

(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
2025年3月20日(20.03.2025)



(10) 国際公開番号

WO 2025/057765 A1

(51) 国際特許分類:

G02B 13/16 (2006.01) **G02B 27/02** (2006.01)
G02B 26/10 (2006.01)

神奈川県厚木市旭町四丁目14番
1号 Kanagawa (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/031128

(22) 国際出願日: 2024年8月30日(30.08.2024)

(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 2023-149143 2023年9月14日(14.09.2023) JP

(71) 出願人: ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社(SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) [JP/JP]; 〒2430014

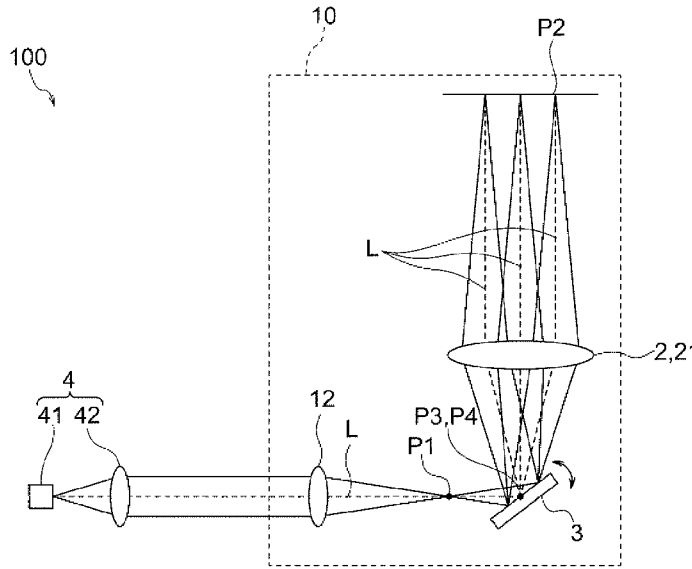
(72) 発明者: 福島 義仁 (FUKUSHIMA Yoshihito);
〒2430014 神奈川県厚木市旭町四丁目14番1号 ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 渡邊 薫 (WATANABE Kaoru);
〒1080014 東京都港区芝四丁目10番5号 オーキッドプレイス田町ビル6階 薫風国際特許事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,

(54) Title: PROJECTION OPTICAL SYSTEM, IMAGE PROJECTION DEVICE, AND EYEPIECE DEVICE

(54) 発明の名称: 投影光学系、画像投影装置、および接眼デバイス



(57) Abstract: The present invention achieves both stabilization of operation of a deflection mirror and miniaturization of a device. The present art provides a projection optical system, etc., comprising a first lens group that has at least one lens and condenses light projected from a light source to a position of a primary imaging point that is an image of the light source, a deflection mirror that causes light to scan from the first lens group, and a second lens group that has at least one lens and forms an image of light from the deflection mirror at a position of a secondary image formation point that

EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

is an image of the primary image formation point, the focal point of the second lens group on the light source side being positioned in the vicinity of the emission position of a principal ray of light on the deflection mirror.

(57) 要約: 偏向ミラーの動作の安定化と装置の小型化を両立させること。本技術は、少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、投影光学系などを提供する。

明 細 書

発明の名称： 投影光学系、画像投影装置、および接眼デバイス
技術分野

[0001] 本開示に係る技術（以下「本技術」とも呼ぶ）は、投影光学系、画像投影装置、および接眼デバイスに関する。

背景技術

[0002] 光源からの光束を偏向ミラーによって2次元走査することで、画像を投影する技術が開発されている。

[0003] たとえば特許文献1では、「光軸に沿って光源側から投影側に向かって順に、少なくとも1枚のレンズを有し、正の焦点距離を持ち、前記光源からの光を、前記光源の像である1次結像点に集光させる第1レンズ群と、前記第1レンズ群からの光を走査する偏向器と、少なくとも1枚のレンズを有し、正の焦点距離を持ち、前記偏向器からの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群とを備え、前記第1レンズ群は、前記光軸に沿って前記第1レンズ群と前記第2レンズ群との間に前記1次結像点を形成する投影光学系」に関する技術が開示されている。

[0004] この特許文献1では、偏向ミラーと1次結像点との距離を近くすることで、偏向ミラーの有効径を小さくすることができ、装置の小型化や、高コスト化を防ぐなどの利点があることが説明されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：国際公開第2018／110448号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 投影光学系が投影する画像サイズは、投影光学系を構成するレンズ群より大きいことが一般的である。そのため、このレンズ群から出射される映像光は発散しながら進むことが多い。したがって、投影する画像サイズが小さく

なればなるほど、偏向ミラーの振り角も小さくなる傾向にある。偏向ミラーの振り角が極端に小さくなると、偏向ミラーの動作が不安定になるおそれがある。そのため、ある程度の大きさの振り角を確保する必要がある。

[0007] ある程度の大きさの振り角を確保するために、たとえば、投影光学系を構成するレンズ群から出射される映像光を収束させてよい。この場合、偏向ミラーの振り角は比較的大きくなる。

[0008] しかし、この場合、このレンズ群の出射面における各光束の主光線が通過する範囲は、投影する画像サイズよりも大きくなる。これにより、投影光学系の大型化を招くおそれがある。

[0009] そこで、本技術は、偏向ミラーの動作の安定化と装置の小型化を両立させる投影光学系などを提供することを主目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 本技術は、

少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、

前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、

少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、

前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、投影光学系を提供する。

前記偏向ミラーから前記第2レンズ群に向かう方向を正とするとき、

前記第2レンズ群の前記光源側の焦点から、前記偏向ミラーにおける光の出射位置までの距離が、前記第2レンズ群の焦点距離に対して -1% 以上 2% 以下であってよい。

前記第1レンズ群の焦点距離が 2.0 mm 以上であってよい。

前記第2レンズ群の焦点距離が 2.4 mm 以下であってよい。

前記第2レンズ群の出射面から前記2次結像点までの光軸上の距離が、 5

00mm以下であってよい。

前記第2レンズ群から投射されたそれぞれの光束の主光線が、略平行状態であってよい。

前記第1レンズ群が、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有してよい。

前記第2レンズ群が、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有してよい。

前記光源から投射された光が、レーザ光であってよい。

前記光源が、

第1波長帯域の出射光を投射する第1光源部と、

第2波長帯域の出射光を投射する第2光源部と、

第3波長帯域の出射光を投射する第3光源部と、を含んでよい。

前記第1波長帯域が、赤色に対応する波長帯域であり、

前記第2波長帯域が、緑色に対応する波長帯域であり、

前記第3波長帯域が、青色に対応する波長帯域であってよい。

また、本技術は、

投影光学系と、

観察者の眼前に配置される接眼デバイスと、備えており、

前記投影光学系が、

少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、

前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、

少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、

前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置しており、

前記接眼デバイスが、前記投影光学系からの光を前記観察者の網膜に投射

する、画像投影装置を提供する。

前記接眼デバイスの光源側の焦点が、前記２次結像点の位置に配置されてよい。

前記接眼デバイスが、コンタクトレンズ型デバイスであってよい。

また、本技術は、

観察者の眼前に配置されており、投影光学系からの光を前記観察者の網膜に投射する接眼デバイスであって、

前記投影光学系が、

少なくとも１つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である１次結像点の位置に集光させる第１レンズ群と、

前記第１レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、

少なくとも１つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記１次結像点の像である２次結像点の位置に結像させる第２レンズ群と、を備えており、

前記第２レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、接眼デバイスを提供する。

[0011] 本技術によれば、偏向ミラーの動作の安定化と装置の小型化を両立させることができる。なお、ここに記載された効果は、必ずしも限定されるものではなく、本開示中に記載されたいずれかの効果であってもよい。

図面の簡単な説明

[0012] [図1]本技術の比較例に係る投影光学系１０の構成例を示す模式図である。

[図2]本技術の比較例に係る投影光学系１０の構成例を示す模式図である。

[図3]本技術の一実施形態に係る投影光学系１０の構成例を示す模式図である。

[図4]図１に示される比較例における光束の状態を示す模式図である。

[図5]図２に示される比較例における光束の状態を示す模式図である。

[図6]図３に示される本実施形態における光束の状態を示す模式図である。

[図7]本技術の一実施形態に係る接眼デバイス２０の構成例を示す模式図であ

る。

[図8]本技術の一実施形態に係る接眼デバイス20の焦点距離 f_3 と、接眼デバイス20が投射する光束の開口数 θ との相関関係を示すグラフである。

[図9]本技術の一実施形態に係る第2レンズ群2から2次結像面P2までの距離 D_2 と、接眼デバイス20が投射する光束の開口数 θ との相関関係を示すグラフである。

[図10]本技術の一実施形態に係る第1レンズ群1および第2レンズ群2のそれぞれの焦点距離を近軸計算したグラフである。

[図11]本技術の一実施形態に係る投影光学系10のシミュレーション結果の一例を示すグラフである。

[図12]本技術の一実施形態に係る投影光学系10のシミュレーション結果の一例を示すグラフである。

[図13]本技術の一実施形態に係る投影光学系10のシミュレーション結果の一例を示すグラフである。

[図14]本技術の一実施形態に係る投影光学系10の構成例を示す模式図である。

[図15]本技術の一実施形態に係る画像投影装置100の構成例を示す模式図である。

[図16]本技術の一実施形態に係る画像投影装置100の構成例を示す模式図である。

発明を実施するための形態

[0013] 以下、本技術を実施するための好適な実施形態について図面を参照して説明する。なお、以下に説明する実施形態は、本技術の代表的な実施形態の一例を示したものであり、これにより本技術の範囲が限定されることはない。また、本技術は、下記の実施例およびその変形例のいずれかを組み合わせることができる。

[0014] 以下の実施形態の説明において、略平行、略直交のような「略」を伴った用語で構成を説明することがある。たとえば、略平行とは、完全に平行であ

ることを意味するだけでなく、実質的に平行である、すなわち、完全に平行な状態からたとえば数%程度ずれた状態を含むことも意味する。他の「略」を伴った用語についても同様である。また、各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。図面のスケールは、技術の特徴を分かり易くするために強調している。そのため、図面のスケールと実際のデバイスのスケールは必ずしも同一ではないことに留意すべきである。

[0015] 特に断りがない限り、図面において、「上」とは図中の上方向または上側を意味し、「下」とは、図中の下方向または下側を意味し、「左」とは図中の左方向または左側を意味し、「右」とは図中の右方向または右側を意味する。また、図面については、同一または同等の要素または部材には同一の符号を付し、重複する説明は省略する。

[0016] 説明は以下の順序で行う。

1. 本技術の第1実施形態（投影光学系の例1）

（1）比較例

（2）本実施形態の概要

（3）主光線の通過領域

（4）網膜直描

（5）シミュレーション

2. 本技術の第2実施形態（投影光学系の例2）

3. 本技術の第3実施形態（画像投影装置の例）

4. 本技術の第4実施形態（接眼デバイスの例）

[0017] [1. 本技術の第1実施形態（投影光学系の例1）]

[（1）比較例]

本技術が解決しようとする課題を説明するために、まずは、本技術の比較例について図1を参照しつつ説明する。図1は、本技術の比較例に係る投影光学系10の構成例を示す模式図である。

[0018] 図1に示されるとおり、投影光学系10は、第1レンズ群12と、偏向ミラー3と、第2レンズ群2と、を備えている。この投影光学系10は、光源

4とともに画像投影装置100を構成している。

[0019] 光源4は、光源部41と、少なくとも1つのレンズ（たとえばコリメータレンズ）42と、を備えている。

[0020] 第1レンズ群12は、全体として正の焦点距離を有する。第1レンズ群12は、少なくとも1つのレンズを有しており、光源4から投射された光を、光源4の像である1次結像点P1の位置に集光させる。

[0021] なお、光学系によって光を集めたり拡散したりすると、光線の屈折や反射などが発生する。これにより、本来の理想的な結像点からのずれ（収差）が生じることがある。そのため、第1レンズ群12は、必ずしも1次結像点P1の位置に集光させなくてもよく、1次結像点P1の位置の近傍に集光させてもよい。後述する2次結像点P2についても同様である。

