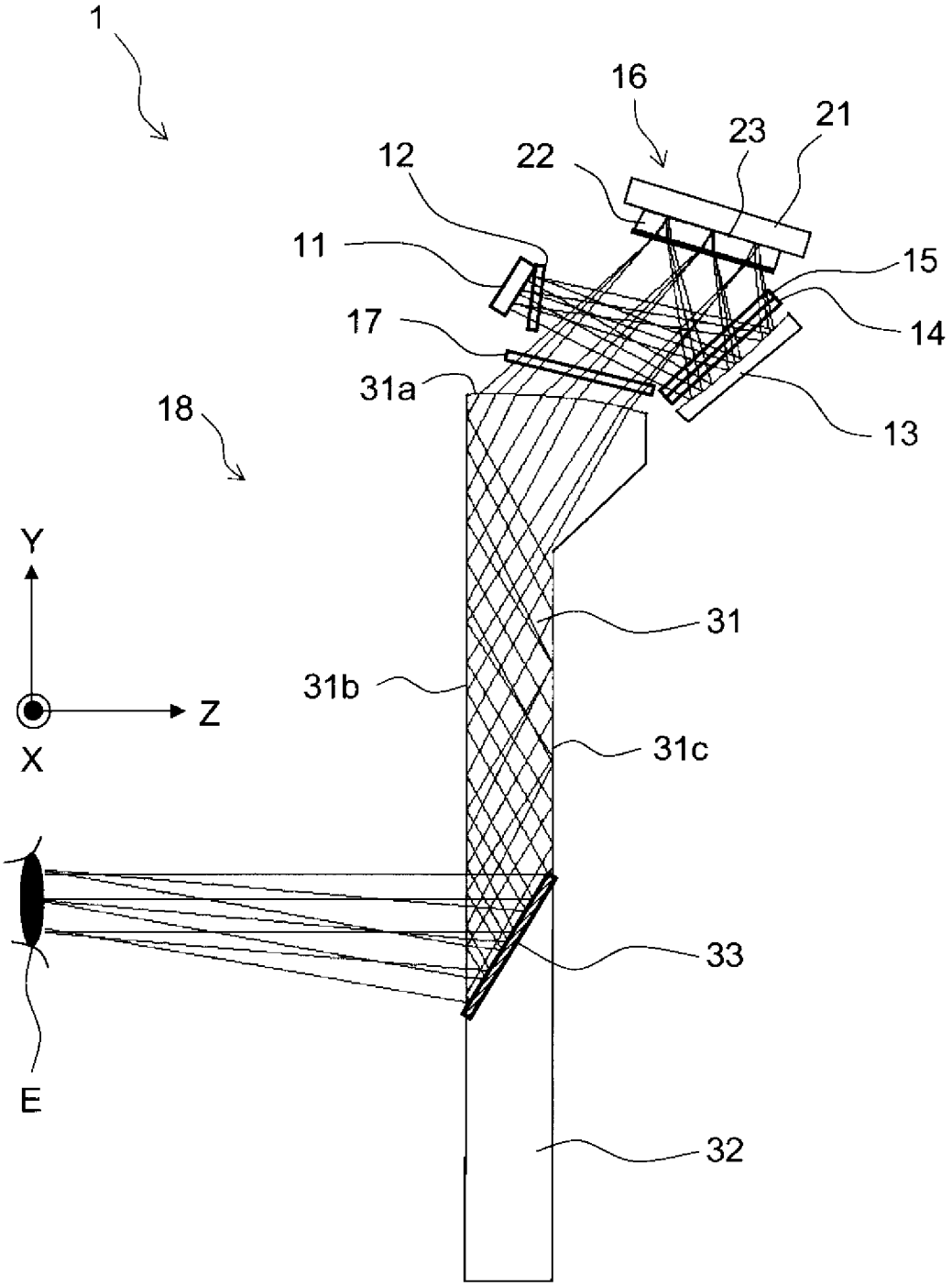
(b)



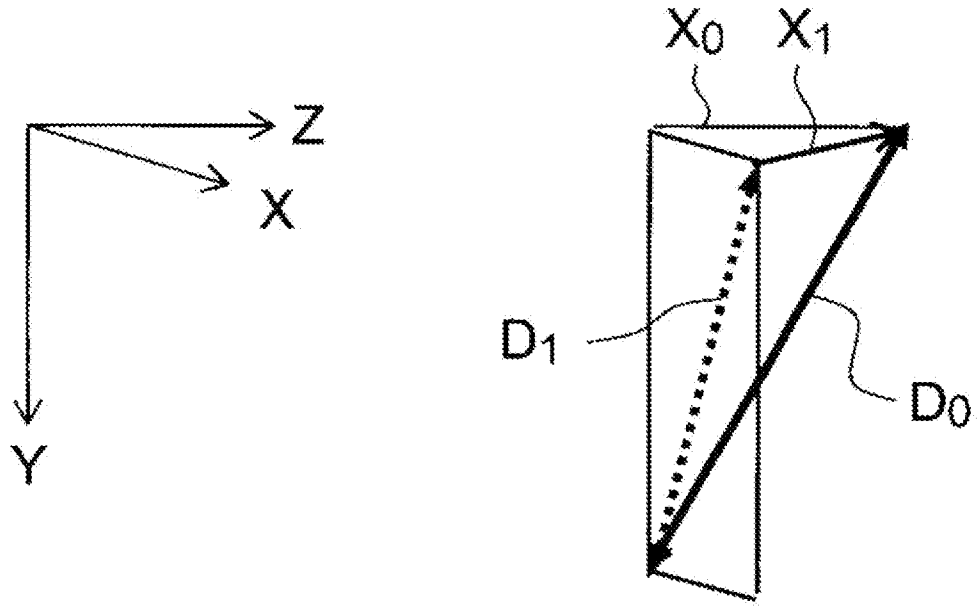
[図2]



