

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6270314号  
(P6270314)

(45) 発行日 平成30年1月31日(2018.1.31)

(24) 登録日 平成30年1月12日(2018.1.12)

(51) Int.Cl.		F I	
<b>GO2B</b>	<b>27/18</b> (2006.01)	GO2B	27/18 A
<b>GO2B</b>	<b>13/26</b> (2006.01)	GO2B	13/26
<b>HO4N</b>	<b>1/028</b> (2006.01)	HO4N	1/028 Z
<b>HO4N</b>	<b>1/036</b> (2006.01)	HO4N	1/036 A
<b>GO3G</b>	<b>15/04</b> (2006.01)	GO3G	15/04 111
		請求項の数 20 (全 38 頁) 最終頁に続く	

(21) 出願番号 特願2012-284439 (P2012-284439)  
 (22) 出願日 平成24年12月27日(2012.12.27)  
 (65) 公開番号 特開2014-126752 (P2014-126752A)  
 (43) 公開日 平成26年7月7日(2014.7.7)  
 審査請求日 平成27年12月22日(2015.12.22)

(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  
 (74) 代理人 100126240  
 弁理士 阿部 琢磨  
 (74) 代理人 100124442  
 弁理士 黒岩 創吾  
 (72) 発明者 齋賀 丈慶  
 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  
 (72) 発明者 寺村 昌泰  
 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学装置、画像形成装置及び画像読取装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の方向に配列された複数の発光点を有する光源と、該第1の方向に配列された複数のレンズ光学系を有する結像光学系と、を備え、該結像光学系により受光面上に前記複数の発光点の像を形成する光学装置であって、

前記第1の方向と前記レンズ光学系の光軸方向とに平行な第1の断面内において、前記受光面に入射する結像光束の開き角の最大値の半値を  $\theta_m$ 、解像度を  $P_m$ 、前記受光面上に形成される前記複数の発光点の像の夫々の大きさを  $D_m$ 、とし、

前記第1の方向に垂直な第2の断面内において、前記受光面に入射する結像光束の開き角の最大値の半値を  $\theta_s$ 、解像度を  $P_s$ 、前記受光面上に形成される前記複数の発光点の夫々の像の大きさを  $D_s$ 、とするとき、

【数1】

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} \leq 1.2$$

なる条件を満足することを特徴とする光学装置。

【請求項2】

前記第1の断面内において、前記開き角の最大値の半値  $\theta_m$  は有効開き角の最大値の半

値  $\theta_m'$  であり、前記第 2 の断面内において、前記開き角の最大値の半値  $\theta_s$  は有効開き角の最大値の半値  $\theta_s'$  であることを特徴とする請求項 1 に記載の光学装置。

【請求項 3】

第 1 の方向に配列された複数の発光点を有する光源と、該第 1 の方向に配列された複数のレンズ光学系を有する結像光学系と、を備え、該結像光学系により受光面上に前記複数の発光点の像を形成する光学装置であって、

前記第 1 の方向と前記レンズ光学系の光軸方向とに平行な第 1 の断面内において、前記複数のレンズ光学系の配列ピッチを  $p$ 、前記光源が有する 1 つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系の最大個数を  $n_m$ 、解像度を  $P_m$ 、前記受光面上に形成される前記複数の発光点の像の夫々の大きさを  $D_m$ 、とし、

前記第 1 の方向に垂直な第 2 の断面内において、前記結像光学系の最大有効幅を  $T$ 、解像度を  $P_s$ 、前記受光面上に形成される前記複数の発光点の夫々の像の大きさを  $D_s$ 、と

するとき、

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} \leq 1.2$$

なる条件を満足することを特徴とする光学装置。

【請求項 4】

前記第 1 の断面内において、前記最大個数  $n_m$  は有効最大個数  $n_m'$  であることを特徴とする請求項 3 に記載の光学装置。

【請求項 5】

【数 3】

$$n_m \leq 4$$

なる条件を満足することを特徴とする請求項 3 又は 4 に記載の光学装置。

【請求項 6】

前記結像光学系は、前記第 2 の断面内において拡大系であることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光学装置。

【請求項 7】

前記結像光学系は、前記第 1 の断面内において前記複数の発光点の夫々を前記受光面上に正立等倍結像し、前記第 2 の断面内において前記複数の発光点の夫々を前記受光面上に倒立結像することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 8】

前記複数のレンズ光学系の夫々は、アナモフィックな形状のレンズ面を有することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 9】

前記複数のレンズ光学系の夫々は、前記光軸方向に配列された複数のレンズ部を含むことを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 10】

前記光源が有する前記複数の発光点は、有機発光素子であることを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の光学装置と、該光学装置により前記受光面に形成される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

10

20

30

40

50

写材に転写する転写器と、転写された前記トナー像を前記被転写材に定着させる定着器と、を備えることを特徴とする画像形成装置。

【請求項 1 2】

第 1 の方向に配列された複数のレンズ光学系を有する結像光学系を備え、該結像光学系により受光面上に原稿の像を形成する光学装置であって、

前記複数のレンズ光学系は、前記第 1 の方向において互いに連続した像を形成しており、

前記第 1 の方向と前記レンズ光学系の光軸方向とに平行な第 1 の断面内において、前記受光面に入射する結像光束の開き角の最大値の半値を  $\theta_m$ 、解像度を  $P_m$ 、とし、

前記第 1 の方向に垂直な第 2 の断面内において、前記受光面に入射する結像光束の開き角の最大値の半値を  $\theta_s$ 、解像度を  $P_s$ 、とするとき、

【数 4】

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} \leq 1.2$$

なる条件を満足することを特徴とする光学装置。

【請求項 1 3】

前記第 1 の断面内において、前記開き角の最大値の半値  $\theta_m$  は有効開き角の最大値の半値  $\theta_m'$  であり、前記第 2 の断面内において、前記開き角の最大値の半値  $\theta_s$  は有効開き角の最大値の半値  $\theta_s'$  であることを特徴とする請求項 1 2 に記載の光学装置。

【請求項 1 4】

第 1 の方向に配列された複数のレンズ光学系を有する結像光学系を備え、該結像光学系により受光面上に原稿の像を形成する光学装置であって、

前記複数のレンズ光学系は、前記第 1 の方向において互いに連続した像を形成しており、

前記第 1 の方向と前記レンズ光学系の光軸方向とに平行な第 1 の断面内において、前記複数のレンズ光学系の配列ピッチを  $p$ 、前記原稿上の 1 点からの光線が通過するレンズ光学系の最大個数を  $n_m$ 、解像度を  $P_m$ 、とし、

前記第 1 の方向に垂直な第 2 の断面内において、前記結像光学系の最大有効幅を  $T$ 、解像度を  $P_s$ 、とするとき、

【数 5】

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{n_m p}{T} \leq 1.2$$

なる条件を満足することを特徴とする光学装置。

【請求項 1 5】

前記第 1 の断面内において、前記最大個数  $n_m$  は有効最大個数  $n_m'$  であることを特徴とする請求項 1 4 に記載の光学装置。

【請求項 1 6】

前記結像光学系は、前記第 2 の断面内において縮小系であることを特徴とする請求項 1 2 又は 1 3 に記載の光学装置。

【請求項 1 7】

前記結像光学系は、前記第 1 の断面内において前記原稿を前記受光面上に正立等倍結像し、前記第 2 の断面内において前記原稿を前記受光面上に倒立結像することを特徴とする

10

20

30

40

50

請求項 1 2 乃至 1 6 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 1 8】

前記複数のレンズ光学系の夫々は、アナモフィックな形状のレンズ面を有することを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 7 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 1 9】

前記複数のレンズ光学系の夫々は、前記光軸方向に配列された複数のレンズ部を含むことを特徴とする請求項 1 2 乃至 1 8 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

【請求項 2 0】

請求項 1 2 乃至 1 9 のいずれか 1 項に記載の光学装置と、前記結像光学系により集光された前記原稿からの光線を受光する受光部と、を有することを特徴とする画像読取装置。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、光学装置に関し、例えば画像形成装置や画像読取装置が備える光学装置に好適である。

【背景技術】

【0 0 0 2】

近年、複数のレンズにより構成されたレンズアレイを有する光学装置を備えた、画像形成装置や画像読取装置が開発されている。この構成によれば、ポリゴンミラーにより感光体を走査する構成や、複数のレンズやミラーを用いて画像を読み取る構成等と比較して、装置の小型化や低コスト化を実現することができる。

