

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6381287号
(P6381287)

(45) 発行日 平成30年8月29日 (2018. 8. 29)

(24) 登録日 平成30年8月10日 (2018. 8. 10)

(51) Int. Cl.	F I
G O 2 B 26/10 (2006. 01)	G O 2 B 26/10 F
B 4 1 J 2/47 (2006. 01)	B 4 1 J 2/47 I O 1 D
H O 4 N 1/04 (2006. 01)	H O 4 N 1/04

請求項の数 25 (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2014-104283 (P2014-104283)	(73) 特許権者	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22) 出願日	平成26年5月20日 (2014. 5. 20)	(74) 代理人	100086818 弁理士 高梨 幸雄
(65) 公開番号	特開2015-219447 (P2015-219447A)	(72) 発明者	富岡 雄一 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ ヤノン株式会社内
(43) 公開日	平成27年12月7日 (2015. 12. 7)		
審査請求日	平成29年4月17日 (2017. 4. 17)	審査官	越河 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 結像光学素子の製造方法及び光走査装置の製造方法並びに画像形成装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

偏向器により光束を偏向して被走査面を第1の方向に走査する光走査装置に用いられる結像光学素子の製造方法であって、

金型を用いて前記結像光学素子を成形する工程を有し、

前記結像光学素子の前記第1の方向における長さは、前記結像光学素子の光軸方向と前記第1の方向とに垂直な第2の方向における長さよりも長く、

前記結像光学素子は、前記第2の方向における両方の端部の少なくとも一方において、前記第1の方向における中央部に設けられた第1の突起部と、前記第1の方向における前記第1の突起部に対して一方の側に設けられた第2の突起部及び他方の側に設けられた第3の突起部とを含み、

前記第1乃至第3の突起部の全ては、前記第2の方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、

前記第1の突起部の高さは、前記第2及び第3の突起部の高さとは異なり、

前記金型における前記第1の突起部に対応する第1の凹部の深さは、前記金型における前記第2及び第3の突起部に対応する第2及び第3の凹部の深さとは異なることを特徴とする製造方法。

【請求項 2】

前記第1乃至第3の突起部は前記第2の方向における両方の端部の夫々に設けられ、一方の端部における前記第1の突起部は前記第2及び第3の突起部よりも低く、他方の端部

10

20

における前記第 1 の突起部は前記第 2 及び第 3 の突起部よりも高く、前記金型において、前記一方の端部に対応する前記第 1 の凹部は前記一方の端部に対応する前記第 2 及び第 3 の凹部よりも浅く、前記他方の端部に対応する前記第 1 の凹部は前記他方の端部に対応する前記第 2 及び第 3 の凹部よりも深いことを特徴とする請求項 1 に記載の製造方法。

【請求項 3】

前記一方の端部における前記第 1 乃至第 3 の突起部と前記他方の端部における前記第 1 乃至第 3 の突起部とは、前記第 2 の方向に垂直な断面に投射したとき互いに重なるように配置されていることを特徴とする請求項 2 に記載の製造方法。

【請求項 4】

前記第 1 乃至第 3 の突起部の頂部は同一平面上に存在し、前記第 1 乃至第 3 の凹部の底部は同一平面上に存在していないことを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 5】

前記第 2 及び第 3 の突起部の高さは互いに異なり、前記第 2 及び第 3 の凹部の深さは互いに異なることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 6】

前記結像光学素子は前記第 1 の方向における端部に設けられたゲート部を備え、前記第 2 及び第 3 の突起部のうち前記ゲート部に近い方は前記ゲート部から遠い方よりも短く、前記第 2 及び第 3 の凹部のうち前記金型における前記ゲート部に対応するゲートに近い方は該ゲートから遠い方よりも浅いことを特徴とする請求項 5 に記載の製造方法。

【請求項 7】

前記第 2 の方向に垂直な断面内において、前記第 2 及び第 3 の突起部の中心を結んだ直線と前記第 1 の突起部の中心との距離を D_z [mm] とするとき、

$$5 \leq D_z \leq 20$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 8】

偏向器により光束を偏向して被走査面を第 1 の方向に走査する光走査装置に用いられる結像光学素子の製造方法であって、

金型を用いて前記結像光学素子を成形する工程を有し、

前記結像光学素子の前記第 1 の方向における長さは、前記結像光学素子の光軸方向と前記第 1 の方向とに垂直な第 2 の方向における長さよりも長く、

前記工程では、前記結像光学素子の前記第 2 の方向における両方の端部の少なくとも一方において、前記第 1 の方向における中央部に設けられる第 1 の突起部と、前記第 1 の方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられる第 2 の突起部及び他方の側に設けられる第 3 の突起部とを成形しており、

前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、前記第 2 の方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、

前記工程では、前記第 1 の突起部の高さが前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形することを特徴とする製造方法。

【請求項 9】

前記工程では、前記第 1 乃至第 3 の突起部を前記第 2 の方向における両方の端部の夫々に設けており、一方の端部における前記第 1 の突起部が前記第 2 及び第 3 の突起部よりも低く、かつ他方の端部における前記第 1 の突起部が前記第 2 及び第 3 の突起部よりも高くなるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形することを特徴とする請求項 8 に記載の製造方法。

【請求項 10】

前記工程では、前記一方の端部における前記第 1 乃至第 3 の突起部と前記他方の端部における前記第 1 乃至第 3 の突起部とが、前記第 2 の方向に垂直な断面に投射したとき互いに重なるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形することを特徴とする請求項 9 に記載の製造方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記工程では、前記第 2 及び第 3 の突起部の高さが互いに異なるように、前記第 2 及び第 3 の突起部を成形することを特徴とする請求項 8 乃至 1 0 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 1 2】

前記工程では、前記結像光学素子の前記第 1 の方向における端部にゲート部を成形しており、前記第 2 及び第 3 の突起部のうち前記ゲート部に近い方が前記ゲート部から遠い方よりも短くなるように、前記第 2 及び第 3 の突起部を成形することを特徴とする請求項 1 1 に記載の製造方法。

【請求項 1 3】

前記第 2 の方向に垂直な断面内において、前記第 2 及び第 3 の突起部の中心を結んだ直線と前記第 1 の突起部の中心との距離を D_z [mm] とするとき、

$$5 \leq D_z \leq 20$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 8 乃至 1 2 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 1 4】

光束を偏向して被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、結像光学素子を含み、前記偏向器により偏向された光束を被走査面に集光する結像光学系と、前記偏向器及び前記結像光学系を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、

金型を用いて前記結像光学素子を成形する第 1 の工程と、

該第 1 の工程で成形された結像光学素子を前記筐体に固定する第 2 の工程とを有し、

前記結像光学素子の主走査方向における長さは、前記結像光学素子の副走査方向における長さよりも長く、

前記結像光学素子は、副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられた第 1 の突起部と、主走査方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられた第 2 の突起部及び他方の側に設けられた第 3 の突起部とを含み、

前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、

前記第 1 の突起部の高さは、前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なり、

前記金型における前記第 1 の突起部に対応する第 1 の凹部の深さは、前記金型における前記第 2 及び第 3 の突起部に対応する第 2 及び第 3 の凹部の深さとは異なり、

前記第 2 の工程では、前記第 1 乃至第 3 の突起部を前記筐体に突き当てることで、前記結像光学素子の位置決めを行うことを特徴とする製造方法。

【請求項 1 5】

光束を偏向して被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、結像光学素子を含み、前記偏向器により偏向された光束を被走査面に集光する結像光学系と、前記偏向器及び前記結像光学系を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、

金型を用いて前記結像光学素子を成形する第 1 の工程と、

該第 1 の工程で成形された結像光学素子を前記筐体に固定する第 2 の工程とを有し、

前記結像光学素子の主走査方向における長さは、前記結像光学素子の副走査方向における長さよりも長く、

前記第 1 の工程では、前記結像光学素子の副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられる第 1 の突起部と、主走査方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられる第 2 の突起部及び他方の側に設けられる第 3 の突起部とを成形しており、

前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、

前記第 1 の工程では、前記第 1 の突起部の高さが前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形し、

10

20

30

40

50

前記第 2 の工程では、前記第 1 乃至第 3 の突起部を前記筐体に突き当てることで、前記結像光学素子の位置決めを行うことを特徴とする製造方法。

【請求項 16】

前記結像光学素子の副走査断面内での屈折力を 1、前記結像光学系の副走査断面内での屈折力を とするとき、

$$0.1 \quad | \quad 1 / \quad | \quad 0.9$$

なる条件式を満たすことを特徴とする請求項 14 又は 15 に記載の製造方法。

【請求項 17】

前記第 1 の突起部は、光軸方向において前記第 2 及び第 3 の突起部よりも前記被走査面の側に配置されていることを特徴とする請求項 14 乃至 16 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

10

【請求項 18】

前記第 2 及び第 3 の突起部は、主走査方向において前記結像光学素子の有効領域よりも端部の側に設けられることを特徴とする請求項 14 乃至 17 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 19】

光束を偏向して第 1 及び第 2 の被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、該偏向器により偏向された光束を前記第 1 及び第 2 の被走査面に導光する第 1 及び第 2 の結像光学素子と、前記偏向器と前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、

20

同一の金型を用いて前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を成形する第 1 の工程と、

該第 1 の工程で成形された第 1 及び第 2 の結像光学素子を前記筐体に固定する第 2 の工程とを有し、

前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々について、

主走査方向における長さは副走査方向における長さよりも長く、

副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられた第 1 の突起部と、主走査方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられた第 2 の突起部及び他方の側に設けられた第 3 の突起部とを含み、

前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、

30

前記第 1 の突起部の高さは、前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なり、

前記金型における前記第 1 の突起部に対応する第 1 の凹部の深さは、前記金型における前記第 2 及び第 3 の突起部に対応する第 2 及び第 3 の凹部の深さとは異なり、

前記第 2 の工程では、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を、副走査方向における両方の端部が互いに反転するように配置することを特徴とする製造方法。

【請求項 20】

前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々について、前記第 1 乃至第 3 の突起部は前記第 2 の方向における両方の端部の夫々に設けられ、一方の端部における前記第 1 の突起部は前記第 2 及び第 3 の突起部よりも低く、他方の端部における前記第 1 の突起部は前記第 2 及び第 3 の突起部よりも高く、前記金型において、前記一方の端部に対応する前記第 1 の凹部は前記一方の端部に対応する前記第 2 及び第 3 の凹部よりも浅く、前記他方の端部に対応する前記第 1 の凹部は前記他方の端部に対応する前記第 2 及び第 3 の凹部よりも深いことを特徴とする請求項 19 に記載の製造方法。

40

【請求項 21】

光束を偏向して第 1 及び第 2 の被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、該偏向器により偏向された光束を前記第 1 及び第 2 の被走査面に導光する第 1 及び第 2 の結像光学素子と、前記偏向器と前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、

同一の金型を用いて前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を成形する第 1 の工程と、

該第 1 の工程で成形された第 1 及び第 2 の結像光学素子を前記筐体に固定する第 2 の工

50

程とを有し、

前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々について、主走査方向における長さは副走査方向における長さよりも長く、

前記第 1 の工程では、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々の副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられる第 1 の突起部と、主走査方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられる第 2 の突起部及び他方の側に設けられる第 3 の突起部とを成形しており、

前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々において、前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、

前記第 1 の工程では、前記第 1 の突起部の高さが前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形し、

前記第 2 の工程では、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を、副走査方向における両方の端部が互いに反転するように配置することを特徴とする製造方法。

【請求項 2 2】

前記第 1 の工程では、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々について、前記第 1 乃至第 3 の突起部を前記第 2 の方向における両方の端部の夫々に設けており、一方の端部における前記第 1 の突起部が前記第 2 及び第 3 の突起部よりも低く、かつ他方の端部における前記第 1 の突起部が前記第 2 及び第 3 の突起部よりも高くなるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形することを特徴とする請求項 2 1 に記載の製造方法。

【請求項 2 3】

前記第 1 及び第 2 の結像光学素子よりも副走査断面内での屈折力が大きい第 3 の結像光学素子を前記筐体に固定する工程を有することを特徴とする請求項 1 9 乃至 2 2 のいずれか 1 項に記載の製造方法。

【請求項 2 4】

請求項 1 4 乃至 2 3 のいずれか 1 項に記載の製造方法で製造された光走査装置と、該光走査装置によって被走査面に形成された静電潜像をトナー像として現像する現像器と、現像された前記トナー像を被転写材に転写する転写器と、転写された前記トナー像を被転写材に定着させる定着器とを有することを特徴とする画像形成装置。