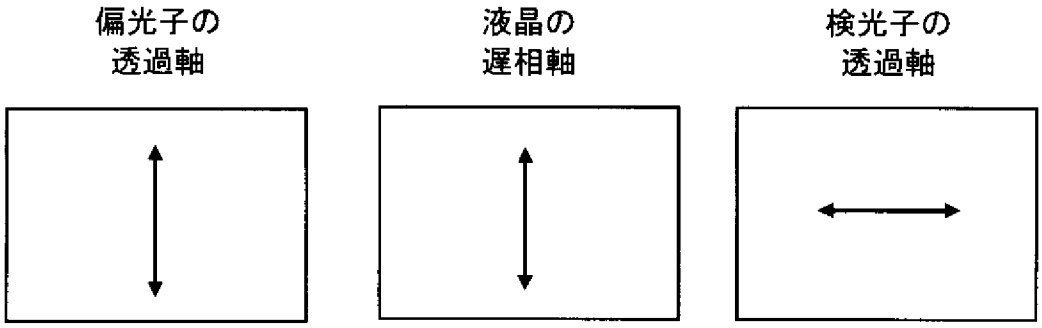
[図3]



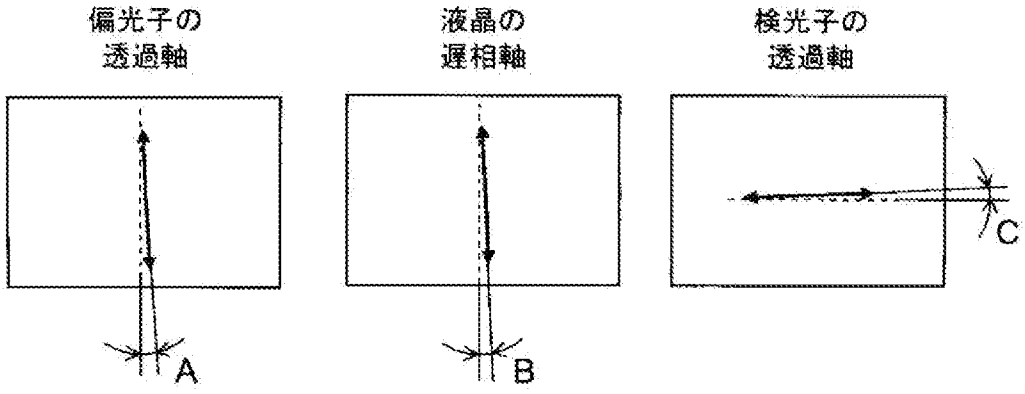
[図4]


Z
X
Y
X0
X1
D1
D0

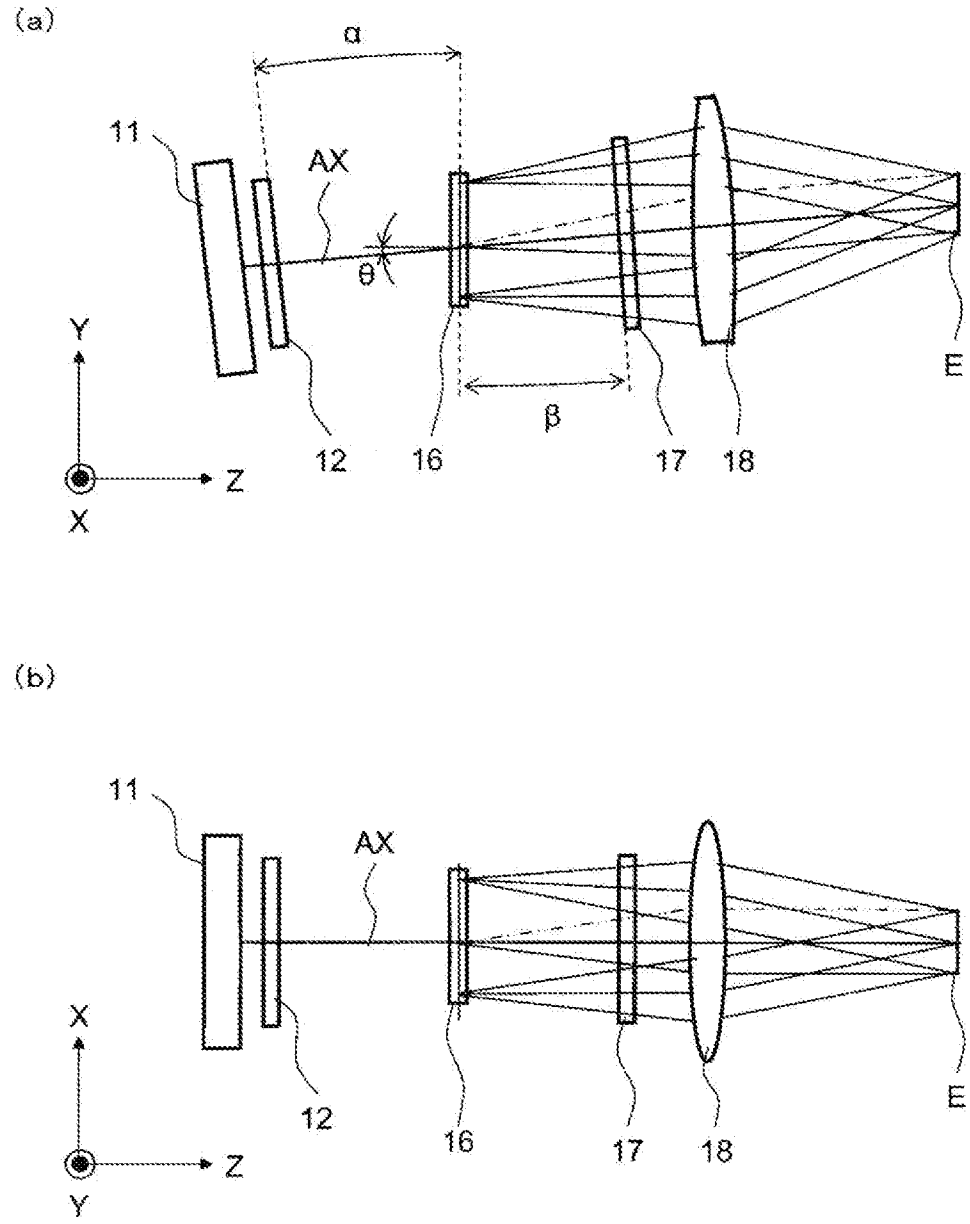
[図5]


