

(43) 国際公開日
2015 年 9 月 3 日(03.09.2015)



(10) 国際公開番号

WO 2015/128913 A1

(51) 国際特許分類:
G02B 27/02 (2006.01) *G03H 1/22* (2006.01)
G02F 1/13 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2014/005546

(22) 国際出願日: 2014 年 11 月 4 日(04.11.2014)

(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 2014-035703 2014 年 2 月 26 日(26.02.2014) JP

(71) 出願人: オリンパス株式会社 (OLYMPUS CORPORATION) [JP/JP]; 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 堀川 嘉明 (HORIKAWA, Yoshiaki); 〒1510072 東京都渋谷区幡ヶ谷 2 丁目 4 3 番 2 号 オリンパス株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 杉村 憲司 (SUGIMURA, Kenji); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 1 号 霞が関コモンゲート西館 3 6 階 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, BN, 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, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, 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, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

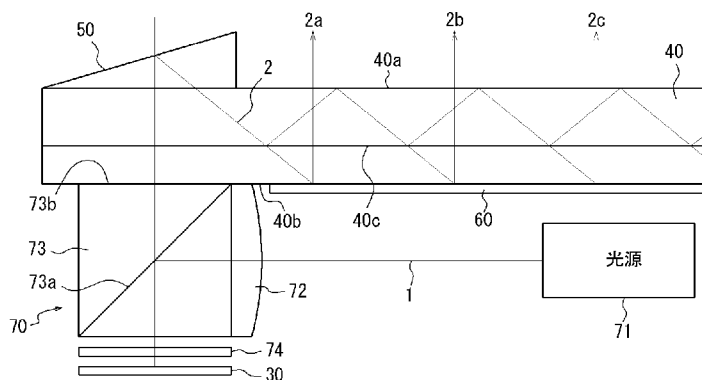
添付公開書類:

- 国際調査報告（条約第 21 条(3)）
- 補正された請求の範囲（条約第 19 条(1)）

(54) Title: DISPLAY APPARATUS

(54) 発明の名称：表示装置

FIG. 4



71 Light source

(S7) Abstract: The present invention is provided with: a spatial-phase modulation element (30) for forming a display luminous flux (2); a transparent substrate (40) in which the display luminous flux (2) is propagated by repeated internal reflection; a branching unit (40c) for emitting to the exterior of the transparent substrate (40) a portion of the display luminous flux every time the display luminous flux is internally reflected; and a luminous-flux-introduction optical system (70) having a beam splitter (73) that guides illumination luminous flux (1) to the spatial-phase modulation element (30) and guides the display luminous flux (2) formed by the spatial-phase modulation element (30) to the transparent substrate (40); the spatial-phase modulation element (30) holographically forming the display luminous flux (2) by diffraction of the illumination luminous flux (1).

(57) 要約:

〔続葉有〕

WO 2015/128913 A1

表示光束 2 を形成する空間位相変調素子 30 と、表示光束 2 が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板 40 と、表示光束 2 が内面反射を行う毎に、表示光束 2 の一部を透明な基板 40 外へ射出させる分岐部 40c と、照明光束 1 を空間位相変調素子 30 に導き、空間位相変調素子 30 で形成される表示光束 2 を透明な基板 40 に導くビームスプリッタ 73 を有する光束導入光学系 70 と、を備え、空間位相変調素子 30 は、照明光束 1 の回折により表示光束 2 をホログラフィックに形成する。

明 細 書

発明の名称：表示装置

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2014年2月26日に日本国に特許出願された特願2014-35703の優先権を主張するものであり、この先の出願の開示全体を、ここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本発明は、表示装置に関するものである。

背景技術

[0003] 近年、表示画面の虚像を観察者の前方に形成するための画像表示装置が提案されている。この画像表示装置では、表示光束を透明な基板内で繰り返し内面反射させて、表示光束を基板内で伝播させている。そして、表示光束が内面反射を行う毎に、その表示光束の一部を基板外に射出させることにより、基板のほぼ全面から表示光束を射出させている（特許文献1）。

[0004] より具体的には、この画像表示装置では、液晶表示素子の表示画面から表示光束が射出する。表示画面から射出した表示光束は対物レンズで平行光束に変換されて、透明な基板に入射する。そして、表示光束は透明な基板内で内面反射を繰り返しながら、透明な基板内を伝播する。このとき、内面反射毎に、表示光束の一部が基板から外に射出して、透明な基板の複数の位置から表示光束が射出するため、透明な基板全面から表示光束が射出する。その結果、透明な基板から射出する表示光束全体の径は、透明な基板に入射したときの光束の径よりも大きくなる。

[0005] 観察者が表示画面の虚像を観察するためには、透明な基板から射出する表示光束を眼に入射させなくてはならない。上記の画像表示装置では、透明な基板から射出する表示光束の径が大きい（太い）。そのため、表示光束（透明な基板）に対する眼の位置合わせの許容範囲は、表示光束の径が小さい（細い）場合と比べると広がる。その結果、観察者は、容易に虚像を観察す

ることができる。

- [0006] また、透明な基板から射出する表示光束は平行光束である。そのため、観察者は透明な基板の奥に虚像を観察することができる。また、表示光束が太いので、観察者は表示装置に眼を近づける必要が無い。なお、透明な基板の奥とは、透明な基板を挟んで観察者の位置と反対側の位置のことである。

先行技術文献

特許文献

- [0007] 特許文献1：特許第4 6 0 5 1 5 2 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 特許文献1の画像表示装置では、表示画面（液晶表示素子）から射出した表示光束を、対物レンズで平行光束に変換している。ここで、表示光束には、軸上光束に加えて軸外光束が含まれているので、軸外光束も収差の少ない平行光束に変換しなければならない。そのため、対物レンズには複数枚のレンズが必要となる。その結果、特許文献1の画像表示装置では、平行光束を得るまでの構成（液晶表示素子と対物レンズ）が大型化してしまう。
- [0009] 本発明は、このような課題に鑑みてなされたものであって、小型・薄型でありながら、高い光学性能を有する表示装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0010] 上記目的を達成する本発明に係る表示装置は、
表示光束を形成する空間位相変調素子と、
前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、
前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、
照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、

前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成する、ことを特徴とするものである。

[0011] 前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中におけるレンズパワーが零とするとよい。

[0012] 前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中に、負のレンズパワーを有する光学素子をさらに備えてもよい。

[0013] 前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中におけるレンズパワーが負であってもよい。

[0014] 前記ビームスプリッタは偏光ビームスプリッタからなり、
前記光束導入光学系は、前記偏光ビームスプリッタと前記空間位相変調素子との間に $1/4$ 波長板をさらに備えてもよい。

[0015] 前記光束導入光学系は、前記照明光束の中心光線を前記空間位相変調素子の法線に対して傾斜させて、前記照明光束を前記空間位相変調素子に入射させてもよい。

[0016] 前記空間位相変調素子での前記照明光束の 0 次光の反射角は、前記表示光束による一つの表示画角の半分よりも大きいとよい。

[0017] 前記空間位相変調素子での前記照明光束の 0 次光を画角の狭い方向で除去するとよい。

[0018] 前記表示光束のコヒーレンス長は、一度の前記内面反射で前記表示光束が伝播する距離より短いとよい。

[0019] 前記透明な基板外に射出される前記表示光束は、無限遠に虚像を表示するものであるとよい。

[0020] 前記空間位相変調素子による 0 次光は前記透明な基板を透過し、1 次光は前記透明な基板の内部で全反射する条件で、前記透明な基板に入射するとよい。

[0021] 前記分岐部は回折格子とするとよい。

[0022] 前記回折格子はボリュームホログラムからなるとよい。

[0023] 前記分岐部はプリズムアレイとしてもよい。

[0024] 前記透明な基板から射出される前記表示光束を入射して、該表示光束を繰り返し内面反射して伝播する第2の透明な基板と、

該第2の透明な基板内で前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を当該第2の透明な基板外へ射出させる第2の分岐部と、をさらに備えるとよい。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、小型・薄型でありながら、高い光学性能を有する表示装置を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1A]表示装置の基本構造と発散する照明光束を透明な基板に入射させた場合の表示光束の伝搬の様子を示す図である。

[図1B]表示装置の基本構造と平行な照明光束を透明な基板に入射させた場合の表示光束の伝搬の様子を示す図である。

[図2A]虚像を観察するときの通常の光学系を示す図である。

[図2B]表示光束をホログラフィックに形成する方法及び装置を示す図である。

[図3]計算によってホログラムを求めるときの処理を示すブロック図である。

[図4]第1実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。

[図5]図4の光束導入光学系の部分詳細図である。

[図6]第2実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。

[図7]第3実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。

[図8]図7の光束導入光学系の部分詳細図である。

[図9]第4実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。

[図10]第4実施の形態の表示領域を説明するための図である。

[図11]第5実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。

[図12]図11の第2の透明な基板の構成及び表示光束の伝搬の様子を示す図である。

[図13]図 1 1 の表示装置から射出される光束の光学的距離を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0027] 先ず、本発明の実施の形態の説明に先立って、本発明に係る表示装置による画像表示の原理について説明する。

[0028] 本発明に係る表示装置は、表示光束をホログラフィックに形成する。この表示光束は、回折によって生成され、透明な基板内を繰り返し内面反射して伝播され、内面反射する毎に表示光束の一部が透明な基板の外に射出される。そして、表示光束が伝播するに従って、複数の表示光束が透明な基板から射出される。これにより、透明な基板のほぼ全面から表示光束が射出される。

[0029] このように、本発明に係る表示装置では、表示光束をホログラフィックに形成している。そのため、小型・薄型でありながら、高い光学性能を実現できる。なお、表示光束をホログラフィックに形成するとは、ホログラムを使って表示光束を形成（再生）することを意味している。

[0030] また、本発明に係る表示装置では、表示光束を伝播させるに従って、複数の表示光束を透明な基板から射出させる。したがって、観察者は、いずれか1つの表示光束を見ても、あるいは複数の表示光束を見ても像を見ることができる。すなわち、それぞれの表示光束が合わさって一つの太い表示光束となっているとみなすことができる。また、画像の中心を表示する軸上の表示光束だけでなく、画像の端を表示する軸外の表示光束も同様に、それぞれの表示光束が合わさって一つの太い表示光束となっているとみなすことができる。

[0031] このように、本発明に係る表示装置では、透明な基板から複数の表示光束を射出させる。これは、透明な基板の全面から一つの太い表示光束を射出するのと等価である。そのため、透明な基板の全面が射出瞳であり、また、透明な基板の大きさが射出瞳の大きさである。したがって、それ自体が瞳であるルーペと同様に瞳が大きいので、観察者は表示装置に顔を近づけなくても

容易に虚像を観察することができる。

[0032] また、本発明に係る表示装置において、透明な基板から外に射出される表示光束は、無限遠に虚像を表示する光束である。すなわち、観察者が表示光束を見た時、無限遠（遠方）に虚像が形成される。よって、透明な基板から射出された複数の表示光束の各々についても、観察者がこれらの表示光束を見た時、全て無限遠に虚像が形成される。その結果、観察者の目が近点に焦点の合わない老眼であっても、観察者は焦点の合った表示を見ることができる。また、観察者はどの表示光束を見ても、あるいは複数の表示光束を同時に見ても、無限遠に形成された虚像を見ることができる。