20

【0 0 0 3】

特許文献 1 には、複数のレンズが一方向（第 1 の方向）に配列されてなるレンズアレイが開示されている。複数のレンズの夫々は、第 1 の方向と光軸方向とに対して平行な断面（第 1 の断面）内では物体を正立等倍結像し、第 1 の方向に垂直な断面（第 2 の断面）内では物体を倒立等倍結像している。この構成とすることで、第 1 の断面内において正立等倍結像する光学系と比較して、第 2 の断面内でのレンズのパワーを小さくすることができるため、解像度と光利用効率との両立に有利となる。

【先行技術文献】

【特許文献】

30

【0 0 0 4】

【特許文献 1】特開昭 6 3 - 2 7 4 9 1 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 5】

ここで、レンズアレイの結像性能を示す指標として、解像度に加えて深度幅を考える。深度幅とは、像面位置の前後において所望の解像度が得られる光軸上の範囲を示す。通常、大きな深度幅を有するレンズアレイでは光利用効率が低下してしまい、大きな光利用効率を有するレンズアレイでは深度幅が小さくなってしまふ。また、レンズアレイにおいては、第 1 及び第 2 の両断面内における解像度を確保する必要があるため、両断面内での共通深度幅を考慮する必要がある。

40

【0 0 0 6】

しかしながら、特許文献 1 が開示されたレンズアレイにおいては、アレイ状光源の各発光点からの光線が入射する時、第 1 及び第 2 の両断面内における共通深度幅が考慮されていない。すなわち、特許文献 1 に記載のレンズアレイにおいては、第 1 の断面内における深度幅と、第 2 の断面内における深度幅とが、それぞれ異なる構成である。共通深度幅は、両断面内における各深度幅のうち小さい方の深度幅により定まるため、特許文献 1 に係るレンズアレイは、一方の断面内において必要以上に深度幅を確保していることになる。よって、特許文献 1 が開示のレンズアレイは、一方の断面内において共通深度幅を超えた深度幅の分だけ光利用効率を損なっているため、解像度と光利用効率とを両立するための

50

最適な構成ではない。

【0007】

また、レンズアレイにおける共通深度幅は、アレイ状光源の各発光点の位置に応じて異なる。よって、光利用効率と解像度との両立においては、発光点位置の差も考慮する必要があるが、特許文献1に記載のレンズアレイにおいては、発光点位置の差を考慮した構成の開示も示唆もない。

【0008】

そこで、本発明の目的は、第1及び第2の断面の夫々において、光利用効率と結像性能との両立を達成した光学装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記目的を達成するための、本発明の一側面としての光学装置は、第1の方向に配列された複数の発光点を有する光源と、該第1の方向に配列された複数のレンズ光学系を有する結像光学系と、を備え、該結像光学系により受光面上に該複数の発光点の像を形成する光学装置であって、前記第1の方向と前記レンズ光学系の光軸方向とに平行な第1の断面内において、前記受光面に入射する結像光束の開き角の最大値の半値を  $\theta_m$ 、解像度を  $P_m$ 、前記受光面上に形成される前記複数の発光点の像の夫々の大きさを  $D_m$ 、とし、かつ、前記第1の方向に垂直な第2の断面内において、前記受光面に入射する結像光束の開き角の最大値の半値を  $\theta_s$ 、解像度を  $P_s$ 、前記受光面上に形成される前記複数の発光点の夫々の像の大きさを  $D_s$ 、とする時、

【0010】

【数1】

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} \leq 1.2$$

【0011】

なる条件を満足することを特徴とする。

【0012】

本発明の更なる目的またはその他の特徴は、以下、添付の図面を参照して説明される好ましい実施形態によって明らかにされる。

【発明の効果】

【0013】

本発明によれば、第1及び第2の断面の夫々において、光利用効率と結像性能との両立を達成した光学装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】実施例1に係る光学装置の要部概略図である。

【図2】深度幅を説明するための概念図。

【図3】実施例1に係る各発光点が結像される様子を示す図である。

【図4】深度幅の揃え方の説明するための図。

【図5】実施例1に係る結像光学系の深度特性を示す図である。

【図6】実施例2に係る結像光学系の深度特性を示す図である。

【図7】実施例3に係る各発光点が結像される様子を示す図である。

【図8】実施例3に係る結像光学系の深度特性を示す図である。

【図9】実施例3に係るレンズ光学系の物体高と光利用効率との関係を示す図である。

【図10】実施例4に係る各発光点が結像される様子を示す図である。

【図11】実施例4に係る結像光学系の深度特性を示す図である。

【図12】実施例5に係る各発光点が結像される様子を示す図である。

10

20

30

40

50

【図13】実施例5に係る結像光学系の深度特性を示す図である。

【図14】実施例6に係る光学装置の要部概略図である。

【図15】実施例6に係る各発光点が結像される様子を示す図である。

【図16】実施例6に係る結像光学系の深度特性を示す図である。

【図17】実施形態に係る画像形成装置の要部概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態について、図面に基づいて詳細に説明する。

【0016】

[実施例1]

図1は、本発明の実施例1に係る光学装置を画像形成装置に適用した時の要部概略図であり、図1(a)は第1の断面(XY断面)、図1(b)は第2の断面(ZX断面)、図1(c)は光軸方向(X方向)からの正面図を示している。本実施例に係る光学装置は、物体面に配置された複数の発光点を含む光源101と、光源101から出射する複数の光線を受光面(像面)106に集光する結像光学系105と、を備える。

【0017】

光源101は、複数の発光点が第1の方向(Y方向)に等間隔で配置されて構成されており、その各発光点にはLED、有機EL素子(有機発光素子)やレーザー等を用いることができる。また、受光面106には、感光ドラム等の感光体が配置されている。なお、光学装置が画像読取装置に適用される場合は、光源101の代わりに原稿が配置され、受光面106には感光体の代わりにCMOSセンサ等の受光センサ(ラインセンサ)が配置される。

【0018】

結像光学系105は、第1の方向に配列された複数のレンズ部を有する結像部102及び104と、迷光光線を遮光する遮光部103と、を含むレンズアレイである。図1(c)に示すように、結像部102及び104の夫々は、同一形状の複数のレンズ部が第1の方向に等間隔で配列されたレンズ列を、第2の方向(Z方向)に1列有する構成である。なお、結像部102と結像部104とは光軸方向において対称となるように配置されている。以下、結像部102及び104の各レンズ部のうち同一の光軸上に配置されるものを、合わせてレンズ光学系105aとして説明する。

【0019】

ここで、レンズ光学系105aの各レンズ面102a、102b、104a及び104bとは、アナモフィックな非球面形状となっている。また、遮光部103は、第1の断面内において、結像部102を通過する光線のうち結像に關与する光線を通過させ、結像に寄与しない迷光光線を遮光している。なお、以下の説明では、遮光部103の厚み(第2の方向における幅)を無視している。

【0020】

図1(a)に示すように、第1の方向及びレンズ光学系105aの光軸方向とに平行な第1の断面内(XY断面内)において、結像部102の各レンズ部は、光源101の複数の発光点から出射した複数の光線を中間結像面Aに集光する。ここで、中間結像面Aとは、結像部102が光源101(物体面)の中間像を形成する(物体面を中間結像する)仮想的な面であり、光源101と受光面106(像面)との略中間位置に存在する。そして、中間結像面Aに一旦集光された光線は結像部104の各レンズ部に入射し、さらに受光面106の上に集光される。すなわち、結像部104により、光源101の中間像の像が受光面106上に形成される(中間像が受光面106上に再結像される)。

【0021】

このように、本実施例に係る結像光学系105(レンズ光学系105a)は、XY断面内においては発光点を受光面106上に正立等倍結像する系(正立等倍結像系)である。一方で、図1(b)に示すように、第1の方向に垂直な第2の断面内(ZX断面内)においては、結像光学系105(レンズ光学系105a)は、発光点を中間結像せずに受光面

10

20

30

40

50

106上に倒立等倍結像する系(倒立等倍結像系)である。なお、実際には結像部102及び104により集光される光線は無数に存在するが、図1においては特徴的な光線のみを数本図示している。