[0022] 偏向ミラー3は、第1レンズ群12からの光を走査する。偏向ミラー3は、軸を中心に回転または傾斜する。1次結像点P1を経由した光が偏向ミラー3に照射されると、偏向ミラー3の角度が制御されて、光が特定の方に反射される。偏向ミラー3の角度を制御することで、光を走査することができる。たとえば、偏向ミラー3の回転により光が水平方向に走査されると、光の位置が左から右へ移動する。同様に、傾斜によって垂直方向にも走査できる。

[0023] 偏向ミラー3の一例として、たとえばMEMS（Micro-Electro-Mechanical Systems Mirror）ミラーなどが用いられることができる。MEMSミラーは、微細な機械構造を持つミラーであり、電気信号を用いてミラーを微小に振動・回転させることができる。これにより、出射光を走査し、画像を形成することができる。

[0024] 偏向ミラー3を構成する要素はMEMSミラーに限られず、たとえばガルバノメーターであってもよい。ガルバノメーターは、電気信号を用いてミラーを微小に振動させることで出射光を走査する装置である。ミラーの位置を制御することで光の方向を変え、出射光を走査することができる。

[0025] 第2レンズ群2は、全体として正の焦点距離を有する。第2レンズ群2は

、少なくとも1つのレンズ（たとえばレンズ21）を有しており、偏向ミラー3からの光を、1次結像点P1の像である2次結像点（2次結像面）P2の位置に結像させる。

[0026] この比較例では、第2レンズ群2の光源4側の焦点P3と、偏向ミラー3における光の主光線Lの出射位置P4と、が離れて位置している。具体的には、偏向ミラー3における光の主光線Lの出射位置P4が、第2レンズ群2の光源4側の焦点P3よりも、第2レンズ群2に近い位置に配置されている。

[0027] これにより、第2レンズ群2から投射される複数の光束の主光線のそれぞれは、拡がりながら進む発散状態になる。これにより、投影光学系10を構成する第2レンズ群2のサイズは、投影光学系10が投影する画像サイズより小さくなる。その結果、投影光学系10を小型化しつつ、高解像度の画像を投影できる。

[0028] 投影する画像サイズが小さくなればなるほど、偏向ミラー3の振り角も小さくなる傾向にある。たとえば、投影光学系10からの映像光が観察者の網膜に投射される場合、画像サイズは非常に小さくなり、偏向ミラー3の振り角も非常に小さくなる。

[0029] 偏向ミラー3の動作を安定させつつ、高解像度の映像を投影するためには、偏向ミラー3の振り角を比較的大きくすることが好ましい。偏向ミラー3の振り角がたとえば±3度より小さくなると、偏向ミラー3の動作が不安定になるおそれがある。

[0030] 偏向ミラー3の振り角を比較的大きくするために、投影光学系10が投射する複数の光束の主光線のそれぞれが収束しながら進むように、光学系を調整してもよい。このことについて、図2を参照しつつ説明する。図2は、本技術の比較例に係る投影光学系10の構成例を示す模式図である。

[0031] 図2に示されるとおり、第2レンズ群2の光源4側の焦点P3と、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4と、が離れて位置している。具体的には、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4が、第2レンズ群

2の光源4側の焦点P3よりも、第2レンズ群2から遠い位置に配置されている。

[0032] これにより、第2レンズ群2から投射される複数の光束の主光線のそれぞれは、収束しながら進む。その結果、偏向ミラー3の振り角を比較的大きく確保しつつ、第2レンズ群2よりも小さいサイズの画像を投影できる。

[0033] しかし、この構成例では、第2レンズ群2の出射面における各光束の主光線が通過する範囲が、2次結像面P2における画像サイズよりも大きくなるおそれがある。これにより、第2レンズ群2のサイズが大きくなり、投影光学系10の大型化を招くおそれがある。

[0034] [(2) 本実施形態の概要]

そこで、本技術は、第2レンズ群の光源側の焦点と、偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置と、の位置関係を特定することにより、第2レンズ群から投射されたそれぞれの光束の主光線が、略平行状態になる投影光学系を提供する。

[0035] 具体的には、本技術は、少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、投影光学系を提供する。

[0036] 本技術の一実施形態に係る投影光学系10の構成例について、図3を参照しつつ説明する。図3は、本技術の一実施形態に係る投影光学系10の構成例を示す模式図である。

[0037] 図3に示されるとおり、投影光学系10は、第1レンズ群12と、偏向ミラー3と、第2レンズ群2と、を備えている。なお、それぞれの構成要素に対して、上記で図1等を参照しつつ説明した内容については、再度の説明を省略する。

- [0038] 第1レンズ群12は、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有することが好ましい。光源4からの光を第1レンズ群12が集光するとき、集光側のレンズに色収差を補正するための正レンズと負レンズとの組合せレンズを使用することにより、光源4の各波長の色収差を補正できる。色収差を補正するために、たとえば正レンズと負レンズとで異なるアッベ数のガラスレンズの組合せを用いることができる。
- [0039] また、第1レンズ群12を、複数の正の単レンズのみから構成し、光源4と第1レンズ群12との間隔を調整することによって、軸上の色収差を補正するようにしてもよい。この場合、色収差補正用の組合せレンズを用いないため、コストを削減できる。この場合、第1レンズ群12のレンズはガラス製でなくてもよく、たとえばプラスチック製のレンズを用いるとさらにコスト削減効果が大きくなる。
- [0040] 第2レンズ群2は、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有することが好ましい。少なくとも1組の正レンズと負レンズとの組合せレンズを用いることで、軸外で発生する倍率の色収差を補正できる。上記した第1レンズ群12の好ましい構成では、軸上の色収差を補正することは可能だが、軸外の画角全体に亘って色収差を補正することは困難であるため、第2レンズ群2で色収差を補正することが好ましい。第2レンズ群2に少なくとも1組の正レンズと負レンズとの組合せレンズを使用すると、光源4の各波長の色収差を補正できる。
- [0041] また、第2レンズ群2は、少なくとも1面以上の自由曲面形状の透過面を有することが好ましい。第2レンズ群2に軸対称なレンズを用いた場合、2次元走査した画像は歪みが発生するおそれがある。自由曲面形状のレンズを用いることにより、この歪みが光学的に補正されて、良好な画像が得られる。
- [0042] また、第1レンズ群12内のレンズおよび第2レンズ群2内のレンズのうち、少なくとも1つのレンズを光軸に垂直な方向に動かすことによって、投影像を光軸に垂直な方向に調整するようにしてもよい。これにより、投影像

を光軸に垂直な面内で移動させることができる。

[0043] 光源 4 は、画像データに基づいて強度変調された光を出射する。光源 4 から投射された光は、レーザ光であることが好ましい。レーザ光は、高い光の輝度と一定の波長特性を持つため、網膜上に鮮明で明るい映像を投影するのに適している。レーザ光の特長として、高いコントラスト比、広色域、高い解像度などがある。

[0044] この構成例では、第 2 レンズ群 2 の光源 4 側の焦点 P 3 が、偏向ミラー 3 における光の主光線の出射位置 P 4 の近傍に位置している。これにより、第 2 レンズ群 2 から投射されたそれぞれの光束の主光線 L が、略平行状態になる。略平行状態になったそれぞれの光束の主光線は、たとえば観察者の眼前に配置される接眼デバイス（図示省略）により集光されて、観察者の網膜に投射される。

[0045] 本技術によれば、第 2 レンズ群 2 から投射されたそれぞれの光束の主光線が略平行状態になるため、投影する画像のサイズが小さい場合でも、偏向ミラー 3 の振り角を大きく確保できる。そのため、偏向ミラー 3 の動作の安定化を図ることができる。なおかつ、第 2 レンズ群 2 から投射される複数の光束の主光線のそれぞれが収束しながら進む比較例（図 2 参照）に比べて、装置が小型化できる。つまり、偏向ミラーの動作の安定化と装置の小型化を両立させることができる。なお、この効果は、後述する他の実施形態においても同様に生じる。そのため、他の実施形態の説明においては、再度の記載を省略することがある。

[0046] [（3）主光線の通過領域]

上述した比較例および本実施形態のそれぞれにおける光束の状態について、図 4～図 6 を参照しつつ説明する。

[0047] 図 4 は、図 1 に示される比較例における光束の状態を示す模式図である。図 4 A は、第 2 レンズ群 2 から投射された映像光に含まれる複数の光束のうち、映像光の最も外側を通る光束の主光線の状態を示している。図 4 A に示されるとおり、第 2 レンズ群 2 から投射されたそれぞれの光束の主光線は、

拡がりながら進む。そして、それぞれの光束の主光線は、観察者の眼前に配置される接眼デバイス 20 により屈折し、眼球 E へと導かれる。

[0048] 図 4 B は、第 2 レンズ群 2 の出射面におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 1 を破線部で示している。第 2 レンズ群 2 の出射面では、破線部で示すそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 1 と、映像光の最も外側を通過する光束の広がり、を合わせた領域が、それぞれの光束の通過領域となる。つまり、それぞれの光束の通過領域の長さは、破線部で示している主光線の通過領域の対角線の長さ r_1 と、映像光の最も外側を通過する光束のビーム径 r_2 との和となる。

[0049] 図 4 C は、2 次結像点（2 次結像面）P 2 におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 2 を破線部で示している。2 次結像面 P 2 においては、それぞれの光束は集光されている状態となる。したがって、それぞれの光束の主光線の通過領域 A 2 の大きさが、投影光学系 10 が投影する画像サイズと略同一となる。

[0050] 図 4 A に示されるとおり、この比較例では、第 2 レンズ群 2 から投射された複数の光束の主光線のそれぞれは、拡がりながら進む。そのため、図 4 B および図 4 C に示されるとおり、第 2 レンズ群 2 の出射面におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 1 は、2 次結像点（2 次結像面）P 2 におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 2 よりも小さくなる。

[0051] 上述したように、通過領域 A 2 の大きさが、投影光学系 10 が投影する画像サイズと略同一となる。投影する画像サイズが小さくなればなるほど、第 2 レンズ群 2 の出射面における通過領域 A 1 のサイズが小さくなり、偏向ミラー 3 の振り角も小さくなる傾向にある。偏向ミラー 3 の振り角が小さくなることにより、偏向ミラー 3 の動作が不安定になるおそれがある。

[0052] 図 5 は、図 2 に示される比較例における光束の状態を示す模式図である。図 5 A に示されるとおり、この比較例では、第 2 レンズ群 2 から投射された複数の光束の主光線のそれぞれは、収束しながら進む。そのため、投影する画像サイズが確定している場合、図 5 B および図 5 C に示されるとおり、第

2 レンズ群 2 の出射面におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 1 は、2 次結像点（2 次結像面）P 2 におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 2 よりも大きくなる。これにより、投影光学系 1 0 が大型化するおそれがある。

[0053] 図 6 は、図 3 に示される本実施形態における光束の状態を示す模式図である。図 6 A に示されるとおり、本実施形態では、第 2 レンズ群 2 から投射された複数の光束の主光線のそれぞれは、略平行状態となる。そのため、投影する画像サイズが確定している場合、図 6 B および図 6 C に示されるとおり、第 2 レンズ群 2 の出射面におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 1 は、2 次結像点（2 次結像面）P 2 におけるそれぞれの光束の主光線の通過領域 A 2 と略同一の大きさとなる。これにより、偏向ミラー 3 の動作の安定化と装置の小型化を両立させることができる。

[0054] [（4）網膜直描]

本実施形態に係る投影光学系 1 0 は、たとえば網膜直描型の画像投影装置に用いられることができる。網膜直描型の画像投影装置は、マクスウェル視による画像投影装置とも呼ばれる。

[0055] 瞳孔に入射した光が網膜に到達すると、網膜の内部にある視細胞が光を感じ、神経信号に変換する。この神経信号は、視神経を通じて脳に送られ、脳がその信号を解釈して、我々が見ている景色や物体を認識することができる。

[0056] 観察者に画像を観察させるために、網膜投影型の画像投影装置では、画像を観察者の網膜に投影して、この網膜上で結像させる。網膜上で結像させるために、観察者の眼前に接眼デバイスが配置されることが多い。図 6 A に示されるように、第 2 レンズ群 2 から投射されたそれぞれの光束の主光線が略平行状態である場合、それぞれの光束の主光線は、接眼デバイスの焦点位置に屈折される。