[0033] 次に、図を参照して、本発明に係る表示装置の画像表示の原理について、さらに詳細に説明する。

[0034] 図1A、図1Bは、本発明に係る表示装置の画像表示の原理を説明するための図である。表示装置は、LCOS（Liquid Crystal On Silicon：反射型液晶表示素子）3と、透明な基板4と、回折格子5とを有する。LCOS3はSPM（Spatial Phase Modulator：空間位相変調素子）であって、表示光束2をホログラフィックに形成するホログラム表示素子である。

[0035] 透明な基板4は、界面4aと界面4bとを有する。透明な基板4では、その内面、すなわち、界面4aや界面4bで表示光束2の反射（全反射）が生じる。これにより、表示光束2は透明な基板4の内部を伝搬する。

[0036] 回折格子5は分岐部を構成する。回折格子5は、表示光束2が内面反射を行う毎に、その光束の一部を透明な基板4の外へ射出させる。回折格子5は、界面4aから界面4bまでの間に位置している。回折格子5は、ボリュームホログラムで構成されていても良い。

[0037] 表示光束2を形成するためには、LCOS3に照明光束1を入射させる必要がある。図1A、図1Bでは、説明の便宜上、照明光束1を透明な基板4の界面4a側から透明な基板4を透過させて界面4b側に配置されたLCOS3に入射させている。図1Aは、光源（不図示）からの照明光束1が発散

光束の場合を示しており、図 1 B は照明光束 1 が平行光束の場合を示している。

[0038] 図 1 A、図 1 B において、照明光束 1 は、界面 4 a から入射し、界面 4 b 側に配置された L C O S 3 に入射する。ここで、L C O S 3 には位相ホログラム（ホログラムパターン、あるいは位相パターン）が表示されている。そのため、L C O S 3 に入射された照明光束 1 は位相ホログラム（L C O S 3）で回折される。その結果、L C O S 3 から、表示光束 2 がホログラフィックに生成される。なお、表示光束 2 は、L C O S 3 に表示されたホログラムの 1 次回折光（1 次光）として生成される。L C O S 3 で正反射された 0 次回折光（0 次光）は、透明な基板 4 から射出される。

[0039] 図 1 A の表示装置では、L C O S 3 に表示させている位相ホログラムが、発散光束の照明光束 1 を入射させたときに平行な表示光束 2 を生じるホログラムとなっている。一方、図 1 B の表示装置では、L C O S 3 に表示させている位相ホログラムが、平行な照明光束 1 を入射させたときに平行な表示光束 2 を生じるホログラムとなっている。また、図 1 A、図 1 B において、表示光束 2 は軸上の表示光束（画像の中心から出た光束）に相当する。

[0040] なお、L C O S 3 には、発散光束や平行光束の照明光束 1 のほかに、収束光束の照明光束を入射させても良い。L C O S 3 に収束光束の照明光束を入射させる場合は、収束光束を入射させたときに平行な表示光束が生じるホログラムを、L C O S 3 に表示させれば良い。なお、図 1 A、図 1 B において、L C O S 3 からは軸外の表示光束（画像の中心以外から出た光束）もホログラフィックに生成されるが、図を明瞭とするため、軸外の表示光束については図示を省略している。

[0041] ここで、表示光束 2 をホログラフィックに形成する方法及び装置について、図 2 A、図 2 B を用いて説明する。図 2 A は、虚像を観察するときの通常の光学系を示す図である。図 2 B は、表示光束をホログラフィックに形成する光学系を示す図である。この表示光束は、虚像を観察するときの光束（図 2 A における平行光束 1 0、1 2）である。

[0042] 図2Aに示す光学系は、LCDなどの表示素子6と、レンズ7とで構成されている。表示素子6をレンズ7の焦点位置（前側焦点位置）に置くと、表示素子6に表示された画像8はレンズ7によって無限遠に投影される。ここで、実線9は表示素子6の中心（軸上）から射出する光束、破線11は表示素子6の端（軸外）から射出する光束である。実線9で示す光束は、平行光束10となってレンズ7を射出する。また、破線11で示す光束も、平行光束12となってレンズ7を射出する。

[0043] 平行光束10及び12は、観察者の眼13の瞳14に入射する。これにより、観察者は画像8の像15を見ることができる。観察者の瞳14に入射する光束10及び12は平行光束であるので、観察者は表示装置の奥（図2Aにおいて、表示素子6よりも左側）、すなわち、無限遠にある虚像を観察していることになる。したがって、観察者の目が近点にしか焦点の合わない老眼であっても、観察者は焦点の合った画像8を見ることができる。

[0044] 図2Bは、平行光束10、12をホログラフィックに形成するときの光学系を示している。この光学系は、コヒーレント光源16と、SPM（空間位相変調素子）17とで構成されている。コヒーレント光源16としては、例えばLD（レーザーダイオード）が使用可能である。また、SPM17としては、例えば前述のLCOSが使用可能である。なお、SPM17は、ホログラム表示素子のことである。本明細書では、ホログラム表示素子をSPMとも称する。

[0045] ホログラムはホログラムパターンを有する。ホログラムパターンは、2つの波面によって形成された干渉パターンである。1つの波面は、図2Aのレンズ7から射出する波面で、もう1つの波面は、図2Bのコヒーレント光源16から射出する波面である。ここで、レンズ7から射出する波面（平行光束10、12）は、画像8の像の情報を含んでいる。一方、コヒーレント光源16から射出する波面は干渉縞を生成する波面であると同時に、ホログラムから再生光を生成するための波面である。

[0046] 表示素子6から射出される光はインコヒーレントな光である。そのため、

表示素子 6 から射出される光と、コヒーレント光源 16 から射出される波面とを重ね合わせても干渉しない。すなわち、ホログラムパターンを得ることができない。そこで、実際には、計算でホログラム（ホログラムパターン）を求める。そして、計算したホログラムを SPM 17 に表示し、コヒーレント光源 16 からコヒーレントな照明光束で照明する。このようにすることで、ホログラム、すなわち、平行光束 10、12 が再生される。平行光束 10、12 のうちの平行光束 10 が、図 1 A、図 1 B に示す表示光束 2 である。

[0047] そして、このホログラフィックに形成された平行光束 10、12 を観察者が見ることによって、観察者は画像 8 を観察することができる。すなわち、平行光束 10、12 は観察者の眼 13 の瞳 14 に入射し、像 15 を形成する。

[0048] なお、図 2 A に示す光学系では、レンズ 7 は、軸外の画像（表示素子 6 の周辺部に表示された画像）も解像力良く眼 13 に投影する必要がある。そのために、実際には、レンズ 7 は複数枚のレンズで構成される。また、レンズ 7 は、その径も大きくする必要がある。このようなことから、表示装置に図 2 A に示す光学系を用いた場合、表示装置の薄型化・小型化は困難となる。

[0049] 次に、計算によるホログラムの求め方について説明する。図 3 は、計算によってホログラムを求めるときの処理を示すブロック図である。図 3 に示すように、まず、画像データ 18 を用意する。この画像データ 18 は、図 2 A において、表示素子 6 に入力されるデータである。レンズ 7 から射出する波面は、フーリエ変換処理 20 で、画像データ 18 をフーリエ変換することによって求められる。

[0050] ただし、フーリエ変換によって求められる空間周波数分布には、空間位相分布と同時に空間強度分布も生じるので、回折効率の良い位相ホログラムを形成できない。そこで、フーリエ変換処理 20 の前に、ランダム位相付与処理 19 が行われる。予め画像データ 18 にランダムな位相情報を付与（重畳）しておく、フーリエ変換後の空間強度の値を空間周波数面全面に渡って

平均化、すなわち、空間強度をほぼ等しくすることができる。その結果、ホログラムを位相情報のみを持つ位相ホログラムとすることができる。

[0051] 次に補正処理 21 を行う。この補正処理 21 は、光学系の配置に基づく補正処理である。例えば、図 2 B に示す光学系では、コヒーレント光源 16 からの波面でホログラム（平行光束 10、12）を再生する。この再生を行なったときに、正確な表示光束 2（平行光束 10、12）が形成されるようにする必要がある。コヒーレント光源 16 からの波面は球面波であるので、補正処理 21 では、この球面波の情報でホログラムを計算する。その後、計算結果（ホログラム情報）は SPM ドライバ 22 に入力される。そして、SPM ドライバ 22 からの制御情報により、SPM 17（図 1 では LCOS 3）にホログラムが表示される。

[0052] なお、SPM 17 の回折効率はほぼ一定であるので、明るいシーンの画像でも、暗いシーンの画像でも、同程度の明るさになってしまう。したがって、表示光束をホログラフィックに形成する場合は、画像の総光量に従って SPM 17 に入射させる光量を制御する必要がある。そこで、画像データ 18 の総光量データを光源ドライバ 23 に入力することで、光源の明るさの制御が行われる。

[0053] 図 1 A に戻って説明を続ける。LCOS 3 から射出した表示光束 2 は、透明な基板 4 の界面 4 a で全反射されて回折格子 5 に入射する。回折格子 5 では、表示光束 2 の一部が回折される。回折方向は、界面 4 a の法線方向である。回折格子 5 で回折された光束は透明な基板 4 から外に射出し、表示光束 2 a となる。

[0054] 回折格子 5 を透過した表示光束 2 は、更に透明な基板 4 の界面 4 b で全反射されて回折格子 5 を透過する。回折格子 5 を透過した表示光束 2 は、再び界面 4 a で全反射されて回折格子 5 に入射する。回折格子 5 では、表示光束 2 の一部が回折される。回折方向は、界面 4 a の法線方向である。回折格子 5 で回折された光束は透明な基板 4 から外に射出し、表示光束 2 b となる。同様に、表示光束 2 は透明な基板 4 内を伝播し、新たな表示光束 2 c を形成

する。このような繰り返しにより、透明な基板 4（界面 4 a）の全面から多数の表示光束 2 a、2 b、2 c・・・が射出される。

[0055] 観察者は、表示光束 2 a、2 b、2 c・・・の少なくとも 1 つを眼に入射させることで、虚像を観察することができる。例えば、画像データ 18 が動画の場合は、観察者は動画を観察することができる。また、画像データが静止画の場合は、観察者は静止画を観察することができる。

[0056] 図 1 A では、L C O S 3 を用いて表示光束 2 を形成している。そのため、小型・薄型でありながら、高い光学性能を有する表示装置が実現できる。また、L C O S 3 に入射させる光束は軸上光束のみで良い。そのため、光源から射出した光を、そのまま L C O S 3 に入射させる光束として使うことができる。この場合、光束変換用のレンズを必要としないため、表示装置の薄型化・小型化ができる。

[0057] また、図 1 B に示したように、L C O S 3 に入射させる照明光束 1 が平行光束の場合であっても、平行な軸上光束のみを L C O S 3 に入射させればよい。そのため、収束光束や発散光束を平行光束に変換するレンズを、簡素化することができる。よって、L C O S 3 に入射させる照明光束 1 が平行光束の場合であっても、表示装置の薄型化・小型化ができる。なお、L C O S 3 に収束光束を入射させる場合も、同様に表示装置の薄型化・小型化ができる。

[0058] また、図 1 A、図 1 B に示した表示装置では、L C O S 3 で表示光束 2 をホログラフィックに形成している。そのため、上記のように、表示装置の薄型化・小型化ができる。