【請求項 2 5】

請求項 1 4 乃至 2 3 のいずれか 1 項に記載の製造方法で製造された光走査装置と、外部機器から出力されたコードデータを画像信号に変換して前記光走査装置に入力するプリンタコントローラとを有することを特徴とする画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は結像光学素子、結像光学素子の製造方法及び光走査装置の製造方法並びに画像形成装置に関し、例えば電子写真プロセスを有するレーザービームプリンタ（LBP）やデジタル複写機やマルチファンクションプリンタ（多機能プリンタ）等の画像形成装置に好適なものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、光走査装置及びそれを用いた画像形成装置において、高画質化が求められており、これを達成するための様々な方法が提案されている。

【0003】

特許文献 1 では、結像光学素子としてのトーリックレンズを 3 点の座面で光学箱に固定する光走査装置において、レンズ両側の座面の間隔を狭く設定することでレンズの反りによって生じるレンズの傾きを低減する技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

10

20

30

40

50

【特許文献1】特開2006-162957号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかし、上述の特許文献に開示された従来技術でも、結像光学素子としての結像レンズの反り起因のレンズ傾き量を十分に低減できなかった。このため、レンズが傾いてしまうことで、走査線湾曲や走査線傾きが生じてしまい、このような光走査装置を画像形成装置に用いると、形成した画像に濃度ムラや色ずれなどが発生してしまい、良好な画像が得られないという問題があった。

【0006】

本発明の目的は、反り起因の傾き量を十分に低減できる結像光学素子及び光走査装置の製造方法並びにこれを用いて良好な画像を形成できる画像形成装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

上記目的を達成するために、本発明に係る結像光学素子の製造方法は、偏向器により光束を偏向して被走査面を第1の方向に走査する光走査装置に用いられる結像光学素子の製造方法であって、金型を用いて前記結像光学素子を成形する工程を有し、前記結像光学素子の前記第1の方向における長さは、前記結像光学素子の光軸方向と前記第1の方向とに垂直な第2の方向における長さよりも長く、前記結像光学素子は、前記第2の方向における両方の端部の少なくとも一方において、前記第1の方向における中央部に設けられた第1の突起部と、前記第1の方向における前記第1の突起部に対して一方の側に設けられた第2の突起部及び他方の側に設けられた第3の突起部とを含み、前記第1乃至第3の突起部の全ては、前記第2の方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、前記第1の突起部の高さは、前記第2及び第3の突起部の高さとは異なり、前記金型における前記第1の突起部に対応する第1の凹部の深さは、前記金型における前記第2及び第3の突起部に対応する第2及び第3の凹部の深さとは異なることを特徴とする。

また、本発明に係る別の結像光学素子の製造方法は、偏向器により光束を偏向して被走査面を第1の方向に走査する光走査装置に用いられる結像光学素子の製造方法であって、金型を用いて前記結像光学素子を成形する工程を有し、前記結像光学素子の前記第1の方向における長さは、前記結像光学素子の光軸方向と前記第1の方向とに垂直な第2の方向における長さよりも長く、前記工程では、前記結像光学素子の前記第2の方向における両方の端部の少なくとも一方において、前記第1の方向における中央部に設けられる第1の突起部と、前記第1の方向における前記第1の突起部に対して一方の側に設けられる第2の突起部及び他方の側に設けられる第3の突起部とを成形しており、前記第1乃至第3の突起部の全ては、前記第2の方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、

前記工程では、前記第1の突起部の高さが前記第2及び第3の突起部の高さとは異なるように、前記第1乃至第3の突起部を成形することを特徴とする。

また、本発明に係る光走査装置の製造方法は、光束を偏向して被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、結像光学素子を含み、前記偏向器により偏向された光束を被走査面に集光する結像光学系と、前記偏向器及び前記結像光学系を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、金型を用いて前記結像光学素子を成形する第1の工程と、該第1の工程で成形された結像光学素子を前記筐体に固定する第2の工程とを有し、前記結像光学素子の主走査方向における長さは、前記結像光学素子の副走査方向における長さよりも長く、前記結像光学素子は、副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられた第1の突起部と、主走査方向における前記第1の突起部に対して一方の側に設けられた第2の突起部及び他方の側に設けられた第3の突起部とを含み、前記第1乃至第3の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、前記第1の突起部の高さは、前記第2及び第3の突起部

10

20

30

40

50

の高さとは異なり、前記金型における前記第 1 の突起部に対応する第 1 の凹部の深さは、前記金型における前記第 2 及び第 3 の突起部に対応する第 2 及び第 3 の凹部の深さとは異なり、前記第 2 の工程では、前記第 1 乃至第 3 の突起部を前記筐体に突き当てることで、前記結像光学素子の位置決めを行うことを特徴とする。

また、本発明に係る別の光走査装置の製造方法は、光束を偏向して被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、結像光学素子を含み、前記偏向器により偏向された光束を被走査面に集光する結像光学系と、前記偏向器及び前記結像光学系を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、金型を用いて前記結像光学素子を成形する第 1 の工程と、該第 1 の工程で成形された結像光学素子を前記筐体に固定する第 2 の工程とを有し、前記結像光学素子の主走査方向における長さは、前記結像光学素子の副走査方向における長さよりも長く、前記第 1 の工程では、前記結像光学素子の副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられる第 1 の突起部と、主走査方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられる第 2 の突起部及び他方の側に設けられる第 3 の突起部とを成形しており、前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、前記第 1 の工程では、前記第 1 の突起部の高さが前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形し、前記第 2 の工程では、前記第 1 乃至第 3 の突起部を前記筐体に突き当てることで、前記結像光学素子の位置決めを行うことを特徴とする。

また、本発明に係る別の光走査装置の製造方法は、光束を偏向して第 1 及び第 2 の被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、該偏向器により偏向された光束を前記第 1 及び第 2 の被走査面に導光する第 1 及び第 2 の結像光学素子と、前記偏向器と前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、同一の金型を用いて前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を成形する第 1 の工程と、該第 1 の工程で成形された第 1 及び第 2 の結像光学素子を前記筐体に固定する第 2 の工程とを有し、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々について、主走査方向における長さは副走査方向における長さよりも長く、副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられた第 1 の突起部と、主走査方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられた第 2 の突起部及び他方の側に設けられた第 3 の突起部とを含み、前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、前記第 1 の突起部の高さは、前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なり、前記金型における前記第 1 の突起部に対応する第 1 の凹部の深さは、前記金型における前記第 2 及び第 3 の突起部に対応する第 2 及び第 3 の凹部の深さとは異なり、前記第 2 の工程では、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を、副走査方向における両方の端部が互いに反転するように配置することを特徴とする。

また、本発明に係る別の光走査装置の製造方法は、光束を偏向して第 1 及び第 2 の被走査面を主走査方向に走査する偏向器と、該偏向器により偏向された光束を前記第 1 及び第 2 の被走査面に導光する第 1 及び第 2 の結像光学素子と、前記偏向器と前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を保持する筐体とを備える光走査装置の製造方法であって、同一の金型を用いて前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を成形する第 1 の工程と、該第 1 の工程で成形された第 1 及び第 2 の結像光学素子を前記筐体に固定する第 2 の工程とを有し、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々について、主走査方向における長さは副走査方向における長さよりも長く、前記第 1 の工程では、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々の副走査方向における両方の端部の少なくとも一方において、主走査方向における中央部に設けられる第 1 の突起部と、主走査方向における前記第 1 の突起部に対して一方の側に設けられる第 2 の突起部及び他方の側に設けられる第 3 の突起部とを成形しており、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子の夫々において、前記第 1 乃至第 3 の突起部の全ては、副走査方向に垂直な断面内において同一直線上に配置されておらず、前記第 1 の工程では、前記第 1 の突起部の高さが前記第 2 及び第 3 の突起部の高さとは異なるように、前記第 1 乃至第 3 の突起部を成形し、前記第 2 の工程では、前記第 1 及び第 2 の結像光学素子を、副走査方向における両方の端部が互いに反転するように配置することを特徴とする。

また、本発明に係る画像形成装置は、上記製造方法で製造された光走査装置を有することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

また、本発明に係る光走査装置および画像形成装置は、上記結像光学素子を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、反り起因の傾き量を十分に低減できる結像光学素子及び光走査装置の製造方法並びにこれを用いて良好な画像を形成できる画像形成装置を提供することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1 A】第 1 の実施形態の主走査方向の要部断面図（主走査断面図）

【図 1 B】第 1 の実施形態の副走査方向の要部断面図（副走査断面図）

【図 1 C】第 1 の実施形態の入射光学系の要部断面図（副走査断面図）

【図 2】第 1 の実施形態の結像レンズ 7 1 の主走査方向及び副走査方向の要部断面図

【図 3 A】第 1 の実施形態の結像レンズ 7 1 のレンズ反りと基準突起の関係を表した主走査及び副走査方向の要部断面図の模式図

【図 3 B】第 1 の実施形態の光路 a 及び光路 b 上の結像レンズ 7 1 を光学箱に取り付けた状態を表した模式図

20

【図 3 C】第 1 の実施形態の光路 c 及び光路 d 上の結像レンズ 7 1 を光学箱に取り付けた状態を表した模式図

【図 4 A】本実施形態の像高に対する副走査方向の照射位置を表したグラフ

【図 4 B】本実施形態の像高に対する波面収差の 4 5 度方向のアス成分を表したグラフ

【図 5 A】比較例の像高に対する副走査方向の照射位置を表したグラフ

【図 5 B】比較例の像高に対する波面収差の 4 5 度方向のアス成分を表したグラフ

【図 6】第 3 の実施形態の結像レンズ 7 1 の主走査方向及び副走査方向の要部断面図

【図 7】第 4 の実施形態の結像レンズ 7 1 の主走査方向及び副走査方向の要部断面図

【図 8 A】従来例のレンズの反りと基準突起の関係を表した主走査及び副走査方向の要部断面図の模式図

30

【図 8 B】従来の結像レンズを光学箱に取り付けた状態を表した模式図

【図 8 C】従来の結像レンズを光学箱に取り付けた状態を表した模式図

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、本発明の好ましい実施形態を、図面を用いて説明する。

【 0 0 1 2 】

《第 1 の実施形態》

（画像形成装置）

以下に示す本実施形態に係る光走査装置を用いて、走査光により 4 つの感光ドラムに露光されて形成された 4 色のトナー像を記録材としての記録紙（以下、紙）上に定着させてカラー画像を形成するカラー画像形成装置が構成される。図 1 B 中の 1 0 a、1 0 b、1 0 c、1 0 d は、この 4 つの感光体はそれぞれブラック、シアン、マゼンダ、イエローの 4 色に対応しており、カラー画像を形成することができる。

40

【 0 0 1 3 】

このカラー画像形成装置は、後述する光走査装置と、光走査装置で走査された光束によって感光ドラムの上に形成された静電潜像をトナー像として現像する現像器と、現像されたトナー像を記録材（記録紙）に転写する転写器を有する。更に、転写されたトナー像を被転写材である記録材（記録紙）に定着させる定着器を有する。また、外部機器から入力したコードデータを画像信号に変換して光走査装置に入力せしめるプリンタコントローラを有する。

50

【 0 0 1 4 】

なお、帯電された4つの感光ドラムに、露光・現像を介して、対応する各色のトナー像が形成され、その後中間転写体（ベルト）に各色のトナー像が重なるように転写されるカラー画像形成プロセスは周知であるため、ここでは説明を割愛する。

【 0 0 1 5 】

（光走査装置）

図1Aは、本発明の第1の実施形態に係る光走査装置の主走査方向の要部断面図（主走査断面図）である。図1Bは、本実施形態に係る光走査装置の副走査方向の要部断面図（副走査断面図）、図1Cは本実施形態に係る入射光学系L1の副走査方向の要部断面図（副走査断面図）である。

10

【 0 0 1 6 】

ここで、以下の説明において、主走査方向（Y方向）とは、偏向手段の回転軸（または揺動軸）及び結像光学系の光軸に垂直な方向（回転多面鏡で光束が反射偏向（偏向走査）される方向）である。また、副走査方向（Z方向）とは、偏向手段の回転軸（または揺動軸）と平行な方向である。また、主走査断面とは主走査方向と結像光学系の光軸を含む平面であり、副走査断面（子線断面）とは主走査方向に垂直な断面である。

【 0 0 1 7 】

1) 全体光路および全体構成

図1A、図1B、図1Cにおいて、各光源1a、1b、1c、1dからそれぞれ被走査面上10a、10b、10c、10dに向かう光路を、光路a、光路b、光路c、光路dとする。これら各光路の構成および光学的作用は全て同じであり、図1A、図1B、図1Cにおいて、同様の働きをしている各光路の各光学素子は同一の符号で表している。