[0057] 接眼デバイス 2 0 の例として、たとえば、レンズ、ハーフミラー、プリズム、光ファイバ、回折素子などが挙げられる。本実施形態では、接眼デバイ

ス20は、コンタクトレンズ型デバイスでありうる。コンタクトレンズ型デバイスは、眼球の表面に直接装着する、薄い透明なレンズである。コンタクトレンズ型デバイスは、たとえば回折格子やホログラムレンズなどを有しており、光の回折や干渉などの原理を利用して、投影光学系10からの光を観察者の網膜に投射する。

[0058] 特に、網膜投影型の画像投影装置では、モノを直接見る場合とは異なり、接眼デバイスによって観察者の網膜上に結像する。そのため、接眼デバイスの網膜側の焦点位置を水晶体の近傍に配置する必要がある。つまり、接眼デバイスの焦点距離を数mm程度と短くする必要がある。

[0059] この接眼デバイスについて、図7を参照しつつ説明する。図7は、本技術の一実施形態に係る接眼デバイス20の構成例を示す模式図である。

[0060] 図7に示されるとおり、第2レンズ群2から投射されたそれぞれの光束は、2次結像点P2で結像された後、拡がりながら接眼デバイス20に投射される。接眼デバイス20は、たとえばレンズの作用を持ち、それぞれの光束を瞳孔E1および網膜E2に導く。

[0061] このとき、接眼デバイス20の光源側の焦点が、2次結像点P2の位置に配置されることが好ましい。これにより、接眼デバイス20は、それぞれの光束を略平行状態で瞳孔E1に導くことができる。瞳孔E1に導かれたそれぞれの光束は、水晶体で屈折され、網膜E2上で結像される。なお、接眼デバイス20の焦点の位置は、2次結像点P2の位置と必ずしも一致していなくてもよく、多少のずれが生じていてもよい。

[0062] 映像の解像度は、網膜上に結像されるそれぞれの光束の集光度合いで決まる。それぞれの光束の集光度合いを高めることにより、映像の解像度を高めることができる。この網膜上の集光度合いを高めるためには、眼球に投射するそれぞれの光束のビーム径（射出瞳）を大きくすることが好ましい。このビーム径を大きくするためには、開口数 θ を大きくすることが好ましい。

[0063] 眼球に投射されるそれぞれの光束のビーム径は、第2レンズ群2から投射されたそれぞれの光束の開口数 θ と、接眼デバイス20の焦点距離で決定さ

れる。接眼レンズの焦点距離を f とすると、接眼デバイス 20 から投射された光束のビーム径は、おおよそ $2 f \theta$ となる。

[0064] 上述したように、接眼デバイス 20 の網膜側の焦点位置を水晶体の近傍に配置する必要がある。そのため、接眼デバイス 20 がたとえばコンタクトレンズ型デバイスである場合、接眼デバイス 20 から水晶体までの距離が短くなるため、接眼デバイス 20 の焦点距離は必然的に小さくなる。

[0065] ここで、接眼デバイス 20 の焦点距離と、接眼デバイス 20 が投射する光束の開口数 θ との関係について、図 8 を参照しつつ説明する。図 8 は、本技術の一実施形態に係る接眼デバイス 20 の焦点距離 f_3 と、接眼デバイス 20 が投射する光束の開口数 θ との相関関係を示すグラフである。

[0066] 図 8 において、横軸は、接眼デバイス 20 の焦点距離 f_3 を示す。縦軸は、接眼デバイス 20 が投射する光束の開口数 θ を示す。グラフの右側に示されている凡例は、接眼デバイス 20 が投射する光束のビーム径（射出瞳）を示す。

[0067] ビーム径が 0.15 mm 以下になると、映像の解像度が大きく低下する。そのため、ビーム径が 0.15 mm 以上であることが好ましい。接眼デバイス 20 がコンタクトレンズ型デバイスである場合、その焦点距離が 8 mm 程度となりうる。このとき、高解像度の映像を観察者に観察させるためには、開口数 θ が 0.01 以上である必要があることが、このグラフから読み取れる。

[0068] 開口数 θ を 0.01 以上にするためには、第 2 レンズ群 2 から投射されるそれぞれの光束のビーム径を大きくする必要がある。特に、第 2 レンズ群 2 から 2 次結像面 P 2 までの光軸上の距離（投射距離）を長く設定する場合、高解像度の映像光を投射するためには、第 2 レンズ群 2 から投射されるそれぞれの光束のビーム径を大きくする必要がある。このことについて、図 9 を参照しつつ説明する。図 9 は、本技術の一実施形態に係る第 2 レンズ群 2 から 2 次結像面 P 2 までの距離 D_2 と、接眼デバイス 20 が投射する光束の開口数 θ との相関関係を示すグラフである。

[0069] 図9において、横軸は、第2レンズ群2から2次結像面P2までの光軸上の距離（投射距離）D2を示す。縦軸は、接眼デバイス20が投射する光束の開口数 θ を示す。グラフの右側に示されている凡例は、第2レンズ群2の出射面における主光線の通過領域の最大値〔mm〕を示す。

[0070] 本実施形態に係る投影光学系10は、たとえば腕時計型デバイスに内蔵されることができる。本実施形態に係る接眼デバイス20は、たとえばコンタクトレンズ型デバイスでありうる。そのため、この腕時計型デバイスを構成する第2レンズ群2から2次結像面P2までの光軸上の距離（投射距離）D2は、たとえば500mmを超える場合がある。さらに、観察者に観察させる画像サイズは、コンタクトレンズ型デバイスのサイズより小さくする必要がある。つまり、第2レンズ群2の出射面における主光線の通過領域は、コンタクトレンズ型デバイスのサイズより小さくする必要がある。具体例を挙げると、第2レンズ群2の出射面における主光線の通過領域の長さは、10mm以下にする必要がある。

[0071] 図9に示されるとおり、投射距離D2が500mmを超えると、第2レンズ群2の出射面における主光線の通過領域を10mm以下に抑えつつ、縦軸の開口数 θ を0.01以上にすることが難しくなる。したがって、観察者に高解像度の映像を観察させつつ、偏向ミラーの動作の安定化と装置の小型化を両立させるためには、第2レンズ群2の出射面から2次結像点P2までの光軸上の距離は、500mm以下であることが好ましい。

[0072] [(5) シミュレーション]

上述したように、本技術は、第2レンズ群2の光源4側の焦点と、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置と、の位置関係を特定する。偏向ミラー3の好ましい配置位置を確認するために、発明者はシミュレーションを行った。まず、シミュレーションの前提条件を決定するために、第2レンズ群2から投射される光束の開口数 θ が0.010であり、投射距離が200mm以上500mm以下であるときの、第1レンズ群12および第2レンズ群2のそれぞれの焦点距離を近軸計算した。この計算結果について、図10を

参照しつつ説明する。図10は、本技術の一実施形態に係る第1レンズ群12および第2レンズ群2のそれぞれの焦点距離を近軸計算したグラフである。

[0073] 図10において、横軸は、第1レンズ群12の焦点距離 f_1 を示す。縦軸は、第2レンズ群2の焦点距離 f_2 を示す。グラフの右側に示されている凡例は、投射距離[m]である。

[0074] なお、このグラフでは、焦点距離 f_1 の値が1.5から6.5まで示されているが、焦点距離 f_1 の値を小さくする場合、第1レンズ群12を構成するそれぞれのレンズの曲率半径を小さくする必要がある。しかし、レンズの曲率半径が極端に小さくする場合、それぞれのレンズの加工が困難になる。レンズの加工を容易にするためには、第1レンズ群12の焦点距離 f_1 は2.0mm以上であることが好ましい。

[0075] この近軸計算の結果に基づいて、シミュレーションの前提条件を以下の通りとした。

[0076] <前提条件>

(a) 第2レンズ群2の出射面から2次結像面P2までの距離 D_2 : 500mm

(b) 第2レンズ群2から投射される光束の開口数 θ : 0.01

(c) 第1レンズ群12の焦点距離 f_1 : 2.3mm

(d) 第2レンズ群2の焦点距離 f_2 : 22.0mm

(e) 2次結像面P2における主光線の通過領域の長さ: 5mm (片側2.5mm) (f) 第1レンズ群12および第2レンズ群2のそれぞれの焦点には収差が生じない

[0077] この前提条件に基づいたシミュレーション結果について、図11および図12を参照しつつ説明する。図11および図12は、本技術の一実施形態に係る投影光学系10のシミュレーション結果の一例を示すグラフである。

[0078] 図11において、横軸は、第2レンズ群2の光源側の焦点から、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置までの距離 D_1 を、第2レンズ群2の焦

点距離 f_2 で規格化した値である。偏向ミラー 3 から第 2 レンズ群 2 に向かう方向を正としている。縦軸は、偏向ミラー 3 の振り角 α (片側) [deg] である。

[0079] 横軸の値が正 (0 より大きい) の場合、偏向ミラー 3 が反射したそれぞれの光束の主光線は、第 2 レンズ群 2 から投射される際に拡散する方向に進む。この場合、前提条件 (e) の長さ (5 mm) を確保するためには、偏向ミラー 3 の振り角 α を小さくする必要がある。

[0080] 一方、横軸の値が負 (0 より小さい) の場合、横軸の値が小さくなるほど、偏向ミラー 3 の振り角 α の変化量 (振り角 α の傾き) が大きくなっている。これは、第 2 レンズ群 2 の光源側の焦点から、偏向ミラー 3 における光の主光線の出射位置までの距離の摂動に対して、投影する画像サイズの変化が大きいことを示している。

[0081] 上述したように、偏向ミラー 3 の動作の安定化と装置の小型化を両立させるためには、第 2 レンズ群 2 から投射されるそれぞれの光束の主光線が略平行状態であることが好ましい。第 2 レンズ群 2 から投射されるそれぞれの光束の主光線が略平行状態であるためには、図 3 に示されるとおり、第 2 レンズ群 2 の光源 4 側の焦点 P 3 と、偏向ミラー 3 における光の主光線の出射位置 P 4 と、が一致していることが好ましい。つまり、図 11 において、横軸の値が 0 であることが好ましい。

[0082] ただし、第 2 レンズ群 2 の光源 4 側の焦点 P 3 と、偏向ミラー 3 における光の主光線の出射位置 P 4 と、が必ずしも一致していなくてもよい。第 2 レンズ群 2 の光源 4 側の焦点 P 3 が、偏向ミラー 3 における光の主光線の出射位置 P 4 の近傍に位置していてもよい。

[0083] 具体的には、図 11 に示されるとおり、偏向ミラー 3 から第 2 レンズ群 2 に向かう方向を正とするとき、第 2 レンズ群 2 の光源 4 側の焦点 P 3 から、偏向ミラー 3 における光の主光線の出射位置 P 4 までの距離 D 1 が、第 2 レンズ群 2 の焦点距離 f_2 に対して -1 % 以上 2 % 以下であってもよい。この -1 % 以上 2 % 以下の範囲に抑えることができれば、第 2 レンズ群 2 の光源

4側の焦点P3と、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4と、が一致している場合の偏向ミラー3の振り角から1度以内の変化に抑えることができる。これにより、第2レンズ群2から投射されるそれぞれの光束を略平行状態にすることができる。

[0084] 続いて、図12について説明する。図12において、横軸は、図11と同様に、第2レンズ群2の光源4側の焦点P3から、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4までの距離D1を、第2レンズ群2の焦点距離 f_2 で規格化した値である。偏向ミラー3から第2レンズ群2に向かう方向を正としている。縦軸は、第2レンズ群2の出射面において、出射面の中心を基準としたときの、主光線の通過領域の長さの最大値Wを示す。

[0085] 図12において、横軸の値が負（0より小さい）の場合、偏向ミラー3が反射したそれぞれの光束の主光線は、第2レンズ群2から投射される際に収束する方向に進む。この場合、前提条件とした画像の長さ（5mm）を確保するためには、第2レンズ群2の出射面における主光線の通過領域を大きくする必要がある。