[0059] また、図 1 A、図 1 B に示した表示装置では、表示光束が伝播されるに従って、複数の表示光束 2 a、2 b、2 c・・・が透明な基板 4 から射出される。観察者は、眼の瞳に少なくとも 1 つの表示光束を入射させることで、虚像を観察することができる。このように、透明な基板 4 には、複数の表示光束 2 a、2 b、2 c・・・が存在するので、表示光束の径が大きくなっているのと等価である。表示光束には画像の中心を表示する軸上光束と画像の端

を表示する軸外光束があるが、それぞれの表示光束が太くなっており、射出瞳は表示光束が射出する透明な基板4の全面となる。そのため、表示光束（透明な基板4）に対する眼の位置合わせの許容範囲は、表示光束の径が小さい（細い）場合比べると広がる。その結果、観察者は、容易に虚像を観察することができる。

[0060] なお、上記のように、SPMには、LCOSが用いられるが、デフォーマブルミラーを用いることもできる。デフォーマブルミラーとしては、複数の微小ミラーの各々を偏向させるタイプや、1枚の薄いミラーを変形させるタイプがある。

[0061] また、表示装置は、例えば、次のようにして製作することができる。まず、透明な基板4の一部、すなわち、回折格子5を設ける部分に凹部を形成しておく。そして、この凹部に、回折格子5を配置する。その後、回折格子5の上から、凹部と略一致する透明部材で覆う。あるいは、まず、透明な基板4の側面に、界面4aと平行なスリット状の凹部を形成する。そして、この凹部に回折格子5を挿入する。その後、側面を透明部材や接着材等で覆う。

[0062] ところで、図1A、図1Bに示した構成においては、LCOS3からなるSPMに表示されるホログラムの0次光の正反射光が確実に界面4aを射出して、1次光の表示光束2に入らないようにする必要がある。そのためには、表示光束2の回折角を大きくする必要がある。

[0063] ここで、ホログラムは、一種の回折格子である。したがって、回折格子のピッチを d 、入射角を θI 、回折角を θS 、回折次数を m 、波長を λ とすると、 $d = m\lambda / (\sin\theta S - \sin\theta I)$ 、のグレーティング方程式が成り立つ。

[0064] SPMは、微細な画素が1次元あるいは2次元に配列された構造を有し、その微細な画素を使ってホログラムを表示している。よって、微細な画素2つの大きさ、すなわち画素ピッチの2倍が回折格子のピッチ d に相当する。

[0065] 上記のグレーティング方程式から明らかなように、入射角 θI を一定とすると、回折格子のピッチ d が大きくなるほど、すなわち、SPMの画素ピッチが大きくなるほど、回折角 θS は小さくなる。ここで、0次光の反射角は

入射角 θ_i と同じ角度なので、回折角 θ_s が小さくなると、0次光と1次光とを分離することが困難になる。

[0066] そこで、本発明に係る表示装置の好適実施の形態では、SPMでの回折角が小さくても反射光と回折光とを容易に分離できるようにする。

[0067] (第1実施の形態)

図4は、第1実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。図4に示す表示装置は、LCOS（反射型液晶表示素子）30、透明な基板40、反射プリズム50、プリズムアレイ60、光束導入光学系70を有する。光束導入光学系70は、光源71、レンズ72、偏光ビームスプリッタ73及び1/4波長板74を備える。

[0068] 光源71は、例えば半導体レーザが使用され、透明な基板40と平行な方向に照明光束1を射出する。図5に部分詳細図をも示すように、光源71から射出される照明光束1は、レンズ72を経て偏光ビームスプリッタ73に例えばS偏光で入射される。偏光ビームスプリッタ73に入射された照明光束1は、偏光ビームスプリッタ73の偏光膜73aで反射されて偏光ビームスプリッタ73から射出される。偏光ビームスプリッタ73から射出された照明光束1は、1/4波長板74を透過することにより円偏光に変換されてLCOS30に照射される。

[0069] LCOS30は、上述したLCOS3と同様、SPM（空間位相変調素子）を構成するもので、表示光束をホログラフィックに形成するホログラム表示素子である。LCOS30は、その法線が、光束導入光学系70から射出される照明光束1の中心光線とほぼ平行となるように配置される。これにより、LCOS30は、ほぼ垂直方向から照明光束1によって照明される。

[0070] 照明光束1の照射によりLCOS30で反射される回折光は、1/4波長板74で再び直線偏光に変換されて偏光ビームスプリッタ73にP偏光で入射する。偏光ビームスプリッタ73に入射した回折光は、偏光ビームスプリッタ73の偏光膜73aを透過して、偏光ビームスプリッタ73から射出される。偏光ビームスプリッタ73から射出された回折光は、透明な基板40

に入射される。

[0071] ここで、LCOS30には、上述したように像情報のフーリエ変換に相当する位相情報が表示される。したがって、LCOS30は、通常の結像光学系の瞳位置に相当し、像の画角が光束の角度となる。LCOS30の1次回折光（1次光）は、その角度情報を含んで、瞳位置から表示光束として射出される。図4では、代表的な平行な表示光束2を示している。

[0072] 透明な基板40は、平行な界面40aと界面40bとを有する。界面40aと界面40bの間には、半透膜40cが形成されている。このような透明な基板40は、例えば2枚の透明な平行平板を用意し、一方の透明な平行平板の一方の表面に半透膜40cを形成し、その半透膜40c上に他方の透明な平行平板を接合して構成することができる。

[0073] 偏光ビームスプリッタ73は、回折光の射出面73bが、透明な基板40の一端部の界面40bに対向又は接合して配置される。反射プリズム50は、偏光ビームスプリッタ73と対向して界面40aに接合又は界面40aを形成する基板と一体に形成される。また、プリズムアレイ60は、界面40bに接合又は界面40bを形成する基板と一体に形成される。

[0074] 偏光ビームスプリッタ73から透明な基板40に入射した回折光は、透明な基板40を透過して反射プリズム50に入射される。反射プリズム50は、入射する回折光のうち1次光を透明な基板40に入射させるように反射させ、0次光を含む他の回折光は透過又は他の方向に反射させるように、透明な基板40に接合されている。

[0075] 反射プリズム50で反射された1次光は、表示光束2として透明な基板40に入射される。透明な基板40に入射された表示光束2は、界面40aと半透膜40cとの間で反射を繰り返しながら、透明な基板40の他端部に向けて伝播される。つまり、表示光束2は、半透膜40cでは反射光と透過光とに振幅分割され、界面40aでは全反射される。

[0076] 半透膜40cを透過した表示光束2は、プリズムアレイ60に入射される。プリズムアレイ60は、分岐部を構成するもので、入射した表示光束2が

界面40aから射出されるように界面40aの方向に反射させて半透膜40cを透過させ、界面40aから表示光束2a、2b、2c・・・として射出させる。なお、LCOS30からは軸外の表示光束（画像の中心以外から出た光束）もホログラフィックに生成されるが、図を明瞭とするため、軸外の表示光束については図示を省略している。また、表示光束2は、軸上光束のうちの中心光線のみを示している。これらは、後述の他の実施の形態においても同様である。

[0077] 本実施の形態に係る表示装置によると、光束導入光学系70において、光源71から透明な基板40とほぼ平行な方向に射出された照明光束1を、偏光ビームスプリッタ73を用いてLCOS30にほぼ垂直方向から入射させている。そして、LCOS30からの回折光を、偏光ビームスプリッタ73及び透明な基板40を透過させて反射プリズム50に入射させ、反射プリズム50により1次光の表示光束2を反射させて透明な基板40に入射させている。したがって、LCOS30の1次光の回折角が小さくても、反射プリズム50により1次光を0次光や他の次数光の回折光と確実に分離することができる。

[0078] また、LCOS30と透明な基板40との間の回折光の光路がパワーレス、つまり回折光の光路中におけるレンズパワーが零となっている。これにより、小型・薄型でありながら、高い光学性能を有する表示装置が実現できる。また、偏光ビームスプリッタ73及び1/4波長板74を用いて、照明光束1とLCOS30の回折光とを偏光分離するので、光の利用効率も向上できる。なお、図4において、偏光ビームスプリッタ73の向きを紙面に対してレンズ72が紙面の奥になるように回転し、光源71を紙面の奥になるように配置されていてもよい。

[0079] （第2実施の形態）

図6は、第2実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。図6に示す表示装置は、図4に示した表示装置において、偏光ビームスプリッタ73から射出されるLCOS30からの回折光のうち、1次光の表示光束2

が透明な基板 40 の一方の端面 40 d から界面 40 a に全反射の条件で入射させるように構成されたものである。

[0080] そのため、端面 40 d は、界面 40 a、40 b に対して傾斜して形成され、その傾斜した端面 40 d に偏光ビームスプリッタ 73 の射出面 73 b が対向又は接合されている。そして、偏光ビームスプリッタ 73 の射出面 73 b から射出される LCOS 30 からの回折光が、透明な基板 40 の傾斜した端面 40 d から入射して、1 次光の表示光束 2 が界面 40 a で全反射される。界面 40 a で全反射された表示光束 2 は、第 1 実施の形態の場合と同様に透明な基板 40 の内部を伝播して、界面 40 a から表示光束 2 a、2 b、2 c・・・として射出される。なお、図 4 と同様の機能を生じる部材には同じ参照符号を付し、説明を省略する。

[0081] したがって、本実施の形態においても、第 1 実施の形態と同様の効果が得られる。また、本実施の形態では、図 4 の反射プリズム 50 が不要となるので、部品点数の削減が可能となり、コストダウンが図れる。また、偏光ビームスプリッタ 73 を、透明な基板 40 の界面 40 a と同一平面となるようにカットしているので、より薄型化が可能となる。なお、図 6 では、偏光ビームスプリッタ 73 の射出面 73 b を透明な基板 40 の界面 40 a に対して傾斜させたのに伴い、光源 71 からの照明光束 1 を透明な基板 40 に対して傾斜させて偏光ビームスプリッタ 73 に入射させている。しかし、光源 71 から透明な基板 40 と平行な方向に照明光束 1 を射出させ、その照明光束 1 を反射部材等を適宜使用して偏光ビームスプリッタ 73 に入射させるようにして、より薄型化を図ることもできる。

[0082] (第 3 実施の形態)

図 7 は、第 3 実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。図 7 に示す表示装置は、図 4 に示した表示装置において、偏光ビームスプリッタ 73 と透明な基板 40 との間の回折光の光路中に、負のレンズパワーを有する凹レンズ 76 を配置したものである。つまり、空間位相変調素子と透明な基板との間の表示光束の光路中におけるレンズパワーを負としたものである

。その他の構成は、図4と同様であるので、図4と同様の機能を生じる部材には同じ参照符号を付して説明を省略する。

[0083] このように、LCOS30の回折光が射出される偏光ビームスプリッタ73の射出面73b側に凹レンズ76を配置すれば、表示光束によって表示される画像の画角を拡大することが可能となる。例えば、図7において、LCOS30の画素ピッチ d を $11\mu\text{m}$ 、照明光束1の波長 λ を $0.55\mu\text{m}$ とする。この場合、図8に部分詳細図を示すように、1次光の回折角 θ は、 $d\sin\theta = \lambda$ 、からほぼ 2.85 度となる。つまり、1次光による画角は ± 2.85 度となる。

[0084] ここで、図8に示すように、凹レンズ76の焦点距離を $-f$ として、その焦点位置にLCOS30を配置すると、偏向角がほぼ倍となる。これにより、同じLCOS30で、同じ波長の照明光束1を用いて、 ± 5.7 度の画角を確保することができる。この画角は、LCOS30の画素ピッチが $1/2$ 、つまりほぼ $5.5\mu\text{m}$ に相当する。