偏光子の
透過軸
液晶の
遅相軸
検光子の
透過軸

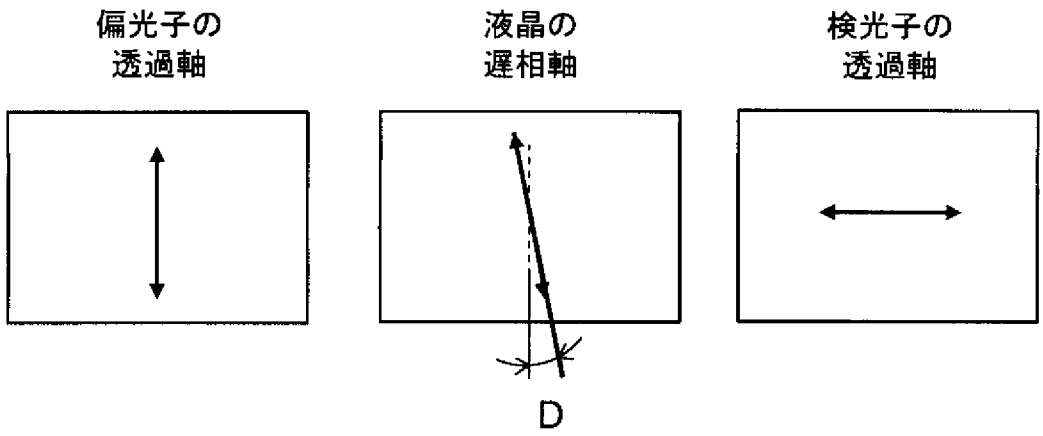
[図6]


偏光子の
透過軸
液晶の
遅相軸
検光子の
透過軸
A
B
C

[図7]

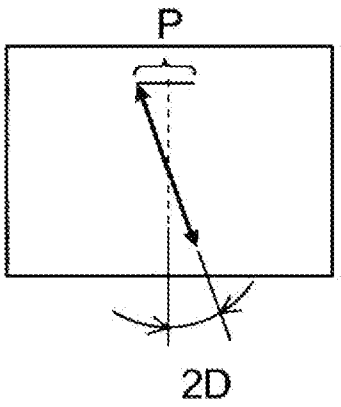

(a)
α
11
AX
θ
Y
Z
X
12
16
β
17
18
E
(b)
11
AX
X
Z
Y
12
16
17
18
E

[図8]

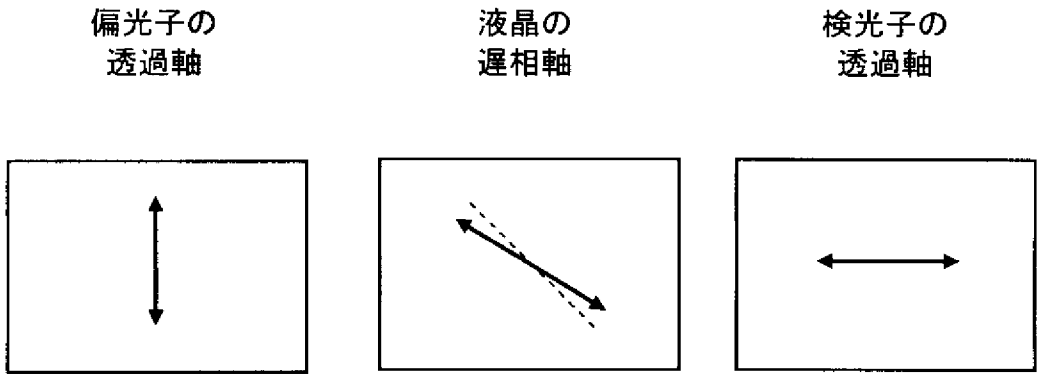

偏光子の
透過軸
液晶の
遅相軸
検光子の
透過軸
D

[図9]

