

(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
2016年9月15日(15.09.2016)



(10) 国際公開番号
WO 2016/143246 A1

- (51) 国際特許分類:
G02B 27/02 (2006.01) *G02B 17/08* (2006.01)
G02B 5/18 (2006.01) *H04N 5/64* (2006.01)
G02B 5/32 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/000510
- (22) 国際出願日: 2016年2月1日(01.02.2016)
- (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 2015-045900 2015年3月9日(09.03.2015) JP
- (71) 出願人: セイコーエプソン株式会社 (SEIKO EPSON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1608801 東京都新宿区新宿四丁目1番6号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 米窪 政敏 (YONEKUBO, Masatoshi); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 横山 修 (YOKOYAMA, Osamu); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 武田 高司 (TAKEDA, Takashi); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 井出 光

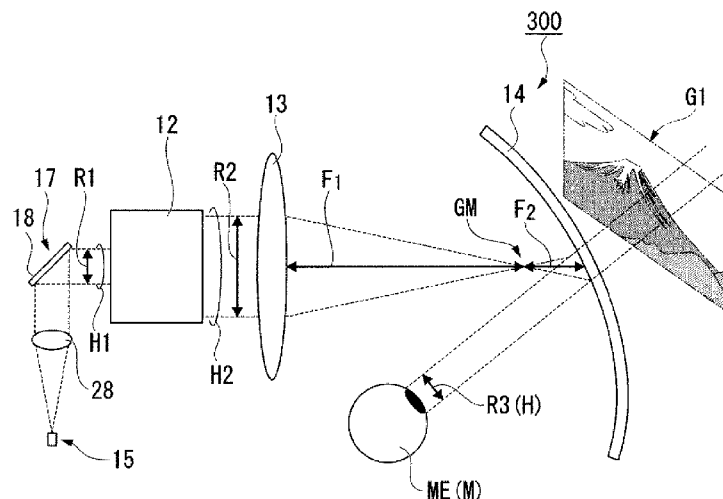
隆 (IDE, Mitsutaka); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP). 石田 大輔 (ISHIDA, Daisuke); 〒3928502 長野県諏訪市大和3丁目3番5号セイコーエプソン株式会社内 Nagano (JP).

- (74) 代理人: 渡辺 和昭, 外 (WATANABE, Kazuaki et al.); 〒3998702 長野県松本市寿小赤2070セイコーエプソン株式会社 知的財産本部内 Nagano (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

[続葉有]

(54) Title: IMAGE DISPLAY DEVICE

(54) 発明の名称: 画像表示装置



(57) Abstract: Provided is an image display device capable of both a pupil-magnification function and an angle-of-view enlargement function. This image display device comprises: an image generation unit that emits a first image light; a pupil-magnification element that enlarges the diameter of a light beam included in the first image light from the image generation unit and uses same as a second image light; a first condensed light optical system that condenses the second image light and forms an intermediate picture; and a second condensed light optical system that condenses light from the intermediate image and generates a virtual image in the eye of an observer. The image display device is characterized by the maximum emission angle of the first image light being smaller than the maximum angle of view for the virtual image and the diameter of the light beam included in the second image light being larger than the diameter of the light beam included in the virtual image, in a plane including at least the image generation unit, the pupil-magnification element, and the eye of the observer.

(57) 要約:

[続葉有]



WO 2016/143246 A1



ロシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨー 添付公開書類:

ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
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).

瞳孔拡大機能と画角拡大機能とを両立できる、画像表示装置を提供する。本発明の画像表示装置は、第1の画像光を射出する画像生成部と、画像生成部からの第1の画像光に含まれる光束の径を拡大して第2の画像光とする瞳孔拡大素子と、第2の画像光を集光して中間像を形成する第1の集光光学系と、中間像からの光を集光して観察者の眼に虚像を生成する第2の集光光学系と、を備え、少なくとも画像生成部と瞳孔拡大素子と観察者の眼とを含む面内において、第1の画像光の最大射出角度は、虚像の最大画角よりも小さく、第2の画像光に含まれる光束の径は、虚像に含まれる光束の径よりも大きいことを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：画像表示装置

技術分野

[0001] 本発明は、画像表示装置に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、ヘッドマウントディスプレイ等の装着型表示装置が注目されている。このようなヘッドマウントディスプレイにおいては、観察者の瞳に入射する際の画像光に含まれる光束の径、すなわち射出瞳が観察者の瞳径より小さい場合、観察者の瞳位置が射出瞳からずれないように位置調整する必要性が生じ、非常に使い勝手が悪くなってしまう。そこで、光学素子を用いて、画像光が形成する射出瞳を拡大する技術が知られている（例えば、特許文献1参照）。このように画像光が形成する射出瞳を拡大する機能のことを、以下、瞳拡大機能と称する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平07-134266号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] ところで、ヘッドマウントディスプレイにおいてはさらなる高画角化（広角化）が要求されている。ヘッドマウントディスプレイの広角化を実現するには、レンズや凹面鏡等の光学系を用いることで画像光の画角を大きくする必要がある。

しかしながら、画像光の画角を大きくすると射出瞳の大きさが小さくなってしまう。このように画角拡大と瞳拡大とは相反する関係が成立していた。そこで、瞳拡大機能と画角拡大機能とを両立できる、新たな技術の提供が望まれている。

[0005] 本発明はこのような事情に鑑みてなされたものであって、瞳拡大機能と画

角拡大機能とを両立できる、画像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

[0006] 本発明の第1態様に従えば、第1の画像光を射出する画像生成部と、前記画像生成部からの前記第1の画像光に含まれる光束の径を拡大して第2の画像光とする瞳拡大素子と、前記第2の画像光を集光して中間像を形成する第1の集光光学系と、前記中間像からの光を集光して観察者の眼に虚像を生成する第2の集光光学系と、を備え、少なくとも前記画像生成部と前記瞳拡大素子と前記観察者の眼とを含む面内において、前記第1の画像光の最大射出角度は、前記虚像の最大画角よりも小さく、前記第2の画像光に含まれる光束の径は、前記虚像に含まれる光束の径よりも大きい画像表示装置が提供される。

[0007] 観察者の瞳に入射する際の虚像に含まれる光束の径、すなわち射出瞳と画角の大きさとの間には、虚像の画角を上げると射出瞳の大きさが縮小するといった関係が成立している。

第1態様に係る画像表示装置によれば、第2の画像光に含まれる光束の径が射出瞳よりも大きくなっているため、虚像の画角を上げたことによる縮小分が考慮されて虚像に含まれる光束（射出瞳）大きさが設定されたものとなっている。そのため、虚像の画角を上げることで虚像に含まれる光束の径が縮小されたとしても、射出瞳として所定サイズのものを得ることができる。よって、瞳拡大機能と画角拡大機能とを両立した画像表示装置を提供できる。

[0008] 上記第1態様において、前記第1の画像光の最大射出角度に対する前記虚像の最大画角で規定される角倍率は、1以上2.5以下である構成としてもよい。このとき、前記角倍率は、1.1以上1.7以下であるのがより望ましい。

この構成によれば、角倍率が必要以上に大きくなることで瞳拡大素子や第1の集光光学系の大型化が防止されるので、画像表示装置自体を小型化することができる。

[0009] 上記第1態様において、前記第1の集光光学系の実質的な焦点距離を前記第2の集光光学系の実質的な焦点距離で割った角倍率は、1以上2.5以下である構成としてもよい。前記角倍率は、1.1以上1.7以下であるのがより望ましい。

この構成によれば、角倍率が必要以上に大きくなることで瞳孔拡大素子や第1の集光光学系の大型化が防止されるので、画像表示装置自体を小型化することができる。

[0010] 上記第1態様において、前記瞳孔拡大素子は、前記第2の画像光に含まれる光束の径が、前記虚像に含まれる光束の径に前記角倍率を乗じた大きさ以上となるように拡大率を設定している構成としてもよい。

この構成によれば、高画角化によって縮小される分を考慮して第2の画像光の大きさが設定されるので、所定の射出瞳孔より画像光を大きくすることができる。

[0011] 上記第1態様において、前記画像生成部は、光源部から射出された光を走査して前記第1の画像光とする光走査デバイスである構成としてもよい。

このようにすれば、光走査デバイスにより画像光を形成する方式において、瞳孔拡大機能と画角拡大機能とを両立することで小型化および高画角化を実現した画像表示装置が提供される。

[0012] 上記第1態様において、前記画像生成部は、電気光学装置と、コリメートレンズとを有する構成としてもよい。

この構成によれば、電気光学装置により画像光を形成する方式において、瞳孔拡大機能と画角拡大機能とを両立することで小型化および高画角化を実現した画像表示装置が提供される。