[0085] この場合、 ± 5.7 度の画角方向では、0次光の左右に ± 5.7 度の範囲で画像情報(画角の広がり)を含んだ1次光が発生することになるが、0次光は、 ± 5.7 度の画角方向に垂直な方向において、反射プリズム50による1次光の全反射条件によりぎりぎりカットされる。また、凹レンズ76から射出される回折光を平行光とするため、レンズ72は焦点距離が $3f$ の凸レンズで構成される。そして、光源71からの照明光束1がレンズ72に平行光束で入射されて、LCOS30に収束光の照明光束1が入射される。

[0086] したがって、本実施の形態によると、上述した実施の形態の効果に加えて、瞳位置(LCOS30の虚像)を透明な基板40の入射瞳に近づけることができる。なお、図7において、偏光ビームスプリッタ73の向きを紙面に対してレンズ72が紙面の奥になるように回転し、光源71を紙面の奥になるように配置されていてもよい。

[0087] (第4実施の形態)

図9は、第4実施の形態に係る表示装置の要部の概略構成を示す図である

。本実施の形態に係る表示装置は、図4に示した表示装置において、光束導入光学系70を構成する光源71をレンズ72の光軸に対して傾けて配置して、光源71からの照明光束1を、その中心光線がLCOS30の法線に対して傾斜させてLCOS30に入射させるようにしている。その他の構成は、図4と同様である。

[0088] 本実施の形態において、0次光は、例えば画角の小さい方向において反射プリズム50（図4参照）により除去される。このとき、画角の小さい方向では、0次光の片側の1次光に、画像情報(画角)が含まれるようにしている。LCOS30での0次光の反射角は、画角の小さい方向では、その方向の半画角よりも大きくなっている。

[0089] これにより、例えば図10に模式的に示すように、0次光の左右に1次光（±1次回折光）による広い画角を有し、その画角方向と直交する方向において、0次光がぎりぎりにカットされた片側の1次光（例えば、+1次回折光）による狭い画角を有する表示領域DSを形成することができる。したがって、例えばアスペクト比が16：9のハイビジョン（HD）の表示にも容易に対応することが可能となる。

[0090] （第5実施の形態）

図11は、第5実施の形態に係る表示装置の概略構成を示す図である。本実施の形態に係る表示装置は、第1の透明な基板41と、第2の透明な基板42とを備える。第1の透明な基板41は、第2の透明な基板42の端部に位置し、この位置で第2の透明な基板42に固定されている。

[0091] 第1の透明な基板41は、第1実施の形態で説明した透明な基板40と同様に構成されて、光束導入光学系70（図示せず）から回折光が入射される。また、第1の透明な基板41は、入射する回折光から0次光と1次光（表示光束）とを分離するための反射プリズム50及び伝播される表示光束を第1の透明な基板41から射出させるためのプリズムアレイ60（図示せず）を有している。

[0092] 第2の透明な基板42は、図12に示すように、第1の透明な基板41と

同様に、平行な界面 4 2 a と界面 4 2 b とを有する。界面 4 2 a と界面 4 2 b の間には、半透膜 4 2 c が形成されている。このような第 2 の透明な基板 4 2 は、例えば 2 枚の透明な平行平板を用意し、一方の透明な平行平板の一方の表面に半透膜 4 2 c を形成し、その半透膜 4 2 c 上に他方の透明な平行平板を接合して構成することができる。

[0093] 第 2 の透明な基板 4 2 には、端部の界面 4 2 a 側に第 1 の透明な基板 4 1 が固定される。また、第 2 の透明な基板 4 2 は、界面 4 2 b 側で第 1 の透明な基板 4 1 と対向する領域にプリズムアレイ 8 0 を有し、その他の界面 4 2 b の領域にはプリズムアレイ 6 1 を有する。また、プリズムアレイ 6 1 は、第 1 の透明な基板 4 1 側のプリズムアレイ 6 0 と同様に、界面 4 2 b に接合又は界面 4 2 b を形成する基板と一体に形成される。

[0094] 以下、詳細に説明する。第 1 の透明な基板 4 1 は、図 1 1 に示すように、外形が長方形に構成され、長辺方向が Y 軸方向として配置されている。そして、図 4 で説明したと同様にして、第 1 の透明な基板 4 1 は、表示光束 2 を長辺方向に沿って伝播しながら、第 1 の透明な基板 4 1 から表示光束 2 a、2 b、2 c・・・を垂直方向（Z 軸方向）に射出させて第 2 の透明な基板 4 2 に入射させる。なお、第 1 の透明な基板 4 1 の厚みは、例えば、2～4 mm である。

[0095] 第 2 の透明な基板 4 2 は、図 1 1 に示すように、外形が略長方形の板状をなしている。第 2 の透明な基板 4 2 は、Y 軸方向（短辺）の長さが第 1 の透明な基板 4 1 の反射プリズム 5 0 を除く長辺の長さと同じである。一方、X 軸方向（長辺）の長さは、第 1 の透明な基板 4 1 の短辺の長さよりも長い。なお、第 2 の透明な基板 4 2 の外形は、長方形に限られない。第 2 の透明な基板 4 2 は、入射した表示光束 2 a、2 b、2 c・・・を X 軸方向に沿って伝播していく。なお、第 2 の透明な基板 4 2 の厚みは、例えば、2～4 mm である。

[0096] 図 1 2 に示すように、第 2 の透明な基板 4 2 に入射された表示光束 2 a、2 b、2 c・・・は、プリズムアレイ 8 0 により偏向される。偏向された表

示光束 2 a、2 b、2 c・・・は、第 2 の透明な基板 4 2 の界面 4 2 a と半透膜 4 2 c との間で反射を繰り返しながら、第 2 の透明な基板 4 2 を X 軸方向に伝播される。つまり、表示光束 2 a、2 b、2 c・・・は、半透膜 4 2 c では反射光と透過光とに振幅分割され、界面 4 2 a では全反射される。

[0097] 半透膜 4 2 c を透過した表示光束は、プリズムアレイ 6 1 に入射される。プリズムアレイ 6 1 は、第 2 の分岐部を構成するもので、入射した表示光束が界面 4 2 a から射出されるように Z 軸方向に反射させて半透膜 4 2 c を透過させ、界面 4 2 a から表示光束 2 d、2 e、2 f・・・として射出させる。

[0098] このように、表示光束 2 a は第 2 の透明な基板 4 2 の内部で全反射を繰り返して、第 2 の透明な基板 4 2 の内部を X 軸方向に伝播する。そして、伝播しながら、次々と表示光束 2 d、2 e、2 f・・・を第 2 の透明な基板 4 2 から Z 軸方向に射出させる。表示光束 2 b、2 c も同様である。すなわち、図 1 1 に示すように、表示光束 2 は第 1 の透明な基板 4 1 の内部を伝播しながら表示装置の Y 軸方向に広がると共に、第 2 の透明な基板 4 2 の内部を伝播しながら表示装置の X 軸方向に広がる。その結果、表示装置の表面（界面 4 2 a）の全面から、表示光束 2 が射出される。

[0099] ここで、本実施の形態に係る表示装置から射出される光束について説明する。図 1 3 は、表示装置から射出される各々の光束の光学的距離を示す図である。図 1 1 に示したように、表示装置の第 2 の透明な基板 4 2 の表面（界面 4 2 a）から表示光束 2 が射出される。この表示光束 2 は、図 1 2 に示したように、表示光束 2 d、2 e、2 f・・・で構成されている。このような表示装置を観察者が見た場合、表示光束の一部が観察者の眼の瞳 1 4 に入射するので、観察者は表示（虚像）を見ることができる。

[0100] 図 1 3 には、表示光束が 3 つの位置 3 0 a、3 0 b、3 0 c から射出する様子が示されている。3 つの表示光束の各々は、表示光束 2 と、最軸外の表示光束 2 U o と、最軸外の表示光束 2 L o で構成されている。表示光束 2 は、軸上（画像の中心）から射出された光束に対応する。最軸外の表示光束 2

U_oは、最軸外（画像の一方の端）から射出された光束に対応する。最軸外の表示光束2L_oは、最軸外（画像の他方の端）から射出された光束に対応する。

[0101] 位置30a、30b、30cは、それぞれ観察者側から見たときのLCOS30（図4参照）の光学的位置である。この光学的位置は、第2の透明な基板42の表面（界面42a）からLCOS30までの距離である。

[0102] 位置30aは、表示光束2が第2の透明な基板42内で1回だけ全反射して射出する場合のLCOS30の光学的位置である。位置30bは、表示光束2が第2の透明な基板42内で2回全反射して射出する場合のLCOS30の光学的位置である。位置30cは、表示光束2が第2の透明な基板42内で3回全反射して射出する場合のLCOS30の光学的位置である。

[0103] ここで、2つの光学的位置の光学的距离の差 Δ は、第2の透明な基板42で生じる1回の全反射によって伝播する距離である。より具体的には、半透膜42cから界面42aまでを表示光束2が往復したときの距離である。

[0104] なお、図13では三つの光学的位置30a、30b、30cを示したが、LCOS30の光学的位置は、実際には二次元に全反射を繰り返して伝播する光束の数だけある。また、観察者の瞳14には、通常複数の異なる光学的位置のLCOS30からの表示光束2が入射する。

[0105] LCOS30では、コヒーレント光によって、表示光束2、最軸外の表示光束2L_o及び最軸外の表示光束2U_oがホログラフィックに形成される。そのため、表示光束2、最軸外の表示光束2L_o及び最軸外の表示光束2U_oも、各々コヒーレント光となる。図13に示すように、観察者の瞳14が位置30bに正対する場合、瞳14には、主に位置30bからの表示光束（2、2L_o、2U_o）が入射するが、瞳14の位置によっては、位置30aや位置30cからの表示光束も入射する。

[0106] 上記のように、位置30aからの表示光束、位置30bからの表示光束及び位置30cからの表示光束は、各々コヒーレント光である。そのため、例えば位置30bからの表示光束と位置30aからの表示光束とが観察者の瞳

14に入射した場合、2つの光束が干渉してしまい、観察する虚像が意図しない像（虚像）になってしまうことが想定される。意図しない像とは、例えば、画質が劣化した像である。

[0107] そのため、光源71（図4参照）から射出される照明光束1のコヒーレンス長、つまり表示光束2のコヒーレンス長は、光学的距離の差 Δ より短くすることが好ましい。すなわち、表示光束2のコヒーレンス長は、第2の透明な基板42で生じる1回の全反射によって伝播する距離より短いことが好ましい。このようにすることで、異なる光学的距離を持つ複数の表示光束が観察者の眼に入射しても、意図しない像が形成されることを防止することができる。

[0108] 本実施の形態に係る表示装置では、表示光束が伝播されるに従って、複数の表示光束2d、2e、2f・・・が第2の透明な基板42から射出される。したがって、観察者は、いずれか1つの表示光束を見ても、あるいは複数の表示光束を見ても像を見ることができる。すなわち、それぞれの表示光束が合わさって一つの太い表示光束となっているとみなすことができる。また、画像の中心を表示する軸上の表示光束だけでなく、画像の端を表示する軸外の表示光束も同様に、それぞれの表示光束が合わさって一つの太い表示光束となっているとみなすことができる。