20

【 0 0 1 8 】

後述するように、本実施形態において、画像情報に応じて半導体レーザ1a、1b、1c、1dから光変調され出射した光束は、入射光学系L1a、L1b、L1c、L1dにより回転多面鏡5の偏向面6へ入射する。そして、結像光学系L2a、L2b、L2c、L2dにより、感光ドラム面10a、10b、10c、10d上に導光される。

【 0 0 1 9 】

本実施形態では、図1Cから分かるように、入射光学系L1a、L1dは副走査断面内において基準面Gに対して上向きに、入射光学系L1b、L1cは下向きに角度を有するように後述の偏向手段である回転多面鏡（偏向器）5の偏向面6に光束を入射させている。以下、副走査方向斜め入射といい、基準面Gに対する角度を副走査方向斜め入射角度という。

30

【 0 0 2 0 】

更に、図1Aから分かるように、回転多面鏡を挟んで、上下に並べて配置された入射光学系L1aとL1bの組と、入射光学系L1cとL1dの組とを基準面Fを挟んで対称に配置している。

【 0 0 2 1 】

そして、回転多面鏡5を駆動手段（不図示）により矢印A方向に回転させることによって、該感光ドラム面10a、10b、10c、10d上を図1Aの矢印B方向（主走査方向）に光走査することで画像情報の記録を行っている。また、同期検知手段11（図1A）により、回転多面鏡5の回転速度を検知し、制御手段（不図示）により、回転多面鏡5が等速度で回転するように制御している。

40

【 0 0 2 2 】

2) 入射光学系および偏向手段

ここで、図1A、図1B、図1Cの各光学素子の光学的作用を先ず入射光学系について述べる。図1A、図1B、図1Cにおいて、光源手段1a、1b、1c、1dは、発光部（発光点）を有する半導体レーザより成っている。アパーチャー（開口絞り）2a、2b、2c、2dは、コリメータレンズ3a、3b、3c、3dに入射する光束を所望の最適なビーム形状に形成している。コリメータレンズ3a、3b、3c、3dは、該コリメー

50

タレンズ 3 a、3 b、3 c、3 d に入射した光束を平行光束に変換してシリンドリカルレンズ 4 に入射させる。

【0023】

シリンドリカルレンズ 4 は、副走査方向に屈折力を有するシリンドリカルレンズである。シリンドリカルレンズ 4 から出射する 4 つの光束は、主走査断面内において平行光束で、副走査断面内において偏向面 6 近傍で集光する収束光束として回転多面鏡 5 の偏向面 6 へ入射し、回転多面鏡 5 の偏向面 6 上で主走査方向に長手の線像として結像する。

【0024】

尚、本実施形態では、シリンドリカルレンズ 4 を、光路 a、光路 b、光路 c、光路 d の各光束に対応した 4 つの入射面と、4 つの出射面とを一体成型した、樹脂製の 4 眼シリンドリカルレンズで構成しているが、4 つのシリンドリカルレンズで構成しても良い。

10

【0025】

開口絞り 2 a、2 b、2 c、2 d、コリメータレンズ 3 a、3 b、3 c、3 d、シリンドリカルレンズ 4 の各要素は、入射光学系 L 1 a、L 1 b、L 1 c、L 1 d の一要素を構成している。このような入射光学系 L 1 a、L 1 b、L 1 c、L 1 d は、光源手段 1 a、1 b、1 c、1 d から射出した光束を回転多面鏡 5 の偏向面 6 に導光している。

【0026】

回転多面鏡 5 は入射した光束を偏向走査させる偏向手段であり、偏向面 6 を複数含む回転多面鏡（ポリゴンミラー）で構成している。そして、回転多面鏡 5 は図 1 A 中の矢印 A 方向に一定の速度で回転している。

20

【0027】

本実施形態では、このようにコリメータレンズ 3 a、3 b、3 c、3 d を配置して、コリメータレンズ後の各光束同士を隣接させる。そして、各シリンドリカルレンズ 4、回転多面鏡 5、結像光学レンズ 7 1、7 2 を複数の光路で共有することができ、光走査装置の低コスト化、小型化を達成している。

【0028】

なお、本実施形態では、コリメータレンズ 3 は、ガラス製レンズで構成しているが、材料コスト及び成形コストが安い、樹脂製レンズで構成しても良い。また、本実施形態では、コリメータレンズ 3 は、光軸に対して回転対称なレンズ面形状を有する、回転対称レンズで構成している。

30

【0029】

4) 結像光学素子を備えた結像光学系

L 2 a、L 2 b、L 2 c、L 2 d は集光機能と f 特性とを有する結像光学系であり、主走査断面内に正のパワー（屈折力）を有し、副走査断面内に主走査断面内の正のパワーとは異なる正のパワーを有している。

【0030】

結像光学系 L 2 a、L 2 b、L 2 c、L 2 d は、結像光学素子としての第 1、第 2 の結像レンズ 7 1、7 2 より成っている。結像光学系 L 2 a、L 2 b、L 2 c、L 2 d は、回転多面鏡 5 によって偏向走査された画像情報に基づく光束を主走査断面内において被走査面としての感光ドラム面 10 a、10 b、10 c、10 d 上に各々スポットに結像させている。さらに、結像光学系 L 2 は、副走査断面内において回転多面鏡 5 の偏向面 6 と感光ドラム面 10 との間を光学的に共役関係にすることにより、偏向面 6 の面倒れ補償を行っている。

40

【0031】

図 1 B の 8 1、8 2、8 3、8 4 は、結像レンズ 7 2 からの光束の光路を折り曲げるための平面ミラーであり、結像性能に影響を与えていない。図 1 A においては、説明を分かりやすくするために、平面ミラー 8 1、8 2、8 3、8 4 を不図示とし、折り返される光路を展開した図にしている。

【0032】

また、図 1 B 中のゴースト遮光板 9 は、レンズ面で反射した不要なゴースト光が被走査

50

面に到達するのを防ぐためのゴースト遮光板であり、樹脂製の光学箱に一体的に成形したリブである。

【 0 0 3 3 】

(本実施形態の諸元値)

ここで、本実施形態の光路 a における諸元値を表 1 に、本実施形態の光路 a 上の各光学面の面形状を表 2 に示す。また、本実施形態の光路 b の諸元値を表 3 に、光路 b における各光学面の面形状を表 4 に示す。

【 0 0 3 4 】

【表 1】

本実施形態の光路 a の諸元値

諸元値			
レーザ波長(nm)	λ	790	
レーザ照射角度(deg) 主走査方向	α_m	90	
レーザ照射角度(deg) 副走査方向	α_s	3	
コリメータレンズ3 屈折率	n_3	1.762	
シリンダリカルレンズ4 屈折率	n_4	1.524	
結像レンズ71 屈折率	n_{71}	1.524	
結像レンズ72 屈折率	n_{72}	1.524	
ポリゴンミラー回転中心軸 座標 (mm) (軸上偏向点を(0,0,0)と定義)	X方向	-5.683	
	Y方向	4.315	
f θ 係数(mm/rad)	k	136.279	
ポリゴンミラー外接円形(mm)	ϕ	$\phi 20$	
ポリゴンミラー面数	MEN	4	
最大走査画角(deg)	θ_{max}	44.986	
絞り2の絞り径 (mm) (絞り形状は矩形形状)	Y方向	1.940	
	Z方向	2.160	
有効走査幅(mm)	W	214	
主走査方向解像度(dpi)	Dpi_m	600	
副走査方向解像度(dpi)	Dpi_s	600	
結像レンズ71 副走査方向の屈折力	ϕ_1	-0.020	
結像レンズ72 副走査方向の屈折力	ϕ_2	0.041	
結像光学系 副走査方向の屈折力	ϕ	0.032	
結像レンズ71と結像光学系との 副走査方向パワー比	$ \phi_1 / \phi $	0.638	
光学配置			
	各面の原点		
	X座標	Y座標	Z座標
	光軸の方向 (方向余弦で表記)		
	X成分	Y成分	Z成分
	面間隔		
	d		
光源1	0.000	-113.844	-5.966
絞り2	0.000	-97.866	-5.129
コリメータレンズ3	入射面	0.000	-95.548
	出射面	0.000	-92.552
シリンダ4	入射面	0.000	-79.890
	出射面	0.000	-76.894
ポリゴンミラー5	偏向面6(軸上偏向点)	0.000	0.000
結像レンズ71	入射面T1	17.200	-0.170
結像レンズ72	出射面T2	23.200	-0.170
	入射面T3a	39.200	-0.170
像面13a	出射面T4a	44.200	-0.170
	偏向面6から像面13までの光路長	161.512	

面頂点位置は、(軸上偏向点を(X,Y,Z) = (0,0,0)と定義したときの座標で表記。単位はmm

【 0 0 3 5 】

10

20

30

【表 2】

本実施形態の光路 a 上の各光学面の面形状

		主走査方向							
		コリメータレンズ3		シリンダリカルレンズ4		結像レンズ71		結像レンズ72	
		入射面	出射面	入射面	出射面	入射面T1	出射面T2	入射面T3a	出射面T4a
UPPER	R	∞	$-1.5216\text{E}+01$	∞	∞	$-4.9329\text{E}-01$	$-2.6994\text{E}-01$	$-3.0000\text{E}-02$	$5.9922\text{E}-02$
	ky	-	-	-	-	$3.5377\text{E}-01$	$-1.2282\text{E}-00$	$-5.2947\text{E}-02$	$-4.4137\text{E}-02$
	B2_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
	B4_u	-	-	-	-	$-8.9390\text{E}-07$	$2.3283\text{E}-06$	$1.1732\text{E}-07$	$-3.3393\text{E}-06$
	B6_u	-	-	-	-	$4.0491\text{E}-09$	$-5.8566\text{E}-09$	$-9.9828\text{E}-10$	$1.5399\text{E}-09$
	B8_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$-1.5734\text{E}-12$	$3.5534\text{E}-13$	$-8.7754\text{E}-13$
	B10_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$1.2916\text{E}-14$	$0.0000\text{E}-00$	$2.1182\text{E}-16$
	B12_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
LOWER	B2_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
	B4_l	-	-	-	-	$-8.9390\text{E}-07$	$3.2312\text{E}-06$	$1.1732\text{E}-07$	$-3.3393\text{E}-06$
	B6_l	-	-	-	-	$4.0491\text{E}-09$	$-5.8566\text{E}-09$	$-9.9828\text{E}-10$	$1.5399\text{E}-09$
	B8_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$-1.5734\text{E}-12$	$3.5534\text{E}-13$	$-8.7754\text{E}-13$
	B10_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$1.2916\text{E}-14$	$0.0000\text{E}-00$	$2.1182\text{E}-16$
	B12_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
		副走査方向							
		コリメータレンズ3		シリンダリカルレンズ4		結像レンズ71		結像レンズ72	
		入射面	出射面	入射面	出射面	入射面T1	出射面T2	入射面T3a	出射面T4a
UPPER	r	∞	$-1.5216\text{E}+01$	$5.8621\text{E}+01$	∞	$2.0000\text{E}-01$	$1.0120\text{E}-01$	$9.3000\text{E}-01$	$-1.4687\text{E}-01$
	E2_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$2.8670\text{E}-04$	$-1.6574\text{E}-03$	$9.3707\text{E}-04$
	E4_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$2.8327\text{E}-06$	$1.8886\text{E}-05$	$-2.4447\text{E}-06$
	E6_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$-7.8526\text{E}-09$	$-4.5142\text{E}-08$	$3.1671\text{E}-09$
	E8_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$7.9637\text{E}-11$	$-1.9242\text{E}-12$
	E10_u	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$-1.5102\text{E}-14$	$4.3161\text{E}-16$
	E2_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$-3.3794\text{E}-04$	$-1.7068\text{E}-03$	$8.7854\text{E}-04$
	E4_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$3.8191\text{E}-06$	$1.9417\text{E}-05$	$-2.4710\text{E}-06$
LOWER	E6_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$-7.4027\text{E}-09$	$-4.6857\text{E}-08$	$3.3695\text{E}-09$
	E8_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$8.1763\text{E}-11$	$-2.1580\text{E}-12$
	E10_l	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$	$-1.5992\text{E}-14$	$5.1764\text{E}-16$
	m0_l	-	-	-	-	-	-	$1.9699\text{E}-02$	$-1.0220\text{E}-01$
	m2_l_u	-	-	-	-	-	-	$2.7262\text{E}-05$	$1.0138\text{E}-04$
	m4_l_u	-	-	-	-	-	-	$-2.2325\text{E}-07$	$-2.1439\text{E}-07$
	m6_l_u	-	-	-	-	-	-	$3.5166\text{E}-10$	$2.2892\text{E}-10$
	m8_l_u	-	-	-	-	-	-	$-2.4915\text{E}-13$	$-1.2942\text{E}-13$
UPPER	m10_l_u	-	-	-	-	-	-	$6.3008\text{E}-17$	$2.5623\text{E}-17$
	m12_l_u	-	-	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
	m14_l_u	-	-	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
	m16_l_u	-	-	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
	m2_l_l	-	-	-	-	-	-	$7.5271\text{E}-05$	$1.2361\text{E}-04$
	m4_l_l	-	-	-	-	-	-	$-2.3435\text{E}-07$	$-1.8730\text{E}-07$
	m6_l_l	-	-	-	-	-	-	$2.6626\text{E}-10$	$1.4003\text{E}-10$
	m8_l_l	-	-	-	-	-	-	$-1.5337\text{E}-13$	$-5.7461\text{E}-14$
LOWER	m10_l_l	-	-	-	-	-	-	$3.3194\text{E}-17$	$7.0508\text{E}-18$
	m12_l_l	-	-	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
	m14_l_l	-	-	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
	m16_l_l	-	-	-	-	-	-	$0.0000\text{E}-00$	$0.0000\text{E}-00$
各加形状		C3	-	-	$-2.0000\text{E}-03$	-	-	-	-