[0086] 偏向ミラー3から第2レンズ群2に向かう方向を正とするとき、第2レンズ群2の光源4側の焦点P3から、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4までの距離が、第2レンズ群2の焦点距離に対して-1%以上2%以下であることが好ましい。この-1%以上2%以下の範囲に抑えることができれば、縦軸の値が、第2レンズ群2の光源4側の焦点P3と、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4と、が一致している状態から+1mm程度の大きさに抑えることができる。これにより、第2レンズ群2から投射されるそれぞれの光束の主光線を略平行状態にすることができる。

[0087] 続いて、第2レンズ群2の光源4側の焦点P3と、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4と、が一致している状態における、第2レンズ群2の焦点距離 f_2 と偏向ミラー3の振り角 α との相関関係について、図13を参照しつつ説明する。図13は、本技術の一実施形態に係る投影光学系1

0のシミュレーション結果の一例を示すグラフである。

[0088] このシミュレーションの前提条件として、第2レンズ群2から投射される光束の開口数 θ を0.01とし、2次結像面P2における主光線の通過領域の長さを5mm（片側2.5mm）としている。

[0089] 図13において、横軸は、第2レンズ群2の焦点距離 f_2 [mm]である。縦軸は、偏向ミラー3の振り角 α （片側） [deg]である。グラフの右側に示されている凡例は、投射距離 [mm]を示す。

[0090] 図13に示されるとおり、投射距離（200、300、400、500、600）が異なっても、グラフはほぼ同じ曲線を描いている。つまり、偏向ミラー3の振り角 α は、投射距離にはほぼ影響されず、横軸に示す第2レンズ群2の焦点距離 f_2 に影響されることがわかる。

[0091] また、このシミュレーションでは、前提条件として第2レンズ群2から投射される光束の開口数 θ を0.01としたが、偏向ミラー3の振り角 α は、この開口数 θ にも影響されない。つまり、偏向ミラー3の振り角 α は、第2レンズ群2の焦点距離 f_2 と、2次結像面P2での主光線の通過領域の長さに影響される。この例では、第2レンズ群2の焦点距離 f_2 が24mm以下であれば、偏向ミラー3の振り角 α が±3度以上となり、偏向ミラー3の動作が安定化する。

[0092] もちろん、接眼デバイス20の焦点距離や、必要とする画角などによって、2次結像面P2での主光線の通過領域の長さは変わる。しかし、第2レンズ群2の焦点距離 f_2 が24mm以下であれば、偏向ミラー3の振り角 α を、その動作に支障がない範囲に保つことが可能となる。

[0093] 本技術の第1実施形態に係る投影光学系について説明した上記の内容は、技術的な矛盾が特にない限り、本技術の他の実施形態に適用できる。

[0094] [2. 本技術の第2実施形態（投影光学系の例2）]

カラー映像を投影するために、光源が、第1波長帯域の出射光を投射する第1光源部と、第2波長帯域の出射光を投射する第2光源部と、第3波長帯域の出射光を投射する第3光源部と、を含んでよい。このことについて、図

14を参照しつつ説明する。図14は、本技術の一実施形態に係る投影光学系10の構成例を示す模式図である。

[0095] 図14に示されるとおり、光源4が、第1波長帯域の出射光を投射する第1光源部41Rと、第2波長帯域の出射光を投射する第2光源部41Gと、第3波長帯域の出射光を投射する第3光源部41Bと、を含んでいてよい。なお、光源部の数は特に限定されない。

[0096] より具体的には、第1波長帯域が、赤色に対応する波長帯域であり、第2波長帯域が、緑色に対応する波長帯域であり、第3波長帯域が、青色に対応する波長帯域であってよい。これにより、画像投影装置100は、フルカラーの画像を観察者に視認させることができる。赤色に対応する波長帯域は、たとえば、約620～750nmでありうる。緑色に対応する波長帯域は、たとえば、約500～550nmでありうる。青色に対応する波長帯域は、たとえば、約430～500nmでありうる。

[0097] 光源4は、たとえばレンズ42R、42G、42Bをさらに有する。レンズ42Rは、第1光源部41Rが投射する第1波長帯域の出射光を略平行状態にする。同様に、レンズ42Gは、第2光源部41Gが投射する第2波長帯域の出射光を略平行状態にする。レンズ42Bは、第3光源部41Bが投射する第3波長帯域の出射光を略平行状態にする。

[0098] 本実施形態では、ミラー51とダイクロイックミラー52、53とを合波光学系として用いる。この合波光学系は、それぞれの波長帯域の出射光を同一光軸上に合波して、第1レンズ群12に出射する。

[0099] ミラー51は、第1光源部41Rとレンズ42Rの光軸上に配置されている。ミラー51は、第1光源部41Rから投射される第1波長帯域の光を反射する。

[0100] ダイクロイックミラー52は、第2光源部41Gとレンズ42Gの光軸上に配置されている。ダイクロイックミラー52は、第1光源部41Rから投射される第1波長帯域の光を透過し、第2光源部41Gから投射される第2波長帯域の光を反射する。

[0101] ダイクロイックミラー53は、第3光源部41Bとレンズ42Bの光軸上に配置されている。ダイクロイックミラー53は、第1光源部41Rから投射される第1波長帯域の光を反射し、第2光源部41Gから投射される第2波長帯域の光を反射し、第3光源部41Bから投射される第3波長帯域の光を透過する。

[0102] 第1レンズ群12は、合波光学系からの略平行光を1次結像点P1の位置に集光させる。第2レンズ群2の光源4側の焦点P3が、偏向ミラー3における光の主光線の出射位置P4の近傍に位置している。レンズ21からの光は偏向ミラー3で2次的に走査され、第2レンズ群2を通して2次結像面P2に集光される。

[0103] なお、合波光学系を構成する要素はこれに限定されない。たとえば、ダイクロイックプリズム、偏光ビームスプリッタ（Polarizing Beam Splitter：PBS）、偏光ビームコンバイナ（Polarization Beam Combiner：PBC）、ハーフミラー、干渉フィルタなどによって合波光学系が構成されていてもよい。

[0104] なお、カラー画像を投影するために、複数の波長帯域の光を出射する技術として、必ずしもこの構成に限定されることはない。たとえば、光源が、複数の波長帯域の光を出射する1つの光源部であってもよい。具体例を挙げると、レーザーダイオードのアレイを使用して、複数の波長帯域の光を1つのチップから発することができる。あるいは、液体またはガス中に異なる色の発光物質を導入し、それぞれを励起して光を発することで、複数の波長帯域の光を1つのチップから生成することもできる。

[0105] 本技術の第2実施形態に係る投影光学系について説明した上記の内容は、技術的な矛盾が特にない限り、本技術の他の実施形態に適用できる。

[0106] [3. 本技術の第3実施形態（画像投影装置の例）]

本実施形態に係る画像投影装置について、図15を参照しつつ説明する。図15は、本技術の一実施形態に係る画像投影装置100の構成例を示す模式図である。

- [0107] 図15に示されるとおり、画像投影装置100は、投影光学系10と、観察者の眼前に配置される接眼デバイス20と、備えている。
- [0108] この構成例では、投影光学系10は、画像投影装置100の一例である腕時計型デバイスに内蔵されている。観察者は、腕時計型デバイス100が備えるディスプレイを介して、画像投影装置100が投影する画像を変更できる。
- [0109] 投影光学系10から投射されたそれぞれの光束は、2次結像点で結像された後、拡がりながら接眼デバイス20に投射される。接眼デバイス20は、投影光学系10からの光を観察者の網膜E1に投射する。
- [0110] 接眼デバイス20は、たとえば眼鏡型デバイスであってもよいが、コンタクトレンズ型デバイスであることが好ましい。眼鏡型デバイスは、個々の顔の形状によって合わせる必要がある。一方で、コンタクトレンズ型デバイスはその必要がなく、快適な装着感やフィット感を万人に与えることができる。
- [0111] また、コンタクトレンズ型の接眼デバイス20は、レンズを目の上に直接装着するため、光をより直接的に網膜に投影することができる。一方、眼鏡型の場合、フレームやレンズの厚みなどが干渉する可能性があり、光の透過に制約が生じることがある。
- [0112] なお、接眼デバイス20が眼鏡型デバイスであるとき、接眼デバイス20は、たとえば、ハーフミラー、プリズム、レンズ、光ファイバ、回折素子などを有してよい。特に、接眼デバイス20、たとえば、ホログラフィック光学素子、フレネルレンズ、反射型回折格子、透過型回折格子などの回折素子を有してよい。回折素子は、光の回折効果を利用して、光を拡散させたり収束させたりすることができる。回折素子を有することにより、たとえば、接眼デバイス20を簡素化することができる。レンズアレイなど、複雑な光学構成を持つ他の光学素子に比べて、回折素子はシンプルでコンパクトなデバイス設計を実現することができる。
- [0113] 本実施形態に係る画像投影装置100の構成例について図16を参照しつ

つ説明する。図 1 6 は、本技術の一実施形態に係る画像投影装置 1 0 0 の構成例を示す模式図である。

[0114] 図 1 6 に示されるとおり、画像投影装置 1 0 0 は、少なくとも投影光学系 1 0 と、光源 4 と、制御部 3 0 と、を備えている。

[0115] 投影光学系 1 0 は、第 1 レンズ群 1 2 と、偏向ミラー 3 と、第 2 レンズ群 2 と、を備えている。

[0116] 第 1 レンズ群 1 2 は、少なくとも 1 つのレンズを有しており、光源 4 から投射された光を、光源 4 の像である 1 次結像点 P 1 の位置に集光させる。

[0117] 偏向ミラー 3 は、第 1 レンズ群 1 2 からの光を走査する。

[0118] 第 2 レンズ群 2 は、少なくとも 1 つのレンズ（たとえばレンズ 2 1）を有しており、偏向ミラー 3 からの光を、1 次結像点 P 1 の像である 2 次結像点 P 2 の位置に結像させる。

[0119] このとき、第 2 レンズ群 2 の光源 4 側の焦点が、偏向ミラー 3 における光の主光線の出射位置の近傍に位置している。

[0120] 制御部 3 0 は、光源制御部 3 1 と、走査制御部 3 2 と、を有している。光源制御部 3 1 は、画像データに基づいて光源 4 の発光を制御する。走査制御部 3 2 は、画像データに基づいて偏向ミラー 3 による走査方向および走査タイミングを制御する。制御部 3 0 として、たとえばマイクロコントローラ、ドライバ集積回路（Integrated Circuit：IC）、信号生成回路などを利用することができる。

[0121] なお、投影光学系 1 0 を内蔵する画像投影装置 1 0 0 としては、図 1 6 に示される腕時計型デバイスに限定されない。

[0122] 本技術の第 3 実施形態に係る画像投影装置について説明した上記の内容は、技術的な矛盾が特にない限り、本技術の他の実施形態に適用できる。

[0123] [4. 本技術の第 4 実施形態（接眼デバイスの例）]

図 1 5 等 に示されるとおり、本技術は、観察者の眼前に配置されており、投影光学系 1 0 からの光を観察者の網膜に投射する接眼デバイス 2 0 を提供する。

[0124] 接眼デバイス20は、たとえば眼鏡型デバイスであってもよいが、コンタクトレンズ型デバイスであることが好ましい。眼鏡型デバイスは、個々の顔の形状によって合わせる必要がある。一方で、コンタクトレンズ型デバイスはその必要がなく、快適な装着感やフィット感を万人に与えることができる。

[0125] また、コンタクトレンズ型の接眼デバイス20は、レンズを目の上に直接装着するため、光をより直接的に網膜に投影することができる。一方、眼鏡型の場合、フレームやレンズの厚みなどが干渉する可能性があり、光の透過に制約が生じることがある。

[0126] なお、接眼デバイス20が眼鏡型デバイスであるとき、接眼デバイス20は、たとえば、ハーフミラー、プリズム、レンズ、光ファイバ、回折素子などを有してよい。特に、接眼デバイス20、たとえば、ホログラフィック光学素子、フレネルレンズ、反射型回折格子、透過型回折格子などの回折素子を有してよい。回折素子は、光の回折効果を利用して、光を拡散させたり収束させたりすることができる。回折素子を有していることにより、たとえば、接眼デバイス20を簡素化することができる。レンズアレイなど、複雑な光学構成を持つ他の光学素子に比べて、回折素子はシンプルでコンパクトなデバイス設計を実現することができる。