[0013] 上記第1態様において、前記瞳孔拡大素子は、複数の導光材がハーフミラー層を介して接合された光学素子である構成としてもよい。

この構成によれば、簡便且つ確実に画像光を拡大することができる。

[0014] 上記第1態様において、前記瞳孔拡大素子は、回折素子を含む光学素子である構成としてもよい。

この構成によれば、簡便且つ確実に画像光を拡大することができる。

- [0015] 上記第1態様において、前記第1の集光光学系は、少なくとも正のパワーと負のパワーとを含む光学系であり、全体として正のパワーを有する構成としてもよい。

この構成によれば、画像光の中間像を良好に形成することができる。

- [0016] 上記第1態様において、前記第2の集光光学系は、少なくとも前記画像生成部と前記瞳拡大素子と前記観察者の眼とを含む面内において、正のパワーを有する凹面鏡である構成としてもよい。

この構成によれば、中間像からの光をほぼ平行光に戻して観察者の眼の瞳孔近傍に射出瞳を形成することができる。よって、遠方に所定の画角の虚像を生成することができる。

- [0017] 上記第1態様において、前記第2の集光光学系は、少なくとも前記画像生成部と前記瞳拡大素子と前記観察者の眼とを含む面内において、正のパワーを有する反射型ホログラムである構成としてもよい。

ホログラムは入射角と反射角とを異ならせることが可能であるため、反射された光束の断面を拡大する瞳拡大効果を得ることができる。よって、ホログラムによる瞳拡大効果の分だけ、第2の画像光に含まれる光束の径を小さくすることができる。これにより、第2の画像光に含まれる光束の径が小さくなった分だけ、瞳拡大素子および第1の光学系を小型化できるので、装置全体を小型化できる。

また、例えば、第2の画像光に含まれる光束径の大きさとしてもとの大きさを確保すれば、角倍率を大きくしてもホログラムの瞳拡大効果によって十分な大きさの虚像に含まれる光束を得ることができる。よって、よって、高画角化を図ることができる。

あるいは、第2の画像光に含まれる光束の大きさ及び角倍率を変化させなければ、ホログラムの瞳拡大効果の分だけより虚像に含まれる光束をより大きくできるので、多様な眼の大きさの人々に対して見易さを向上させることができる。

図面の簡単な説明

- [0018] [図1]本実施形態のHMDを装着した状態を示す図。
[図2]本実施形態のHMDの斜視図。
[図3]表示装置の各部の構成を示す平面図。
[図4]瞳拡大機能を説明するための図である。
[図5]瞳拡大素子の概略構成を示す断面図。
[図6]画角拡大機能を説明するための図。
[図7]第2実施形態のHMDにおける瞳拡大機能を説明するための図。
[図8]変形例に係る画像生成部の構成を示す図。
[図9]変形例に係る瞳拡大素子の構成を示す図。

発明を実施するための形態

- [0019] 以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

なお、以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために、便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などが実際と同じであるとは限らない。

- [0020] 以下、本発明の一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。

本実施形態の画像表示装置は、使用者が頭に装着して使用するヘッドマウントディスプレイの一例である。

以下の説明では、ヘッドマウントディスプレイ（Head Mounted Display）を、HMDと略記する。

図1は、使用者が本実施形態のHMDを装着した状態を示す図である。

図2は、本実施形態のHMDの斜視図である。

- [0021] 図1に示すように、本実施形態のHMD 300は、使用者が眼鏡を掛ける感覚で頭部に装着して使用するものである。本実施形態のHMD 300は、シースルー型（透過型）のHMDである。本実施形態のHMD 300によれば、使用者は画像表示部により生成された画像を視認でき、かつ、HMD 300の外部の景色等の外界の像も視認できる。

- [0022] 図2に示すように、HMD 300は、眼鏡に類似した形状を有する表示装

置１００と、使用者が手で持つことが可能な程度の大きさを有する制御装置（コントローラー）２００と、を備えている。表示装置１００と制御装置２００とは、有線または無線で通信可能に接続される。本実施形態では、表示装置１００を構成する左眼用画像表示部１１０Ａおよび右眼用画像表示部１１０Ｂの各々と制御装置２００とは、ケーブル１５０を介して有線で通信可能に接続され、画像信号や制御信号を通信する。

[0023] 表示装置１００は、メインフレーム（装置本体）１２０と、左眼用画像表示部１１０Ａと、右眼用画像表示部１１０Ｂと、を備えている。制御装置２００は、表示部２１０と、操作ボタン部２５０と、を備えている。表示部２１０は、例えば使用者に与える各種の情報や指示等を表示する。メインフレーム１２０は、使用者が耳に掛けるための一对のテンプル部１２２Ａ、１２２Ｂを備えている。メインフレーム１２０は、左眼用画像表示部１１０Ａと、右眼用画像表示部１１０Ｂと、を支持する部材である。

[0024] 図３は、表示装置１００の各部の構成を示す平面図である。さらに、図３では、表示装置１００を装着する使用者を頭上から見た状態を図示している。

右眼用画像表示部１１０Ｂと左眼用画像表示部１１０Ａとは、同様の構成を有しており、双方の画像表示部内の各構成要素は左右対称に配置されている。そのため、以下では、右眼用画像表示部１１０Ｂを単に画像表示部１１０として詳細に説明し、左眼用画像表示部１１０Ａの説明を省略する。

[0025] 図３に示すように、画像表示部１１０は、画像生成部１１と、瞳拡大素子１２と、第１の集光光学系１３と、第２の集光光学系１４と、を備えている。画像生成部１１は、画像情報を含む光を射出する。瞳拡大素子１２は、後述する光走査デバイス１７から射出された光のビーム径を拡大する。

[0026] 画像生成部１１は、光源光学系１５と、ミラー１６と、光走査デバイス１７と、を備えている。光源光学系１５は、内部の半導体レーザーで生成された光を射出する。ミラー１６は、光源光学系１５から射出された光を反射し、光の光路を折り返す。光走査デバイス１７は、ミラー１６で反射した光を

走査する。

[0027] 光源光学系 15 は、光源部 25 と、ピックアップレンズ 26 と、光ファイバー 27 と、コリメーターレンズ 28 と、を備えている。光源部 25 は、例えば赤色光を射出する半導体レーザー、緑色光を射出する半導体レーザー、および青色光を射出する半導体レーザーを含む複数の固体光源（図示略）を備えている。各半導体レーザーから射出される各色光は、画像信号に応じて変調され、変調された各色光が合成され、画像光として光源部 25 から射出される。ピックアップレンズ 26 は、光源部 25 から射出した光を後段の光ファイバー 27 に伝達する。光ファイバー 27 は、光源部 25 からピックアップレンズ 26 を経て入射した光を後段の光学系に導く。コリメーターレンズ 28 は、光ファイバー 27 から入射した光を平行化する。

[0028] 光源光学系 15 から射出された光は、ミラー 16 で反射することで光路が折り返され、光走査デバイス 17 に導かれる。光走査デバイス 17 は、例えば MEMS ミラー（図示略）を備えている。光走査デバイス 17 は、光源光学系 15 の変調動作に合わせて MEMS ミラーの姿勢を変化させ、光を 2 次元的に走査する。このようにして、光走査デバイス 17 は、画像情報を含む画像光を射出する。

[0029] ところで、近年、ヘッドマウントディスプレイにおいては、より画角を拡大した広画角化が要求されている。また、ヘッドマウントディスプレイは観察者の頭部に装着した状態で使用されるため、さらなる小型化が要求されている。

[0030] 本実施形態の HMD 300 では、MEMS ミラーを備えた光走査デバイス 17 を用いて画像光を生成することで装置構成の小型化を図っている。MEMS ミラーの性能はミラーの直径とミラーの振り角とで決まり、ミラーの直径を大きくすると振り角が減少するといったトレードオフの関係にある。一方、高解像度化を実現するためにミラー直径を小さくし過ぎると、回折現象により解像感が低下してしまうため、むやみにミラー直径を小さくして振り角を大きくすることはできない。一般に、ミラーの直径及びミラーの振り角