【 0 0 3 6 】

10

20

30

【表 3】

本実施形態の光路bの諸元値

諸元値			光学配置						
レーザ波長(nm)	λ	790							
レーザ照射角度(deg) 主走査方向	α_m	90							
レーザ照射角度(deg) 副走査方向	α_s	-3							
コリメータレンズ3 屈折率	n_3	1.762							
シリンダ4 屈折率	n_4	1.524							
結像レンズ71 屈折率	n_{71}	1.524							
結像レンズ72 屈折率	n_{72}	1.524							
ポリゴンミラー回転中心軸 座標 (mm)	X方向	-5.683							
(軸上偏向点を(0,0,0)と定義)	Y方向	4.315							
f θ 係数(mm/rad)	k	136.279							
ポリゴンミラー外接円形(mm)	ϕ	$\phi 20$							
ポリゴンミラー面数	MEN	4							
最大走査画角(deg)	θ_{max}	44.986							
絞りの絞径 (mm)	Y方向	1.940							
(絞り形状は矩形形状)	Z方向	2.160							
有効走査幅(mm)	W	214							
主走査方向解像度(dpi)	Dpi_m	600							
副走査方向解像度(dpi)	Dpi_s	600							
結像レンズ71 副走査方向パワー	ϕ_1	-0.020							
結像レンズ72 副走査方向パワー	ϕ_2	0.041							
結像光学系 副走査方向パワー	ϕ	0.032							
結像レンズ71と結像光学系との副走査方向パワー比	$ \phi_1/\phi $	0.638							
光学配置									
			各面の原点			光軸の方向 (方向余弦で表記)			面間隔
			X座標	Y座標	Z座標	X成分	Y成分	Z成分	d
光源1			0.000	-113.844	5.966	0.000	-0.999	0.052	16.000
絞り2			0.000	-97.866	5.129	0.000	-0.999	0.052	2.321
コリメータレンズ3	入射面	0.000	-95.548	5.007	0.000	-0.999	0.052	3.000	
	出射面	0.000	-92.552	4.850	0.000	-0.999	0.052	12.679	
シリンダレンズ4	入射面	0.000	-79.890	4.187	0.000	-0.999	0.052	3.000	
	出射面	0.000	-76.894	4.030	0.000	-0.999	0.052	77.000	
ポリゴンミラー5	偏向面6(軸上偏向点)	0.000	0.000	0.000	0.707	-0.707	0.000	17.200	
結像レンズ71	入射面T1	17.200	-0.170	0.000	1.000	0.000	0.000	6.000	
	出射面T2	23.200	-0.170	0.000	1.000	0.000	0.000	16.000	
結像レンズ72	入射面T3b	39.200	-0.170	-2.307	1.000	0.000	0.000	5.000	
	出射面T4b	44.200	-0.170	-2.307	1.000	0.000	0.000	117.312	
像面13b		161.512	-0.170	0.000	1.000	0.000	0.000		
面間隔: 偏向面～像面までの光路長									161.512

面頂点位置は、(軸上偏向点を(X,Y,Z)=(0,0,0)と定義したときの座標で表記。単位はmm

【 0 0 3 7 】

10

20

【表 4】

本実施形態の光路 b 上の各光学面の面形状

		主走査方向							
		コリメータレンズ3		シリンドリカルレンズ4		結像レンズ71		結像レンズ72	
		入射面	出射面	入射面	出射面	入射面G1T1	出射面G1T2	入射面G2T3b	出射面G2T4b
UPPER	R	∞	-1.5216E+01	∞	∞	-4.9329E+01	-2.6984E+01	-3.0000E+02	5.9922E+02
	ky	-	-	-	-	3.5377E-01	-1.2282E+00	-5.2947E+02	-4.4137E+02
	B2_u	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	B4_u	-	-	-	-	-8.9390E-07	2.3283E-06	1.1732E-07	-3.3393E-06
	B6_u	-	-	-	-	4.0491E-09	-5.8566E-09	-9.9828E-10	1.5399E-09
	B8_u	-	-	-	-	0.0000E+00	-1.5734E-12	3.5534E-13	-8.7754E-13
	B10_u	-	-	-	-	0.0000E+00	1.2918E-14	0.0000E+00	2.1182E-16
LOWER	B12_u	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	B2_l	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
	B4_l	-	-	-	-	-8.9390E-07	3.2312E-06	1.1732E-07	-3.3393E-06
	B6_l	-	-	-	-	4.0491E-09	-5.8566E-09	-9.9828E-10	1.5399E-09
	B8_l	-	-	-	-	0.0000E+00	-1.5734E-12	3.5534E-13	-8.7754E-13
	B10_l	-	-	-	-	0.0000E+00	1.2918E-14	0.0000E+00	2.1182E-16
	B12_l	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
		副走査方向							
		コリメータレンズ3		シリンドリカルレンズ4		結像レンズ71		結像レンズ72	
		入射面	出射面	入射面	出射面	入射面G1T1	出射面G1T2	入射面G2T3b	出射面G2T4b
UPPER	r	∞	-1.5216E+01	5.8621E+01	∞	2.0000E+01	1.0120E+01	9.3000E+01	-1.4687E+01
	E2_u	-	-	-	-	0.0000E+00	2.8670E-04	-1.6574E-03	9.3707E-04
	E4_u	-	-	-	-	0.0000E+00	2.8327E-06	1.8886E-05	-2.4447E-06
	E6_u	-	-	-	-	0.0000E+00	-7.8526E-09	-4.5142E-08	3.1671E-09
	E8_u	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	7.9637E-11	-1.9242E-12
	E10_u	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	-1.5102E-14	4.3181E-16
	E12_u	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	-1.5102E-14	4.3181E-16
LOWER	E2_l	-	-	-	-	0.0000E+00	-3.3794E-04	-1.7068E-03	8.7854E-04
	E4_l	-	-	-	-	0.0000E+00	3.8191E-06	1.9417E-05	-2.4710E-06
	E6_l	-	-	-	-	0.0000E+00	-7.4027E-09	-4.6857E-08	3.3695E-09
	E8_l	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	8.1763E-11	-2.1580E-12
	E10_l	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	-1.5992E-14	5.1764E-16
	E12_l	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00	-1.5992E-14	5.1764E-16
	m0_l	-	-	-	-	-	-	-1.9699E-02	1.0220E-01
UPPER	m2_1_u	-	-	-	-	-	-	-2.7262E-05	-1.0138E-04
	m4_1_u	-	-	-	-	-	-	2.2325E-07	2.1439E-07
	m6_1_u	-	-	-	-	-	-	-3.5166E-10	-2.2892E-10
	m8_1_u	-	-	-	-	-	-	2.4815E-13	1.2942E-13
	m10_1_u	-	-	-	-	-	-	-9.3008E-17	-2.5623E-17
	m12_1_u	-	-	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00
	m14_1_u	-	-	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00
LOWER	m16_1_u	-	-	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00
	m2_1_l	-	-	-	-	-	-	-7.5271E-05	-1.2361E-04
	m4_1_l	-	-	-	-	-	-	2.3435E-07	1.8730E-07
	m6_1_l	-	-	-	-	-	-	-2.6828E-10	-1.4003E-10
	m8_1_l	-	-	-	-	-	-	1.5337E-13	5.7461E-14
	m10_1_l	-	-	-	-	-	-	-3.3194E-17	-7.0508E-18
	m12_1_l	-	-	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00
付加形状	m14_1_l	-	-	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00
	m16_1_l	-	-	-	-	-	-	0.0000E+00	0.0000E+00
	C3	-	-	-	-	-2.0000E-03	-	-	-

【0038】

表1、表2に示す通り、光偏向器5の偏向面6に対して垂直で且つ基準点C0を通過する面を基準面Gとしたとき、基準面Gに対し、偏向面6への入射光束は、それぞれ-3°、+3°の傾きを持って偏向走査させている。即ち、光偏向器に入射する入射光学系L1a、L1bは基準面Gに対してそれぞれ+3°、-3°副走査方向に傾いて配置させている。この斜入射角が大きすぎると、波面収差の捩れによりスポットの崩れを補正する事が困難となり、小さすぎると光束の分離がし難くなる。望ましくは2°～5°の範囲で設定するのが良い。

【0039】

本実施形態では、光束の発振波長 $\lambda = 790 \text{ nm}$ の赤外光源を光源手段1として用いている。また、像高Yと偏向反射角 θ の比例係数 $(Y = \frac{1}{\theta})$ は $\frac{1}{\theta} = 136.279 \text{ (rad/mm)}$ である。また、表1、表2で、各光学面の非球面形状は以下の表現式で定義する。

【0040】

本実施形態のコリメータレンズ3の入射面は平面上に回転対称の回折格子が形成された回折面、出射面は回転対称な凸形状の屈折面としている。また、本実施形態のシリンドリカルレンズ4の入射面は副走査方向に凸面形状のシリンドリカル面で、出射面は平面上に副走査方向にのみ回折格子が形成された回折面としている。シリンドリカルレンズ4は、プラスチック材料を用いた射出成形で形成されており、環境変動による屈折パワーの変化を半導体レーザーの波長変化による回折パワーの変化で補償する温度補償光学系としている。

【0041】

ここで、回折面は以下に表した位相関数により定義される。

10

20

30

40

50

$$= 2 \quad m / \quad \times C_3 Z^2$$

なお、 ϕ は位相関数、 m は回折次数であり、本実施形態は、1 次回折光 ($m = 1$) を用いている。 λ は設計波長であり、本実施形態では $\lambda = 790 \text{ nm}$ である。

【0042】

また、本実施形態の、結像レンズ 71 の 72 の入射面、出射面の母線形状は、1 2 次までの関数として表せる非球面形状により構成している。

【0043】

また、シリンドリカルレンズ 4 の入射面、結像レンズ 71、72 のそれぞれの光学面は、表 1、表 3 に示した各原点および光軸 x 、主走査方向の基準軸 y 、副走査方向の基準軸 z と、表 2、表 4 に表現された以下に述べる非球面式から定義される。例えば、光路 A における結像レンズ 71 のレンズ入射面においては、(X 、 Y 、 Z) = (17.200 、 -0.170 、 0.000) を非球面式の原点としている。また光路 A における結像レンズ 72 のレンズ入射面においては、(X 、 Y 、 Z) = (39.200 、 -0.170 、 2.307) を非球面式の原点としている。

【0044】

そして、各レンズ面の面形状は、表 1、表 3 に示した各光学面の原点を通る光軸 X と、主走査断面内において光軸と直交する軸を Y 軸としたとき、主走査方向と対応する母線方向が、以下の式で表されるものである。

【0045】

【数 1】

$$X = \frac{Y^2/R}{1 + \left(1 - (1 + K)(Y/R)^2\right)^{1/2}} + B_2 Y^2 + B_4 Y^4 + B_6 Y^6 + B_8 Y^8 + B_{10} Y^{10} + B_{12} Y^{12}$$

【0046】

(但し、 R は母線曲率半径、 K 、 B_2 、 B_4 、 B_6 、 B_8 、 B_{10} 、 B_{12} は非球面係数)