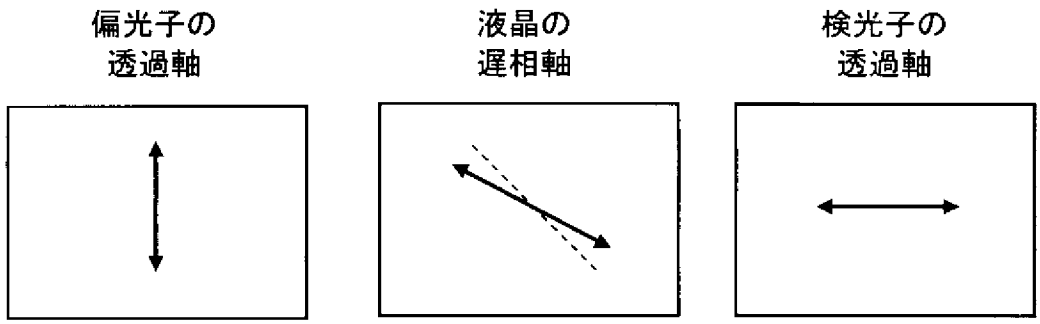
液晶から射出される光の
偏光方向



[図10]



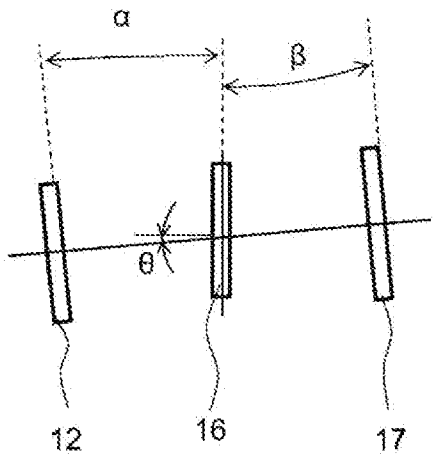
[図11]



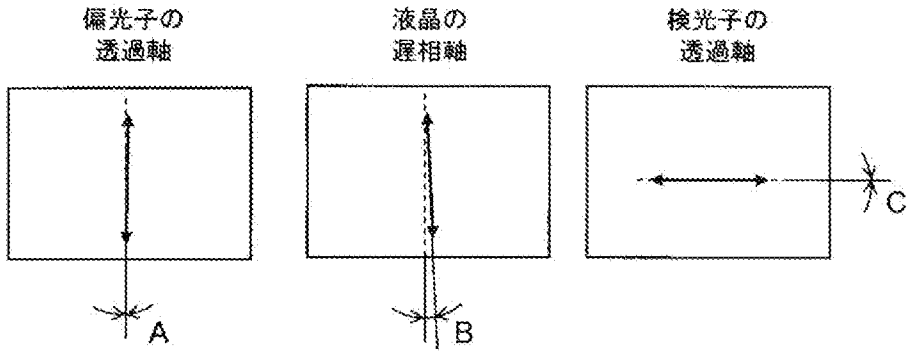
[図12]

(a)

α = +θ , β = +θ



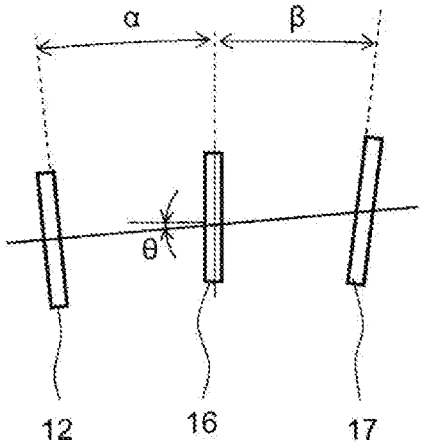
(b)



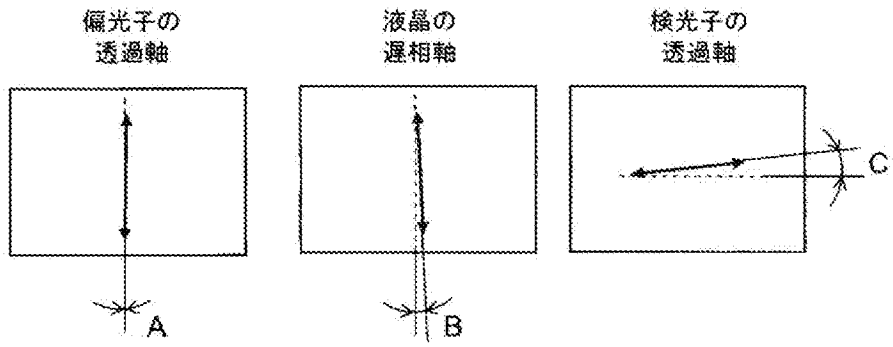
[図13]

(a)

α = +θ , β = -θ



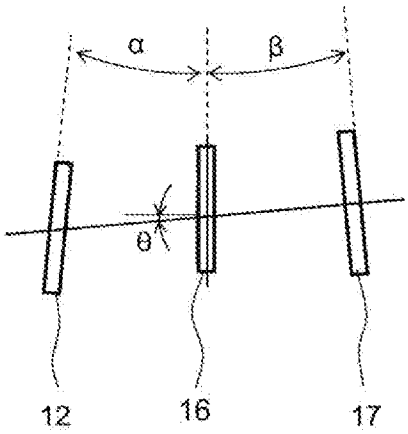
(b)