のバランスが取れた設計値は、ミラー直径が1 mm、振り角が光線角度の半画角で10度程度である。

[0031] 本実施形態の光走査デバイス17は、直径1 mm、振り角が半画角で10度のMEMSミラーを採用している。

一般に、観察者の眼の瞳の瞳孔の大きさや、眼球の動き、眼幅の個人差などを考慮すると射出瞳の大きさは6～8 mm程度必要と考えられる。

[0032] 本実施形態のHMD300では、MEMSミラーの直径が1 mmであるから、MEMSミラーからの光を瞳拡大素子12により6 mm以上まで拡大している。

[0033] ここで、ヘッドマウントディスプレイにおいて、MEMSミラーの半画角10度の場合、2.5 m先で約40インチ、アスペクト16:9相当の虚像サイズに相当する。したがって、さらなる画角が広い高画角化を実現するには光学系により画角を増加（広げる）必要がある。しかしながら、画角と射出瞳の大きさとは相反する関係があり、例えば、画角を広げると射出瞳の大きさが小さくなってしまう。

[0034] これに対し、本実施形態のHMD300は、後述の構成を採用することで瞳拡大機能と画角拡大機能とを両立可能としている。

[0035] ここで、本実施形態のHMD300における瞳拡大機能について説明する。以下では、メインフレーム120（すなわち、画像生成部11および瞳拡大素子12）と観察者Mの眼を含む面内（図3に示す面内）における瞳拡大機能について説明する。

[0036] 図4は瞳拡大機能を説明するための図である。なお、図4には画像（虚像）の中央の光束のみを図示している。また、図4において、第1の集光光学系13は図を見易くするため、1枚のレンズとして図示している。

ここで、図4において、MEMSミラー18の光射出部（画像光が射出される出口に相当）である第1の画像光H1の大きさをR1、瞳拡大素子12の光射出部（拡大後の画像光が射出される出口に相当）である第2の画像光H2の大きさをR2、観察者Mの瞳に入射する際の画像光に含まれる光束の

径、すなわち、射出瞳Hの大きさをR3とする。

[0037] 図4に示すように、光源光学系15から射出された光は、コリメーターレンズ28により平行化されて平行光となる。平行化された光は、光走査デバイス17のMEMSミラー18により角度が変換されたことで画像光を構成する。MEMSミラー18により角度が変換された画像光は、瞳拡大素子12に入射する。

[0038] 図5は瞳拡大素子12の概略構成を示す断面図である。

図5に示すように、瞳拡大素子12は、複数の平行平板（導光体）24aと、複数のハーフミラー24bと、を有している。複数の平行平板24aは、ハーフミラー24bを介して接合されている。瞳拡大素子12は、一对の端面が平行平板24aの厚さ方向に対して傾斜するようにカットされており、該端面がそれぞれ光走査デバイス17からの画像光を入射させる光入射端面12aおよび画像光を拡大して射出される光射出端面12bを構成する。このように、瞳拡大素子12の水平断面形状は台形となっている。

[0039] 瞳拡大素子12においては、光入射端面12aから入射した画像光が複数のハーフミラー24bで透過および反射を繰り返した後、光射出端面12bから射出される。光射出端面12bから射出された画像光の幅は、光入射端面12aに入射した画像光の幅に対して拡大される。また、光入射端面12aへの画像光の入射角度と光射出端面12bからの画像光の射出角度とは一致する。

[0040] したがって、例えば光入射端面12aに対して垂直に入射した画像光は光射出端面12bから垂直に射出され、光入射端面12aに対して所定の入射角度で入射した画像光は、光射出端面12bから入射角度と等しい射出角度で射出される。これにより、図3においては、画像光が瞳拡大素子12を透過する際、光路は台形の短辺側に曲がっている。

[0041] 図3に戻って、第1の集光光学系13は、少なくとも正のパワーと負のパワーとを含む光学系であり、全体として正のパワーを有する。本実施形態において、第1の集光光学系13は、光入射側から順に、第1レンズ21と、

第2レンズ22と、第3レンズ23と、を有している。なお、本実施形態では、第1の集光光学系13は、第1レンズ21、第2レンズ22および第3レンズ23の3枚のレンズで構成されているが、補正レンズの枚数は特に限定されない。

[0042] このような構成に基づき、図4に示すように、第1の集光光学系13は全体として正のパワーを有するため、瞳拡大素子12から射出された光を集光して、第2の集光光学系14の手前に中間像GMを形成する。

[0043] 第2の集光光学系14は、中間像からの光を集光して観察者Mの眼MEの瞳孔近傍に射出瞳Hを形成するとともに、外光の一部を透過させる。第2の集光光学系14は、少なくともメインフレーム120（図3参照）と観察者Mの眼MEを含む面内において、正のパワーを有するハーフミラー（凹面鏡）から構成されている。

[0044] 瞳拡大素子12により拡大された画像光は、第1の集光光学系13により集光され、第2の集光光学系14の手前に中間像GMをつくり、その後、第2の集光光学系14で反射されることで観察者Mの眼MEの瞳孔近傍に射出瞳Hを形成する。第2の集光光学系14は、中間像GMからの光を集光することでほぼ平行光として戻すため、観察者Mは遠方に虚像G1を視認することができる。

[0045] 続いて、本実施形態のHMD300における画角拡大機能について説明する。以下では、メインフレーム120と観察者Mの眼を含む面内（図3に示す面内）における瞳拡大機能について説明する。

[0046] 図6は画角拡大機能を説明するための図である。なお、図6には画像（虚像）の中央と両端の中心光線のみを図示している。また、図6において、第1の集光光学系13は図を見易くするため、1枚のレンズとして図示している。

図6に示すように、MEMSミラー18は回転することで第1の画像光H1を瞳拡大素子12に対して ± 10 度の角度 θ_1 で入射させる。ここで、瞳拡大素子12は、第1の画像光H1の角度変換を行わない。そのため、瞳拡大

素子 1 2 における拡大後の第 2 の画像光 H 2 の最大出射角度 θ_2 は、同様に ± 10 度となる。

[0047] 本実施形態において、第 1 の集光光学系 1 3 および第 2 の集光光学系 1 4 はアフォーカル光学系 A F を構成している。アフォーカル光学系 A F の角倍率 B は、図 5 に示した第 1 の集光光学系 1 3 の実質的な焦点距離 F_1 を第 2 の集光光学系 1 4 の焦点距離 F_2 で割った値で規定される。あるいは、角倍率 B は、図 6 に示した、第 1 の画像光 H 1 の最大出射角度 θ_2 と虚像 G 1 の最大画角 θ_3 との比でも規定可能である。

[0048] 虚像 G 1 の最大画角 θ_3 は、第 2 の画像光 H 2 の最大出射角度 θ_2 に角倍率 B を乗じた値となる。そのため、画角拡大機能を得るためには、角倍率 B を 1 よりも大きく設定する必要がある。

[0049] 本実施形態では、角倍率 B の下限値を 1.1 とした。角倍率 B を 1.1 以上に設定した場合、例えば、40 インチ相当の画角を 44 インチ相当程度以上の画角まで拡大することができる。

[0050] 一方、角倍率 B の拡大に伴って第 2 の画像光 H 2 の大きさ R 2 も拡大する。そのため、角倍率 B が必要以上に大きくなると、瞳拡大素子 1 2 も大型化してしまい、瞳拡大素子 1 2 を含む装置全体が大型化するおそれがある。

[0051] 例えば、角倍率 B を 3.0 倍とした場合において射出瞳 H として 6.0 mm を確保するには、第 2 の画像光 H 2 の大きさ R 2 を 18 mm にしなければならない。これを実現するには瞳拡大素子 1 2 の瞳拡大率を 18 倍とする必要があり、瞳拡大素子 1 2 が非常に大型化してしまう。さらに、第 1 の集光光学系 1 3 を 18 mm よりも大きくする必要性が生じ、HMD 300 が大型化してしまう。

以上のような事情から、装置の小型化した上で画角拡大が可能な角倍率 B には上限が存在することになる。

[0052] 実質的には、第 2 の画像光 H 2 (瞳拡大素子 1 2 の出口に相当) の大きさ R 2 は 10 mm 程度とするのが望ましい。すなわち、第 1 の画像光 H 1 (EMS ミラー 1 8 の出口に相当) の大きさ R 1 が 1 mm ならば、瞳拡大素子

12の瞳拡大率は10倍となる。

[0053] ここで、瞳拡大素子12は、第2の画像光H2の大きさR2が所定の射出瞳Hの大きさ(6mm)に角倍率Bを乗じた大きさ以上となるように瞳拡大率を設定している。

そのため、第2の画像光H2の大きさR2を10mm程度とした場合、角倍率Bの上限は1.7倍以下に設定すればよい。

[0054] なお、装置構成の小型化する上で実質的な第2の画像光H2の大きさR2の上限は15mm程度となる。この場合、瞳拡大素子12の瞳拡大率は15倍となり、角倍率Bの上限は2.5以下に設定すればよい。