また、副走査方向と対応する子線方向は、表 2、表 4 に示した副走査方向の基準軸 Z と定義すると、以下の表現式で定義される、

【0047】

【数 2】

$$S = \frac{Z^2/r'}{1 + (1 - (Z/r')^2)^{1/2}} + \sum \sum M_{j-k} Y^j Z^k$$

【0048】

S は母線方向の各々の位置における母線の法線を含み主走査断面と垂直な面内に定義される子線形状である。

【0049】

ここで、主走査方向に光軸から Y 離れた位置における副走査方向の曲率半径 (子線曲率半径) r' は、以下の式で表されるものである。

【0050】

【数 3】

$$r' = 1/r_0 + E_2 Y^2 + E_4 Y^4 + E_6 Y^6 + E_8 Y^8 + E_{10} Y^{10} + E_{12} Y^{12} + E_{14} Y^{14} + E_{16} Y^{16}$$

【0051】

(但し、 r_0 は光軸上の子線曲率半径、 E_2 、 E_4 、 E_6 、 E_8 、 E_{10} 、 E_{12} 、 E_{14} 、 E_{16} は係数)

また、 M_{j-k} は子線方向の非球面を表す係数である。例えば、 M_{j-1} は Z の 1 次項であり、副走査方向の面の傾き (子線チルト) を表している。本実施形態では、主走査方向に 0、2、4、6、8、10、12、14、16 次の係数を使って子線チルト量を変化させている。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 2 】

また、表 2 及び表 4 に示した各係数には、添え字 u 及び l が付いている。それぞれ U p e r 側、 L o w e r 側の意味であり、結像光学系の各レンズ面頂点に対し、光源手段 1 がある側を L o w e r 側、光源手段 1 がある側と反対側を U p p e r 側と定義する。添え字 U 及び l が付いていない係数については、 U p p e r 側、 L o w e r 側に共通の係数である。

【 0 0 5 3 】

本実施形態では、図 1 B 及び表 1、表 3 に示した通り、光路 a と光路 b とで結像レンズ 7 1、7 2 を共用している。また、表 1、表 2、表 3、表 4 にあるように、結像レンズ 7 2 の入射面に関しては、以下のようにしている。即ち、入射面 T 3 a の面頂点を (3 9 . 2 0 0、 - 0 . 1 7 0、 2 . 3 0 7)、入射面 T 3 b の面頂点を (3 9 . 2 0 0、 - 0 . 1 7 0、 - 2 . 3 0 7) とした 2 つのトーリック面を重ねたことを特徴とする多段トーリック面より成っている。結像レンズ 7 2 の出射面 T 4 a、T 4 d に関しても、同様に多段トーリック面より構成している。

【 0 0 5 4 】

なお、本実施形態では面形状を上記定義式により函数を定義したが、本発明の権利の範囲はこれを制限するものではない。

【 0 0 5 5 】

本実施形態では、光路 a と光路 b とで結像レンズ 7 1、7 2 を共用することで部品点数を削減し、光走査装置の低コスト化している。また、結像レンズ 7 2 を光路 a と光路 b に各々対応した上下 2 つのレンズ面を有する多段トーリックレンズで構成することで、一体成形可能とし、低コスト化している。ただし、本発明はこの構成に限らず、結像光学系を光路 a と光路 b とに対応するそれぞれ別個の結像レンズで構成しても、本発明の効果は得られる。

【 0 0 5 6 】

(結像レンズ 7 1 のレンズ側面)

本実施形態においては、レンズコストを下げるために、同一形状の結像レンズ 7 1 を対向配置された 2 つの走査光学系で用いている。図 1 A と図 1 B から分かるように、結像レンズ 7 1 は、 Y 軸周りに 1 8 0 度回転させて、光路 a 及び光路 b 、あるいは光路 c 及び光路 d に配置している。すなわち、同一形状の結像レンズ 7 1 を互いに副走査方向に反転させて用いている。

【 0 0 5 7 】

このため、本実施形態では、結像レンズ 7 1 の副走査方向の一方の端部であるレンズ側面および他方の端部であるレンズ側面に結像レンズ 7 1 を内蔵する光学箱 (筐体) に当接して固定するための Z 方向基準座面を設けている。ここで言う Z 方向基準座面とは、副走査方向に光学箱に当接されることでレンズの副走査位置および、レンズ姿勢 (お辞儀及び光軸周り回転) を決めている座面のことである。

【 0 0 5 8 】

図 2 は本実施形態の光路 a 及び光路 b 上に配置された結像レンズ 7 1 の外形形状を表した主走査及び副走査方向の要部断面図である。

【 0 0 5 9 】

ここで、結像レンズ 7 1 の外形形状を説明するために、図 2 中の結像レンズ 7 1 の各部を以下のように定義する。図 2 中の副走査断面内において Z 方向マイナス側のレンズ側面 (下側側面) を L とし、 Z 方向プラス側のレンズ側面 (上側側面) を U と定義する。

【 0 0 6 0 】

また、第 1 の方向である主走査方向におけるレンズ中央付近に設けられた突起部としての基準突起を第 1 の基準突起 Z 1、第 1 の基準突起 Z 1 より主走査方向 (第 1 の方向) で一方の側であるゲート側の基準突起を第 2 の基準突起 Z 2 とする。また、第 1 の基準突起 Z 1 より主走査方向 (第 1 の方向) で他方の側である、第 2 の基準突起 Z 2 と反対側の基準突起を第 3 の基準突起 Z 3 と定義する。

【0061】

ここで、主走査方向におけるレンズ中央付近（中央部）とは、主走査方向における結像光学素子としての有効領域の丁度中間の位置を含み、上記有効領域の主走査方向の長さの $1/3$ の領域内を指す。

【0062】

図2から分かるように、結像レンズ71は副走査方向において2つのレンズ側面（下側側面、上側側面）を有する。そして、2つのレンズ側面に、それぞれ筐体と当接して副走査方向のレンズ位置を決定する各3個の組付け固定用の基準突起ZL1とZL2とZL3、あるいはZU1とZU2とZU3が設けられている。

【0063】

また、本実施形態では、主走査方向において基準突起ZL2および基準突起ZL3は基準突起ZL1に対して離間した位置に設けられている。かつ、光軸方向において、基準突起ZL1は、基準突起ZL2および基準突起ZL3よりも出射面側の方向にずれた位置に設けられている。また同様に、主走査方向において基準突起ZU2および基準突起ZU3は基準突起ZU1に対して離間した位置に設けられている。かつ、光軸方向において、基準突起ZU1は、基準突起ZU2および基準突起ZU3よりも出射面側の方向にずれた位置に設けられている。

【0064】

本実施形態では、結像レンズ71の上側側面、下側側面のそれぞれにおいて、これら基準突起が結像レンズと一体に形成され、これら基準突起の頂部の高さ位置（副走査方向）は平面上にあるように構成している。そして、結像レンズ71の上側側面、下側側面のそれぞれに対向するこれら平面は、結像レンズ71の副走査方向の位置及び姿勢を決定する基準面としてのZ方向基準座面となる。

【0065】

具体的に本実施形態では、光路a及び光路bに配置した結像レンズ71は、図2中の基準突起ZL1、ZL2、ZL3を光学箱のレンズ取り付け座面（重力方向で下側）に当接させて、結像レンズ71を光学箱に固定している。一方、光路c及び光路dに配置した結像レンズ71は、図2中の基準突起ZU1、ZU2、ZU3を光学箱のレンズ取り付け座面（重力方向で下側）に当接させて結像レンズ71を光学箱に固定している。

【0066】

そして、本実施形態では、結像レンズ71、72を樹脂製の射出成型レンズで構成し、ガラス製レンズに比べてレンズのコストを低減している。さらに、本実施形態の結像レンズ71は、レンズ製造コストを低減するために、1度に複数のレンズが成形できるような多数個取り構造のレンズ金型を採用している。

【0067】

しかし、前述のようなレンズ金型では型温度調整用水管の配置にスペース上の制限があり、レンズ成形時の型温度分布を十分に無くすることが困難であるため、型温度分布起因で副走査方向にレンズの反りが発生してしまう。レンズが反りを有している場合、レンズの3つのZ方向基準座面で光学箱に固定すると、レンズがY軸周りに回転（以下、レンズがお辞儀すると表現する）してしまい、被走査面上での結像性能が劣化してしまうという課題がある。

【0068】

なお、本実施形態では、結像光学系の中で副走査方向の屈折力が最も大きい結像レンズ72は、結像レンズ71と同様に樹脂製の射出成型レンズであるが、成形金型に温度調整水管によって金型温度を均一化される。これにより、レンズ反り量が十分小さくなるように成形されている。

【0069】

ここで、レンズが反りを有している場合、光学箱に取り付けしたレンズがお辞儀してしまう理由を、図8A、図8B、図8Cを用いて説明する。図8Aは、従来例のレンズの反りと基準突起の関係を表した主走査及び副走査方向の要部断面図の模式図であり、本実施

10

20

30

40

50

形態の特徴を説明するための説明図である。また、図 8 B は、従来の結像レンズを光学箱に取り付けた状態を表した模式図であり、本実施形態の特徴を説明するための説明図である。また、図 8 C は、従来の結像レンズを光学箱に取り付けた状態を表した模式図である。

【 0 0 7 0 】

図 8 A、図 8 B、図 8 C は、本実施形態の特徴を説明するための比較例であって、説明を分かり易くするために、レンズの反り量及び基準突起の高さを実際よりも拡大して表している。図 8 A、図 8 B、図 8 C の従来例において、結像レンズの基準突起 Z L 1、Z L 2、Z L 3、Z U 1、Z U 2、Z U 3 の基準突起周辺のレンズ側面からの高さは全て同一である。

10

【 0 0 7 1 】

ここで、図 8 A のようにレンズが反ると、その分各基準突起の Z 方向基準面が相対的に Z 方向にずれてしまう。このとき、基準突起 Z L 1、Z L 2、Z L 3 で従来の結像レンズを光学箱に取り付けると、図 8 B で示すようにレンズがお辞儀してしまう。また、基準突起 Z U 1、Z U 2、Z U 3 で従来の結像レンズを光学箱に取り付けた場合も図 8 C で示すようにレンズがお辞儀してしまう。

【 0 0 7 2 】

そこで、本実施形態では、結像レンズ 7 1 のレンズ中心に設けた基準突起 Z L 1 及び Z U 1 の高さを基準突起 Z L 2 と Z L 3、あるいは基準突起 Z U 2 と Z U 3 と異ならせることで、レンズの反りによる結像レンズ 7 1 のお辞儀を防いでいる。

20

【 0 0 7 3 】

ここで、本実施形態の結像レンズ 7 1 のレンズ反りと基準突起の高さの関係について、模式図を用いて説明する。図 3 A は本実施形態のレンズの反りと基準突起の関係を表した主走査及び副走査方向の要部断面図の模式図である。図 3 B は、本実施形態の光路 a 及び光路 b 上の結像レンズ 7 1 を光学箱に取り付けた状態を表した模式図であり、副走査方向の要部断面図である。また、図 3 C は、本実施形態の光路 c 及び光路 d 上の結像レンズ 7 1 を光学箱に取り付けた状態を表した模式図であり、副走査方向の要部断面図である。

【 0 0 7 4 】

図 3 A、図 3 B、図 3 C は本実施形態の特徴を説明するための模式図であり、説明を分かり易くするために、レンズの反り量及び基準突起の高さを実際よりも拡大して表している。

30

【 0 0 7 5 】

本実施形態においては、図 3 A から分かるように、レンズの反りによって、基準突起 Z L 1 近傍のレンズ側面は基準突起 Z L 2 及び Z L 3 近傍のレンズ側面よりも Z 座標でプラス方向にずれている。また反対側のレンズ側面においては、レンズの反りによって、基準突起 Z U 1 近傍のレンズ側面は基準突起 Z U 2 及び Z U 3 近傍のレンズ側面よりも Z 座標でプラス方向にずれている。

【 0 0 7 6 】

本実施形態では、前述のずれ分だけ基準突起 Z L 1 の高さを基準突起 Z L 2、Z L 3 よりも高くすることで、副走査方向において 3 つの Z 方向基準座面たる基準突起 Z L 1、Z L 2、Z L 3 の頂部の位置を揃えている。

40

【 0 0 7 7 】

また、本実施形態では、前述のずれ分だけ基準突起 Z U 1 の高さを基準突起 Z U 2、Z U 3 よりも低くすることで、副走査方向において 3 つの Z 方向基準座面たる基準突起 Z U 1、Z U 2、Z U 3 の頂部の位置を揃えている。

【 0 0 7 8 】

図 3 C は、図 3 A に示した本実施形態のレンズを Z L 1、Z L 2、Z L 3 で光学箱に取り付けた状態を表した説明図であり、副走査方向の要部断面図である。本実施形態では、図 3 C から分かるように、副走査断面内においてレンズ光軸から基準突起 Z L 1 の頂部までの間隔が、レンズ光軸から Z L 2 及び Z L 3 の頂部までの間隔と揃えることができる。