[0127] 図16等にも示されるとおり、この接眼デバイス20に光を投射する投影光学系10は、第1レンズ群12と、偏向ミラー3と、第2レンズ群2と、を備えている。

[0128] 第1レンズ群12は、少なくとも1つのレンズを有しており、光源4から投射された光を、光源4の像である1次結像点P1の位置に集光させる。

[0129] 偏向ミラー3は、第1レンズ群12からの光を走査する。

[0130] 第2レンズ群2は、少なくとも1つのレンズ（たとえばレンズ21）を有しており、偏向ミラー3からの光を、1次結像点P1の像である2次結像点P2の位置に結像させる。

[0131] このとき、第2レンズ群2の光源4側の焦点が、偏向ミラー3における光

の主光線の出射位置の近傍に位置している。

[0132] 本技術の第4実施形態に係る接眼デバイスについて説明した上記の内容は、技術的な矛盾が特にない限り、本技術の他の実施形態に適用できる。

[0133] なお、本技術に係る実施形態は、上述したそれぞれの実施形態に限定されるものではなく、本技術の要旨を逸脱しない範囲において種々の変更が可能である。それぞれの実施形態において記載した具体的な数値、形状、材料（組成を含む）等は一例であって、これらに限定されるものではない。

[0134] また、本技術は、以下のような構成をとることもできる。

[1]

少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、

前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、

少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、

前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、投影光学系。

[2]

前記偏向ミラーから前記第2レンズ群に向かう方向を正とするとき、

前記第2レンズ群の前記光源側の焦点から、前記偏向ミラーにおける光の出射位置までの距離が、前記第2レンズ群の焦点距離に対して -1% 以上 2% 以下である、

[1]に記載の投影光学系。

[3]

前記第1レンズ群の焦点距離が 2.0 mm 以上である、

[1]または[2]に記載の投影光学系。

[4]

前記第2レンズ群の焦点距離が 2.4 mm 以下である、

[1] から [3] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[5]

前記第2レンズ群の出射面から前記2次結像点までの光軸上の距離が、500mm以下である、

[1] から [4] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[6]

前記第2レンズ群から投射されたそれぞれの光束の主光線が、略平行状態である、

[1] から [5] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[7]

前記第1レンズ群が、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有する、

[1] から [6] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[8]

前記第2レンズ群が、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有する、

[1] から [7] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[9]

前記光源から投射された光が、レーザ光である、

[1] から [8] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[10]

前記光源が、

第1波長帯域の出射光を投射する第1光源部と、

第2波長帯域の出射光を投射する第2光源部と、

第3波長帯域の出射光を投射する第3光源部と、を含む、

[1] から [9] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[11]

前記第1波長帯域が、赤色に対応する波長帯域であり、

前記第2波長帯域が、緑色に対応する波長帯域であり、

前記第3波長帯域が、青色に対応する波長帯域である、

[10]に記載の投影光学系。

[12]

前記光源が、複数の波長帯域の光を出射する1つの光源部である、

[1] から [9] のいずれか一つに記載の投影光学系。

[13]

投影光学系と、

観察者の眼前に配置される接眼デバイスと、備えており、

前記投影光学系が、

少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、

前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、

少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、

前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置しており、

前記接眼デバイスが、前記投影光学系からの光を前記観察者の網膜に投射する、画像投影装置。

[14]

前記接眼デバイスの光源側の焦点が、前記2次結像点の位置に配置される、

[13]に記載の画像投影装置。

[15]

前記接眼デバイスが、コンタクトレンズ型デバイスである、

[13] または [14] に記載の画像投影装置。

[16]

観察者の眼前に配置されており、投影光学系からの光を前記観察者の網膜に投射する接眼デバイスであって、

前記投影光学系が、
少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、
前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、
少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、
前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、接眼デバイス。

符号の説明

- [0135] 1 0 0 画像投影装置
- 1 0 投影光学系
- 1 第1レンズ群
- 2 第2レンズ群
- 3 偏向ミラー
- 4 光源
- 4 1 R 第1光源部
- 4 1 G 第2光源部
- 4 1 B 第3光源部
- 2 0 接眼デバイス
- 3 0 制御部
- 3 1 光源制御部
- 3 2 走査制御部
- P 1 1次結像点
- P 2 2次結像点
- P 3 第2レンズ群の光源側の焦点
- P 4 偏向ミラーにおける主光線の出射位置
- A 1 第2レンズ群の出射面における主光線の通過領域

A 2 2次結像面における主光線の通過領域

θ 開口数

α 偏向ミラーの振り角

f 1 第1レンズ群の焦点距離

f 2 第2レンズ群の焦点距離

f 3 接眼デバイスの焦点距離

E 眼球

E 1 瞳孔

E 2 網膜

請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、
前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、
少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、
前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、投影光学系。
- [請求項2] 前記偏向ミラーから前記第2レンズ群に向かう方向を正とするとき、
前記第2レンズ群の前記光源側の焦点から、前記偏向ミラーにおける光の出射位置までの距離が、前記第2レンズ群の焦点距離に対して -1% 以上 2% 以下である、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項3] 前記第1レンズ群の焦点距離が 2.0 mm 以上である、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項4] 前記第2レンズ群の焦点距離が 24 mm 以下である、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項5] 前記第2レンズ群の出射面から前記2次結像点までの光軸上の距離が、 500 mm 以下である、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項6] 前記第2レンズ群から投射されたそれぞれの光束の主光線が、略平行状態である、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項7] 前記第1レンズ群が、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有する、
請求項1に記載の投影光学系。

- [請求項8] 前記第2レンズ群が、正レンズと負レンズとの組合せレンズを有する、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項9] 前記光源から投射された光が、レーザ光である、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項10] 前記光源が、
第1波長帯域の出射光を投射する第1光源部と、
第2波長帯域の出射光を投射する第2光源部と、
第3波長帯域の出射光を投射する第3光源部と、を含む、
請求項1に記載の投影光学系。
- [請求項11] 前記第1波長帯域が、赤色に対応する波長帯域であり、
前記第2波長帯域が、緑色に対応する波長帯域であり、
前記第3波長帯域が、青色に対応する波長帯域である、
請求項10に記載の投影光学系。
- [請求項12] 投影光学系と、
観察者の眼前に配置される接眼デバイスと、備えており、
前記投影光学系が、
少なくとも1つのレンズを有しており、光源から投射された光を、
前記光源の像である1次結像点の位置に集光させる第1レンズ群と、
前記第1レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、
少なくとも1つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、
前記1次結像点の像である2次結像点の位置に結像させる第2レンズ群と、を備えており、
前記第2レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置しており、
前記接眼デバイスが、前記投影光学系からの光を前記観察者の網膜に投射する、画像投影装置。
- [請求項13] 前記接眼デバイスの光源側の焦点が、前記2次結像点の位置に配置

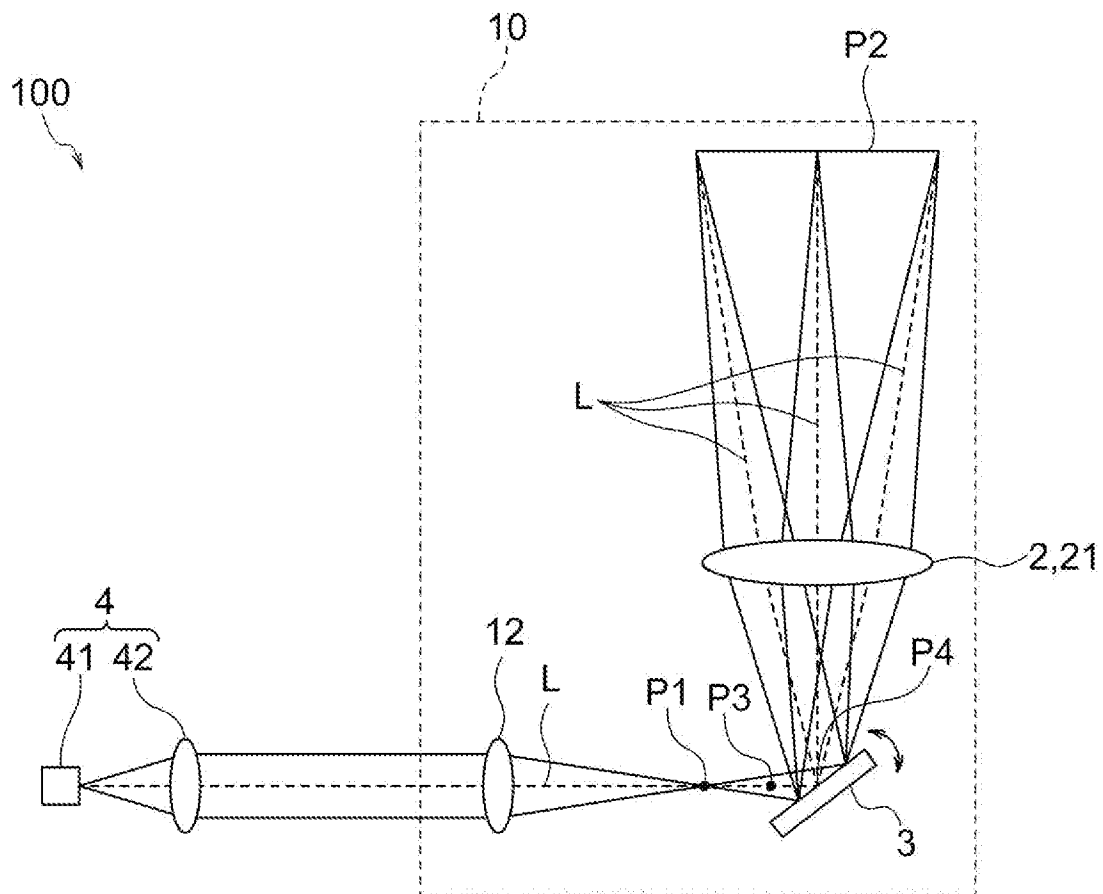
される、

請求項 1 2 に記載の画像投影装置。

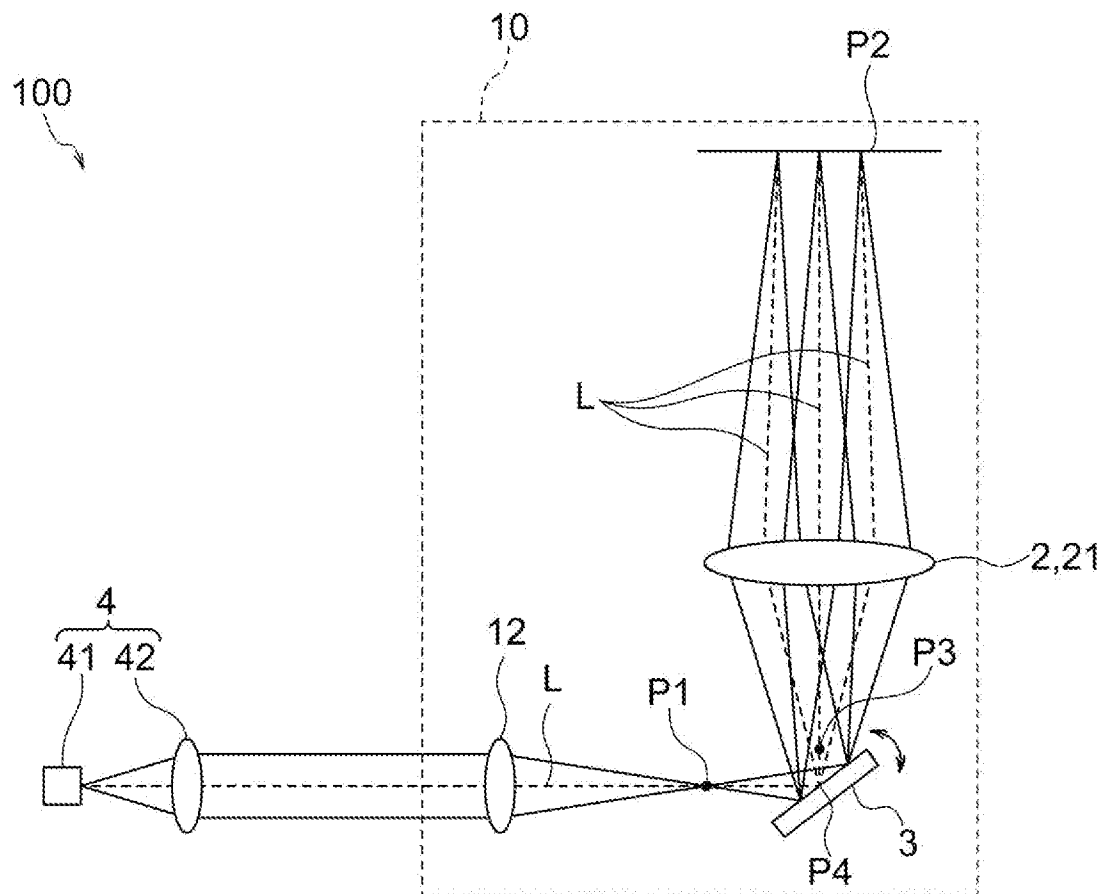
[請求項14] 前記接眼デバイスが、コンタクトレンズ型デバイスである、
請求項 1 2 に記載の画像投影装置。