[0055] このような背景を鑑み、本実施形態では、アフォーカル光学系AFの角倍率Bを1以上2.5以下、より望ましくは1.1以上1.7以下となるように設定している。

[0056] 以下、角倍率を1.5倍に設定した場合を例に挙げて説明する。この場合、虚像G1の最大画角 θ_3 は、第2の画像光H2の最大出射角度 θ_2 に角倍率Bを乗じた ± 15 度となる。すなわち、画像生成部11の第1の画像光H1の最大射出角度 θ_2 よりも虚像G1の最大画角 θ_3 が大きくなる。

[0057] すなわち、角倍率Bを1.0倍とした場合(最大射出角度 θ_2 (± 10 度)のまま変化しない場合)は、2.5m先で約40インチ、アスペクト16:9相当の虚像サイズしか得られなかったものが、角倍率Bを1.5倍とすれば、2.5m先で約60インチ、アスペクト16:9相当の虚像サイズを得ることができる。

[0058] すなわち、本実施形態のHMD300によれば、虚像G1の画角を拡大する画角拡大機能を得ることができる。第2の画像光H2の大きさR2は、角倍率B(1.5倍)の逆数($1/\text{角倍率}B$)の割合で縮小する。そのため、第2の画像光H2は、観察者Mの瞳孔の位置で6.6mm程度となる。これによれば、実際のアフォーカル光学系AFの収差による影響を考慮したとしても、射出瞳Hの大きさR3として6mm程度を確保することができる。

[0059] 以上述べたように、本実施形態のHMD300では、角倍率Bが1以上2

、5以下（より望ましくは1.1以上1.7以下）に設定されたアフォーカル光学系AFを備えつつ、且つ、第2の画像光H2の大きさR2が射出瞳Hの大きさR3よりも大きくなるようにしている。具体的に、本実施形態では、第1の画像光H1の大きさR1が1mm（MEMSミラー18の直径に相当）、第2の画像光H2の大きさR2が10mm、射出瞳Hの大きさR3が6mm以上となっている。また、第1の画像光H1の最大出射角度 θ_2 が ± 10 度、虚像G1の最大画角 θ_3 が ± 15 度となっている。

[0060] 本実施形態のHMD300によれば、虚像G1の画角を拡げたことによる縮小分が考慮されて射出瞳Hの大きさが設定されたものとなっている。そのため、虚像G1の画角を拡げることで瞳径が縮小されたとしても、射出瞳Hとして所定サイズ（6mm以上）のものを得ることができる。

また、本実施形態では角倍率Bの上限を規定しているため、瞳拡大素子12が大型化することがなく、装置全体を小型化することができる。

したがって、瞳拡大機能と画角拡大機能とを両立しつつ、小型化が図られたHMD300が提供される。

[0061] （第2実施形態）

続いて、本発明の第2実施形態について説明する。本実施形態と第1実施形態との違いは第2の集光光学系の構造であり、それ以外の構成は共通であるため、共通の構成については同じ符号を付し、その詳細な説明については省略する。

[0062] 図7は、本実施形態のHMD301における瞳拡大機能を説明するための図である。なお、図7には画像（虚像）の中央の光束のみを図示している。図7において、第1の集光光学系13は図を見易くするため、1枚のレンズとして図示している。

本実施形態において、第2の集光光学系114は、少なくともメインフレーム120（図3参照）と観察者Mの眼を含む面内において、正のパワーを有する反射型ホログラムから構成されている。

第2の集光光学系114は、体積ホログラムを有し、体積ホログラムパタ

ーンの変更により光の入射角と反射角とを任意に調整することができる。

[0063] 第2の集光光学系114は、光の入射角度と反射角度とを異ならせることで、反射された光束の断面を拡大できる。よって、第2の集光光学系114は、中間像からの光を反射した際、第1実施形態の第2の集光光学系14で反射した場合に比べ、第2の画像光H2を大きくする瞳拡大機能を有している。

[0064] 本実施形態では、第1実施形態と同じ射出瞳Hの大きさR3（6mm）を得る際、ホログラムによる瞳拡大効果の分だけ、第2の画像光H2の大きさR2を8mm程度と小さくすることができる。これにより、第2の画像光H2が小さくなった分だけ、瞳拡大素子12および第1の集光光学系13を小型化できるので、装置全体を小型化できる。

[0065] また、本実施形態によれば、第2の画像光H2の大きさR2としてもとの大きさ（10mm）を確保すれば、角倍率Bを大きくしたとしてもホログラムの瞳拡大効果によって十分な大きさの射出瞳Hを得ることができる。よって、虚像G1のさらなる高画角化を図ることができる。

[0066] あるいは、第2の画像光H2の大きさR2及び角倍率Bを変化させなければ、ホログラムの瞳拡大効果の分だけより射出瞳Hをより大きくできるので、多様な眼の大きさの人々に対して見易さを向上させることが可能な汎用性に優れたHMD301を提供できる。

[0067] なお、本発明の技術範囲は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の趣旨を逸脱しない範囲において種々の変更を加えることが可能である。

例えば、上記実施形態では、画像生成部11として光走査デバイス17を用いた場合を例に挙げたが、画像生成部の構成はこれに限定されない。例えば、図8に示すように、画像生成部111として、表示パネル（電気光学装置）112と、コリメーターレンズ113とを有したものをを用いても良い。

[0068] 表示パネル112は、バックライト112aと光変調素子112bとを含む。バックライト112aは、例えば赤色、緑色および青色といった発光色ごとの光源の集合から構成されている。各光源としては、例えば、発光ダイ

オード（LED：Light Emitting Diode）やレーザー光源などを用いることができる。光変調素子112bとしては、例えば、表示素子である液晶表示デバイスなどを用いることができる。なお、表示パネル112としては、他にも、有機エレクトロルミネッセンス装置（有機EL装置）等を採用することもできる。

[0069] コリメーターレンズ113は、例えば、入力される画像光を投射する投射レンズの群から構成され、表示パネル112の光変調素子から射出された第1の画像光Lを投射して、平行な状態の光束にする。コリメーターレンズ113を介した第1の画像光Lは、異なる角度成分を含んでいる。

[0070] また、上記実施形態では、瞳拡大素子12として複数の平行平板24aと複数のハーフミラー24bとが積層された構造を例に挙げたが、本発明はこれに限定されない。例えば、複数の回折素子を含む光学素子を用いて瞳拡大素子を形成するようにしても良い。

[0071] 例えば、図9に示すように、第1光学素子213および第2光学素子214を含む瞳拡大素子212を用いても良い。

第1光学素子213は、光入射面側213a側に配置された入射側回折部（回折素子）215と、光出射面側213b側に配置された出射側回折部（回折素子）216と、を含む。入射側回折部215および出射側回折部216は、複数の直線状の格子が配列されることで構成される格子パターン215a、216aを有している。

第2光学素子214は、光入射面側214a側に配置された入射側回折部217と、光出射面側214b側に配置された出射側回折部218と、を含む。入射側回折部217および出射側回折部218は、複数の直線状の格子が配列されることで構成される格子パターン217a、218aを有している。

[0072] 図9に示すように、第1光学素子213に入射した光L1の光束は、入射側回折部215で回折されることで3つに増加し、出射側回折部216から射出されて第2光学素子214に入射する。第2光学素子214に入射した

各光 L_1 の光束は、同様に、入射側回折部 217 で回折されることで3つに増加し、出射側回折部 218 から射出される。このように瞳拡大素子 212 によれば、光を繰り返し回折させることで光の断面積を拡大して第2の画像光を生成可能である。

[0073] 例えば、上記実施形態では、メインフレーム 120 （図3参照）と観察者 M の眼を含む面内において、瞳拡大機能および画角拡大機能を両立させる場合を説明したが、本発明はこれに限定されない。本発明は、メインフレーム 120 と観察者 M の眼を含む面と直交する面（図3の紙面に垂直な面）内において瞳拡大機能および画角拡大機能を両立させる場合にも適用可能である。