【0022】

本実施例に係る結像光学系105の諸特性を、表1に示す。

【0023】

【表1】

構成			非球面形状			
解像度	qi	600	レンズ面102a	レンズ面102b	レンズ面104b	レンズ面104a
波長	λ(nm)	780	R	R	R	R
屈折率	n(λ=780nm)	1.486	k	k	k	k
レンズ部の第1の方向のFno	Fno m	3.90	A20	A20	A20	A20
レンズ部の第2の方向のFno	Fno s	1.30	A40	A40	A40	A40
レンズ部の第1の方向の倍率	βm	-0.45	A60	A60	A60	A60
レンズ部の第1の方向の歪りピッチ	p(nm)	0.77	A80	A80	A80	A80
レンズ部の第1の方向の歪り歪数	Nm(個)	291	A100	A100	A100	A100
レンズ部の第2の方向の歪り歪数	Ns(個)	1	A02	A02	A02	A02
レンズ部を透過する最大物体高	L(nm)	0.768	A22	A22	A22	A22
発光点の第1の方向の大きさ	Dm(μm)	42.30	A42	A42	A42	A42
発光点の第2の方向の大きさ	Ds(μm)	25.40	A62	A62	A62	A62
開口サイズ			A82	A82	A82	A82
結像部102の第1の方向の開口サイズ	Am1(nm)	0.7	A04	A04	A04	A04
結像部102の第2の方向の開口サイズ	As1(nm)	2.44	A24	A24	A24	A24
結像部104の第1の方向の開口サイズ	Am2(nm)	0.7	A44	A44	A44	A44
結像部104の第2の方向の開口サイズ	As2(nm)	2.44	A64	A64	A64	A64
配置			A06	A06	A06	A06
光源101-レンズ面102aの間隔	d1(nm)	2.65	A26	A26	A26	A26
レンズ面102a-レンズ面102bの間隔	d2(nm)	1.25	A46	A46	A46	A46
レンズ面102b-レンズ面104aの間隔	d3(nm)	2.16	A08	A08	A08	A08
レンズ面104a-レンズ面104bの間隔	d4(nm)	1.25	A28	A28	A28	A28
レンズ面104b-受光面106の間隔	d5(nm)	2.65	A010	A010	A010	A010

10

20

【0024】

結像光学系105の各レンズ部において、光軸(X軸)との交点を原点、第1の方向において光軸と直交する軸をY軸、第2の方向において光軸と直交する軸をZ軸、とする時、各レンズ面の非球面形状は次式(1)で表わされる。但し、Rは曲率半径、kは円錐定数、A<sub>ij</sub>(i=0,1,2,3,4,5...、j=0,1,2,3,4,5...)

30

【0025】

【数2】

$$x = \frac{R}{1 + \sqrt{1 - (1+k) \left( \frac{\sqrt{y^2 + z^2}}{R} \right)^2}} + \sum_{i=0}^8 \sum_{j=0}^8 A_{ij} y^{2i} z^{2j} \quad (1)$$

40

【0026】

図2を用いて、本実施例に係る光学装置の設計方法について説明する。

【0027】

図2は、解像度をP<sub>i</sub>として評価するために、受光面106上に形成される隣り合う2つの発光点の像(200a、200b)を示した概念図であり、その2つの像同士の間隔を1/P<sub>i</sub>としている。図中のx<sub>i</sub>は、2つの像200a及び200bがデフォーカスにより重なり始める位置と受光面106との距離(デフォーカス許容値)でありこれは、コントラスト100%である時の深度幅の半値を示す。なお、コントラスト100%とは、2つの像200a及び200bが重ならず、完全に分離(解像)される時のコントラストを示している。

50

## 【 0 0 2 8 】

また、 $\theta_i$  は、像を形成する光束（結像光束）の開き角の半値である。このとき、図 2 を見てわかるように、像 2 0 0 a を形成する結像光束を構成する複数の光線のうちの最周辺光線と、像 2 0 0 b を形成する結像光束を構成する複数の光線のうちの最周辺光線と、が成す角度の半値も  $\theta_i$  となる。 $D_i$  は、受光面 1 0 6 に形成される像 2 0 0 a 及び 2 0 0 b の大きさである。なお、図 2 における各パラメータは、添え字  $i = m$  であるときは X Y 断面内でのパラメータを示し、添え字  $i = s$  であるときは Z X 断面内でのパラメータを示す。

## 【 0 0 2 9 】

図 2 より、各パラメータは次式 ( 2 ) に示すような関係が導出される。

10

## 【 0 0 3 0 】

## 【数 3】

$$2\Delta x_i \tan \theta_i = \frac{1}{P_i} - D_i \quad (2)$$

## 【 0 0 3 1 】

式 ( 2 ) を変形すると、コントラスト 1 0 0 % である時のデフォーカス許容値  $\Delta x_i$  は次式 ( 3 ) となる。

## 【 0 0 3 2 】

20

## 【数 4】

$$\Delta x_i = \frac{1 - P_i D_i}{2 P_i \tan \theta_i} \quad (3)$$

## 【 0 0 3 3 】

$P_i$  及び  $D_i$  は、光学装置が組み込まれる画像形成装置（又は画像読取装置）において設定された印字ドットサイズにより決定されるため、各装置の機種及び印字モード毎に一定となる。また、結像光学系 1 0 5 の光利用効率は、結像光束の開き角の半値  $\theta_i$  に比例するため、 $\tan \theta_i$  に略比例することになる。さらに、式 ( 3 ) より、 $\Delta x_i$  は  $\tan \theta_i$  に反比例していることがわかる。以上のことより、光利用効率と深度幅とは反比例の関係にあることがわかる。

30

## 【 0 0 3 4 】

光学装置において、X Y 断面及び Z X 断面の両断面内において解像度を確保し、かつ光利用効率と結像性能との両立を実現するために、両断面の夫々における深度幅を略等しくすることを考える。X Y 断面内における深度幅と Z X 断面内における深度幅とを略等しくするという事は、すなわち次の条件式 ( 4 ) を満たすことを示す。

## 【 0 0 3 5 】

## 【数 5】

40

$$0.8 \leq \frac{\Delta x_s}{\Delta x_m} \leq 1.2 \quad (4)$$

## 【 0 0 3 6 】

式 ( 4 ) に式 ( 3 ) を代入すると、次の条件式 ( 5 ) のようになる。

## 【 0 0 3 7 】

【数6】

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} \leq 1.2 \quad (5)$$

【0038】

本実施例では、式(5)を満たすように、各レンズ光学系105aの第1の方向及び第2の方向の開口サイズを設計している。これにより、XY断面及びZX断面の両断面内における深度幅が、共通深度幅に対して不必要に大きくなることなく、すなわち、両断面内における光利用効率と結像性能(解像度)とを両立するための最適な光学構成を達成することができる。

10

【0039】

ここで、条件式(4)及び(5)の数値範囲について説明する。通常、光学装置における各部材の配置誤差等により、非点隔差や深度幅の変動が生じた場合、共通深度幅は最大で20%程度減少しうる。この時、光学装置を構成する各部材の配置誤差等の影響は、XY断面内とZX断面内とで異なるため、その差異を考慮して、共通深度幅に余裕を持たせた構成とすることが望ましい。

【0040】

そこで、配置誤差等の影響を考慮して、本実施例に係る光学装置を、条件式(4)及び(5)に示したように  $x_s$  と  $x_m$  との比が0.8~1.2の範囲に収まるように構成している。 $x_s$  と  $x_m$  との比が条件式(4)及び(5)の範囲から外れると、XY断面内とZX断面内とにおける深度幅の差が大きくなり、両断面内において光利用効率を確保しつつ良好な結像性能を達成することができなくなる。なお、可能な限り配置誤差の影響を抑えることができる場合は、次式(6)を満足する構成とすることがさらに好ましい。

20

【0041】

【数7】

$$0.85 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} \leq 1.15 \quad (6)$$

30

【0042】

次に、発光点位置毎の深度幅の変化について説明する。

【0043】

まず、図3(a)及び(b)を参照し、XY断面内において、光源101の各発光点が結像光学系105により受光面106上に結像される時の振る舞いについて説明する。

【0044】

図3(a)は、XY断面内において、1つのレンズ光学系105aの光軸上に位置する(以後、「軸上物体高にある」と表現する)発光点101aが受光面106上に結像される様子を示した図である。発光点101aより出射した光線は、結像部102を介して中間結像面Aで一旦集光され、その後、結像部104を介して受光面106上に集光される。この時、発光点101aより出射した光線は、結像部102及び104の夫々における1つのレンズ部のみを通過することになる。つまり、XY断面内において、軸上物体高にある発光点より出射した光線が通過するレンズ光学系105aの個数は1となる。なお、そのレンズ光学系105aを通過した光線のうちの最周辺光線107maが受光面106に入射する時に成す角の半値、すなわち発光点101aより出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $m_a$  は7.32度となる。

40

【0045】

一方、図3(b)は、XY断面内において、隣り合うレンズ光学系105aの光軸同士の間中位置を通り、かつ光軸に平行な直線上に位置する(以後、「中間物体高にある」と表現する)発光点101bが受光面106上に結像される様子を示した図である。発光点