[0109] このように、本実施の形態に係る表示装置では、表示装置の表面から複数の表示光束が射出するが、これは、表示装置の表面の全面から一つの太い表示光束が射出されているのと等価である。そのため、表示装置の表面の全面が射出瞳であり、また、表示装置の表面の大きさが射出瞳の大きさである。したがって、それ自体が瞳であるルーペと同様に瞳が大きいので、観察者は表示装置に顔を近づけなくても容易に虚像を観察することができる。

[0110] また、第2の透明な基板42から外に射出される表示光束2d、2e、2f・・・（表示光束2）は、無限遠に虚像を表示する光束である。すなわち、観察者が表示光束を見た時、無限遠（遠方）に虚像が形成される。よって、第2の透明な基板42から射出された複数の表示光束の各々についても、

観察者がこれらの表示光束を見た時、全て無限遠に虚像が形成される。その結果、観察者の目が近点に焦点の合わない老眼であっても、観察者は焦点の合った表示を見ることができる。また、観察者はどの表示光束を見ても、あるいは複数の表示光束を同時に見ても、無限遠に形成された虚像を見ることができる。なお、第2～4実施の形態においても透明な基板を二枚用いて二次元的広がりのある表示装置を構成できることは言うまでもない。

[0111] なお、本発明は、上記実施の形態に限定されるものではなく、幾多の変形又は変更が可能である。例えば、上記実施の形態では、表示光束をホログラフィックに生成するためにSPMを用いている。しかしながら、SPMを用いなくても、表示光束をホログラフィックに生成することはできる。例えば、静止画であれば、ホログラムパターンを変化させる必要がない。そのため、フィルムにホログラムパターンを記録し、このフィルムをSPMの位置に配置しても良い。ホログラムパターンを一度しか記録できない特性を持つものであれば、フィルムでなくても良い。

[0112] また、第1～3実施の形態で説明した透明な基板40や第5実施の形態で説明した第1の透明な基板41及び第2の透明な基板42は、図1A、図1Bに示した透明な基板4と同様にポリウムホログラムからなる回折格子を用いる構成としてもよい。また、光束導入光学系70は、1/4波長板74を省略し、偏光ビームスプリッタ73に代えて例えばハーフプリズムを用いて構成してもよい。

産業上の利用可能性

[0113] 以上のように、本発明に係る表示装置は、小型・薄型でありながら、高い光学性能を有する点において有用である。

符号の説明

- [0114] 1 照明光束
 2、2 a、2 b、2 c、2 d、2 e、2 f 表示光束
 3 LCOS
 4 透明な基板

4 a、4 b 界面
5 回折格子
1 4 眼の瞳
3 0 L C O S
4 0 透明な基板
4 0 a、4 0 b 界面
4 0 c 半透膜
4 1 第 1 の透明な基板
4 2 第 2 の透明な基板
4 2 a、4 2 b 界面
4 2 c 半透膜
5 0 反射プリズム
6 0、6 1 プリズムアレイ
7 0 光束導入光学系
7 1 光源
7 2 レンズ
7 3 偏光ビームスプリッタ
7 4 $1/4$ 波長板
7 6 凹レンズ
8 0 プリズムアレイ

請求の範囲

- [請求項1] 表示光束を形成する空間位相変調素子と、
前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、
前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、
照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、
前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成する、ことを特徴とする表示装置。
- [請求項2] 前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中におけるレンズパワーが零である、ことを特徴とする請求項1に記載の表示装置。
- [請求項3] 前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中に、負のレンズパワーを有する光学素子をさらに備える、ことを特徴とする請求項1に記載の表示装置。
- [請求項4] 前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中におけるレンズパワーが負である、ことを特徴とする請求項1または3に記載の表示装置。
- [請求項5] 前記ビームスプリッタは偏光ビームスプリッタからなり、
前記光束導入光学系は、前記偏光ビームスプリッタと前記空間位相変調素子との間に $1/4$ 波長板をさらに備える、ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一項に記載の表示装置。
- [請求項6] 前記光束導入光学系は、前記照明光束の中心光線を前記空間位相変調素子の法線に対して傾斜させて、前記照明光束を前記空間位相変調素子に入射させる、ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれか一項に記載の表示装置。
- [請求項7] 前記空間位相変調素子での前記照明光束の0次光の反射角は、前記表

示光束による一つの表示画角の半分よりも大きい、ことを特徴とする請求項 6 に記載の表示装置。

[請求項 8] 前記空間位相変調素子での前記照明光束の 0 次光を画角の狭い方向で除去することを特徴とする請求項 5 または 7 に記載の表示装置。

[請求項 9] 前記表示光束のコヒーレンス長は、一度の前記内面反射で前記表示光束が伝播する距離より短い、ことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項 10] 前記透明な基板外に射出される前記表示光束は、無限遠に虚像を表示するものである、ことを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項 11] 前記空間位相変調素子による 0 次光は前記透明な基板を透過し、1 次光は前記透明な基板の内部で全反射する条件で、前記透明な基板に入射する、ことを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項 12] 前記分岐部は回折格子からなる、ことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項 13] 前記回折格子はボリュームホログラムからなる、ことを特徴とする請求項 1 2 に記載の表示装置。

[請求項 14] 前記分岐部はプリズムアレイからなる、ことを特徴とする請求項 1 乃至 11 のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項 15] 前記透明な基板から射出される前記表示光束を入射して、該表示光束を繰り返し内面反射して伝播する第 2 の透明な基板と、

該第 2 の透明な基板内で前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を当該第 2 の透明な基板外へ射出させる第 2 の分岐部と、をさらに備える、ことを特徴とする請求項 1 乃至 14 のいずれか一項に記載の表示装置。

補正された請求の範囲

[2015年3月9日 (09.03.2015) 国際事務局受理]

[請求項 1] (削除)

[請求項 2] (削除)

[請求項 3] (補正後) 表示光束を形成する空間位相変調素子と、

前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、

前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、

照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、

前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成し、

前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中に、負のレンズパワーを有する光学素子をさらに備える、ことを特徴とする表示装置。

[請求項 4] (補正後) 表示光束を形成する空間位相変調素子と、

前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、

前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、

照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、

前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成し、

前記光束導入光学系は、前記空間位相変調素子と前記透明な基板との間の前記表示光束の光路中におけるレンズパワーが負である、ことを特徴とする表示装置。

〔請求項 5〕（補正後） 表示光束を形成する空間位相変調素子と、

前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、

前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、

照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、

前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成し、

前記ビームスプリッタは偏光ビームスプリッタからなり、

前記光束導入光学系は、前記偏光ビームスプリッタと前記空間位相変調素子との間に $1/4$ 波長板をさらに備える、ことを特徴とする表示装置。

〔請求項 6〕（補正後） 前記光束導入光学系は、前記照明光束の中心光線を前記空間位相変調素子の法線に対して傾斜させて、前記照明光束を前記空間位相変調素子に入射させる、ことを特徴とする請求項 3 乃至 5 のいずれか一項に記載の表示装置。

〔請求項 7〕（補正後） 表示光束を形成する空間位相変調素子と、

前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、

前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、

照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、

前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成し、

前記光束導入光学系は、前記照明光束の中心光線を前記空間位相変調素子の法線に対して傾斜させて、前記照明光束を前記空間位相変調

素子に入射させ、

前記空間位相変調素子での前記照明光束の0次光の反射角は、前記表示光束による一つの表示画角の半分よりも大きい、ことを特徴とする表示装置。

[請求項8] 前記空間位相変調素子での前記照明光束の0次光を画角の狭い方向で除去することを特徴とする請求項5または7に記載の表示装置。

[請求項9] (補正後) 表示光束を形成する空間位相変調素子と、

前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、

前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、

照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、

前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成し、

前記表示光束のコヒーレンス長は、一度の前記内面反射で前記表示光束が伝播する距離より短い、ことを特徴とする表示装置。

[請求項10] (補正後) 前記透明な基板外に射出される前記表示光束は、無限遠に虚像を表示するものである、ことを特徴とする請求項3乃至9のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項11] (補正後) 前記空間位相変調素子による0次光は前記透明な基板を透過し、1次光は前記透明な基板の内部で全反射する条件で、前記透明な基板に入射する、ことを特徴とする請求項3乃至10のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項12] (補正後) 前記分岐部は回折格子からなる、ことを特徴とする請求項3乃至11のいずれか一項に記載の表示装置。

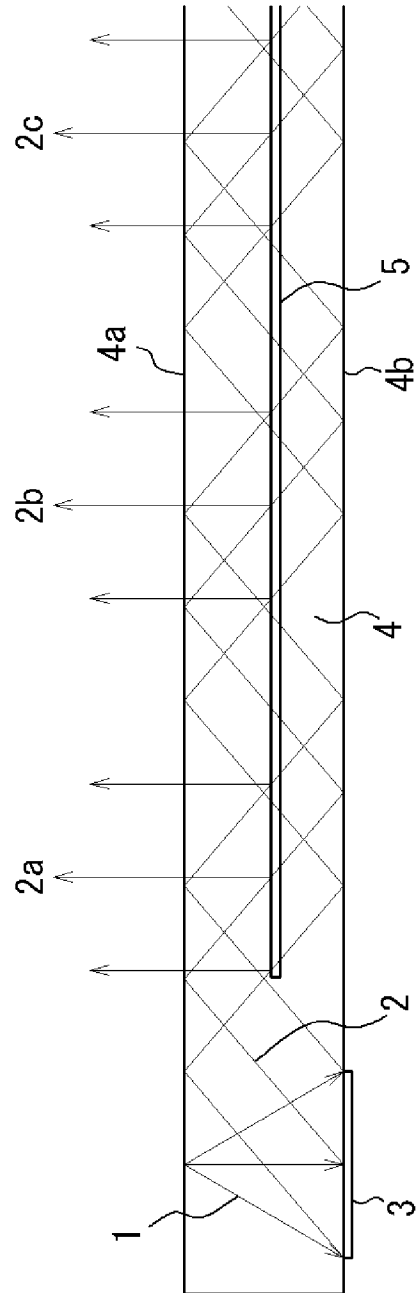
[請求項13] 前記回折格子はボリュームホログラムからなる、ことを特徴とする請求項12に記載の表示装置。

[請求項 1 4] (補正後) 前記分岐部はプリズムアレイからなる、ことを特徴とする請求項 3 乃至 1 1 のいずれか一項に記載の表示装置。

[請求項 1 5] (補正後) 表示光束を形成する空間位相変調素子と、
前記表示光束が繰り返し内面反射して伝播する透明な基板と、
前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を前記透明な基板外へ射出させる分岐部と、
照明光束を前記空間位相変調素子に導き、前記空間位相変調素子で形成される前記表示光束を前記透明な基板に導くビームスプリッタを有する光束導入光学系と、を備え、
前記空間位相変調素子は、前記照明光束の回折により前記表示光束をホログラフィックに形成し、
前記透明な基板から射出される前記表示光束を入射して、該表示光束を繰り返し内面反射して伝播する第 2 の透明な基板と、
該第 2 の透明な基板内で前記表示光束が前記内面反射を行う毎に、前記表示光束の一部を当該第 2 の透明な基板外へ射出させる第 2 の分岐部と、をさらに備える、ことを特徴とする表示装置。