符号の説明

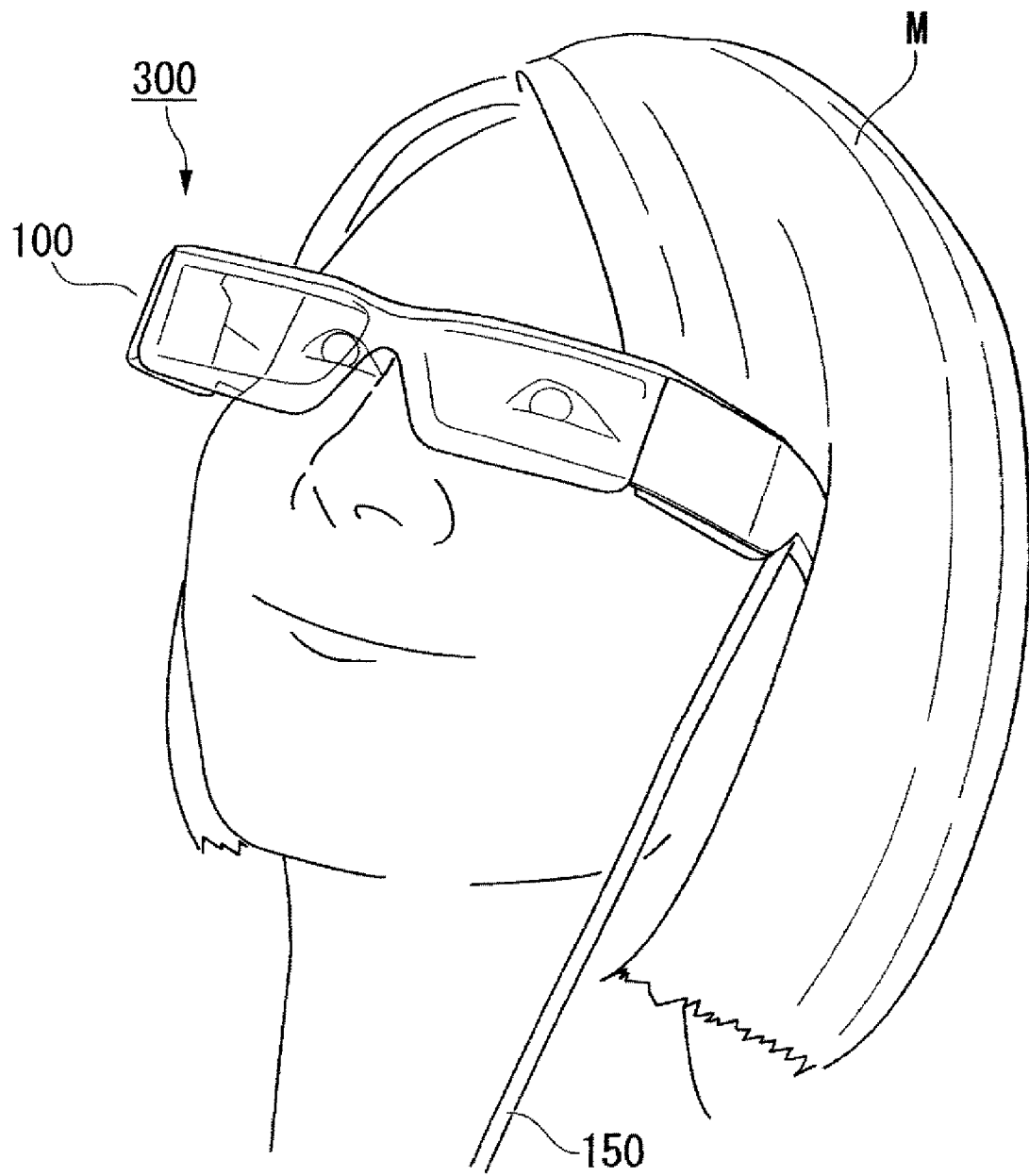
[0074] M …観察者、 ME …眼、 G_1 …虚像、 H …射出瞳、 H_1 …第1の画像光、 H_2 …第2の画像光、 L …第1の画像光、 B …角倍率、 MG …中間像、 F_1 、 F_2 …焦点距離、 11 、 111 …画像生成部、 12 、 212 …瞳拡大素子、 13 …第1の集光光学系、 14 、 114 …第2の集光光学系、 17 …光走査デバイス、 $24a$ …平行平板（導光材）、 $24b$ …ハーフミラー（ハーフミラー層）、 25 …光源部、 112 …表示パネル（電気光学装置）、 113 …コリメーターレンズ、 120 …メインフレーム（装置本体）、 213 …第1光学素子、 214 …第2光学素子、 215 、 217 …入射側回折部（回折素子）、 216 、 218 …出射側回折部（回折素子）、 300 …HMD（画像表示装置）。

請求の範囲

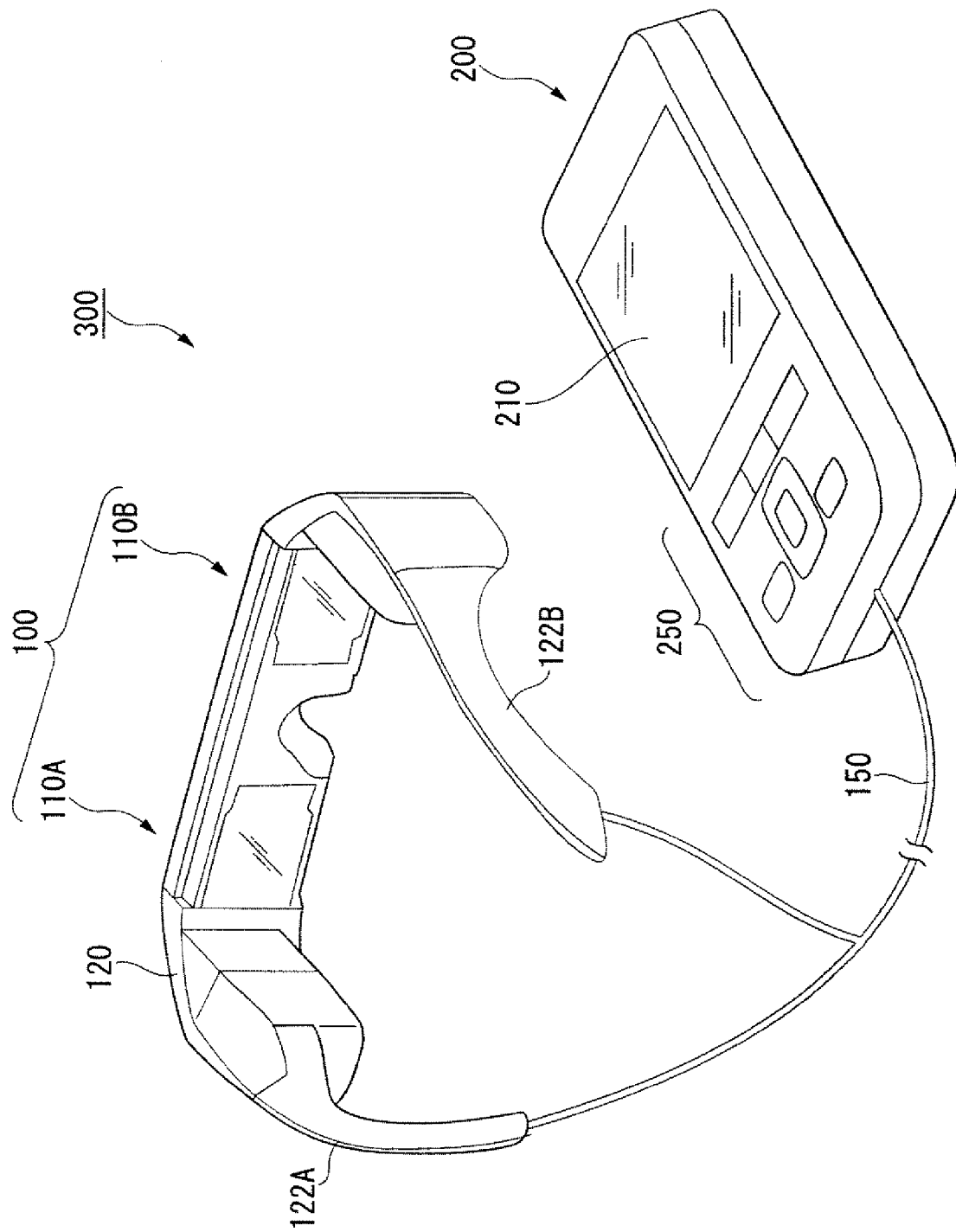
- [請求項1] 第1の画像光を射出する画像生成部と、
前記画像生成部からの前記第1の画像光に含まれる光束の径を拡大して第2の画像光とする瞳拡大素子と、
前記第2の画像光を集光して中間像を形成する第1の集光光学系と、
、
前記中間像からの光を集光して観察者の眼に虚像を生成する第2の集光光学系と、を備え、
少なくとも前記画像生成部と前記瞳拡大素子と前記観察者の眼とを含む面内において、
前記第1の画像光の最大射出角度は、前記虚像の最大画角よりも小さく、
前記第2の画像光に含まれる光束の径は、前記虚像に含まれる光束の径よりも大きい
ことを特徴とする画像表示装置。
- [請求項2] 前記第1の画像光の最大射出角度に対する前記虚像の最大画角で規定される角倍率は、1以上2.5以下である
ことを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。
- [請求項3] 前記第1の集光光学系の実質的な焦点距離を前記第2の集光光学系の実質的な焦点距離で割った角倍率は、1以上2.5以下である
ことを特徴とする請求項1に記載の画像表示装置。
- [請求項4] 前記角倍率は、1.1以上1.7以下である
ことを特徴とする請求項2又は3に記載の画像表示装置。
- [請求項5] 前記瞳拡大素子は、前記第2の画像光に含まれる光束の径が、前記虚像に含まれる光束の径に前記角倍率を乗じた大きさ以上となるように拡大率を設定している
ことを特徴とする請求項2～4のいずれか一項に記載の画像表示装置。