50

101 aより出射した光線と同様に、発光点101 bより出射した光線は、結像部102を介して中間結像面Aで一旦集光され、その後、結像部104を介して受光面106上に集光される。この時、発光点101 bより出射した光線は結像部102及び104の夫々において2つのレンズ部を通過することになる。つまり、XY断面内において、中間物体高にある発光点より出射した光線が通過するレンズ光学系105 aの個数は2となる。なお、各レンズ光学系105 aを通過した光線のうちの最周辺光線107 m bが受光面106に入射する時に成す角の半値、すなわち発光点101 bより出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $m_b$  は13.46度となる。

【0046】

このように、XY断面内においては、各発光点より出射した光線の夫々が通過するレンズ光学系105 aの個数は、その発光点の位置に応じて変化するため、結像光束の開き角の半値  $m$  も発光点の位置によって変化する。その結果、発光点の位置に応じて深度幅が異なることになる。なお、本実施例では、通過するレンズ光学系105 aの個数が最大となるのは、中間物体高にある発光点（発光点101 b）から出射した結像光束である。すなわち、中間物体高にある発光点（発光点101 b）からの光線が成す結像光束の開き角の半値  $m$  が最も大きくなる（最大値となる）とみなすことができる。よって、光源101の各発光点のうち、中間物体高にある発光点からの結像光束に対する深度幅が最小となる。

【0047】

ここで、厳密に言えば、中間物体高にある発光点（発光点101 b）からの結像光束の開き角の半値  $m$  が最大になるわけではない。しかし、結像光束の開き角の半値  $m$  は、結像光束が通過するレンズ光学系105 aの個数によりほぼ決まるため、その個数が変わらなければ、発光点位置による差はないとみなすことができる。従って、本実施例においては、光源101における複数の発光点のうち、中間物体高にある発光点（発光点101 b）からの結像光束の開き角の半値  $m$  が最大であるとみなしている。

【0048】

同様に、図3(c)及び(d)を参照し、ZX断面内において、前述した発光点101 a及び101 bの夫々が結像光学系105により受光面106上に結像される時の振る舞いについて説明する。

【0049】

図3(c)に示すように、発光点101 aより出射した光線は、結像部102を介して略平行光となり、その後、結像部104に入射して受光面106上に集光される。ここで、結像光学系105は、ZX断面内においては倒立等倍結像系であるため、発光点101 aより出射した光線が通過するレンズ光学系105 aの個数は、第2の方向におけるレンズ列の配列数となる。本実施例においては、第2の方向におけるレンズ列の配列数は1列であるので、発光点101 aより出射した光線は1つのレンズ光学系105 aのみを通過することになる。なお、そのレンズ光学系105 aを通過した光線のうちの最周辺光線107 s aが受光面106に入射する時に成す角の半値、すなわち発光点101 aより出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $s_a$  は21.14度となる。

【0050】

また、図3(d)に示すように、発光点101 bより出射した光線も、結像部102を介して略平行光となり、その後、結像部104に入射して受光面106に集光される。よって、発光点101 aより出射した光線と同様に、発光点101 bより出射した光線も、1つのレンズ光学系105 aのみを通過することになる。なお、そのレンズ光学系105 aを通過した光線のうちの最周辺光線107 s bが受光面106に入射する時に成す角の半値、すなわち発光点101 bより出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $s_b$  は、 $s_a$ と同様に21.14度となる。

【0051】

このように、本実施例では、ZX断面内において各発光点より出射した光線の夫々が通過するレンズ光学系105 aの個数は、発光点の位置に応じて変化しないため、結像光束

10

20

30

40

50

の開き角の半値  $\theta_s$  は発光点の位置によらず一定である。すなわち、発光点の位置によらず深度幅が一定となる。

【 0 0 5 2 】

以上のように、本実施例に係る光走査装置では、X Y 断面内において発光点位置毎に深度幅が変化しており、Z X 断面内においては深度幅が発光点の位置によらず一定である。

【 0 0 5 3 】

上述した発光点位置毎の深度幅の差を考慮して、光源 1 0 1 におけるいずれの発光点も結像光学系 1 0 5 により結像される時に、X Y 断面内及び Z X 断面内での深度幅を略等しくする（揃える）べきであるのかを考える。

【 0 0 5 4 】

図 4 ( a ) 及び ( b ) は、2 パターンの深度幅の揃え方の説明するための図である。図 4 ( a ) 及び ( b ) では、X Y 断面内における各発光点に対応するデフォーカス許容値を繋いだものを、破線  $-x_m$  及び  $+x_m$  で示し、Z X 断面内における各発光点に対応するデフォーカス許容値を繋いだものを、実線  $-x_s$  及び  $+x_s$  で示している。すなわち、破線  $-x_m$  及び  $+x_m$  同士の間隔は各発光点に対応する X Y 断面内での深度幅を示し、実線  $-x_s$  及び  $+x_s$  同士の間隔は各発光点に対応する Z X 断面内での深度幅を示している。図 4 ( a ) 及び ( b ) からわかるように、X Y 断面内での深度幅は発光点位置毎に変動するのに対して、Z X 断面内での深度幅は発光点位置によらず一定である。

【 0 0 5 5 】

ここで、図 4 ( a ) は、X Y 断面内での深度幅が最も広くなる時の発光点位置にて、X Y 断面内及び Z X 断面内での深度幅を揃えたパターンである。この時、共通深度幅は X Y 断面内における最も狭い深度幅と等しくなるため、共通深度幅と X Y 断面内での最も広い深度幅との差分だけ光利用効率を損していることになる。一方、図 4 ( b ) は、X Y 断面内の深度幅が最も狭くなる時の発光点位置にて、X Y 断面内及び Z X 断面内での深度幅を揃えたパターンである。この時、共通深度幅は X Y 断面内での最も狭い深度幅及び Z X 断面内での深度幅と等しくなるため、共通深度幅と X Y 断面内での最も広い深度幅との差分だけ光利用効率を損していることになる。

【 0 0 5 6 】

図 4 ( a ) 及び ( b ) に示した 2 パターンにおいて、光利用効率の損失量は同じである。つまり、図 4 ( a ) に示したパターンよりも、図 4 ( b ) に示したパターンの方が Z X 断面内での深度幅を狭くすることができるため、結像性能において有利となる。そこで、本実施例に係る光学装置は、X Y 断面内で深度幅が最も狭くなるとき、すなわち、各レンズ光学系 1 0 5 a の中間物体高にある発光点が受光面 1 0 6 上に結像されるときに、深度幅が X Y 断面内と Z X 断面内とで略等しくなるように設計している。

【 0 0 5 7 】

上述したように、本実施例において深度幅が最小となるのは、中間物体高における発光点が受光面 1 0 6 上に結像される時である。その時、X Y 断面内における結像光束の開き角の最大値の半値  $\theta_m$  は 1 3 . 4 6 度、Z X 断面内における結像光束の開き角の最大値の半値  $\theta_s$  は 2 1 . 1 4 度である。また、本実施例に係る結像光学系 1 0 5 は、X Y 断面内及び Z X 断面内の夫々において、光源 1 0 1 の各発光点の夫々の等倍像を受光面 1 0 6 上に形成している。よって、X Y 断面内において、受光面 1 0 6 における像の大きさ  $D_m$  は発光点の大きさ  $4 2 . 3 0 \mu\text{m}$  と等しく、Z X 断面内において、受光面 1 0 6 における像の大きさ  $D_s$  は発光点の大きさ  $2 5 . 4 0 \mu\text{m}$  と等しくなる。なお、解像度  $P$  は、X Y 断面内及び Z X 断面内で共に  $1 1 . 8 1 ( 1 \text{ p / m m } ) ( 6 0 0 \text{ d p i 相当 } )$  として評価する。

【 0 0 5 8 】

これらの数値を条件式 ( 5 ) の中辺に代入すると次式 ( 7 ) のようになり、条件式 ( 5 ) 及び ( 6 ) を満足することがわかる。

【 0 0 5 9 】

10

20

30

40

【数 8】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 0.87 \quad (7)$$

【0060】

図5は、本実施例に係る結像光学系105の、XY断面内及びZX断面内における深度特性を示した図である。図5(a)は、軸上物体高にある発光点が受光面106上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係を示しており、各コントラスト値においてXY断面内での深度幅がZX断面内での深度幅に対して大きくなっている。一方、図5(b)は、中間物体高にある発光点が受光面106上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係を示しており、各コントラスト値においてXY断面内とZX断面内とで深度幅が略等しくなっている。