[請求項15] 観察者の眼前に配置されており、投影光学系からの光を前記観察者の網膜に投射する接眼デバイスであって、
前記投影光学系が、
少なくとも 1 つのレンズを有しており、光源から投射された光を、
前記光源の像である 1 次結像点の位置に集光させる第 1 レンズ群と、
前記第 1 レンズ群からの光を走査する偏向ミラーと、
少なくとも 1 つのレンズを有しており、前記偏向ミラーからの光を、
前記 1 次結像点の像である 2 次結像点の位置に結像させる第 2 レンズ群と、を備えており、
前記第 2 レンズ群の前記光源側の焦点が、前記偏向ミラーにおける光の主光線の出射位置の近傍に位置する、接眼デバイス。

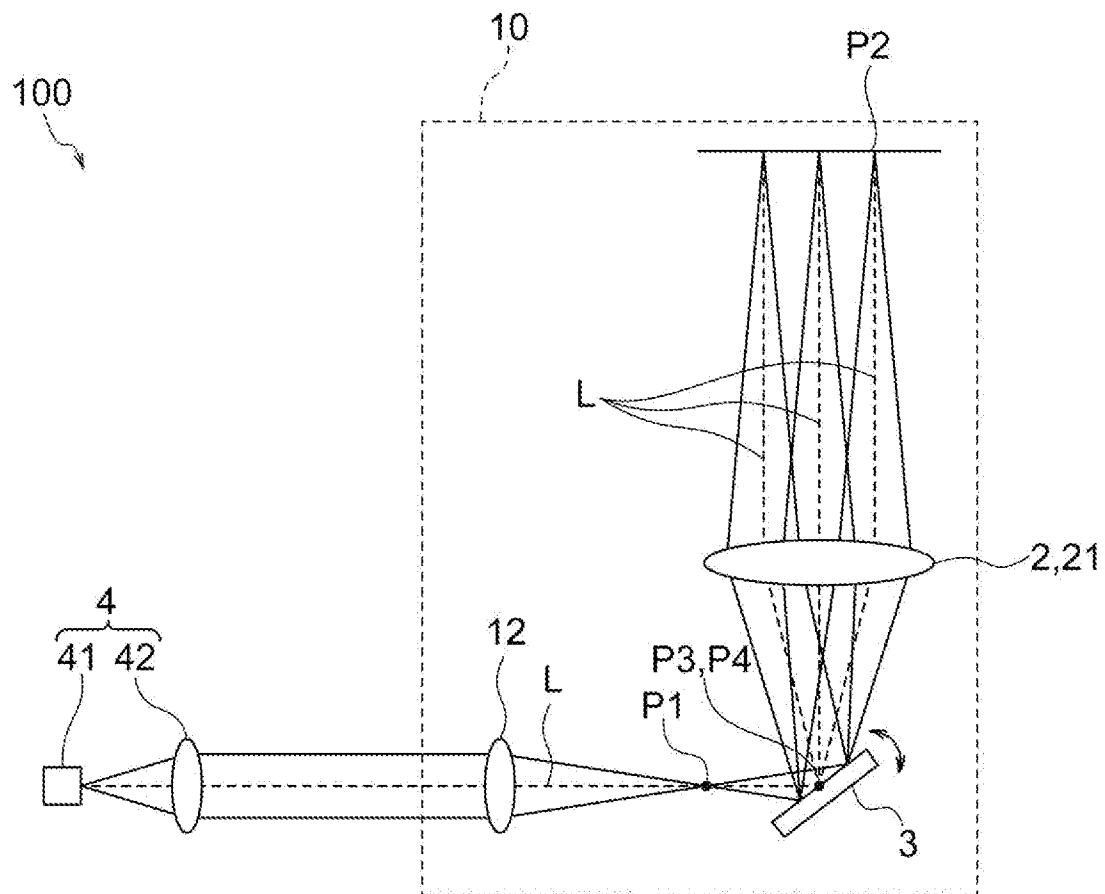
[図1]



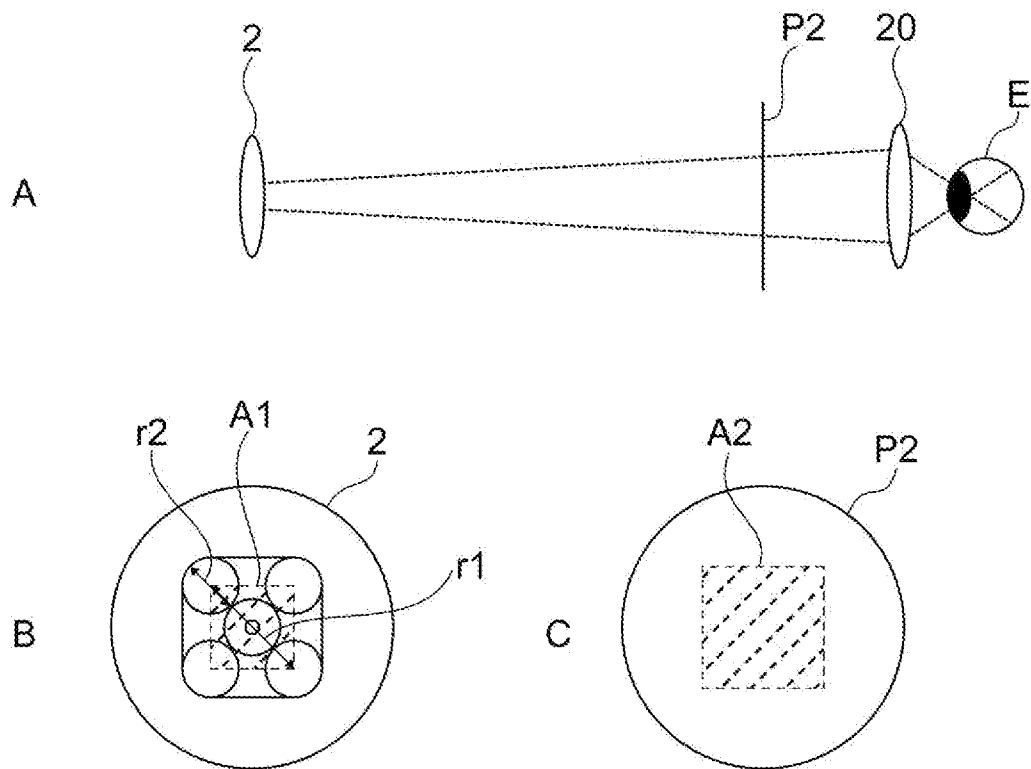
[図2]



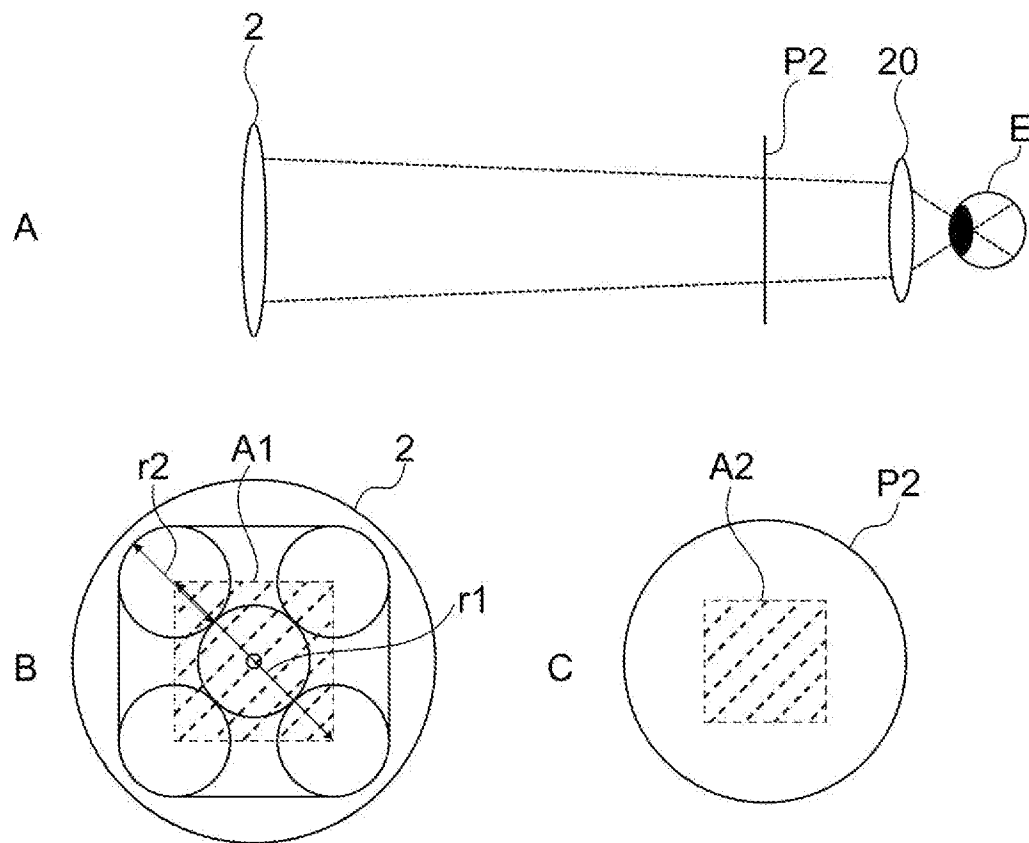
[図3]



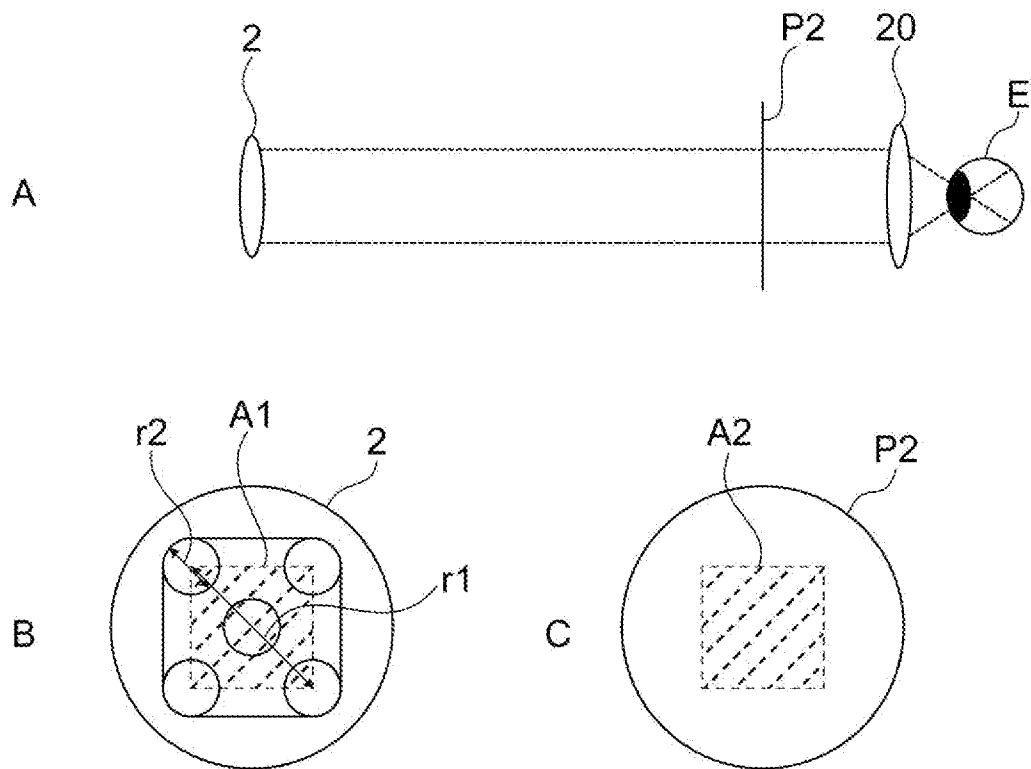
[図4]