- [請求項6] 前記画像生成部は、光源部から射出された光を走査して前記第1の画像光とする光走査デバイスであることを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の画像表示装置。
- [請求項7] 前記画像生成部は、電気光学装置と、コリメートレンズとを有することを特徴とする請求項1～5のいずれか一項に記載の画像表示装置。
- [請求項8] 前記瞳拡大素子は、複数の導光材がハーフミラー層を介して接合された光学素子であることを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の画像表示装置。
- [請求項9] 前記瞳拡大素子は、回折素子を含む光学素子であることを特徴とする請求項1～7のいずれか一項に記載の画像表示装置。
- [請求項10] 前記第1の集光光学系は、少なくとも正のパワーと負のパワーとを含む光学系であり、全体として正のパワーを有することを特徴とする請求項1～9のいずれか一項に記載の画像表示装置。
- [請求項11] 前記第2の集光光学系は、少なくとも前記画像生成部と前記瞳拡大素子と前記観察者の眼とを含む面内において、正のパワーを有する凹面鏡であることを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載の画像表示装置。
- [請求項12] 前記第2の集光光学系は、少なくとも前記画像生成部と前記瞳拡大素子と前記観察者の眼とを含む面内において、正のパワーを有する反射型ホログラムであることを特徴とする請求項1～10のいずれか一項に記載の画像表示装置。

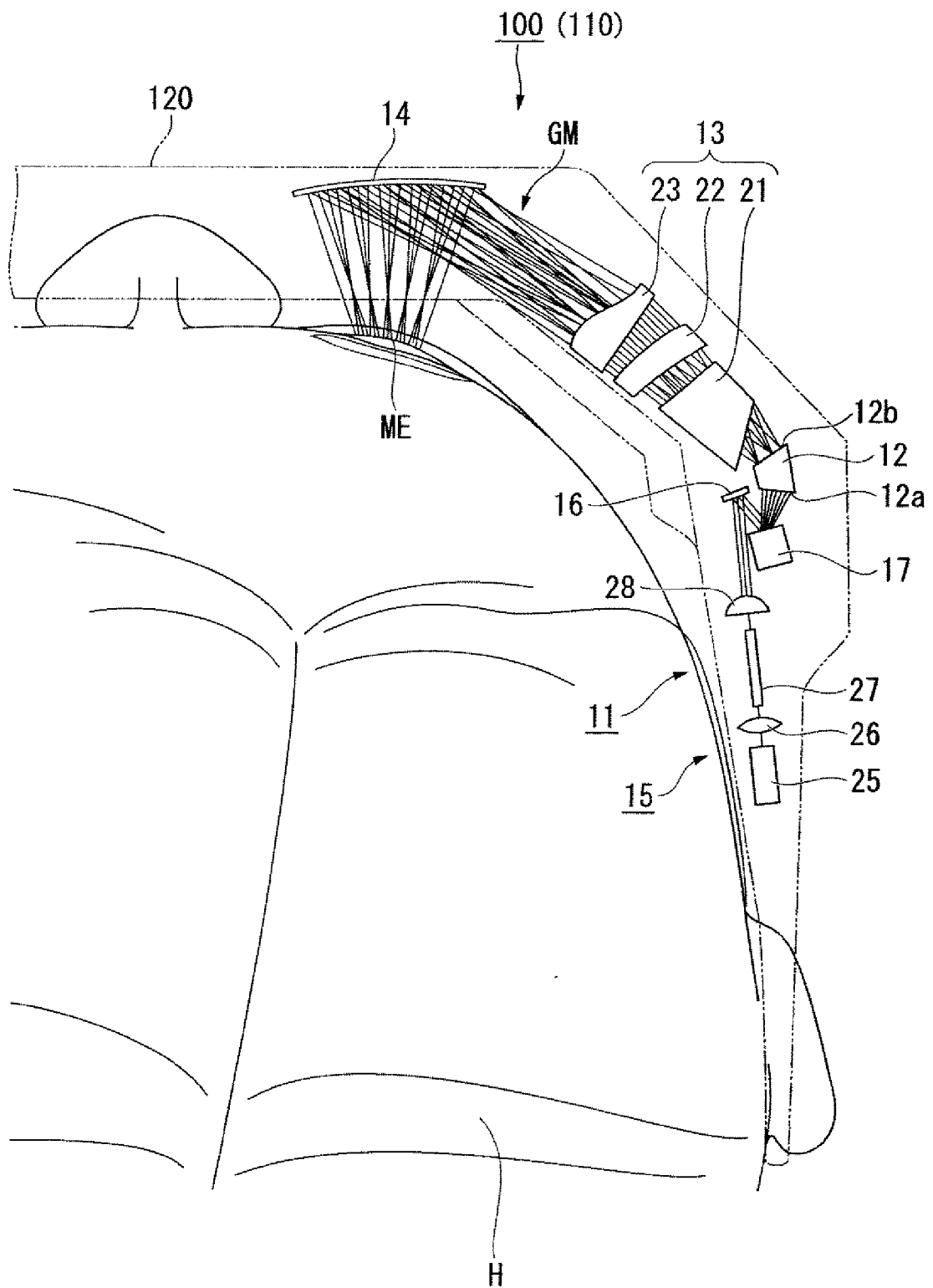
[図1]



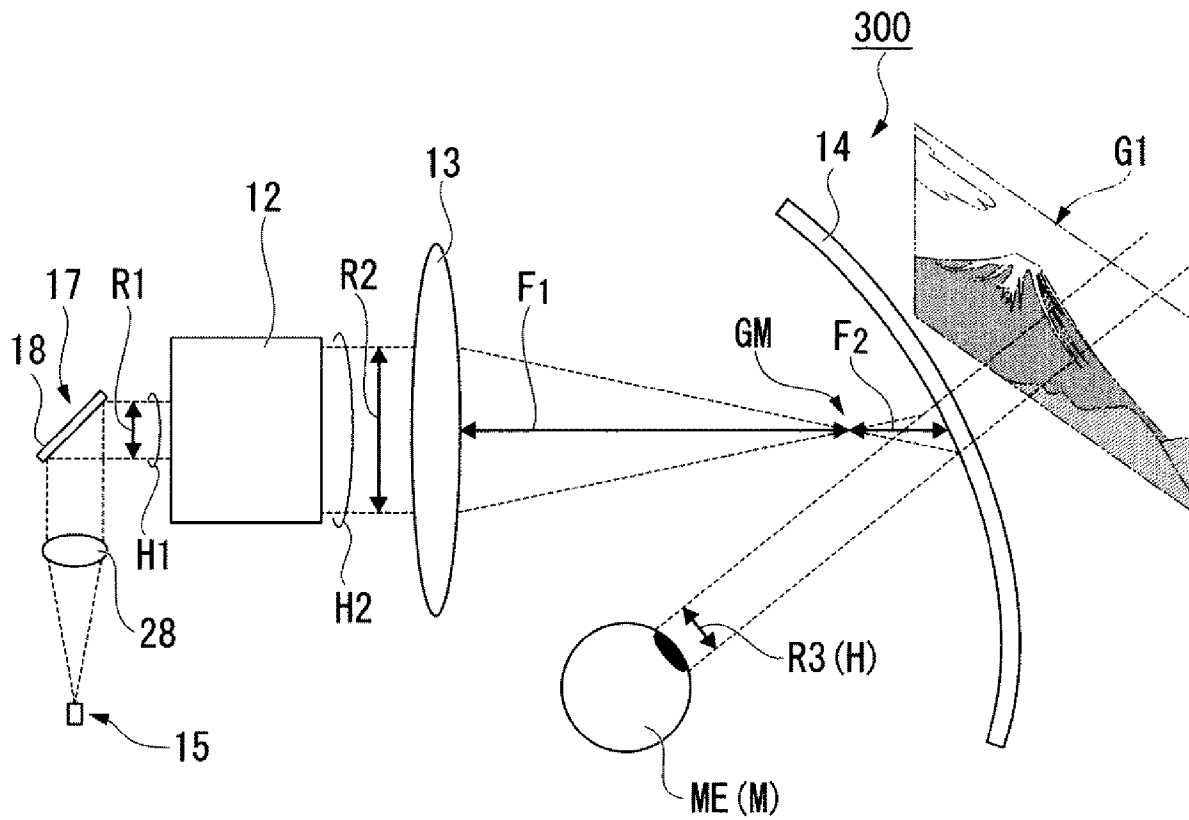
[図2]