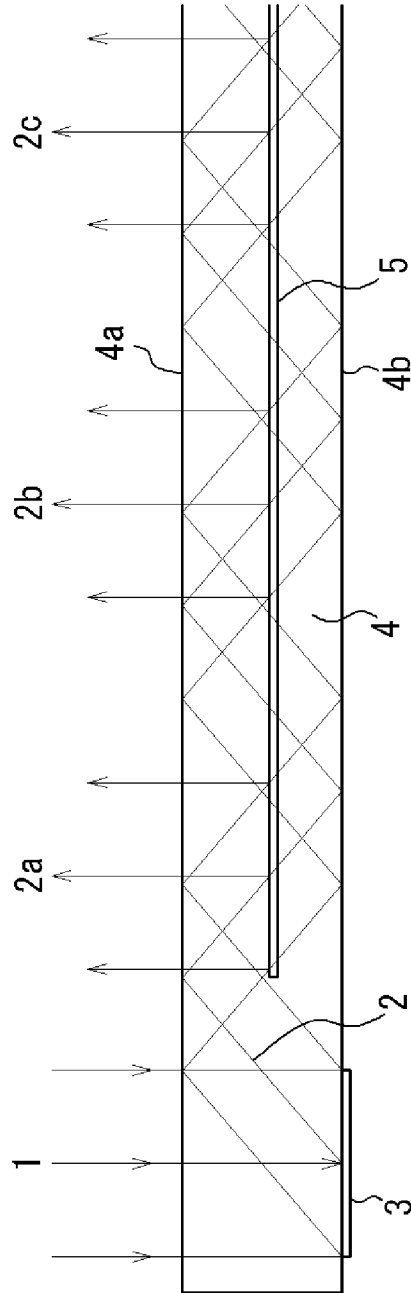
[図1A]

FIG. 1A

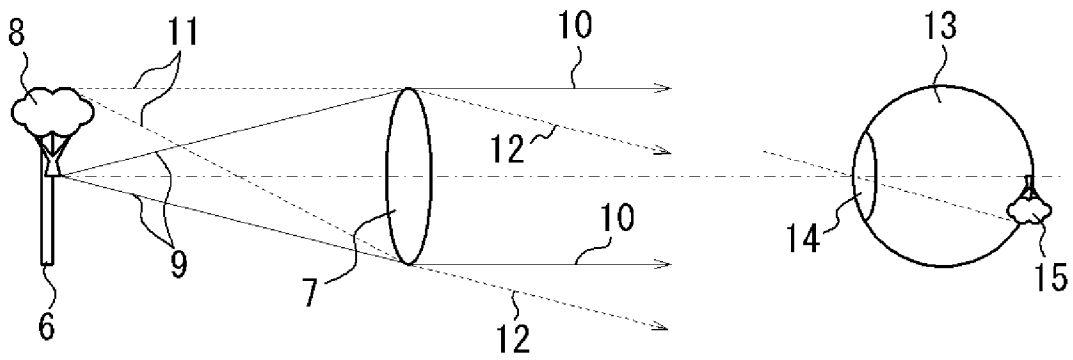


[図1B]

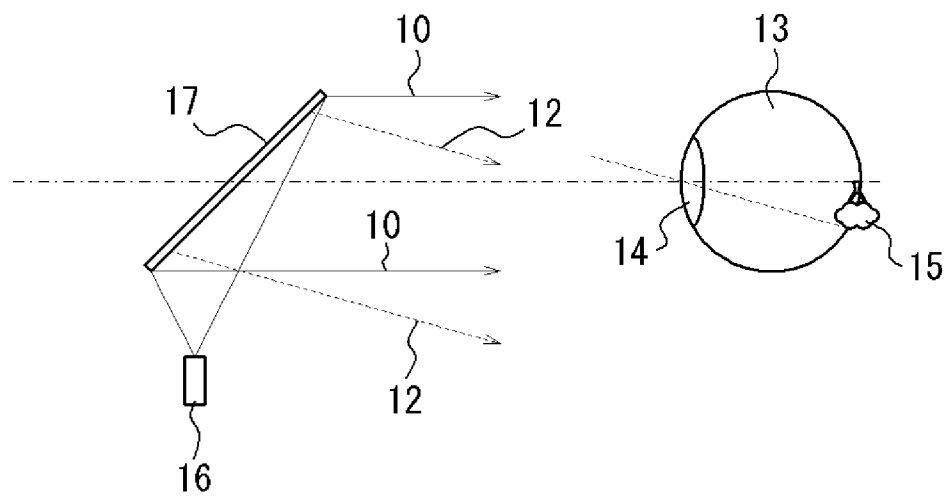
FIG. 1B



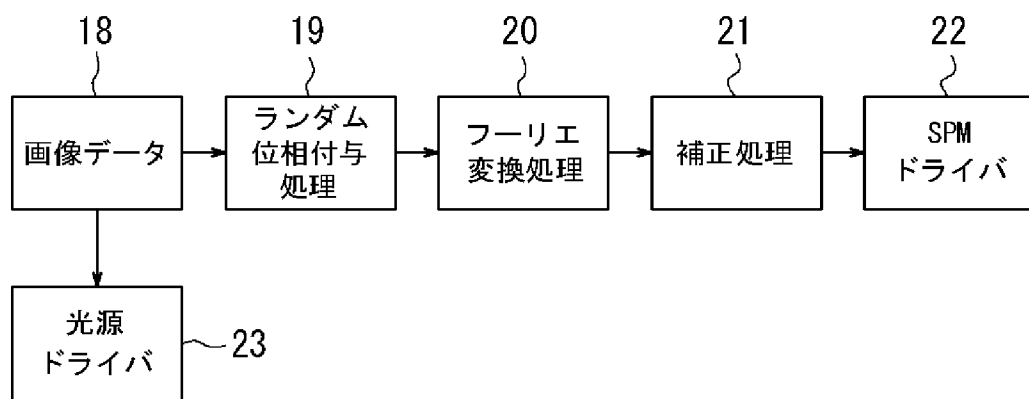
[図2A]

FIG. 2A

[図2B]

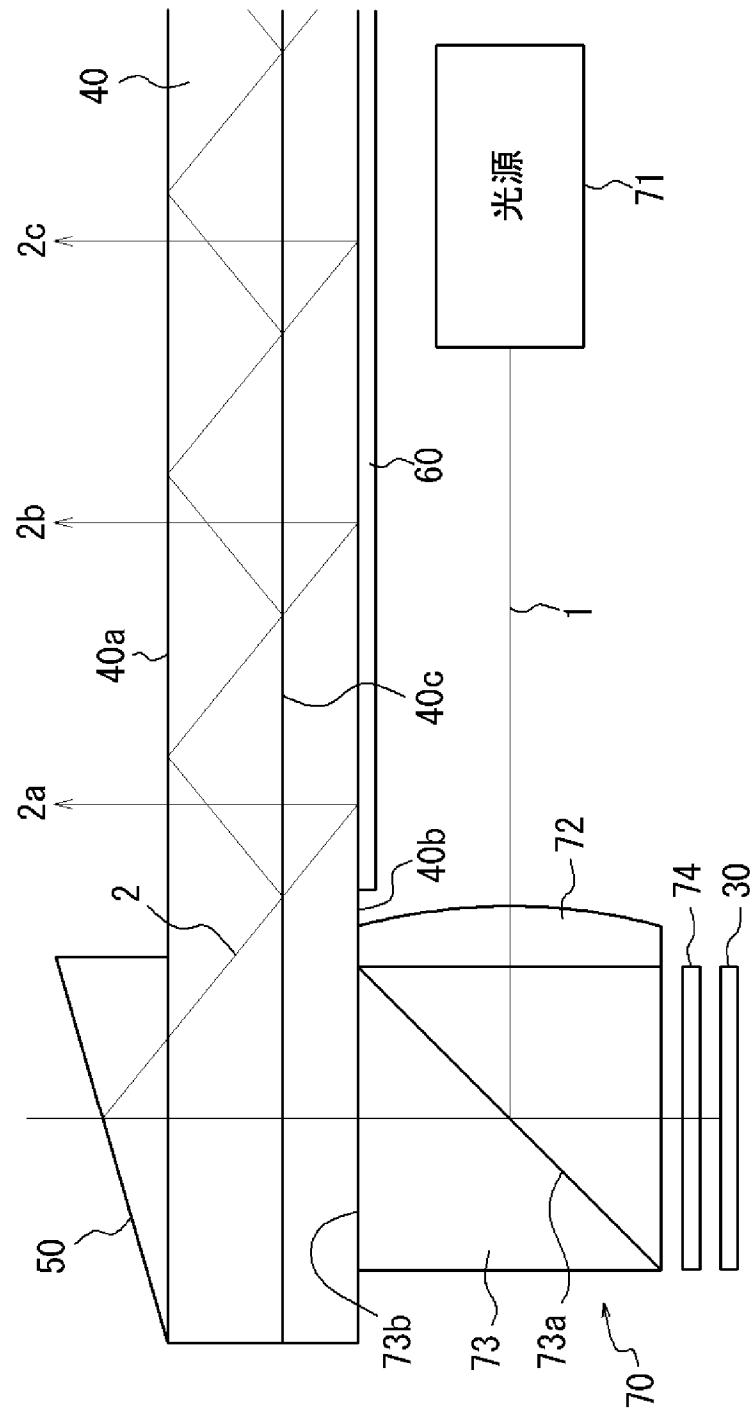
FIG. 2B

[図3]

FIG. 3

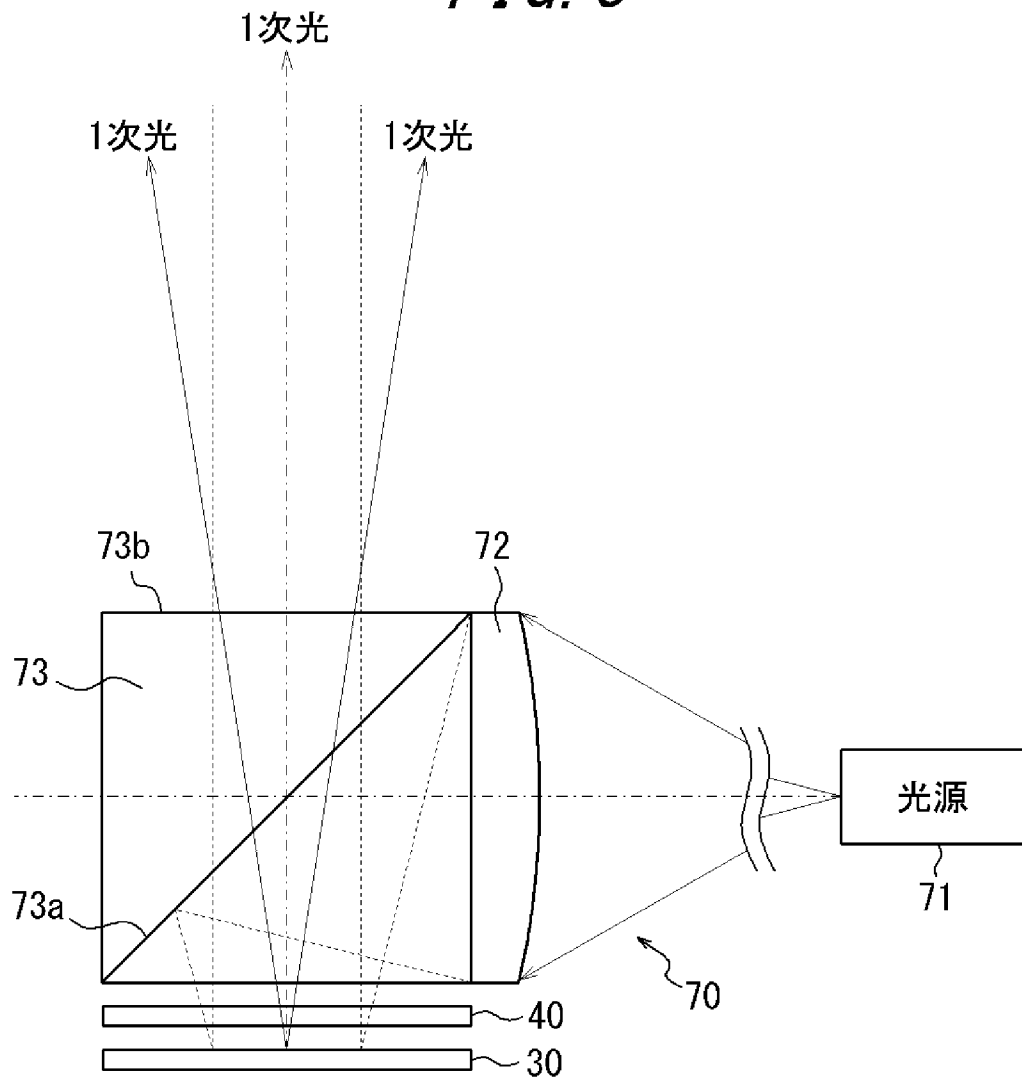
[図4]