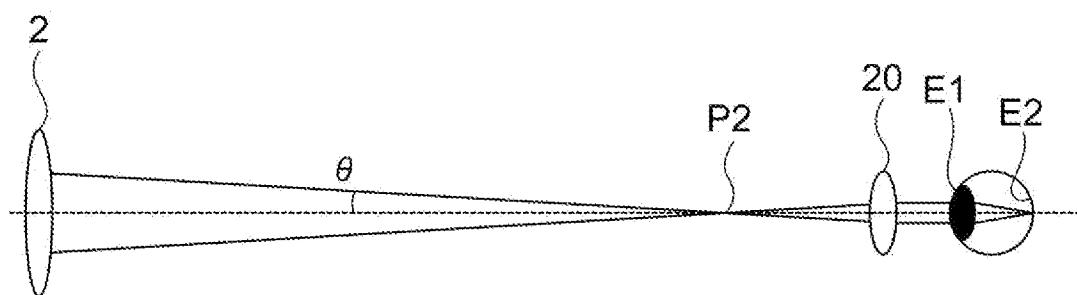
[図5]



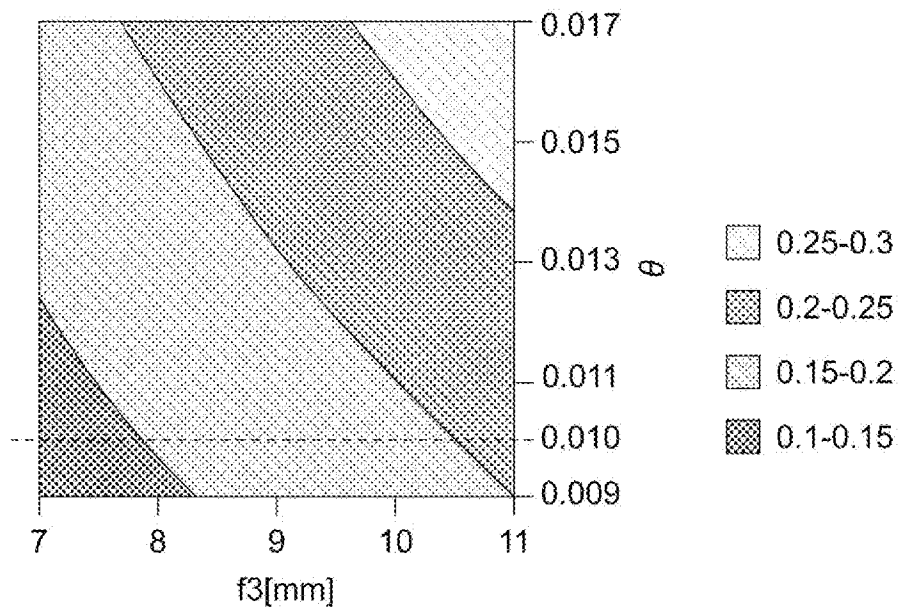
[図6]



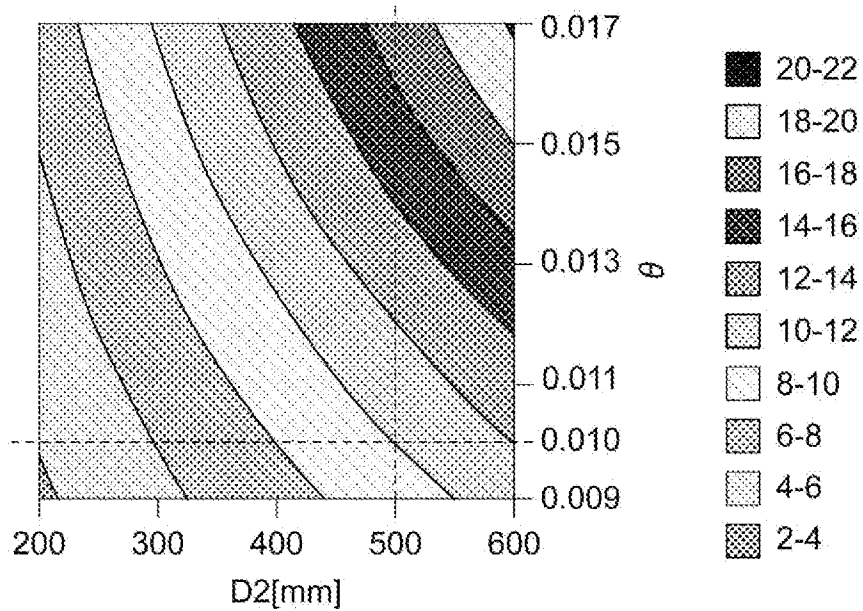
[図7]



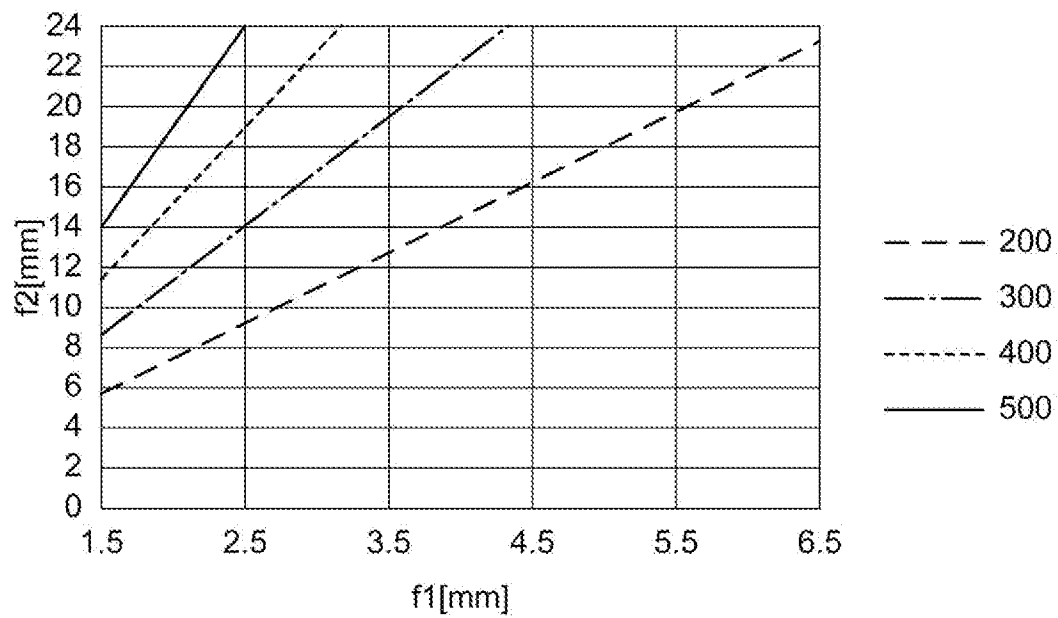
[図8]



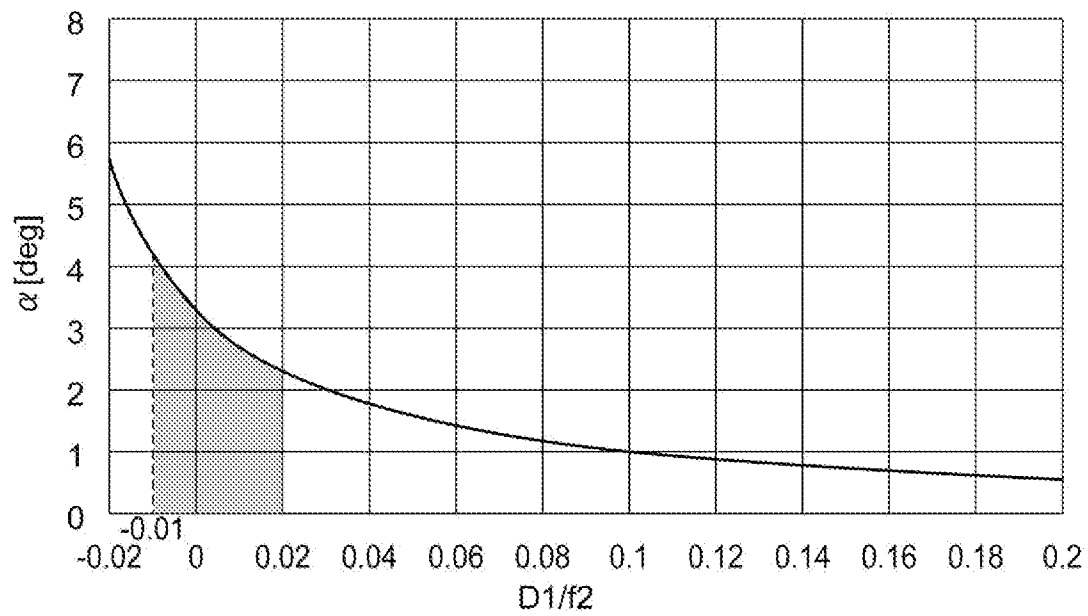
[図9]



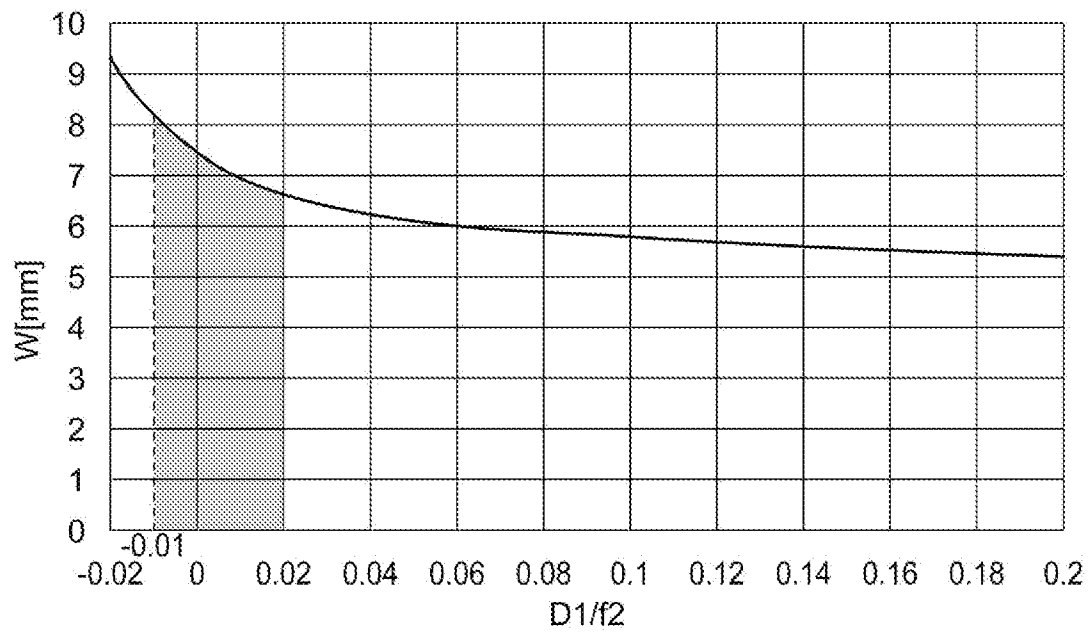
[図10]