50

このため、結像レンズ71をお辞儀させることなく光学箱に取り付けることができる。

【0079】

次に、本実施形態の結像レンズ71の各基準突起の高さについて具体的な数値を述べる。ここで、基準突起周辺のレンズ側面と基準突起の頂部との間隔を基準突起の高さと定義し、各基準突起ZL1、ZL2、ZL3、ZU1、ZU2、ZU3において、各基準突起の高さを各々HZL1、HZL2、HZL3、HZU1、HZU2、HZU3と定義する。結像レンズ71のレンズ反り量をBz(μm)とし、Bzは、副走査方向においてレンズ中央部がZU側に凸となる方向を正符号と定義する。

【0080】

また結像レンズ71のゲート側(基準突起ZU2、ZL2側)の副走査方向幅をH2(mm)と定義し、結像レンズ71の反ゲート側(基準突起ZU3、ZL3側)の副走査方向幅をH3(mm)と定義する。また、図2に示すように、光軸方向における筐体側の第2、第3の基準突起中心点と箱側の第1の基準突起中心点との間隔をDz(mm)と定義する。このように定義した本実施形態の各基準突起に関する各諸元値を表5に示す。

【0081】

【表5】

本実施形態の基準突起に関する諸元値

基準突起に関する諸元値		
結像レンズ71の基準突起ZL1の高さ(μm)	HZL1	94
結像レンズ71の基準突起ZL2の高さ(μm)	HZL2	20
結像レンズ71の基準突起ZL3の高さ(μm)	HZL3	80
結像レンズ71の基準突起ZU1の高さ(μm)	HZU1	6
結像レンズ71の基準突起ZU2の高さ(μm)	HZU2	20
結像レンズ71の基準突起ZU3の高さ(μm)	HZU3	80
結像レンズ71のレンズ反り量(μm) (正負符号は、副走査方向においてレンズ中央部が ZU側に凸となる方向を正とする)	Bz	44
結像レンズ71のゲート側(基準突起ZU2、ZL2側)の 副走査方向幅(mm)	H2	11.560
結像レンズ71の反ゲート側(基準突起ZU3、ZL3側)の 副走査方向幅(mm)	H3	11.440
光軸方向における筐体側の第2、第3の基準突起中心点と 箱側の第1の基準突起中心点との間隔(mm)	Dz	10.9

【0082】

表5で表すように、本実施形態の結像レンズ71の反り量は44μmであり、このレンズ反りによって生じる各基準突起近傍のレンズ側面高さの相対的なずれ44μmを打ち消すように各基準突起の高さを設定している。具体的には、基準突起の高さHZL1=94μm、HZL2=20μm、HZL3=80μmと設定し、レンズ中心位置の基準突起ZL1の高さHZL1をHZL2とHZL3の平均値50μmよりも44μm高くしている。

【0083】

同様に反対側の側面においては、基準突起の高さHZU1=6μm、HZU2=20μm、HZU3=80μmと設定し、レンズ中心位置の基準突起ZU1の高さHZU1をHZU2とHZU3の平均値50μmよりも44μm低くしている。

【0084】

以上、本実施形態では、結像レンズの第1、第2のレンズ側面において、第1の基準突起は主走査方向におけるレンズ中心付近に設けられ、第2および第3の基準突起は主走査方向において第1の基準突起を介して互いに逆側に設けられる。かつ、これら第1乃至第3の基準突起は、主走査断面内で同一直線上に存在しないように設けられる。

【0085】

更に、本実施形態では、第1のレンズ側面（結像レンズ71の下側側面）で、第1の基準突起（ZL1）の高さは第2および第3の基準突起（ZL2、ZL3）の高さよりも高い。かつ、第2のレンズ側面（結像レンズ71の上側側面）で、第1の基準突起（ZU1）の高さは第2及び第3の基準突起（ZU2、ZU3）の高さよりも低い。かつ、第1、第2のレンズ側面に設けられた第1、第2、第3の基準突起の頂部の高さ位置は、それぞれ基準面としての平面にある（同一平面上に存在する）ように構成されている。

【0086】

ここで、第1、第2のレンズ側面に設けられた第1、第2、第3の基準突起は、副走査方向に垂直な断面に投射したとき互いに重なるように設けられている。

【0087】

また、本実施形態では結像光学系の副走査倍率を小さく抑えるために、副走査方向において結像レンズ71に負、結像レンズ72に正の屈折力をそれぞれ与えている。このため、結像レンズ71は副走査方向の屈折力を有するのでレンズがお辞儀すると走査線湾曲が発生したり、波面収差の45度方向のアス成分が発生して結像スポットが肥大化してしまう。

【0088】

そこで、本実施形態では、副走査パワーを有する結像レンズ71の基準突起高さを前述のように構成することで、レンズの反りに起因するレンズお辞儀を抑え、結像性能の劣化を抑えることができる。

【0089】

（結像性能の改善効果）

ここで、本実施形態における結像性能の改善効果を示す。図4Aは、本実施形態の像高に対する副走査方向の照射位置を表したグラフである。図4Bは、本実施形態の像高に対する波面収差の45度方向のアス成分を表したグラフである。また、図5A、図5Bは、本実施形態の基準突起高さを全て50μmで構成した場合の結像性能を表した比較例である。それぞれ、図5Aは比較例の像高に対する副走査方向の照射位置を表したグラフ、図5Bは比較例の像高に対する波面収差の45度方向のアス成分を表したグラフである。

【0090】

図5A、図5Bで表すとおり、結像レンズ71がレンズ反りを有していると、ZL側で取り付けたとき（光路a及び光路bに配置した結像レンズ71）に走査線湾曲が73μm発生し、波面収差の45度方向のアス成分も最大で0.1発生してしまう。また、ZU側で取り付けたとき（光路c及び光路dに配置した結像レンズ71）には走査線湾曲が-61μm発生し、波面収差の45度方向アス成分も最大で0.1発生してしまう。

【0091】

そこで、本実施形態では、基準突起高さを表5のように設定する。これにより、図4A、図4Bで表すとおり、ZL側あるいはZU側で取り付けたいずれの場合においても、走査線湾曲は10μm以下、波面収差の45度方向のアス成分は0.02以下と十分に問題の無いレベルに抑えられている。

【0092】

これまで述べてきたように、結像レンズ71のレンズ反りに合わせて基準突起の高さをレンズ中央と端部で異ならせることで、レンズの反り起因のお辞儀を抑えられるが、射出成形レンズの場合は、レンズ成形金型をレンズ反りに合わせて修正する必要がある。しかし、型を削る方向にしか修正できない場合は、Zu側とZl側とで固定したときのレンズの副走査方向高さがずれてしまい、結像性能が劣化してしまう。そこで、本実施形態では、結像レンズ71の副走査方向の屈折力を十分小さく設定しているため、このレンズ高さずれによる結像性能の劣化は画像に問題のないレベルに抑えることができる。

【0093】

ここで、結像レンズ71の副走査方向の屈折力を κ_1 、結像レンズ72の副走査方向の屈折力を κ_2 、結像光学系の副走査方向の屈折力を κ と定義する。すると、本実施形態の各値は、表1、表2に示すように $\kappa_1 = -0.020$ 、 $\kappa_2 = 0.041$ 、 $\kappa = 0.00$

10

20

30

40

50

32となる。すなわち、本実施形態では、結像レンズ71の副走査方向の屈折力1が結像レンズの中で最も小さくなるように各レンズの形状を設計することで、光軸高さずれによる結像性能の劣化を画像に問題のないレベルに抑えることができる。

【0094】

より最適には、結像レンズ71の副走査方向の屈折力を1とし、結像光学系7の副走査方向の屈折力をと定義するとき、以下の条件式を満たせば結像性能の劣化をより良好に抑えることができる。

$$0.1 \leq |1/f| \leq 0.9 \quad \cdots (A)$$

上記式(A)の上限0.9mmを上回ると、結像レンズ71の屈折力が大きすぎてレンズ高さずれによる結像性能の劣化が激しくなってしまう。また、下限0.1を下回ると、結像レンズ71の屈折力が小さすぎて負正2枚レンズによる副走査倍率低減効果を得られず、結像光学系の副走査倍率が大きくなり、偏向手段からの走査光の高さずれに対する像面ずれ及び走査線ずれ敏感度が高くなってしまう。

【0095】

以上のような理由から、本実施形態では、以下のようにレンズ形状を設定し、条件式(A)を満たすことで、結像性能の劣化をより良好に抑えることができる。

【0096】

$$|1/f| \leq 0.638$$

本実施形態では、筐体にも基準突起が備わる。即ち、筐体は、結像レンズ71の第1、2、3の基準突起それぞれに当接して結像レンズ位置を決定する箱側の第1、2、3の基準突起を有している。主走査断面内において、筐体側の第2の基準突起の中心と第3の基準突起の中心とを結んだ仮想の直線と箱側の第1の基準突起の中心点との間隔をDz[単位:mm]としたとき、Dzは以下の条件式を満たすように設定している。

$$5 \leq Dz \leq 20 \quad \cdots (B)$$

上記式(B)の下限5mmを下回ると、主走査断面内における基準突起同士の間隔が狭くなり、筐体側の基準突起の高さずれに対するレンズのお辞儀敏感度が高くなってしまう。また、上記式(B)の上限20mmを上回ると、基準突起同士の間隔が広すぎるため、基準突起の筐体が温度変化によって撓み/捻れなど変形する影響を受け易くなり、昇温時にレンズの姿勢がお辞儀してしまい、結像性能を劣化させてしまう。

【0097】

すなわち、本実施形態では、筐体のレンズ取り付け精度や昇温による筐体の変形による結像性能の劣化を問題ないレベルに抑えるために、上記式(B)を満たすように結像レンズ及び筐体側の基準突起の位置を設定している。

【0098】

ここで、射出成形レンズでは、一体成型するためにレンズ金型に樹脂を流し込むゲート部(ゲート)側と反ゲート部側とで副走査方向のレンズ幅が異なってしまうことがある。レンズ幅が左右で異なると筐体に取り付けた際、光軸中心に回転した姿勢でレンズが取り付けられてしまい、結像性能が劣化してしまう。本実施形態の結像レンズ71においても表5に示すように、ゲート側のレンズ幅が11.560mmとなり、反ゲート側のレンズ幅11.440mmよりも120μm広がっている。このときレンズを筐体に固定すると120μmの半値の60μm分、ゲート側が反ゲート側よりも高くなるように光軸中心にレンズが回転してしまう。

【0099】

そこで、本実施形態では、表5に示すように、基準突起ZU2、ZU3の高さを異ならせることで、レンズの幅の左右差を打消し、結像レンズ71を筐体に取り付けた際に光軸中心に回転した姿勢になることを防止できる。具体的には、ゲート側のHZU2を20μm、反ゲート側のHZU3を80μmと設定し、ゲート側(ゲートに近い方)の突起を反ゲート側突起よりも60μm短くすることで、左右のレンズ幅差によるレンズ傾き60μmを打ち消している。

【0100】

また、基準突起 Z L 2、Z L 3 においても同様に互いに高さを異ならせることで、基準突起 Z L 1、Z L 2、Z L 3 側で筐体に取り付けた際にも光軸中心に回転した姿勢になることを防止できる。なお、第 2 の基準突起の高さと第 3 の基準突起の高さは、本実施形態で示した突起高さに限られず、第 2 の基準突起の高さと第 3 の基準突起の高さとを互いに異ならせて、同様の効果を得ることができる。

【 0 1 0 1 】

(本実施形態の効果)

本実施形態では、結像光学系の中で副走査方向の屈折力が最も小さい結像レンズ 7 1 の基準突起を上記のように構成している。このため、レンズの成形ばらつきにより若干レンズ反り量が残存してしまう場合でも、結像性能の劣化は画像に問題ないレベルにまで抑えることができる。

10

【 0 1 0 2 】

また、本実施形態では、第 2 および第 3 の基準突起を結像レンズ 7 1 のレンズ鏡面端よりも外側（主走査方向のレンズ有効領域の外側）に配することで、光軸方向における第 1 の基準突起との間隔を広く確保し、レンズお辞儀精度を高める効果を得ている。ただし、基準突起の位置関係はこれに限らずとも発明の効果は十分得られる。

【 0 1 0 3 】

また、本実施形態では、第 1 の基準突起の位置を結像レンズ 7 1 中心に配置しているが、レンズ中心位置から長手方向（主走査方向）にずらした位置であっても良い。

【 0 1 0 4 】

20

また、本実施形態では、結像レンズ側の第 1、2、3 の基準突起を筐体（光学箱）側の第 1、2、3 の基準突起に突き当てた状態で接着固定することにより、搬送時の振動による結像レンズの浮きを防いでいる。また、押圧をかけていないために結像レンズの変形も発生させることなく、副走査方向の高さ及びお辞儀方向の姿勢の精度を出すことが可能である。また、結像レンズ 7 1 の長手方向両端部を光軸方向に筐体に突き当てて接着固定し、レンズ反りによってレンズお辞儀姿勢が発生しにくい構成を採ることができる。