10

【0061】

表2に、中間物体高にある発光点が受光面106上に結像される時の、コントラスト毎の、XY断面内とZX断面内との夫々における深度幅及びその比を示す。

【0062】

【表2】

コントラスト	$\Delta x_m$	$\Delta x_s$	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.073	0.104	1.33
90%	0.113	0.125	1.03
80%	0.137	0.144	1.00
70%	0.156	0.156	0.98
60%	0.170	0.165	0.96
50%	0.183	0.173	0.94
40%	0.196	0.181	0.93

20

30

【0063】

表2より、コントラスト40～90%の範囲において、XY断面内とZX断面内とで深度幅が略等しくなっている。すなわち、中間物体高にある発光点が受光面106上に結像される時の、XY断面内及びZX断面内における深度幅が揃っていることがわかる。よって、本実施例に係る光学装置を、条件式(5)を満たした構成とすることで、光利用効率及び結像性能の両立を達成することができるということが示された。なお、XY断面内及びZX断面内における深度幅の比が式(7)の数値と異なるのは、式(7)の数値は理論的な値であり、実際は結像光学系105の収差等の影響により誤差が生じるからである。

【0064】

なお、上述したように、条件式(5)はコントラスト100%である時の深度幅を考慮して導出したものであるため、本来であればコントラスト100%において両断面内での深度幅が揃っている(略等しくなる)ことを確認すべきである。しかし、先に述べたとおり、結像光学系105の収差を考慮していないことにより生じる誤差のため、特にコントラスト100%において確認するのは難しい。そこで、条件式(5)を光学装置に適用する場合は、結像光学系105の収差による影響を考慮して、コントラスト90%～80%において両断面内での深度幅の比を評価することが望ましい。

40

【0065】

また、実際の画像形成装置(及び画像読取装置)において要求されるのは、コントラスト40%～80%において評価した深度幅である。ここで、条件式(5)は、コントラスト100%における深度幅を考慮して導出されたものであるが、コントラスト40%～8

50

0%の深度幅においても近似的に適用することができる。

【0066】

以上のように、本実施例に係る光学装置によれば、結像光学系105が中間物体高の発光点を受光面106上に結像する時の深度幅を、XY断面内とZX断面内とで略等しくすることにより、光利用効率を確保しつつ、良好な結像性能を提供することができる。

【0067】

ここで、光源101が有する1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系105aの最大個数を考慮した条件式について説明する。なお、本実施例では、ZX断面内において光線が通過するレンズ光学系105aの個数は変化しないため、XY断面内において1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系105aの最大個数のみを考慮する。

10

【0068】

1つのレンズ光学系105aが光線を取り込める最大物体高をL、レンズ光学系の配列ピッチをp、とする時、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系105aの最大個数は、 $n_m = 1 + \text{整数部}[2 \times L / p]$ で表わされる。 $n_m$ が奇数の場合、軸上物体高にある発光点からの結像光束が受光面106に入射する時に、開き角の半値 $\theta_m$ が最も大きくなる(最大値となる)。 $n_m$ が偶数の場合、中間物体高にある発光点からの結像光束が受光面106に入射する時に、開き角の半値 $\theta_m$ が最も大きくなる(最大値となる)。よって、結像光束の開き角の最大値の半値 $\theta_m$ の値は、 $n_m$ の値に応じて変化することになる。

【0069】

20

ここで、上述したXY断面内における $\tan \theta_m$ は、各レンズ光学系105aの第1の方向における配列ピッチpと、光線が通過するレンズ光学系105aの個数の最大値 $n_m$ と、結像部104と受光面106との距離lとにより、次式(8)として表される。

【0070】

【数9】

$$\tan \theta_m = \frac{1}{l} \times n_m \times \frac{p}{2} = \frac{n_m p}{2l} \quad (8)$$

【0071】

また、ZX断面内における $\tan \theta_s$ は、結像光学系105の第2の方向の最大有効幅Tと、結像部104と受光面106との距離lと、に基づいて、次式(9)のように表される。

30

【0072】

【数10】

$$\tan \theta_s = \frac{1}{l} \times \frac{T}{2} = \frac{T}{2l} \quad (9)$$

【0073】

なお、結像光学系105の第2の方向の最大有効幅Tとは、各結像部において結像光束が通過する領域の第2の方向の最大幅のことである。本実施例に係る結像光学系105のように、レンズ列が第2の方向に1列のみ配列された構成においては、結像光学系105の第2の方向の最大有効幅Tはレンズ光学系105aの第2の方向の開口幅(開口サイズ)と等しくなる。

40

【0074】

式(8)及び式(9)より、式(5)は次式(10)のように変形することができる。

【0075】

【数 1 1】

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} \leq 1.2 \quad (10)$$

【0076】

本実施例では、式(10)を満足するように、配列ピッチ  $p$  と、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系 105a の個数の最大値  $n_m$  と、結像光学系 105 の第 2 の方向の最大有効幅  $T$  と、を設定している。これにより、XY 断面内と ZX 断面内とで深度幅を略等しくすることができる。なお、結像性能の安定性を 15% の減少に抑えるために、

10

【0077】

【数 1 2】

$$0.85 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} \leq 1.15 \quad (11)$$

【0078】

本実施例においては、各レンズ光学系 105a の配列ピッチ  $p$  は 0.77 mm であり、結像光学系 105 の第 2 の方向の最大有効幅  $T$  は、レンズ光学系 105a の開口サイズと等しい 2.44 mm である。また、深度幅が最小となる中間物体高における発光点からの光線を考慮すると、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系 105a の最大個数  $n_m$  は 2 となる。なお、 $P_i$  及び  $D_i$  の値は前述の通りである。よって、これらの値を式(10)の中辺に代入すると、次式(12)のようになり、条件式(10)及び(11)を満足することがわかる。

20

【0079】

【数 1 3】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 0.88 \quad (12)$$

30

【0080】

なお、式(12)と式(7)とを比較すると、中辺の値がわずかに異なっているが、これは式(8)において近似が含まれているためであり、原理的な思想に相違はない。

【0081】

以上より、本実施例に係る光学装置においては、式(5)又は(6)、あるいは式(10)又は(11)を満たすように、レンズ光学系を設計している。これにより、中間物体高における発光点が受光面 106 上に結像される時の深度幅が XY 断面内と ZX 断面内とで略等しくなり、光利用効率を確保しつつ良好な結像性能を達成している。

【0082】

40

[実施例 2]

次に、本発明の実施例 2 に係る光学装置について詳細に説明する。なお、実施例 1 と同一または同等の構成部分については同一の符号を付し、その説明を簡略もしくは省略する。

【0083】

本実施例と実施例 1 とで異なる点は、ZX 断面内における、光源 101 の各発光点の大きさ及び結像部 104 が有するレンズ部の開口サイズである。具体的には、本実施例に係る光学装置は、光源 101 の各発光点の大きさを XY 断面内と ZX 断面内とで等しく、すなわち両断面内での解像度を等しくし、かつ結像部 104 におけるレンズ部の開口サイズ  $A_s$  を実施例 1 に対して変更した構成である。

50

【 0 0 8 4 】

この時、本実施例に係る結像光学系 1 0 5 は X Y 断面内及び Z X 断面内において等倍結像する構成であるため、各発光点からの光線により受光面 1 0 6 上に形成される像の大きさも、X Y 断面内と Z X 断面内とで等しくなる。すなわち、 $D_m = D_s$ 、かつ  $P_m = P_s$  であるため、上述した条件式 ( 5 ) 及び式 ( 1 0 ) は次式 ( 1 3 ) 及び ( 1 4 ) のようになる。

【 0 0 8 5 】

【数 1 4】

$$0.8 \leq \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} \leq 1.2 \quad (13)$$

10

【 0 0 8 6 】

【数 1 5】

$$0.8 \leq \frac{n_m P}{T} \leq 1.2 \quad (14)$$

【 0 0 8 7 】

本実施例においては、各結像部の第 2 の方向の開口サイズ  $A_s$  すなわち、結像光学系 1 0 5 の第 2 の方向の最大有効幅  $T$  を 1 . 7 0 mm としている。これにより、中間物体高における発光点からの光線が受光面 1 0 6 に入射する時の、Z X 断面内における結像光束の開き角の最大値の半値  $\theta_s$  は 1 5 . 0 7 度となる。このとき、1 つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系 1 0 5 a の最大個数  $n_m$  の値など、その他の値は実施例 1 に対して変化しない。よって、これらの値を式 ( 1 3 ) 及び ( 1 4 ) の中辺に代入すると、次式 ( 1 5 ) 及び ( 1 6 ) のようになり、条件式 ( 1 3 ) 及び ( 1 4 ) を満足することがわかる。