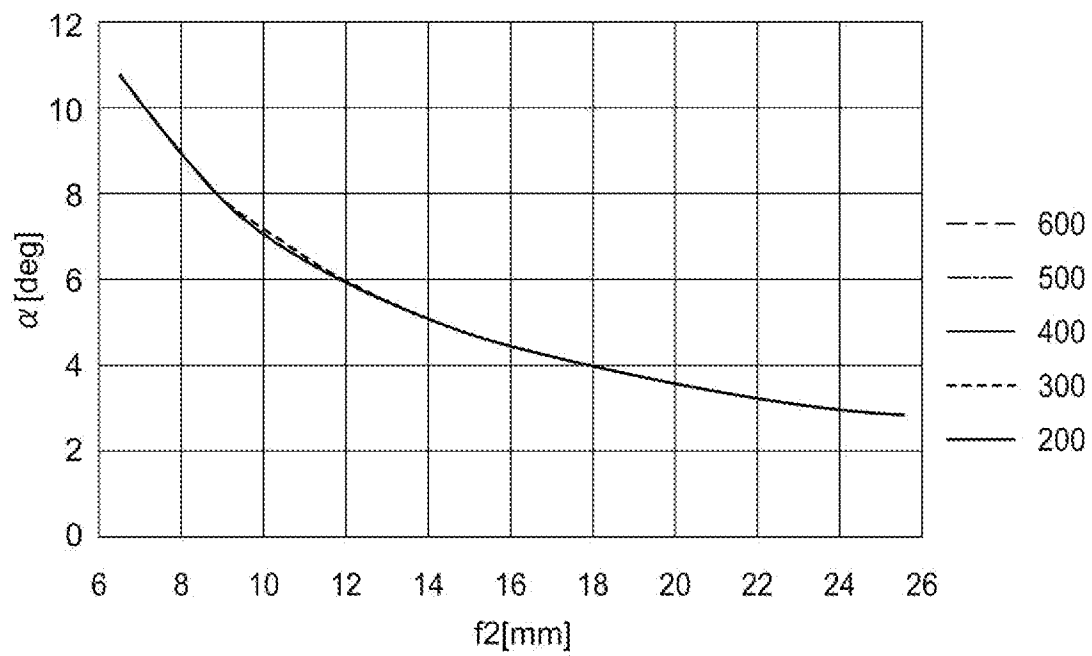
[図11]



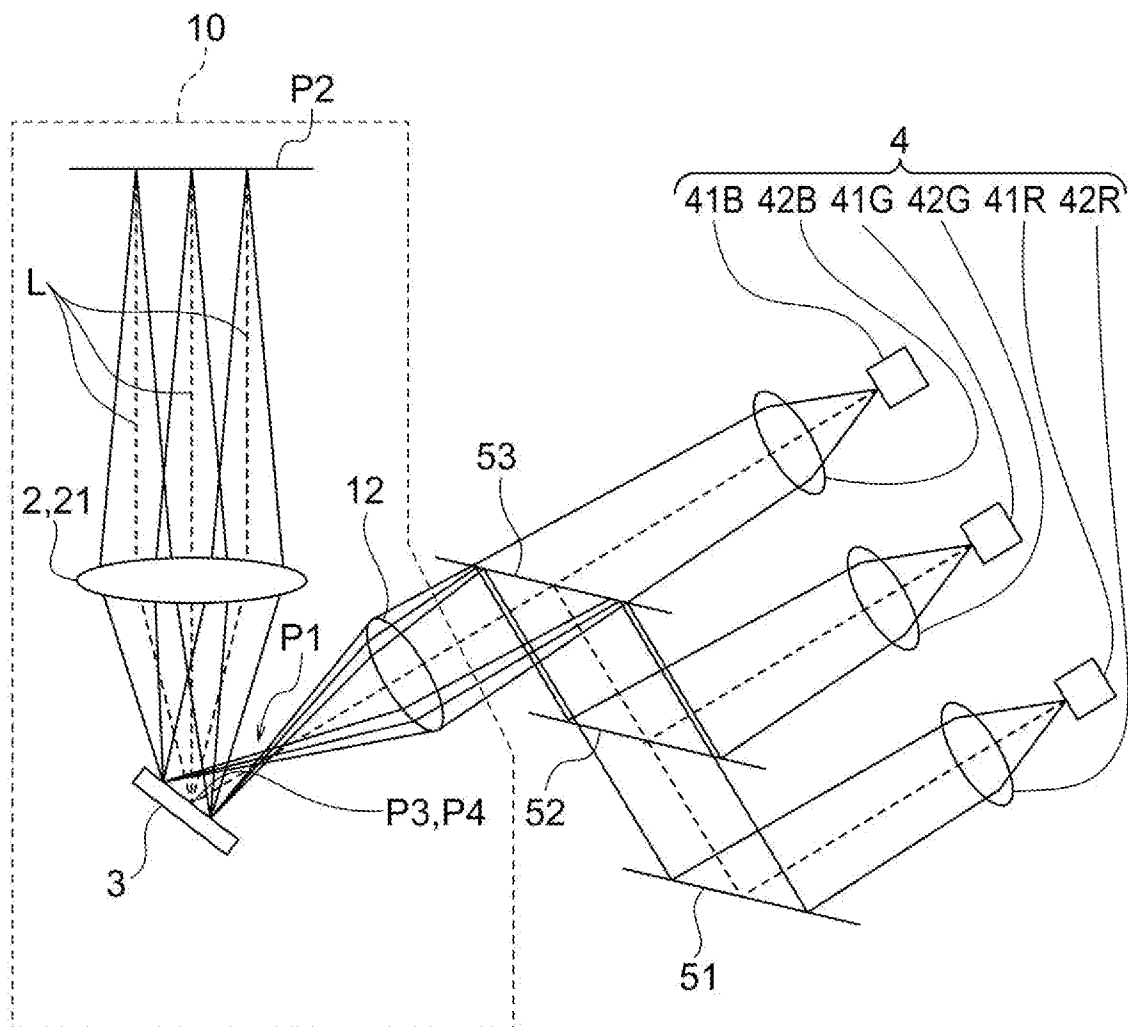
[図12]



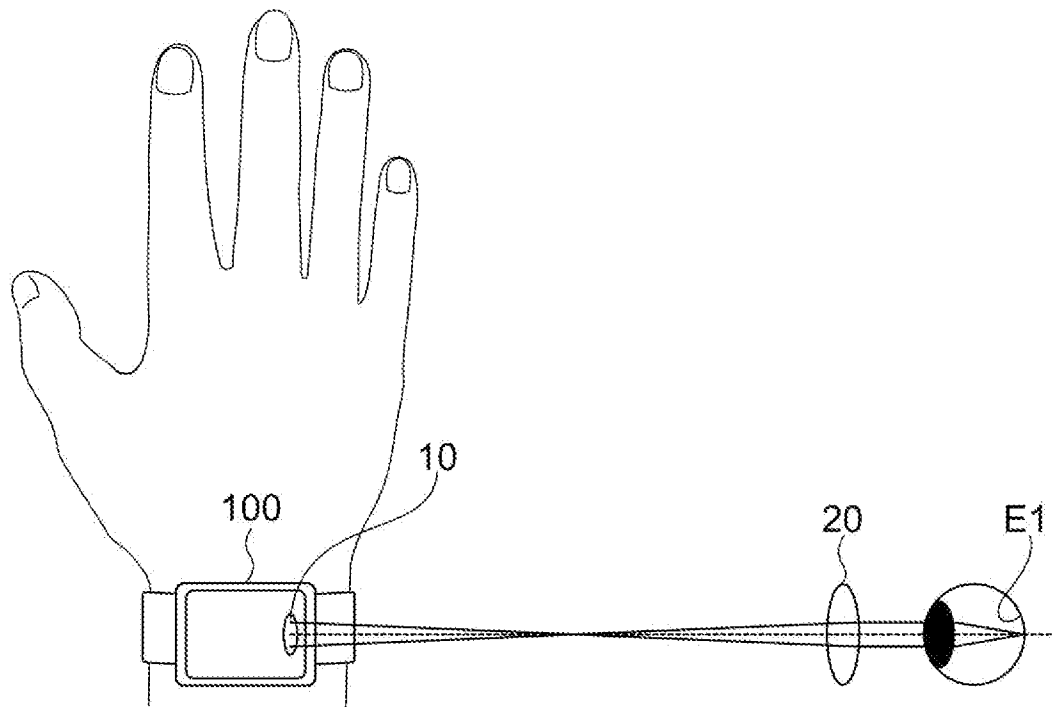
[図13]



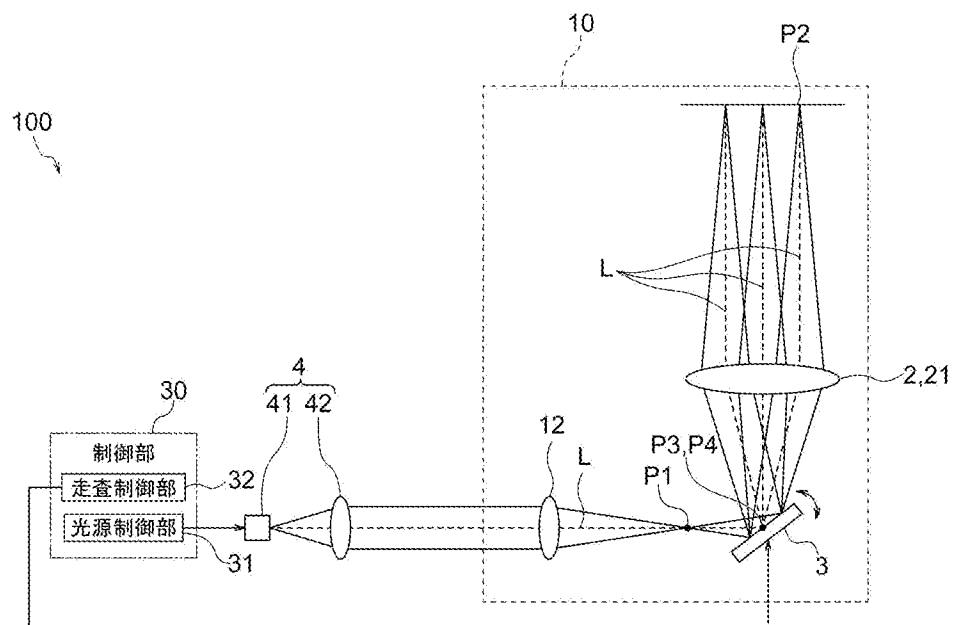
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/031128

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G02B 13/16 (2006.01)i; G02B 26/10 (2006.01)i; G02B 27/02 (2006.01)i FI: G02B13/16; G02B26/10 104Z; G02B27/02 Z 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) G02B13/16; G02B26/10; G02B27/02 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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	WO 2018/110448 A1 (SONY SEMICONDUCTOR SOLUTIONS CORPORATION) 21 June 2018 (2018-06-21) paragraphs [0067]-[0128], fig. 3-7	1-13, 15
Y		14
Y	WO 2023/157481 A1 (SONY GROUP CORPORATION) 24 August 2023 (2023-08-24) paragraphs [0028], [0077], [0086], fig. 23	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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 31 October 2024		Date of mailing of the international search report 12 November 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2024/031128

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2018/110448	A1	21 June 2018	US 2019/0317387 A1 paragraphs [0089]-[0153], fig. 3-7 EP 3553587 A1	
WO	2023/157481	A1	24 August 2023	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

G02B 13/16(2006.01)i; G02B 26/10(2006.01)i; G02B 27/02(2006.01)i

FI: G02B13/16; G02B26/10 104Z; G02B27/02 Z

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））

G02B13/16; G02B26/10; G02B27/02

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 - 2024年

日本国実用新案登録公報

1996 - 2024年

日本国登録実用新案公報

1994 - 2024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	WO 2018/110448 A1（ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社）21.06.2018 (2018 - 06 - 21) [0067]-[0128]、図3-7	1-13, 15
Y		14
Y	WO 2023/157481 A1（ソニーグループ株式会社）24.08.2023（2023 - 08 - 24） [0028]、[0077]、[0086]、図23	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、一般的技术水準を示すもの

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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

31.10.2024

国際調査報告の発送日

12.11.2024

名称及びあて先

日本国特許庁(ISA/JP)

〒100-8915

日本国

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

瀬戸 息吹 20 5362

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

様式 PCT/ISA/210（第2ページ）（2022年7月）

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/031128

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2018/110448	A1	21.06.2018	US	2019/0317387	A1	
				[0089]-[0153]、図3-7			
				EP	3553587	A1	

WO	2023/157481	A1	24.08.2023	(ファミリーなし)			