【 0 1 0 5 】

本実施形態では、主走査断面内において、結像レンズ 7 1 の基準突起 Z L 1、Z L 2、Z L 3 の各位置、あるいは基準突起 Z U 1、Z U 2、Z U 3 の各位置を一致させている。これにより、光学箱の Z L 1、Z L 2、Z L 3 あるいは Z U 1、Z U 2、Z U 3 の取り付け座面形状を同一形状で構成できている。

30

【 0 1 0 6 】

また、本実施形態では、結像レンズ 7 1 の Z 方向基準座面及び光学箱の取り付け座面の位置管理を容易にするために、結像レンズ 7 1 の 3 つの Z 方向基準座面を主走査断面と平行に設定している。

【 0 1 0 7 】

また、本実施形態では、結像レンズ 7 1 の主走査断面形状（凹凸メニスカスレンズ）に合わせて、結像レンズ 7 1 の基準突起 Z 1 を Z 2、Z 3 に対して光軸方向にずらす方向を出射面側とする。これにより、Z 1 から Z 2 及び Z 3 までの間隔を確保でき、レンズお辞儀精度を十分確保できている。

40

【 0 1 0 8 】

また、本実施形態では、結像レンズ 7 1 の各基準突起の高さを前述のように設定することで、一方のレンズ側面側あるいはもう一方のレンズ側面側で光学箱（筐体）に取り付けたときにレンズの反りの影響で結像レンズがお辞儀するのを防ぐことができる。このため、本実施形態では、対向する一方の走査系ともう一方の走査系とで、結像レンズを光学箱に取り付けるレンズ側面が異なっても、どちらの走査系においても、レンズの反りの影響で結像レンズがお辞儀するのを防ぐことができる。

【 0 1 0 9 】

《 第 2 の実施形態 》

本実施形態は、第 1 の実施形態に対して結像レンズ 7 1 の各基準突起の高さを変更した

50

実施形態である。それ以外の構成は、第1の実施形態と同じであるため、説明は省略する。本実施形態の結像レンズ71は、第1の実施形態の結像レンズ71とは互いに異なるレンズ鏡面駒金型で同時成形された射出成形レンズである。本実施形態では、レンズ製造コストを低減するために、1度に複数のレンズが成形できるような多数個取り構造のレンズ金型を採用している。

【0110】

このように、多数個取りの射出成形レンズにおいては、金型内の温度分布やレンズ駒の配置などにより複数の各レンズ鏡面駒金型で成形された複数の各レンズ毎に、レンズの反りの方向及び量は異なってしまう。この様にレンズの反りが個体差を持っている場合、筐体側で対応できない。

【0111】

そこで、本実施形態では、第1の実施形態に対して結像レンズ71の各基準突起の高さを変更することで、レンズ反りの個体差による課題を解決している。ここで、本実施形態の結像レンズ71の各基準突起に関する諸元値を表6に示す。

【0112】

【表6】

本実施形態の結像レンズ71の各基準突起に関する諸元値

基準突起に関する諸元値		
結像レンズ71の基準突起ZL1の高さ(μm)	HZL1	44
結像レンズ71の基準突起ZL2の高さ(μm)	HZL2	50
結像レンズ71の基準突起ZL3の高さ(μm)	HZL3	50
結像レンズ71の基準突起ZU1の高さ(μm)	HZU1	56
結像レンズ71の基準突起ZU2の高さ(μm)	HZU2	50
結像レンズ71の基準突起ZU3の高さ(μm)	HZU3	50
結像レンズ71のレンズ反り量(μm) (正負符号は、副走査方向においてレンズ中央部がZU側に凸となる方向を正とする)	Bz	-6
結像レンズ71のゲート側(基準突起ZU2、ZL2側)の副走査方向幅(mm)	H2	11.500
結像レンズ71の反ゲート側(基準突起ZU3、ZL3側)の副走査方向幅(mm)	H3	11.500
光軸方向における筐体側の第2、第3の基準突起中心点と箱側の第1の基準突起中心点との間隔(mm)	Dz	10.9

【0113】

表6を表5と比べて分かるように、第1の実施形態の結像レンズ71のレンズ反り量が $44\mu\text{m}$ だったのに対して、本実施形態ではレンズ反り量が $-6\mu\text{m}$ となり、反り量、反りの方向ともに第1の実施形態と異なる。そこで、本実施形態では表6に示すように、基準突起ZL2とZL3に対する基準突起ZL1の高さを、第1の実施形態と異ならせている。また、基準突起ZU2とZU3に対する基準突起ZU1の高さも、同様に第1の実施形態と異ならせている。

【0114】

このように本実施形態でも、第1の実施形態と同様に、複数の各レンズ毎にレンズ中心の基準突起とその他2つの基準突起の高さの相対差を異ならせることで、筐体に取り付けた全てのレンズにおいて筐体へ取り付けた際のお辞儀の発生を防いでいる。

【0115】

また、本実施形態では、このようなレンズを得るために、レンズ中心の基準突起とその他2つの基準突起の高さの相対差を複数のレンズ鏡面金型毎に変更したレンズ成形金型を用いて射出成形している。

【0116】

《第3の実施形態》

本実施形態は、第1の実施形態に対して、結像レンズ71の各基準突起の高さ及び、基準突起の位置を変更したものである。本実施形態では、筐体の昇温時の変形によるレンズ姿勢のお辞儀への影響を小さくするために、第2及び第3の基準突起と、第1の基準突起との光軸方向の間隔Dzを第1の実施形態よりも短く設定している。ここで、本実施形態の結像レンズ71の各基準突起に関する諸元値を表7に示す。

【0117】

【表7】

本実施形態の結像レンズ71の各基準突起に関する諸元値

基準突起に関する諸元値		
結像レンズ71の基準突起ZL1の高さ(μm)	HZL1	111
結像レンズ71の基準突起ZL2の高さ(μm)	HZL2	100
結像レンズ71の基準突起ZL3の高さ(μm)	HZL3	100
結像レンズ71の基準突起ZU1の高さ(μm)	HZU1	89
結像レンズ71の基準突起ZU2の高さ(μm)	HZU2	100
結像レンズ71の基準突起ZU3の高さ(μm)	HZU3	100
結像レンズ71のレンズ反り量(μm) (正負符号は、副走査方向においてレンズ中央部がZU側に凸となる方向を正とする)	Bz	11
結像レンズ71のゲート側(基準突起ZU2、ZL2側)の副走査方向幅(mm)	H2	11.500
結像レンズ71の反ゲート側(基準突起ZU3、ZL3側)の副走査方向幅(mm)	H3	11.500
光軸方向における筐体側の第2、第3の基準突起中心点と箱側の第1の基準突起中心点との間隔(mm)	Dz	6.5

【0118】

表7と表5より、第2及び第3の基準突起と、第1の基準突起との光軸方向の間隔Dzが、第1の実施形態では10.9mmであるのに対し、本実施形態では6.5mmと短くしている。このように、本実施形態では、筐体のレンズ取り付け精度や昇温による筐体の変形による結像性能の劣化を問題ないレベルに抑えるために、条件式(B)を満たすように結像レンズ及び筐体側の基準突起の位置を設定している。本実施形態の結像レンズ71の外形を含めたレンズ形状を図6に示す。それ以外の構成は、第1の実施形態と同じであるため、説明は省略する。

【0119】

《第4の実施形態》

本実施形態は、第1の実施形態に対して結像レンズ71の各基準突起の高さ及び、基準突起の位置及びレンズ外形形状を変更したものである。本実施形態では、結像レンズ71のレンズ反りの成形ばらつきにより、基準突起高さでレンズの反りを打ち消しきれなかった場合でも、レンズの反りのレンズがお辞儀方向ずれへの影響を十分に小さく抑えるために、第1の実施形態よりもDzを広く設定している。ここで、本実施形態の結像レンズ71の各基準突起に関する諸元値を表8に示す。

【0120】

【表 8】

本実施形態の結像レンズ 7 1 の各基準突起に関する諸元値

基準突起に関する諸元値		
結像レンズ71の基準突起ZL1の高さ(μm)	HZL1	108
結像レンズ71の基準突起ZL2の高さ(μm)	HZL2	100
結像レンズ71の基準突起ZL3の高さ(μm)	HZL3	100
結像レンズ71の基準突起ZU1の高さ(μm)	HZU1	92
結像レンズ71の基準突起ZU2の高さ(μm)	HZU2	100
結像レンズ71の基準突起ZU3の高さ(μm)	HZU3	100
結像レンズ71のレンズ反り量(μm) (正負符号は、副走査方向においてレンズ中央部が ZU側に凸となる方向を正とする)	Bz	8
結像レンズ71のゲート側(基準突起ZU2、ZL2側)の 副走査方向幅(mm)	H2	11.500
結像レンズ71の反ゲート側(基準突起ZU3、ZL3側)の 副走査方向幅(mm)	H3	11.500
光軸方向における筐体側の第2、第3の基準突起中心点と 箱側の第1の基準突起中心点との間隔(mm)	Dz	17.3

10

【0121】

表 8 と表 5 より、第 2 及び第 3 の基準突起と、第 1 の基準突起との光軸方向の間隔 D_z を、第 1 の実施形態が 10.9 mm であるのに対し、本実施形態では 17.3 mm と長くしている。このように、本実施形態では、レンズの成形ばらつきや筐体のレンズ取り付け精度や昇温による筐体の変形による結像性能の劣化を問題ないレベルに抑えるために、条件式 (B) を満たすように結像レンズ及び筐体側の基準突起の位置を設定している。

20

【0122】

また、本実施形態では、 $D_z = 17.3\text{ mm}$ と長くするために結像レンズ 7 1 の副走査方向上下のツバ部を延長している。本実施形態の結像レンズ 7 1 の外形を含めたレンズ形状を図 7 に示す。それ以外の構成は、第 1 の実施形態と同じであるため、説明は省略する。

【0123】

(変形例)

以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

30

【0124】

(変形例 1)

上述した実施形態では、対向走査系で光走査装置を構成する前提で、第 1、第 2、第 3 の基準突起が第 1、第 2 のレンズ側面のそれぞれに設けられたが、本発明はこれに限らず、第 1、第 2 のレンズ側面の少なくとも一方に設けられるものであっても良い。そして、第 1 のレンズ側面に設けられる場合は、第 1 の基準突起 (ZL1) の高さは第 2 および第 3 の基準突起 (ZL2、ZL3) の高さよりも高くされる。そして、第 2 のレンズ側面に設けられる場合は、第 1 の基準突起 (ZU1) の高さは第 2 および第 3 の基準突起 (ZU2、ZU3) の高さよりも低くされる。

40

【0125】

そして、第 1、第 2 のレンズ側面の少なくとも一方に設けられた第 1、第 2、第 3 の基準突起の頂部の高さ位置は、筐体と当接する基準面にあるように構成される。

【0126】

(変形例 2)

また、上述した実施形態では、結像レンズ 7 1、7 2 のうち、結像レンズ 7 1 のレンズ側面に第 1、第 2、第 3 の基準突起を設けたが、結像レンズ 7 1、7 2 の双方のレンズ側面にそれぞれ上述したような第 1、第 2、第 3 の基準突起を設けても良い。この場合、結

50

像レンズ 7 1、7 2 における基準突起の高さは、結像レンズ 7 1 と結像レンズ 7 2 とで異なるものとなる。即ち、結像レンズ 7 1 の第 1 乃至第 3 の基準突起とは異なる高さで第 1 乃至第 3 の基準突起に相当する突起部が、第 2 の結像光学素子としての結像レンズ 7 2 に設けられる。

【0127】

また、上述した実施形態では、結像光学系が結像光学素子として結像レンズ 7 1、7 2 を備えたが、結像光学系が結像光学素子として結像レンズ 7 1 のみを備えるものであっても良い。

【0128】

(変形例 3)

また、上述した実施形態では、結像レンズ 7 1 の基準面である Z 方向基準座面を主走査断面と平行としたが、非平行であっても良い。また、基準面である Z 方向基準座面は平面形状に限られず、例えば半球面形状であっても良い。

【0129】

(変形例 4)

また、上述した実施形態では、結像レンズ 7 1 のレンズ側面を基準面である Z 方向基準座面と平行にしているが、本発明はこれに限らず、例えば結像レンズ 7 1 のレンズ側面をテーパ角度が付いた面とすることもできる。この場合、レンズ射出成形時の型抜きを容易して型抜き時のレンズ変形を抑えることができ、レンズ面成形精度を高められる。