20

【 0 0 8 8 】

【数 1 6】

$$\frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 0.89 \quad (15)$$

30

【 0 0 8 9 】

【数 1 7】

$$\frac{n_m P}{T} = 0.91 \quad (16)$$

【 0 0 9 0 】

図 6 は、図 5 と同様に、本実施例に係る結像光学系 1 0 5 の、X Y 断面内及び Z X 断面内での深度特性を示した図である。図 6 ( a ) は軸上物体高にある発光点からの光線の深度幅とコントラストとの関係を示しており、図 5 ( a ) と同様に、各コントラスト値において X Y 断面内での深度幅が Z X 断面内での深度幅に対して大きくなっている。それに対して、図 6 ( b ) に示した中間物体高にある発光点からの光線の深度幅とコントラストとの関係より、X Y 断面内と Z X 断面内とで深度幅が略等しくなっていることがわかる。

40

【 0 0 9 1 】

表 3 に、中間物体高にある発光点が発光面 1 0 6 上に結像される時の、コントラスト毎の、X Y 断面内及び Z X 断面内の夫々における深度幅及びその比を示す。

【 0 0 9 2 】

【表 3】

コントラスト	$\Delta x_m$	$\Delta x_s$	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.086	0.105	1.16
90%	0.119	0.128	1.07
80%	0.143	0.153	1.08
70%	0.159	0.167	1.07
60%	0.171	0.181	1.09
50%	0.183	0.195	1.11
40%	0.198	0.219	1.13

10

## 【0093】

表3より、コントラスト40～90%の範囲において、XY断面内とZX断面内とで深度幅を略等しくできていることがわかる。よって、本実施例に係る光学装置を、条件式(5)及び条件式(10)を満たす構成とすることで、中間物体高にある発光点が受光面106上に結像される時の、XY断面内及びZX断面内における深度幅が揃えることができる。

20

## 【0094】

このように、本実施例に係る光学装置によれば、発光点サイズ等のパラメータ値に関わらず、光利用効率を確保しつつ良好な結像性能を達成することができる。

## 【0095】

## [実施例3]

次に、本発明の実施例3に係る光学装置について詳細に説明する。なお、実施例1と同一または同等の構成部分については、その説明を簡略もしくは省略する。

## 【0096】

本実施例が実施例1に対し、主として異なっている点は、1つのレンズ光学系が光線を取り込める最大物体高L及びレンズ光学系の配列ピッチpの値である。本実施例に係る結像光学系の諸特性を、表4に示す。

30

## 【0097】

【 表 4 】

構成		非球面形状							
		レンズ面702a		レンズ面702b		レンズ面704b		レンズ面704a	
		R	k	R	k	R	k	R	k
解像度	dpi	600	620	0	0	0	0	0	0
波長	$\lambda$ (nm)	1.534	3.90	0	0	0	0	0	0
屈折率	$n$ ( $\lambda=620\text{nm}$ )	1.534	3.90	0	0	0	0	0	0
レンズ部の第1の方向のFno	Fno_m	3.90	1.30	-0.82549	0.82549	-0.82549	0.82549	-0.50277	0.50277
レンズ部の第2の方向のFno	Fno_s	1.30	-0.45	0.29164	-0.29164	0.29164	-0.29164	0.51259	-0.51259
レンズ部の第1の方向の倍率	$\beta$ m	-0.45	0.76	-0.24716	0.24716	-0.55971	0.55971	0.24716	-0.24716
レンズ部の第1の方向の配列ピッチ	p (mm)	0.76	291	0.08357	-0.08357	-0.01894	0.01894	0.08357	-0.08357
レンズ部の第1の方向の配列個数	Nm (個)	291	1	-0.78249	0.78249	-0.78249	0.78249	6.91825	-6.91825
レンズ部の第2の方向の配列個数	Ns (個)	1	0.873	-0.19504	0.19504	-0.19504	0.19504	0.15643	-0.15643
レンズ部が光を取り込める最大物体高	L (mm)	0.873	42.30	0.09481	-0.09481	0.09481	-0.09481	0.15873	-0.15873
発光点の第1の方向の大きさ	Dm (um)	42.30	25.40	-0.15055	0.15055	-0.30023	0.30023	0.15055	-0.15055
発光点の第2の方向の大きさ	Ds (um)	25.40	0.76	5.65920	-5.65920	3.06561	-3.06561	5.65920	-5.65920
開口サイズ				A82	-13.83601	A82	6.53977	A82	13.83601
結像部702の第1の方向の開口サイズ	Am1 (mm)	0.76	2.44	A04	-0.03679	A04	0.00756	A04	0.03679
結像部702の第2の方向の開口サイズ	As1 (mm)	2.44	0.76	A24	0.14799	A24	-0.03211	A24	-0.14799
結像部704の第1の方向の開口サイズ	Am2 (mm)	0.76	2.44	A44	-1.03706	A44	-0.59005	A44	1.03706
結像部704の第2の方向の開口サイズ	As2 (mm)	2.44	0.76	A64	-1.89450	A64	0.69876	A64	-1.89450
配置				A06	0.01270	A06	-0.00111	A06	-0.01270
光源701-レンズ面702aの間隔	d1 (mm)	2.65	1.25	A26	-0.07715	A26	0.00101	A26	0.07715
レンズ面702a-レンズ面702bの間隔	d2 (mm)	1.25	2.16	A46	0.97142	A46	0.41327	A46	-0.97142
レンズ面702b-レンズ面704aの間隔	d3 (mm)	2.16	1.25	A08	-0.00611	A08	-0.00105	A08	0.00611
レンズ面704a-レンズ面704bの間隔	d4 (mm)	1.25	2.65	A28	-0.01342	A28	-0.01827	A28	0.01342
レンズ面704b-受光面706の間隔	d5 (mm)	2.65	1.25	A010	0.00128	A010	0.00010	A010	-0.00128

【 0 0 9 8 】

まず、図7(a)及び(b)を参照し、XY断面内において、光源701の各発光点が結像光学系705により受光面706上に結像される時の振る舞いについて説明する。

## 【 0 0 9 9 】

図7(a)は、XY断面内において、軸上物体高にある発光点701aが受光面706上に結像される様子を示した図である。発光点701aより出射した光線は、結像部702を介して中間結像面Aで一旦集光され、その後、結像部704を介して受光面706上に集光される。この時、発光点701aより出射した光線は、結像部702及び704の夫々において3つのレンズ部を通過する。つまり、XY断面内において、軸上物体高にある発光点より出射した光線が通過するレンズ光学系705aの個数は3となる。図より、中央の(発光点701aが位置する軸上の)レンズ光学系705aに大半の光線が入射している一方で、そのレンズ光学系705aの両端の2つのレンズ光学系705aに入射する光線は僅かであることがわかる。

10

## 【 0 1 0 0 】

一方、図7(b)は、XY断面内において、中間物体高にある発光点701bが受光面706上に結像される様子を示した図である。発光点701aより出射した光線と同様に、発光点701bより出射した光線は、結像部702を介して中間結像面Aで一旦集光され、その後、結像部704を介して受光面706上に集光される。この時、発光点701bより出射した光線は結像部702及び704の夫々において2つのレンズ部を通過することになる。つまり、XY断面内において、中間物体高にある発光点より出射した光線が通過するレンズ光学系705aの個数は2となる。

## 【 0 1 0 1 】

同様に、図7(c)及び7(d)を参照し、ZX断面内において、前述した発光点701a及び701bからの光線の夫々が結像光学系705により受光面706上に結像される時の振る舞いについて説明する。

20

## 【 0 1 0 2 】

図7(c)に示すように、発光点701aより出射した光線は、結像部702を介して略平行光となり、その後、結像部704に入射して受光面706上に集光される。ここで、結像光学系705は、ZX断面内においては倒立等倍結像系であるため、発光点701aより出射した光線が通過するレンズ光学系705aの個数は、第2の方向におけるレンズ列の配列数となる。本実施例においては、第2の方向におけるレンズ列の配列数は1列であるので、発光点701aより出射した光線は1つのレンズ光学系705aのみを通過することになる。なお、そのレンズ光学系705aを通過した光線のうちの最周辺光線707saが受光面706に入射する時に成す角の半値、すなわち発光点701aより出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $s_a$  は20.27度となる。

30

## 【 0 1 0 3 】

また、図7(d)に示すように、発光点701bより出射した光線も、結像部702を介して略平行光となり、その後、結像部704に入射して受光面706に集光される。よって、発光点701aより出射した光線と同様に、発光点701bより出射した光線も、1つのレンズ光学系705aのみを通過することになる。なお、そのレンズ光学系705aを通過した光線のうちの最周辺光線707sbが、受光面706に入射する時に成す角の半値、すなわち発光点701bより出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $s_b$  は、 $s_a$  と同様に20.27度となる。