FIG. 4



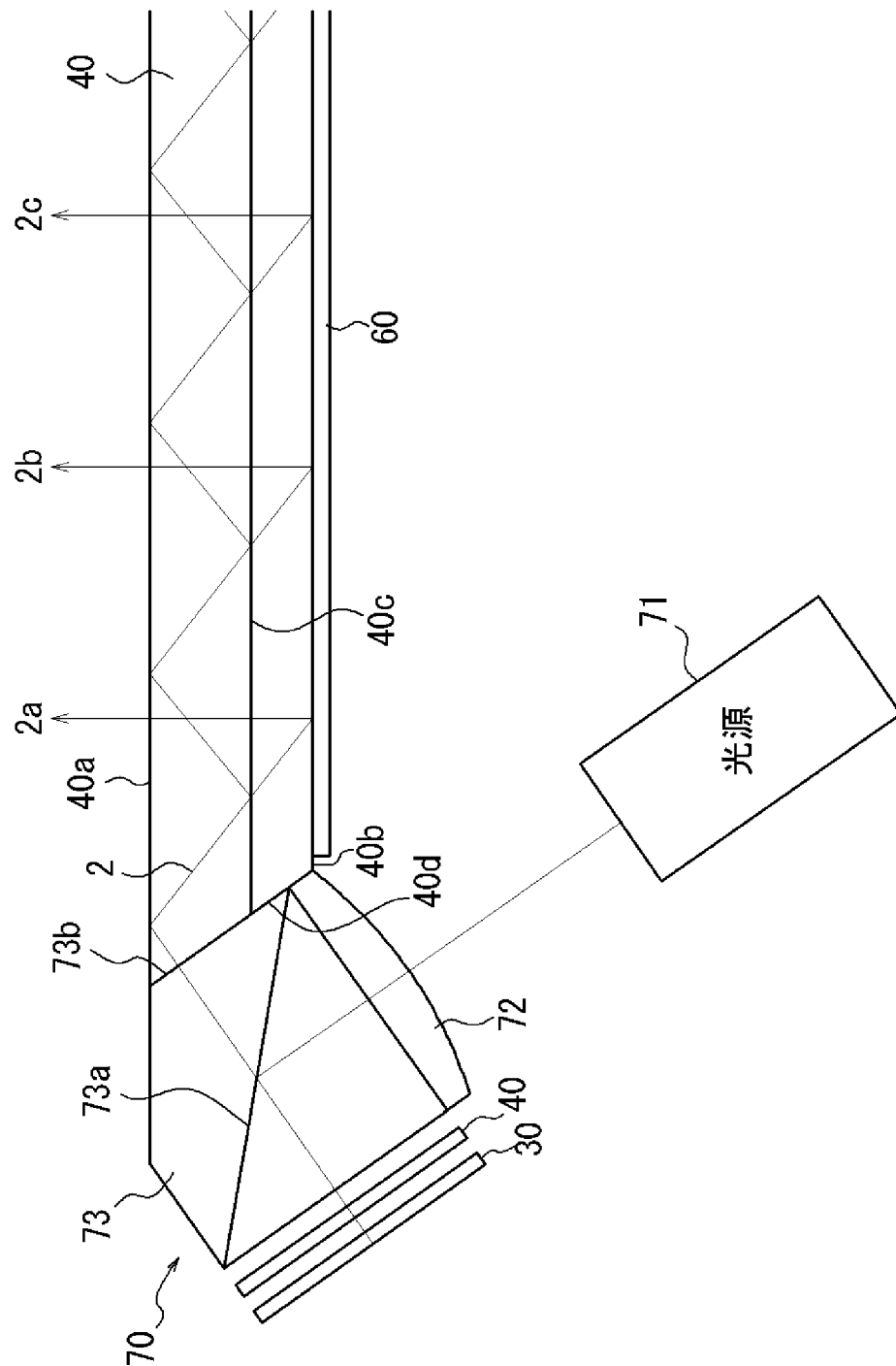
[図5]

FIG. 5



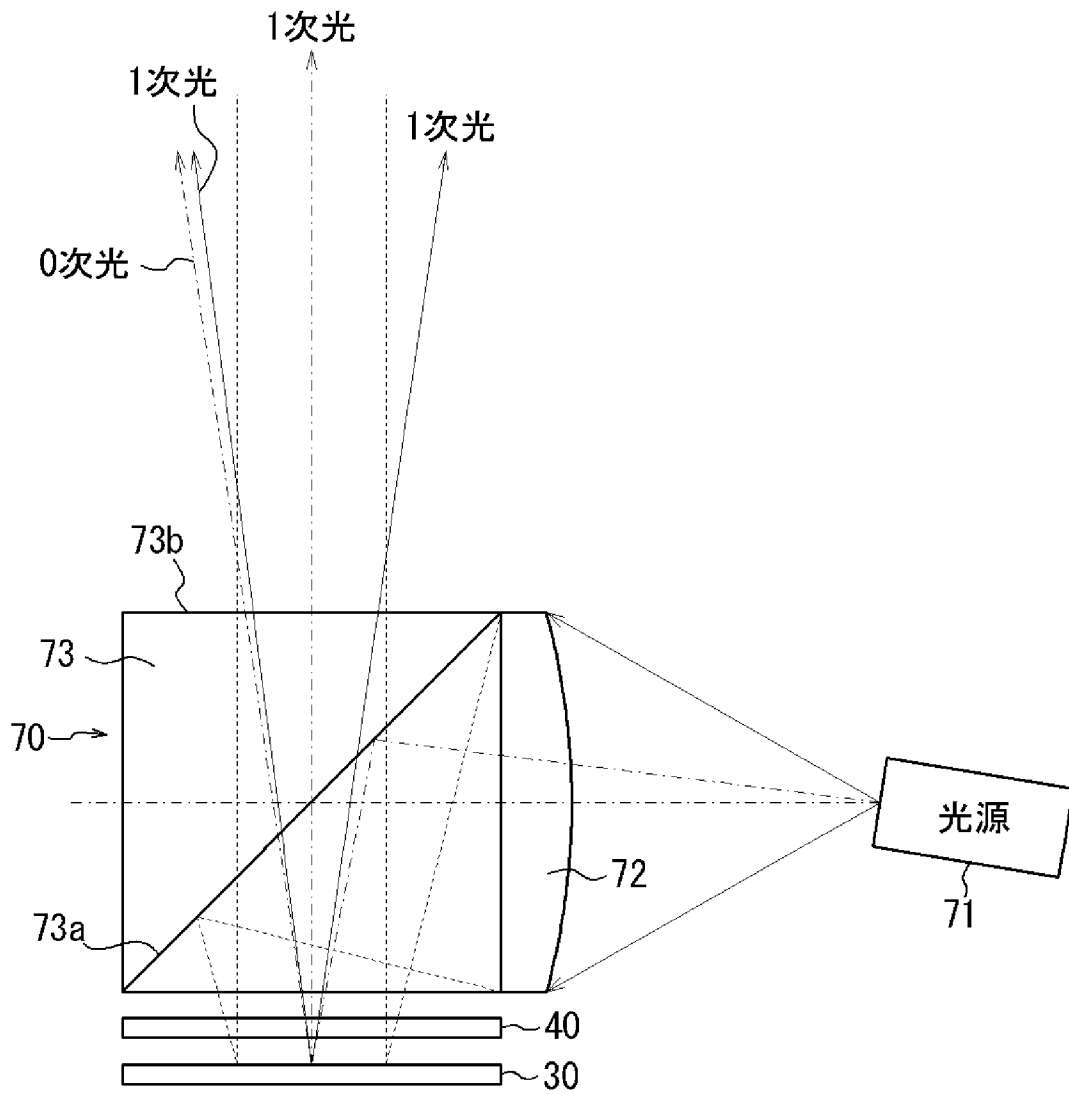
[図6]

FIG. 6

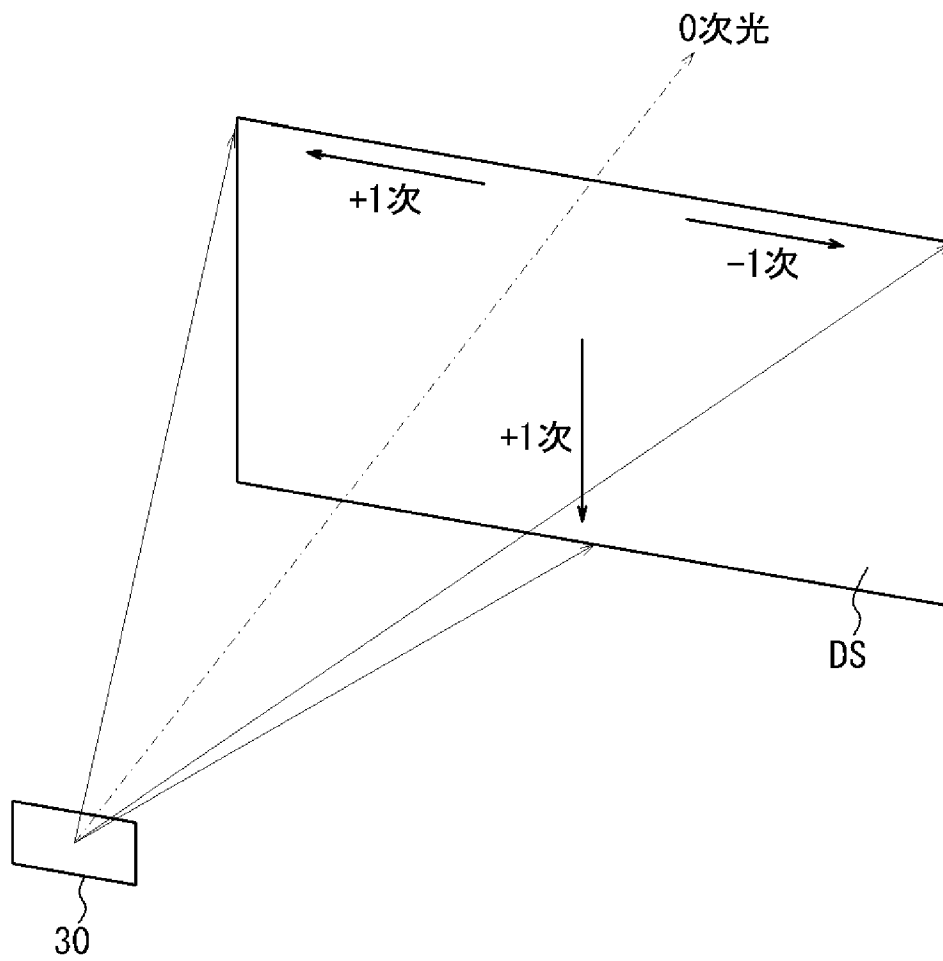


[図9]