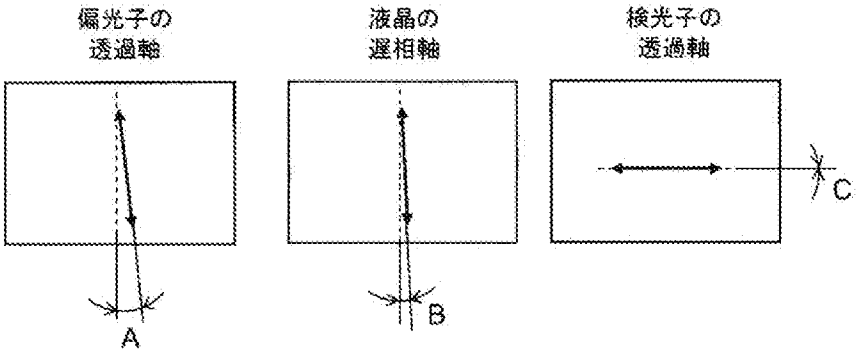
[図14]

(a)

α = -θ, β = +θ



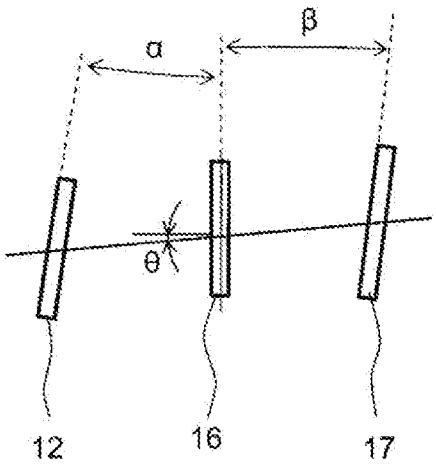
(b)



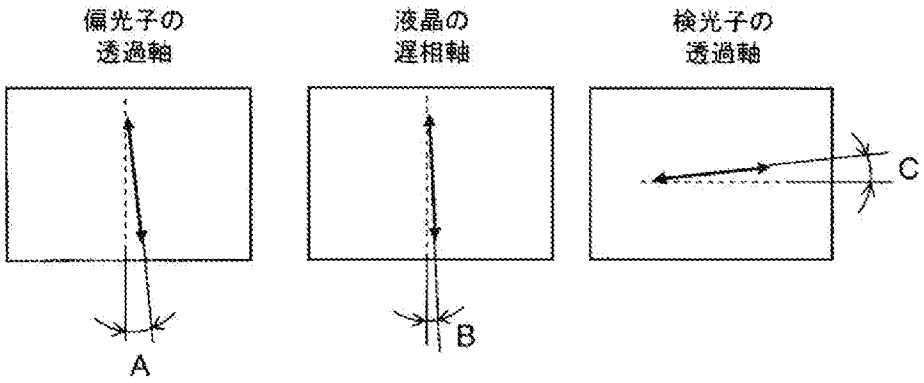
[図15]

(a)