【0130】

(変形例 5)

また、上述した実施形態では、結像レンズ 7 1 の基準突起 Z 1 を Z 2、Z 3 に対して光軸方向にずらす方向を出射面側に設定したが、本発明はこれに限られない。すなわち、3 個の基準突起 Z 1、Z 2、Z 3 が主走査断面内において同一直線上にならない任意の配置で構成しても良い。

【0131】

また、上述した実施形態では、結像レンズ 7 1 を樹脂製の射出成形レンズで構成したが、本発明はこれに限定されない。例えば、ガラス製モールド成形レンズであってもレンズ金型の温度が十分に均一になっていなければレンズが反りを有してしまうため、レンズの反りによる結像レンズ取り付け位置・姿勢ずれ低減という本発明の効果が十分得られる。

【0132】

また、上述した実施形態では、結像レンズ 7 1 を長手方向両端部を光軸方向に筐体突き当てて接着固定し、レンズ反りによってレンズお辞儀姿勢が発生しにくい構成を採ったが、本発明はこれに限定されず、種々の固定方法を採用することができる。

【0133】

(変形例 6)

また、上述した実施形態では、結像光学系を 2 枚の結像レンズで構成したが、結像光学系を 1 枚あるいは 3 枚以上の結像レンズで構成しても良い。また、上述した実施形態では、光源手段 1 を一つの発光点を有する半導体レーザで構成したが、複数の発光点を有するモノリシックマルチビームレーザで構成しても良い。

【0134】

また、上述した実施形態では、副走査方向斜め入射系を採用したが、副走査断面内において入射光学系からの光束が基準面 G に対して角度を有せずに垂直入射する入射光学系で構成しても良い。

【0135】

また、本実施形態では、光走査装置の有する被走査面を 4 つで構成したが、1 つあるいは、2 つ、3 つ、5 つ以上であっても良い。これにより、カラー画像形成装置に限らず、モノクロ画像形成装置に用いる光走査装置とすることもできる。

【0136】

(変形例 7)

また、上述した実施形態では、対向走査系で光走査装置を構成し、結像光学系は偏向器に対し対称配置される第１および第２の結像光学系を備え、第１および第２の結像光学系の構成要素としての第１および第２の結像レンズを互いに副走査方向に反転させた。そして、第１および第２の結像レンズのそれぞれが第１および第２のレンズ側面のそれぞれに対応して前記筐体と当接（片側のレンズ側面が筐体と当接）するように配置された。

【０１３７】

しかし、本発明はこれに限らず、結像レンズの両方のレンズ側面が筐体（光学箱）と当接するように取り付けられる、対向走査系以外の構成を採用しても良い。

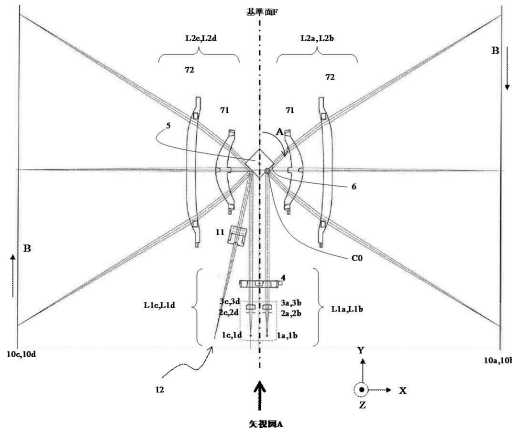
【符号の説明】

【０１３８】

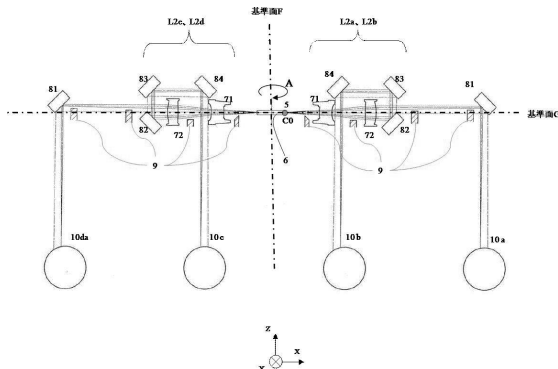
５・・・偏向手段（回転多面鏡）、７・・・結像光学系、Ｌ１ａ、Ｌ１ｂ・・・入射光学系、Ｌ２ａ、Ｌ２ｂ・・・結像光学系

10

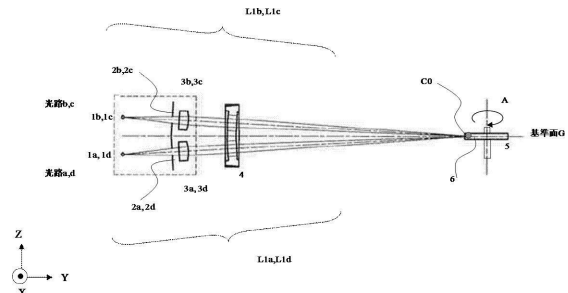
【図１Ａ】



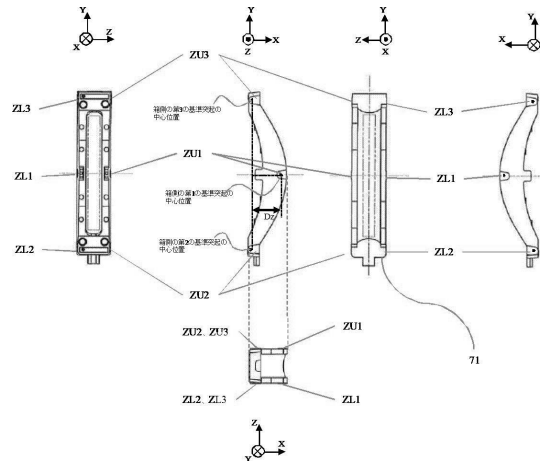
【図１Ｂ】



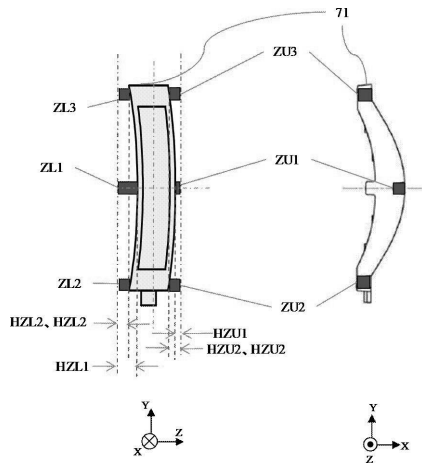
【図１Ｃ】



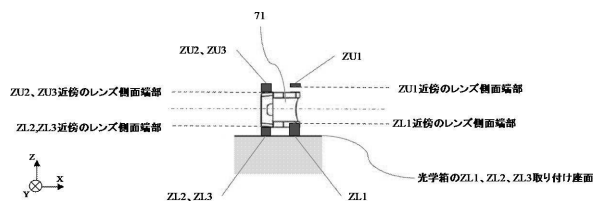
【図２】



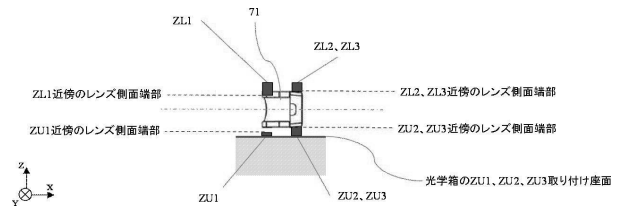
【図 3 A】



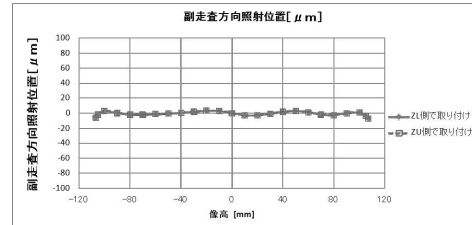
【図 3 B】



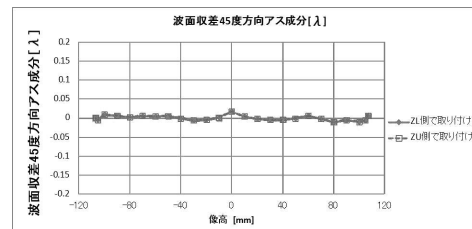
【図 3 C】



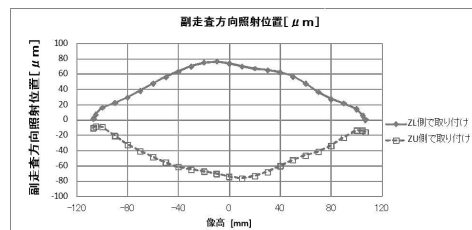
【図 4 A】



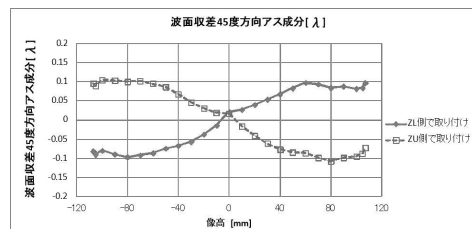
【図 4 B】



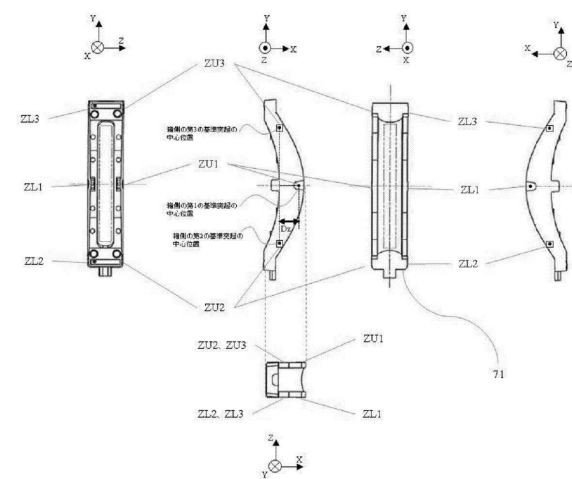
【図 5 A】



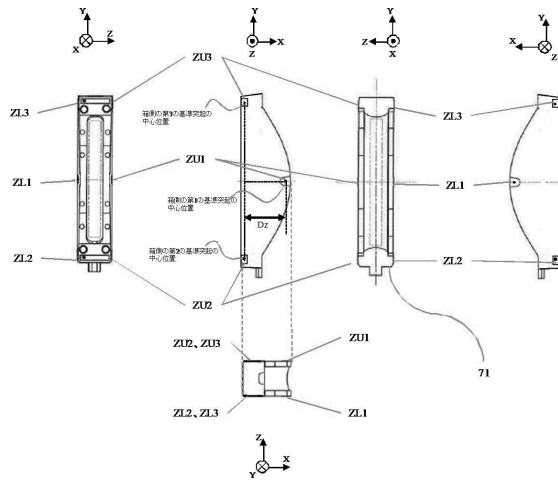
【図 5 B】



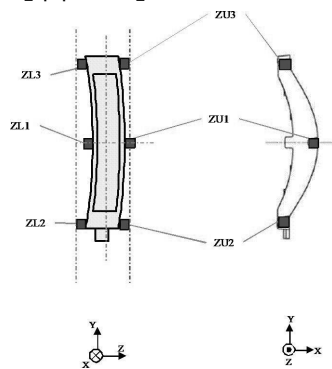
【図 6】



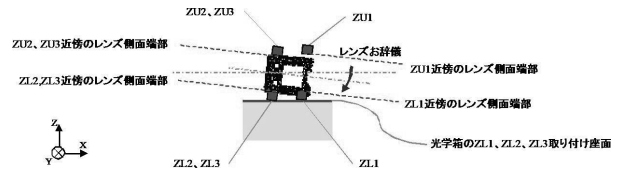
【図 7】



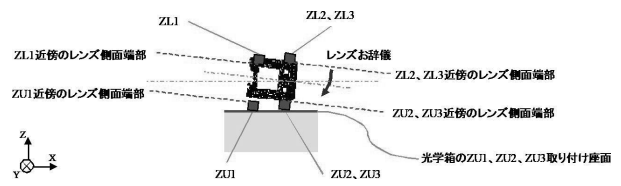
【図 8 A】



【図 8 B】



【図 8 C】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2009-020195(JP,A)
特開2006-113382(JP,A)
特開2011-215309(JP,A)
特開平11-342546(JP,A)
実開平05-005301(JP,U)
特開2011-140878(JP,A)
特開平09-105878(JP,A)
米国特許出願公開第2014/0118808(US,A1)
特開昭55-159938(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/10 - 26/12