40

## 【 0 1 0 4 】

ここで、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系705aの最大個数を算出する。本実施例において、1つのレンズ光学系705aが光線を取り込める最大物体高  $L = 0.87\text{mm}$ 、レンズ光学系705aの配列ピッチ  $p = 0.76\text{mm}$  である。この時、XY断面内において1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系705aの最大個数  $n_m = 1 + \text{整数部}[2 \times L / P] = 3$  となる。 $n_m$  が奇数であるため、軸上物体高にある発光点からの結像光束が受光面706に入射する時に、開き角の半値  $\theta_m$  が最も大きくなる(最大値となる)。よって、本実施例では、XY断面内において3つのレンズ光学系705aを通過した光線のうちの最周辺光線707maが受光面706に入射する時に成す角の半値  $\theta_{m a} = 20.06$  度が、結像光束の開き角の最大値の半値となる。

50

【 0 1 0 5 】

一方、先に述べたように、Z X断面内において1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系705aの最大個数 $n_s = 1$ であり、Z X断面内における結像光束の開き角の最大値の半値 $\theta_s$ は20.27度となる。また、各結像部の第2の方向の開口サイズ $A_s$ 、すなわち結像光学系705の第2の方向の最大有効幅 $T$ は2.44mmである。

【 0 1 0 6 】

これらの値を式(5)及び式(10)の中辺に代入すると、次式(17)及び(18)のようになる。

【 0 1 0 7 】

【数18】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 1.38 \quad (17)$$

10

【 0 1 0 8 】

【数19】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 1.31 \quad (18)$$

20

【 0 1 0 9 】

つまり、式(17)及び(18)の値は条件式(5)及び(10)を満たしていないことがわかる。

【 0 1 1 0 】

図8は、図5と同様に、本実施例に係る結像光学系705の、XY断面内及びZX断面内での深度特性を示した図である。図8(a)は軸上物体高にある発光点が受光面706上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係を示しており、図5(a)と同様に、各コントラスト値においてXY断面内での深度幅がZX断面内での深度幅に対して大きくなっている。それに対して、図8(b)に示した中間物体高にある発光点が受光面706上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係より、XY断面内とZX断面内とで深度幅が略等しくなっていることがわかる。

30

【 0 1 1 1 】

表5に、中間物体高にある発光点が受光面706上に結像される時の、コントラスト毎の、XY断面内及びZX断面内の夫々における深度幅及びその比を示す。

【 0 1 1 2 】

【表5】

コントラスト	$\Delta x_m$	$\Delta x_s$	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	—	0.103	—
90%	0.105	0.120	1.12
80%	0.139	0.141	1.01
70%	0.157	0.155	0.98
60%	0.169	0.165	0.98
50%	0.181	0.174	0.98
40%	0.193	0.183	0.97

40

【 0 1 1 3 】

50

表5より、式(17)及び(18)の値が条件式(5)及び(10)を満たしていないにも関わらず、表5より、コントラスト40～90%の範囲で、XY断面内とZX断面内とで深度幅を略等しくできていることがわかる。

【0114】

この原因は、コントラスト100%における深度幅を想定して導出した条件式(5)及び(10)を、コントラスト40～80%における深度幅を想定した条件式として近似して使用しようとしたことにある。実施例1及び2では、コントラスト40%～80%における深度幅で評価する場合においても、条件式(5)及び(10)を近似的に使用することができた。しかし、本実施例のように、その近似が適用できず、条件式(5)及び(10)を使用できない場合、コントラスト40%～80%における深度幅で評価を行う場合を想定し、式(5)及び(10)に相当する式を組み立てる必要がある。

10

【0115】

本実施例において、コントラスト40%～80%における深度幅で評価を行う場合に、条件式(5)及び(10)が適用できない理由を考える。本実施例では、軸上物体高からの光線が3つのレンズ光学系705aを通過している。ここで、図7(a)を見てわかるように、3つのレンズ光学系705aのうちの両端にある2つのレンズ光学系705aを通過する光線が非常に少なく、ほとんどの光線は中央の1つのレンズ光学系705aのみを通過している。そのため、該両端のレンズ光学系705aを通過する光線に対して、コントラスト40～80%(隣り合う2つの発光点の像が互いに重なる許容範囲)を考慮した $x_i'$ を定義する必要がある。

20

【0116】

ここで、結像光学系705のうちの、あるレンズ光学系705aに対する物体高と光利用効率との関係を図9に示す。図9を見てわかるように、1つのレンズ光学系705aにおいては、発光点が位置する物体高が大きくなるにつれて取り込める光量が減少していき、最大物体高 $L$ よりも大きな物体高からは光線が取り込めなくなる。この時、コントラスト100%を想定したときの $x_i$ を定義する場合は、レンズ光学系705aが取り込む光線がわずかである物体高も考慮する必要がある。しかし、コントラスト40～80%を想定した $x_i'$ を定義する場合は、レンズ光学系705aが取り込む光線の光量がある一定量以下である物体高に対しては、レンズ光学系705aは光線を取り込んでいないものとみなす必要がある。

30

【0117】

そこで、本実施例では、コントラスト40～80%を想定した時の、1つのレンズ光学系705aが光線を取り込める有効最大物体高 $L'$ を定義する。そして、有効最大物体高 $L'$ 以下の各物体高からの光線が通過するレンズ光学系705aの有効最大個数 $n_i'$ と、有効最大物体高 $L'$ 以下の各物体高からの結像光束の有効開き角の半値 $\theta_i'$ とにより、 $x_i'$ を定義する。

【0118】

コントラスト40～80%を想定した場合に、結像に寄与する光線を考慮すると、発明者の経験上、概して有効最大物体高 $L' = 0.85L$ と定義することができる。本実施例においては、物体高 $L' = 0.85 \times 0.87 = 0.74 \text{ mm}$ となるので、XY断面内において1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系705aの有効最大個数 $n_m' = 1 + \text{整数部}[2 \times L' / p] = 1 + \text{整数部}[2 \times 0.85L / p] = 2$ となる。 $n_m'$ が偶数であるため、中間物体高にある発光点からの結像光束が受光面706に入射する時に、有効開き角の半値 $\theta_m'$ が最も大きくなる(最大値となる)。よって、本実施例では、XY断面内における結像光束の有効開き角の最大値の半値 $\theta_m'$ は $13.98$ 度となる。

40

【0119】

一方、先に述べたように、ZX断面内においては、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系705aの有効最大個数 $n_s' = 1$ 、結像光束の有効開き角の最大値の半値 $\theta_s' = 21.31$ 度である。また、各結像部の第2の方向の開口サイズ $A_s$ 、すなわち結像光学系705の第2の方向の最大有効幅 $T$ は $2.44 \text{ mm}$ である。開き角 $\theta_i$ を有効

50

開き角  $\theta_i'$  に置き換え、かつ最大個数  $n_m$  有効最大個数  $n_m'$  に置き換え、これらの値を式(5)及び式(10)の中辺に代入すると、次式(19)及び(20)のようになり、条件式(5)及び(10)を満足することがわかる。

【0120】

【数20】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 0.89 \quad (19)$$

【0121】

【数21】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 0.87 \quad (20)$$

10

【0122】

このように、本実施例に係る光学装置によれば、コントラスト40～80%を想定して、有効開き角  $\theta_i'$  または有効最大個数  $n_m'$  を考慮して設計することで、光利用効率を確保しつつ良好な結像性能を達成することができる。

【0123】

[実施例4]

20

次に、本発明の実施例4に係る光学装置について詳細に説明する。なお、実施例1と同一または同等の構成部分については、その説明を簡略もしくは省略する。本実施例が実施例1に対し、主として異なっている点は、各レンズ光学系がZ-X断面内において拡大光学系となっており、Z-X断面内での発光点サイズと受光面上での像の大きさが異なる点である。

【0124】

図10は本実施例に係る光学装置の要部概略図であり、図10(a)及び10(b)はXY断面、図10(c)及び10(d)はZX断面を示している。本実施例に係る光学装置は、物体面に配置された複数の発光点を含む光源1001と、光源1001から出射する複数の光線を受光面(像面)1006に集光する結像光学系1005と、を備える。

30

【0125】

結像光学系1005は、第1の方向に配列された複数のレンズ光学系1005aと、迷光光線を遮光する遮光部1003と、を含むレンズアレイである。各レンズ光学系1005aは、同一の光軸上に配置された結像部1002及び1004を含んでいる。なお、実施例1とは異なり、結像部1002を構成する各レンズ部と結像部1004を構成する各レンズ部とは異なる形状である。これにより、本実施例は、結像光学系1005がZ-X断面内において拡大系をなしている。また、結像部1002の各レンズ部のレンズ面1002a、1002b、及び、結像部1004の各レンズ部のレンズ面1004a、1004bの夫々は、アナモフィックな非球面形状となっており、その非球面形状は前述した式(1)で表わされる。