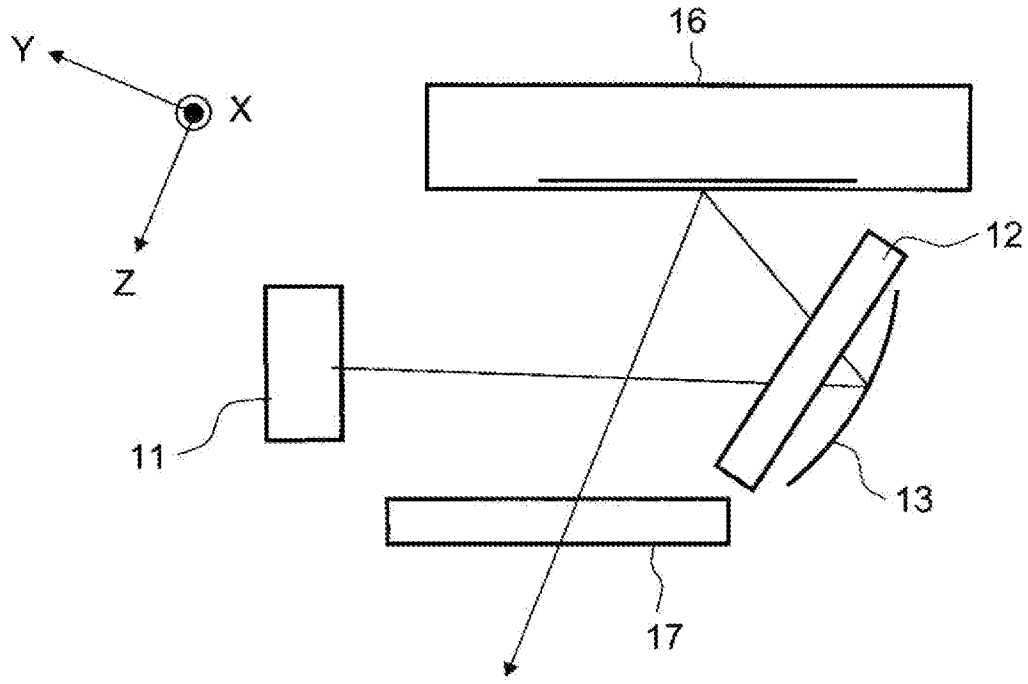
α = -θ, β = -θ



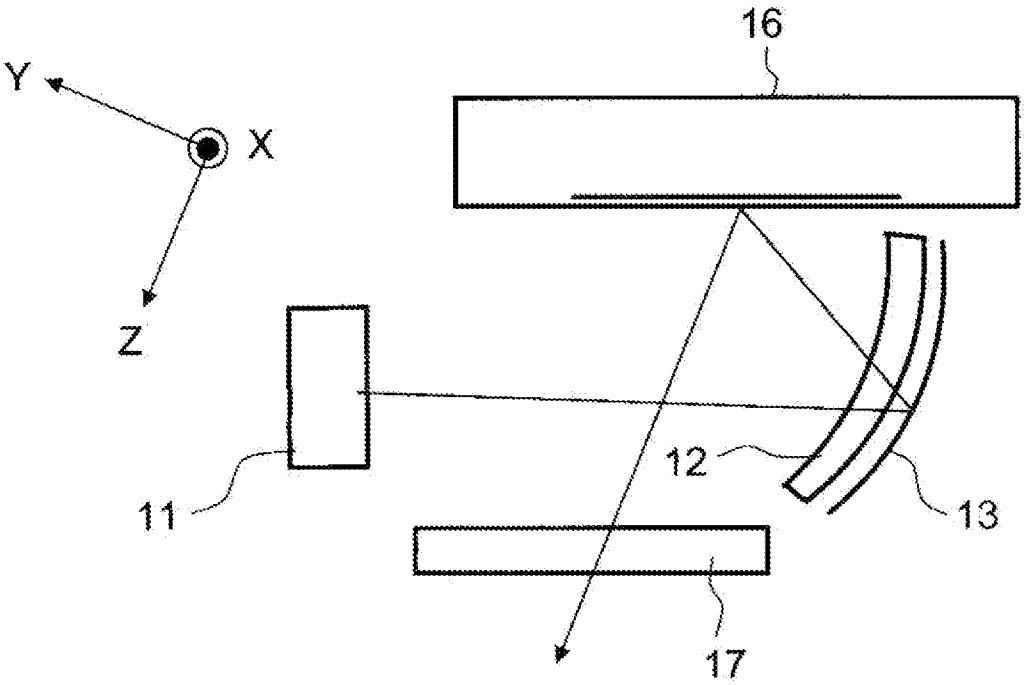
(b)



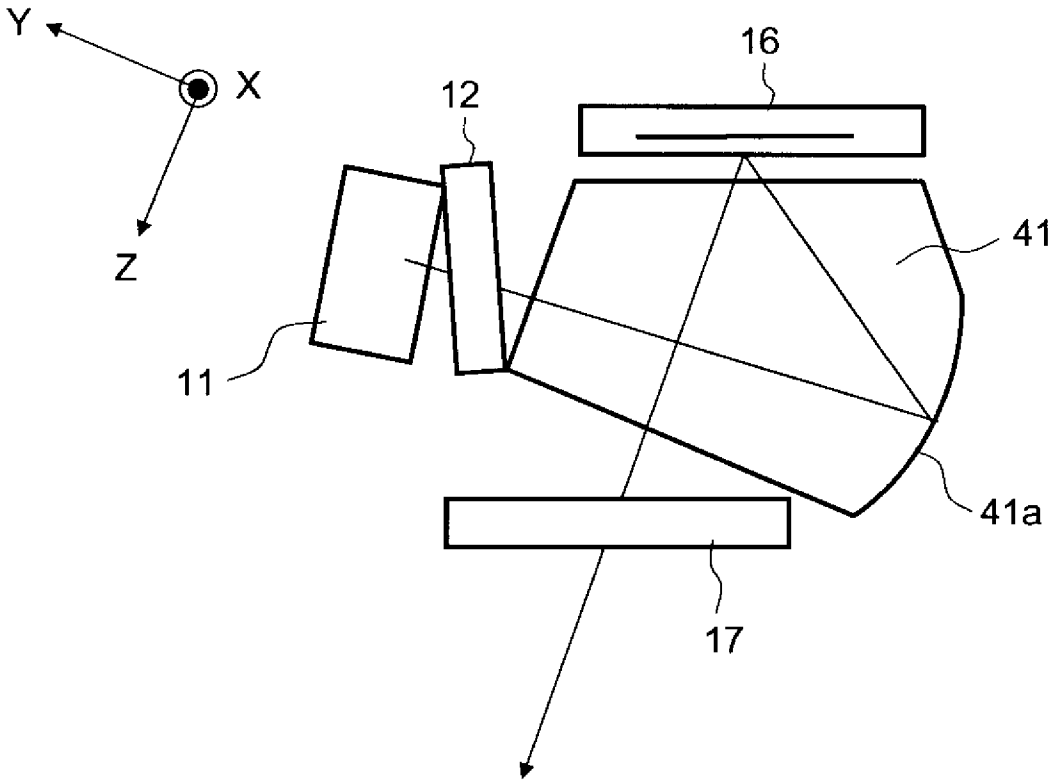
[図16]