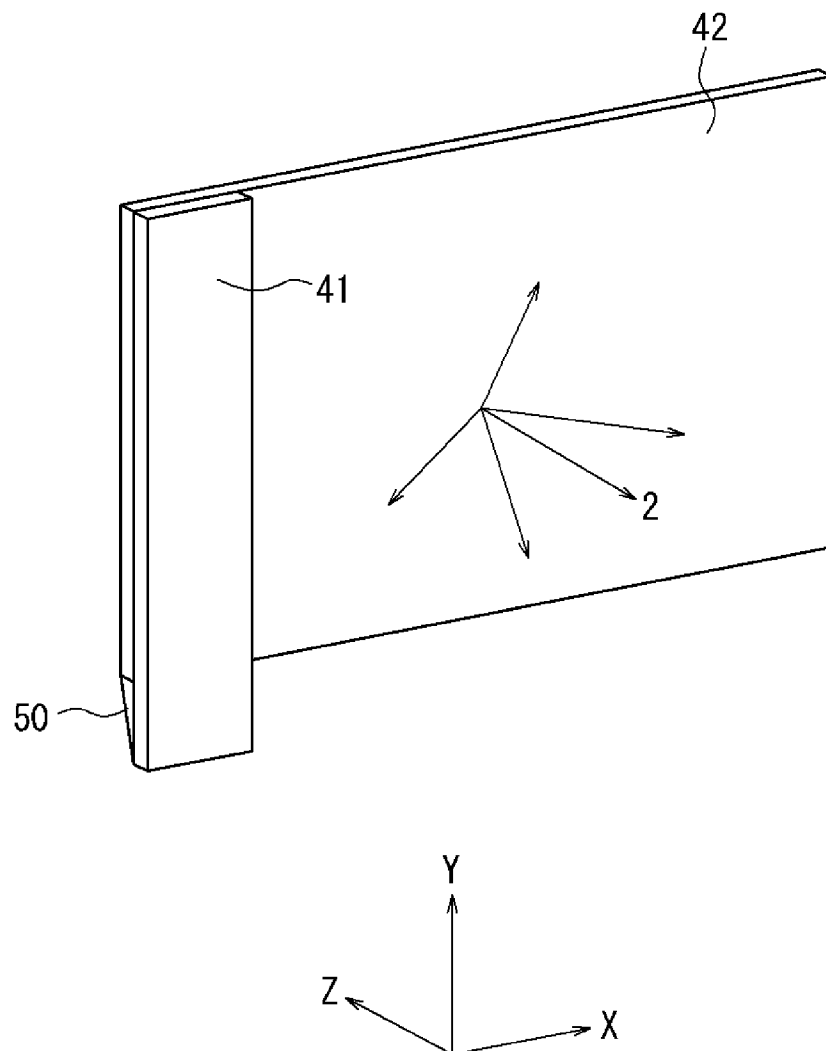
FIG. 9



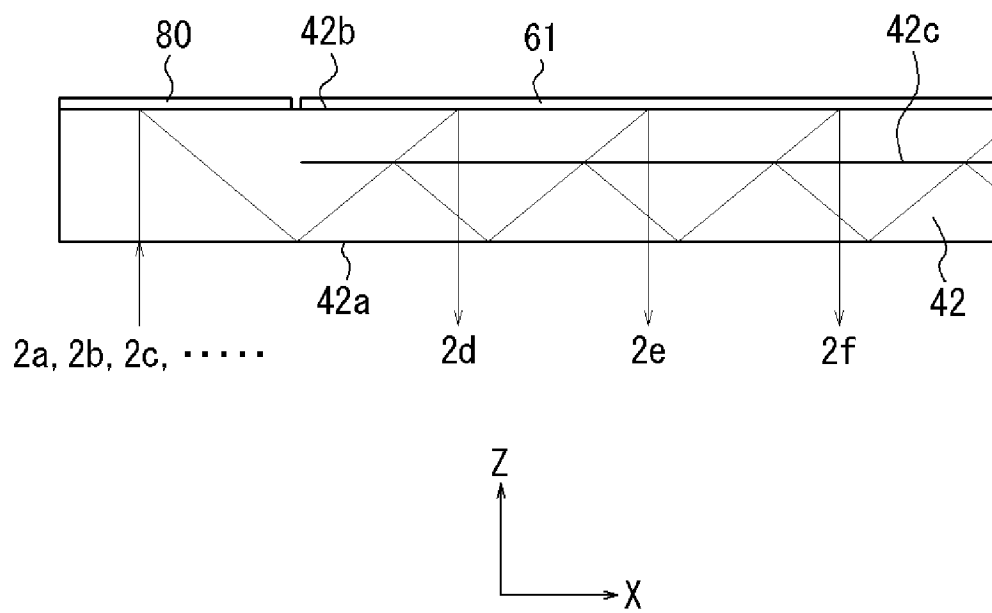
[図10]

FIG. 10

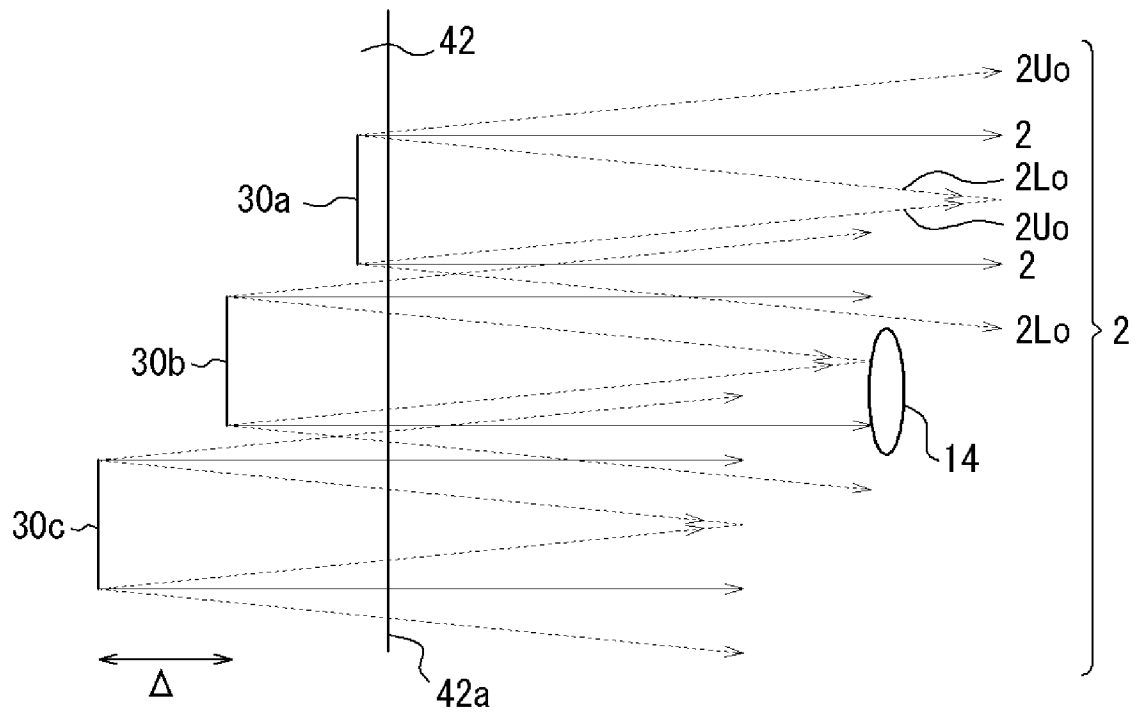
[図11]

FIG. 11

[図12]

FIG. 12

[図13]

FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005546

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/02(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i, G03H1/22(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, G02F1/13, G03H1/22

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
Y A	JP 2011-248318 A (Sony Corp.), 08 December 2011 (08.12.2011), paragraphs [0070] to [0082], [0086] to [0096], [0122] to [0127]; fig. 1, 3, 5, 18 & US 2011/19250 A1 & CN 101963703 A	1-2, 6, 10-14 3-5, 7-9, 15
Y A	WO 2013/057951 A1 (Panasonic Corp.), 25 April 2013 (25.04.2013), paragraphs [0022], [0107] to [0108]; fig. 1 & US 2014/198141 A & CN 103250200 A	1-2, 6, 10-14 3-5, 7-9, 15
Y	JP 2010-72150 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 02 April 2010 (02.04.2010), paragraphs [0077] to [0090], [0109] to [0119]; fig. 3, 8 & US 2010/66926 A1	6

☒ 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
28 November, 2014 (28.11.14)

Date of mailing of the international search report
09 December, 2014 (09.12.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/005546

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2013-61480 A (Olympus Corp.), 04 April 2013 (04.04.2013), paragraphs [0026] to [0031]; fig. 2 & US 2014/192418 A1 & WO 2013/038626 A1	14
A	JP 2010-282231 A (Sony Corp.), 16 December 2010 (16.12.2010), paragraphs [0208] to [0219]; fig. 30 & US 2006/228073 A1 & EP 1731943 A1 & WO 2005/093493 A1 & KR 10-2006-133881 A & CN 101174028 A	5

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. G02B27/02(2006.01)i, G02F1/13(2006.01)i, G03H1/22(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（I P C））

Int.Cl. G02B27/02, G02F1/13, G03H1/22

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
Y A	JP 2011-248318 A（ソニー株式会社）2011. 12. 08, 段落[0070]-[0082], [0086]-[0096], [0122]-[0127], 図 1, 3, 5, 18 & US 2011/19250 A1 & CN 101963703 A	1-2, 6, 10-14 3-5, 7-9, 15
Y A	WO 2013/057951 A1（パナソニック株式会社）2013. 04. 25, 段落[0022], [0107]-[0108], 図 1 & US 2014/198141 A & CN 103250200 A	1-2, 6, 10-14 3-5, 7-9, 15

☒ 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

2 8 . 1 1 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 9 . 1 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

右田 昌士

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

2 L

9 5 1 3

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
Y	JP 2010-72150 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2010.04.02, 段落[0077]-[0090], [0109]-[0119], 図 3, 8 & US 2010/66926 A1	6
Y	JP 2013-61480 A (オリンパス株式会社) 2013.04.04, 段落[0026]-[0031], 図 2 & US 2014/192418 A1 & WO 2013/038626 A1	1 4
A	JP 2010-282231 A (ソニー株式会社) 2010.12.16, 段落[0208]-[0219], 図 30 & US 2006/228073 A1 & EP 1731943 A1 & WO 2005/093493 A1 & KR 10-2006-133881 A & CN 101174028 A	5