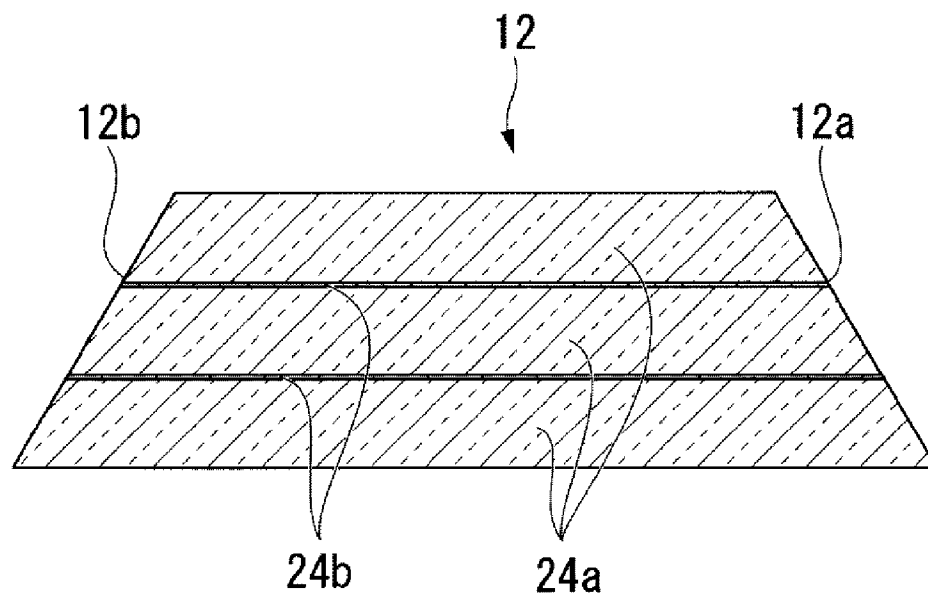
[図3]



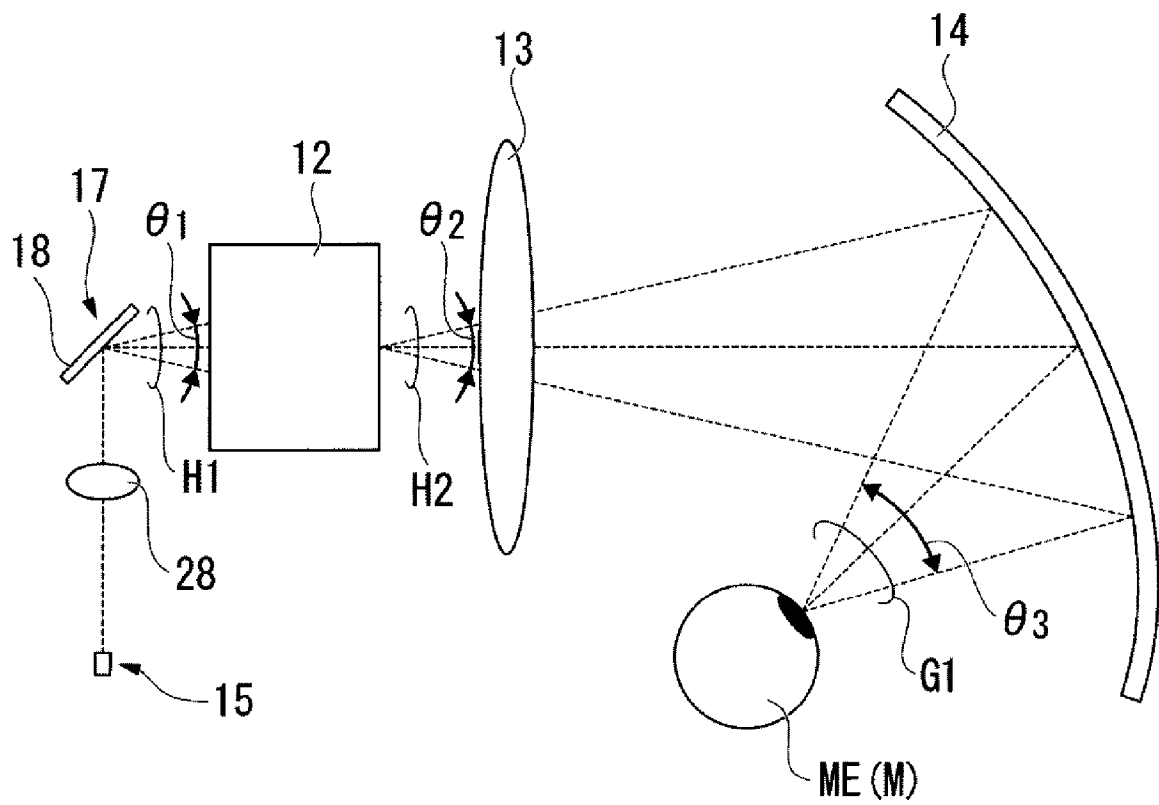
[図4]



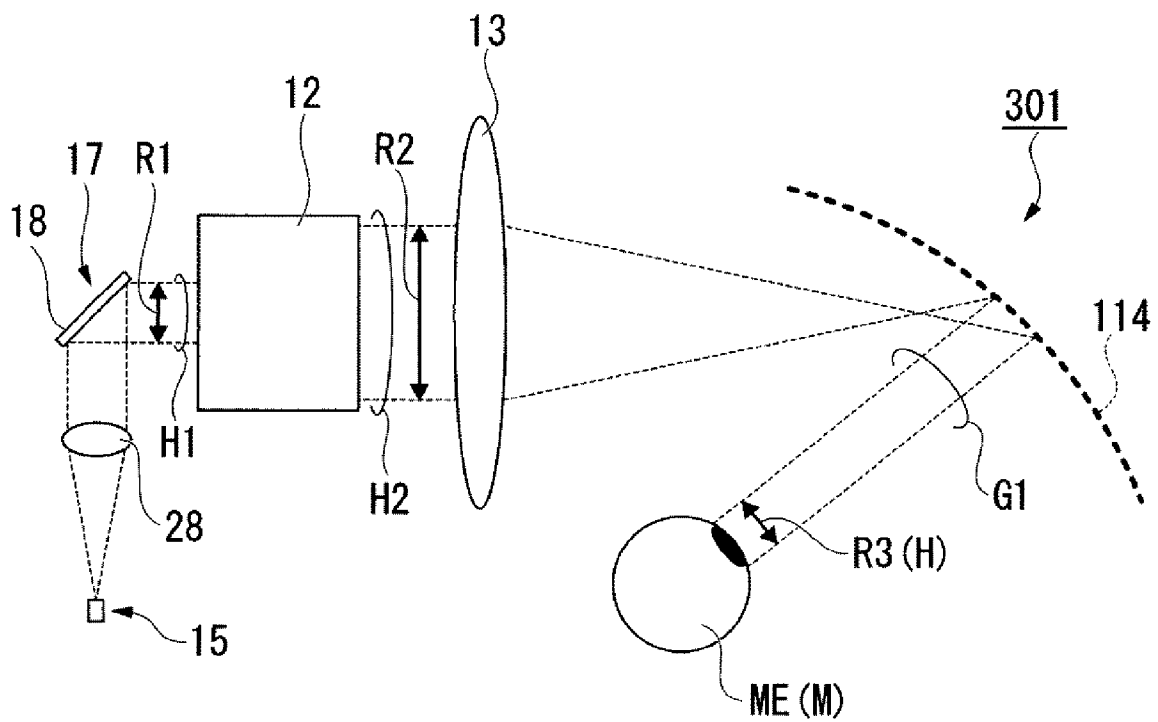
[図5]