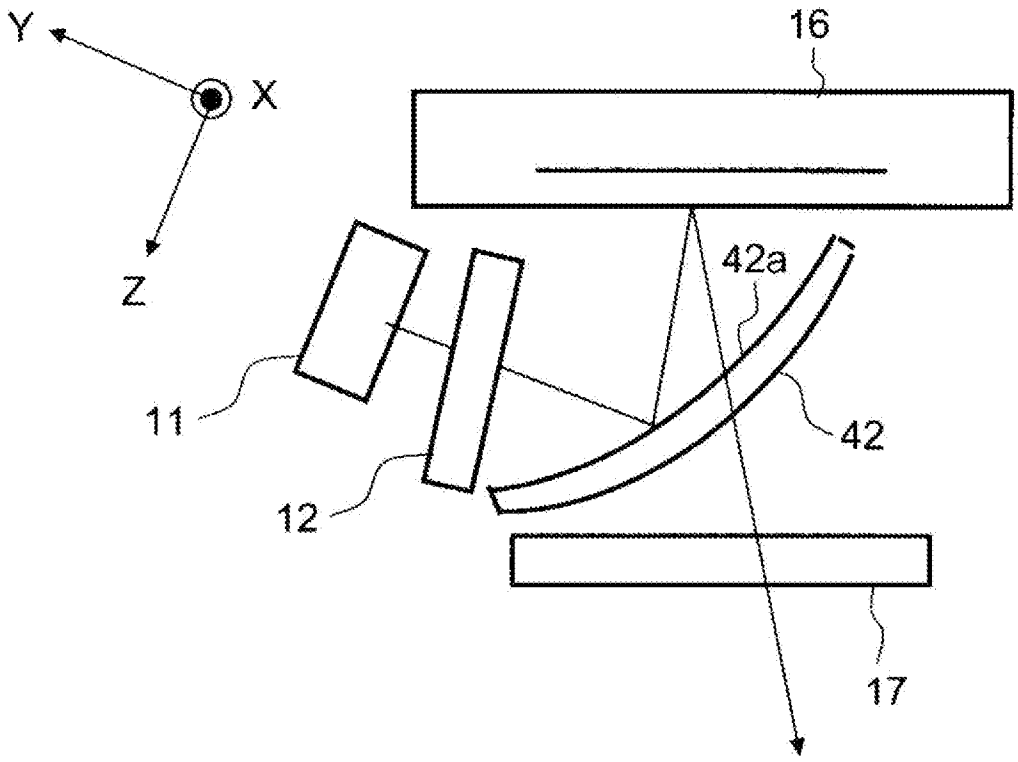
[図17]



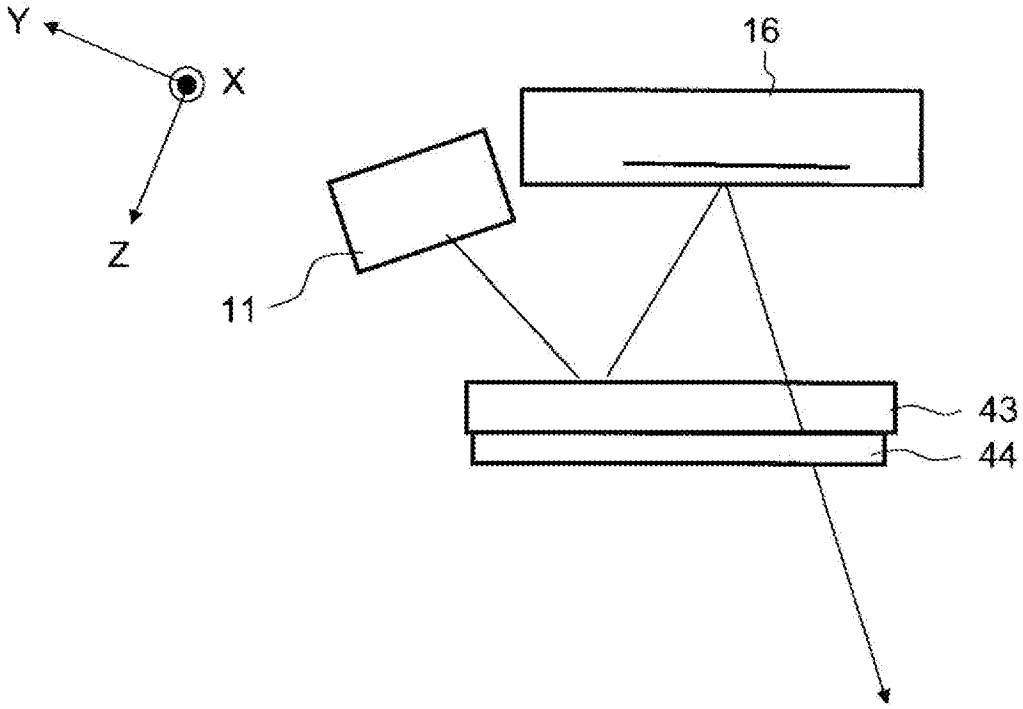
[図18]