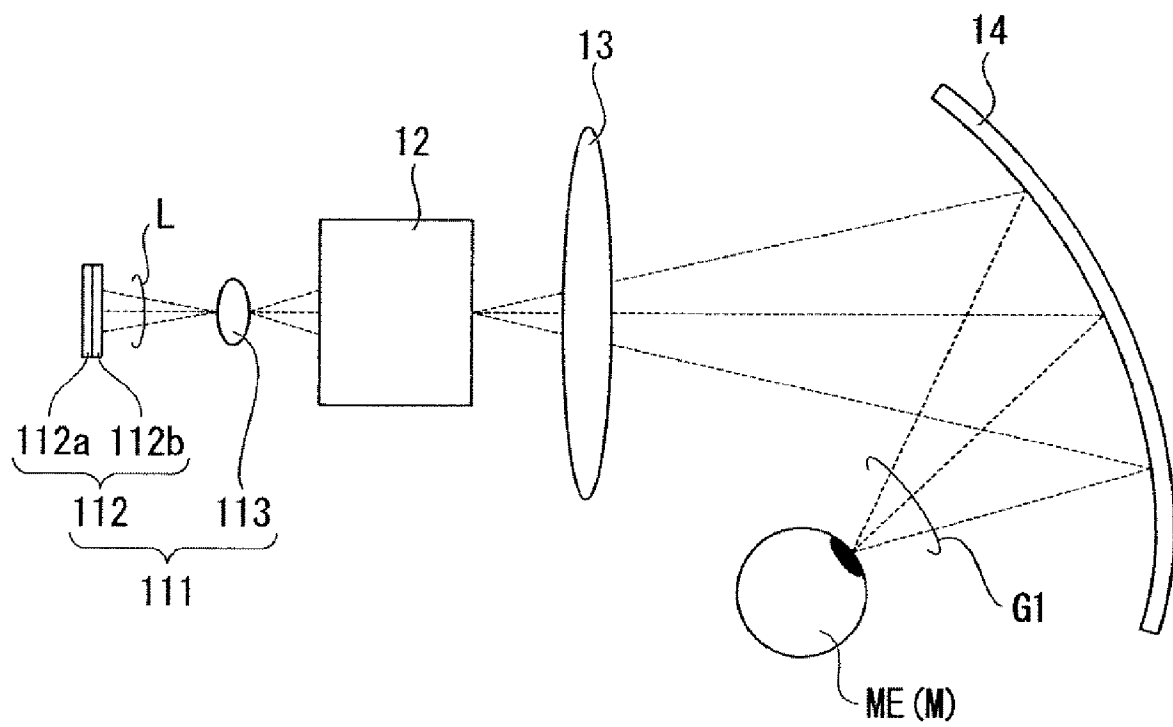
[図6]



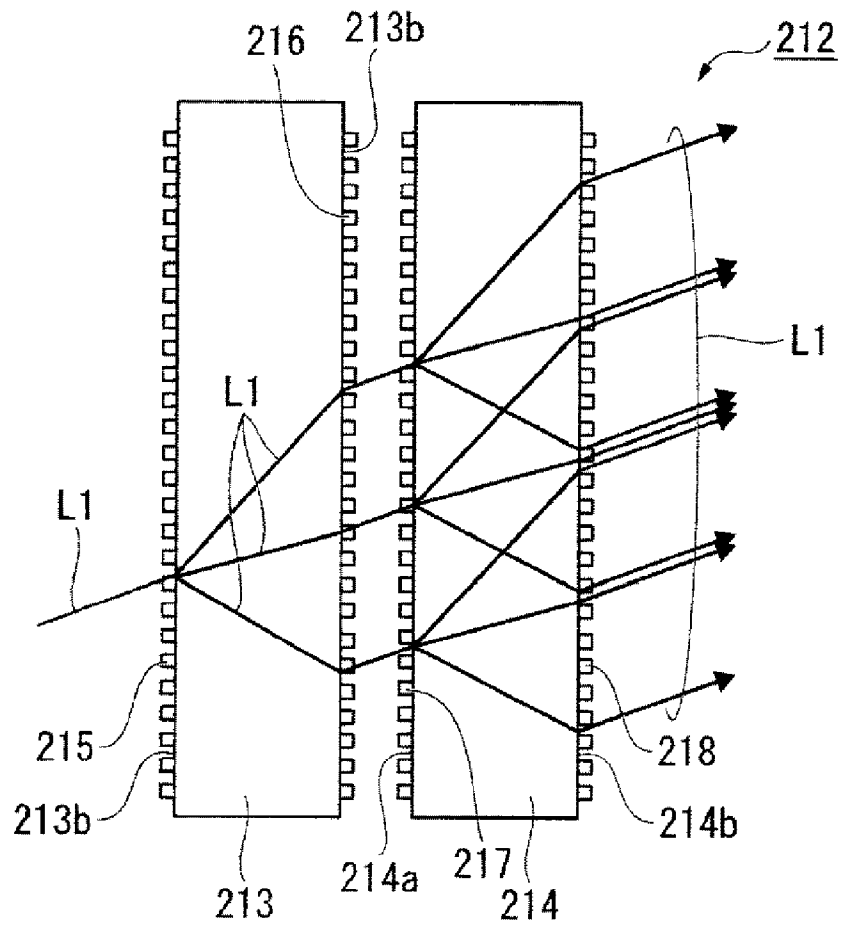
[図7]



[図8]



[図9]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/000510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G02B27/02(2006.01)i, G02B5/18(2006.01)i, G02B5/32(2006.01)i, G02B17/08(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, G02B5/18, G02B5/32, G02B17/08, 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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-523369 A (Micro Vision, Inc.), 16 August 2007 (16.08.2007), entire text; all drawings & US 2007/0103747 A1 & US 2008/0212194 A1 & US 2008/0218822 A1 & US 2005/0237615 A1 & US 2005/0248849 A1 & WO 2005/078511 A1 & EP 1719013 A1 & KR 10-2007-0004681 A	1-12
A	JP 2013-200555 A (Seiko Epson Corp.), 03 October 2013 (03.10.2013), entire text; all drawings & US 2013/0222919 A1 & CN 103293675 A	1-12
A	JP 2004-317798 A (Canon Inc.), 11 November 2004 (11.11.2004), entire text; all drawings (Family: none)	1-12

☒ 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
12 April 2016 (12.04.16)

Date of mailing of the international search report
26 April 2016 (26.04.16)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/000510

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2008-46253 A (Canon Inc.), 28 February 2008 (28.02.2008), entire text; all drawings & US 2008/0212195 A1	1-12
A	JP 2004-538501 A (Klaus Dietrich), 24 December 2004 (24.12.2004), entire text; all drawings & US 2004/0174599 A1 & WO 2002/099506 A2 & EP 1393118 A2 & DE 10127367 A1	1-12
P, A	JP 2016-12109 A (Seiko Epson Corp.), 21 January 2016 (21.01.2016), entire text; all drawings & US 2015/0378151 A1 & EP 2963490 A1 & CN 105278099 A	1-12

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, G02B5/18(2006.01)i, G02B5/32(2006.01)i, G02B17/08(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, G02B5/18, G02B5/32, G02B17/08, 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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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）

JSTPlus/JST7580 (JDreamIII)

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
A	JP 2007-523369 A（マイクロビジョン、インク。）2007.08.16, 全文、全図 & US 2007/0103747 A1 & US 2008/0212194 A1 & US 2008/0218822 A1 & US 2005/0237615 A1 & US 2005/0248849 A1 & WO 2005/078511 A1 & EP 1719013 A1 & KR 10-2007-0004681 A	1-12
A	JP 2013-200555 A（セイコーエプソン株式会社）2013.10.03, 全文、全図 & US 2013/0222919 A1 & CN 103293675 A	1-12

☑ 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

12.04.2016

国際調査報告の発送日

26.04.2016

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）
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）

林 祥恵

2 L

4085

電話番号 03-3581-1101 内線 3295

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
A	JP 2004-317798 A (キヤノン株式会社) 2004. 11. 11, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-12
A	JP 2008-46253 A (キヤノン株式会社) 2008. 02. 28, 全文、全図 & US 2008/0212195 A1	1-12
A	JP 2004-538501 A (クラウド ディートリッヒ) 2004. 12. 24, 全文、全図 & US 2004/0174599 A1 & WO 2002/099506 A2 & EP 1393118 A2 & DE 10127367 A1	1-12
P, A	JP 2016-12109 A (セイコーエプソン株式会社) 2016. 01. 21, 全文、全図 & US 2015/0378151 A1 & EP 2963490 A1 & CN 105278099 A	1-12