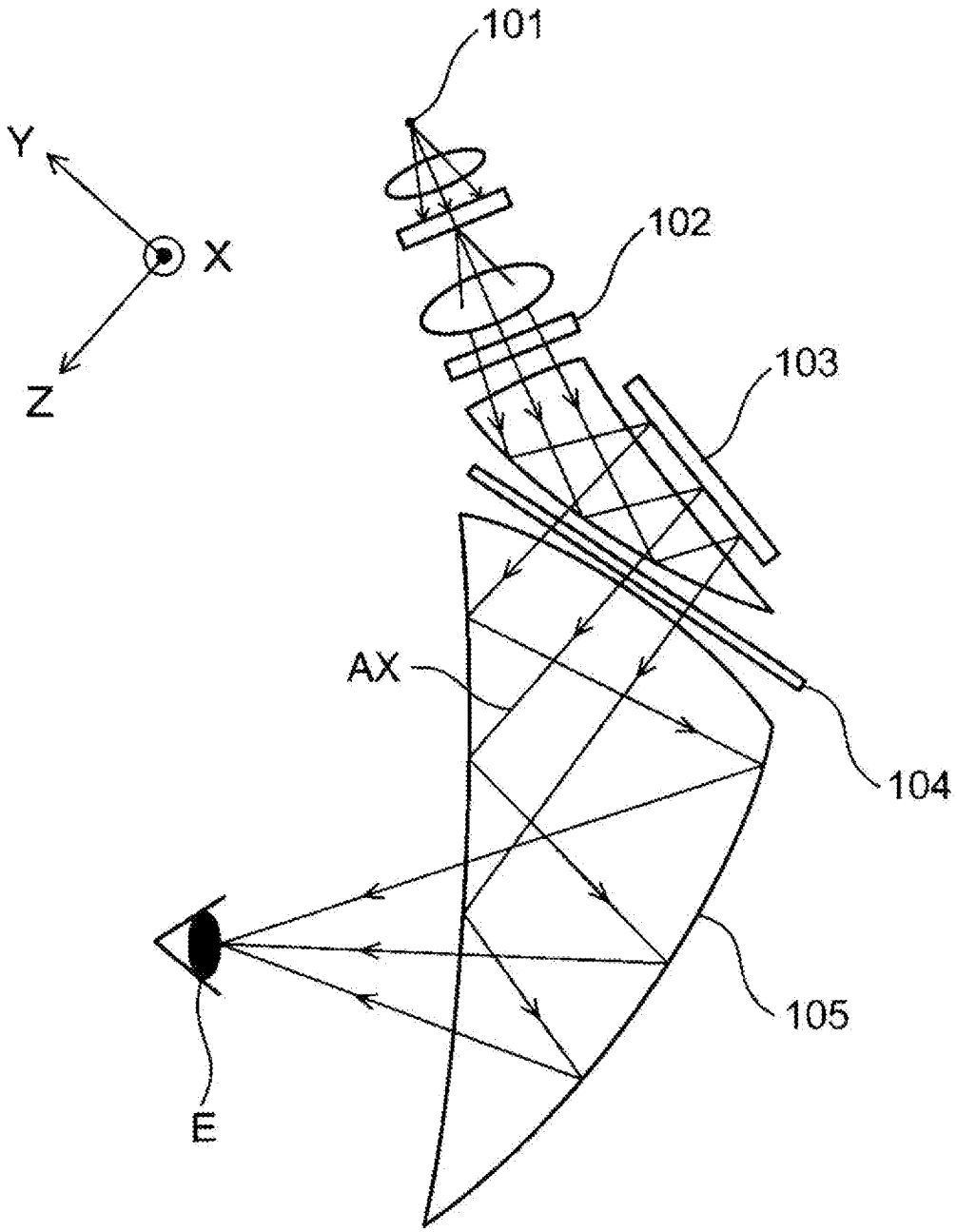
[図19]



[図20]



[図21]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/070031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
G02B27/02(2006.01)i, *G02B27/01*(2006.01)i, *G02F1/13*(2006.01)i, *H04N5/64*(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
G02B27/02, G02B27/01, G02F1/13, H04N5/64

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2008-216852 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 18 September 2008 (18.09.2008), claims; paragraphs [0133] to [0157]; fig. 14 (Family: none)	1-14
X	JP 2008-58461 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 13 March 2008 (13.03.2008), claims; paragraphs [0101] to [0120]; fig. 7 (Family: none)	1-14
X	JP 2008-58703 A (Canon Inc.), 13 March 2008 (13.03.2008), entire text; all drawings & US 2008/0055193 A1	1-14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
18 December, 2009 (18.12.09)	28 December, 2009 (28.12.09)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2009/070031

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2001-311905 A (Canon Inc.), 09 November 2001 (09.11.2001), entire text; all drawings & US 2002/0018185 A1 & EP 1150155 A2	2-5,7-14
A	JP 2001-166252 A (Sony Corp.), 22 June 2001 (22.06.2001), fig. 1 (Family: none)	1,2

国際調査報告

国際出願番号　ＰＣＴ／ＪＰ２００９／０７００３１

Ａ．　発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B27/02(2006.01)i, G02B27/01(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i, H04N5/64(2006.01)i

Ｂ．　調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（ＩＰＣ））

Int.Cl.　G02B27/02, G02B27/01, G02F1/13, H04N5/64

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	１９２２－１９９６年
日本国公開実用新案公報	１９７１－２００９年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２００９年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２００９年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

Ｃ．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2008-216852 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2008.09.18, 特許請求の範囲, 【0133】-【0157】, 図14 (ファミリーなし)	1-14
X	JP 2008-58461 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2008.03.13, 特許請求の範囲, 【0101】-【0120】, 図7 (ファミリーなし)	1-14

☑　Ｃ欄の続きにも文献が列挙されている。

☐　パテントファミリーに関する別紙を参照。

＊　引用文献のカテゴリー
「Ａ」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「Ｅ」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「Ｌ」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「Ｏ」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「Ｐ」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献
「Ｔ」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「Ｘ」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Ｙ」特に関連のある文献であって、当該文献と他の１以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「＆」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 １８．１２．２００９	国際調査報告の発送日 ２８．１２．２００９
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（ＩＳＡ／ＪＰ） 郵便番号１００－８９１５ 東京都千代田区霞が関三丁目４番３号	特許庁審査官（権限のある職員）　２Ｘ　９７１１ 野田　定文 電話番号　０３－３５８１－１１０１　内線　３２９４

Ｃ（続き）．　関連すると認められる文献

引用文献のカテゴリー＊	引用文献名　及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する請求項の番号
X	JP 2008-58703 A (キヤノン株式会社) 2008.03.13, 全文全図 & US 2008/0055193 A1	1-14
X	JP 2001-311905 A (キヤノン株式会社) 2001.11.09, 全文全図 & US 2002/0018185 A1 & EP 1150155 A2	2-5,7-14
A	JP 2001-166252 A (ソニー株式会社) 2001.06.22, 図1 (ファミリーなし)	1,2