40

【0126】

本実施例に係る結像光学系1005の諸特性を、表6に示す。

【0127】

【表6】

構成			非球面形状							
パラメータ	値		レンズ面1002a		レンズ面1002b		レンズ面1004b		レンズ面1004a	
解像度	$\phi_i$	600	R	0	R	0	R	0	R	0
波長	$\lambda(\text{nm})$	780	k	0	k	0	k	0	k	0
屈折率	$n(\lambda=780\text{nm})$	1.486								
レンズ部の第1の方向のFno	$Fno_m$	3.90	A20	0.49353	A20	-0.84151	A20	0.84151	A20	-0.49353
レンズ部の第2の方向のFno	$Fno_s$	1.20	A40	-0.51152	A40	0.29629	A40	-0.29629	A40	0.51152
レンズ部の第1の方向の倍率	$\beta_m$	-0.45	A60	-0.58605	A60	-0.45822	A60	0.45822	A60	0.58605
レンズ部の第1の方向の歪りピッチ	$p(\text{mm})$	0.77	A80	0.55114	A80	-2.30492	A80	2.30492	A80	-0.55114
レンズ部の第1の方向の歪り数	$Nm(\text{個})$	291	A100	-6.18001	A100	8.30369	A100	-8.30369	A100	6.18001
レンズ部の第2の方向の歪り数	$Ns(\text{個})$	1	A02	0.20133	A02	-0.23125	A02	0.19949	A02	-0.03519
レンズ部を光を取り込む最大物体高	$L(\text{mm})$	0.768	A22	-0.25709	A22	0.10385	A22	-0.02678	A22	0.14680
発光点の第1の方向の大きさ	$Dm(\mu\text{m})$	42.30	A42	0.03333	A42	-0.41981	A42	0.22126	A42	0.28788
発光点の第2の方向の大きさ	$Ds(\mu\text{m})$	25.40	A62	5.65825	A62	3.25668	A62	-1.32747	A62	-2.40382
開口サイズ			A82	-11.79314	A82	-6.03053	A82	1.49199	A82	23.62346
結像部1002の第1の方向の開口サイズ	$Am1(\text{mm})$	0.7	A04	-0.02012	A04	0.00680	A04	0.00382	A04	0.01535
結像部1002の第2の方向の開口サイズ	$As1(\text{mm})$	2.44	A24	0.16833	A24	0.01902	A24	-0.07111	A24	-0.19636
結像部1004の第1の方向の開口サイズ	$Am2(\text{mm})$	0.7	A44	-0.85689	A44	-0.32633	A44	0.61214	A44	1.36064
結像部1004の第2の方向の開口サイズ	$As2(\text{mm})$	2.44	A64	-2.75367	A64	-1.71326	A64	0.10789	A64	-5.64660
配置			A06	0.01283	A06	0.00356	A06	0.00032	A06	-0.00686
光源1001-レンズ面1002aの間隔	$d1(\text{mm})$	2.62	A26	-0.02314	A26	-0.01182	A26	-0.01030	A26	0.05265
レンズ面1002a-レンズ面1002bの間隔	$d2(\text{mm})$	1.27	A46	0.69981	A46	0.41193	A46	-0.62041	A46	-2.47916
レンズ面1002b-レンズ面1004aの間隔	$d3(\text{mm})$	2.16	A08	0.00714	A08	0.00306	A08	-0.00070	A08	-0.01322
レンズ面1004a-レンズ面1004bの間隔	$d4(\text{mm})$	1.27	A28	-0.00717	A28	0.02039	A28	0.02811	A28	-0.01344
レンズ面1004b-受光面1006の間隔	$d5(\text{mm})$	2.62	A010	-0.00170	A010	0.00340	A010	0.00348	A010	0.02919

10

【0128】

20

図10(a)は、XY断面内において軸上物体高にある発光点1001aが結像光学系1005により受光面1006上に結像される様子を示した図である。また、図10(b)は、XY断面内において中間物体高にある発光点1001bが結像光学系1005により受光面1006上に結像される様子を示した図である。発光点1001a及び1001bの夫々から出射した光線は、結像部1002を介して中間結像面Aで一旦集光され、その後、結像部1004を介して受光面1006上に集光される。

【0129】

ここで、本実施例においても、実施例1と同様に、発光点1001aより出射した光線は1つのレンズ光学系1005aのみを通過し、発光点1001bより出射した光線は2つのレンズ光学系1005aを通過することになる。なお、発光点1001aから出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $m_a$  は7.31度、発光点1001bから出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $m_b$  は13.49度となる。このように、XY断面内においては、発光点の位置に応じて結像光束の開き角の半値  $m$  が変化するため、発光点の位置によって深度幅が異なっている。

30

【0130】

一方、ZX断面内においては、図7(c)及び(d)に示すように、発光点1001a及び1001bの夫々から出射した光線は、結像部1002を介して略平行光となり、その後、結像部1004に入射して受光面1006上に集光される。ここで、結像光学系1005は、ZX断面内においては倒立結像系であるため、実施例1と同様に、発光点1001a及び1001bの夫々から出射した光線は1つのレンズ光学系1005aのみを通過することになる。また、発光点1001a及び1001bの夫々から出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $s_a$  及び  $s_b$  は、共に17.23度である。このように、ZX断面内においては、結像光束の開き角の半値  $s$  は発光点の位置によらず一定であるため、深度幅も発光点の位置によらず一定となる。

40

【0131】

以上のように、結像光学系1005のXY断面内における深度幅は発光点の位置に応じて異なることに対して、ZX断面内における深度幅は発光点の位置によらず一定である。そこで、本実施例に係る光学装置は、中間物体高における発光点が受光面1006上に結像される時の深度幅が、XY断面内とZX断面内とで略等しくなるように設計している。これにより、XY断面内において最小となる深度幅とZX断面内における深度幅とを略等

50

しくすることができ、光量をできる限り確保しつつ結像性能を安定させることができる。

【0132】

ここで、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系1005aの最大個数を算出する。本実施例においては、1つのレンズ光学系1005aが光を取り込める最大物体高 $L = 0.768$  mm、各レンズ光学系1005aの配列ピッチ $p = 0.77$  mmである。よって、XY断面内において1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系1005aの最大個数 $n_m = 1 + \text{整数部}[2 \times L / P] = 2$ となる。また、コントラスト40~80%を想定した有効最大個数 $n_m' = 1 + \text{整数部}[2 \times 0.85L / P] = 2$ となる。 $n_m$ と $n_m'$ とが等しいため、条件式(5)及び(10)を満たした構成であれば、コントラスト100%を考慮した場合でも、コントラスト40~80%を考慮した場合でも本発明の効果が得られることになる。

10

【0133】

本実施例では、 $n_m$ が偶数であるため、中間物体高にある発光点からの結像光束が受光面1006に入射する時に、開き角の半値 $\theta_m$ が最も大きくなる(最大値となる)。この時、XY断面内における結像光束の開き角の最大値の半値 $\theta_m$ は13.49度となる。一方、先に述べたように、ZX断面内においては、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系1005aの個数 $n_s = 1$ であり、結像光束の開き角の最大値の半値 $\theta_s$ は17.23度となる。また、各結像部の開口サイズ $A_s$ 、すなわち結像光学系1005の第2の方向の最大有効幅 $T$ は2.44 mmである。

【0134】

20

本実施例に係る結像光学系1005は、XY断面内においては光源1001の各発光点の夫々の等倍像を受光面1006上に形成しているため、受光面1006上における像の大きさ $D_m$ は発光点の大きさ(42.30  $\mu\text{m}$ )と等しくなる。一方、ZX断面内においては、結像光学系1005は光源1001の各発光点を1.3倍の倍率で拡大結像しているため、受光面1006における像の大きさ $D_s$ は、発光点の大きさ(25.40  $\mu\text{m}$ )の1.3倍である33.02  $\mu\text{m}$ となる。なお、実施例1と同様に、解像度 $P$ は、XY断面内及びZX断面内で11.81 (lp/mm) (600 dpi相当)として評価する。

【0135】

これらの数値を式(5)及び式(10)の中辺に代入すると次式(21)及び(22)のようになり、式(5)を満足するが、(10)を満足しないことがわかる。

30

【0136】

【数22】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 0.94 \quad (21)$$

【0137】

【数23】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 0.77 \quad (22)$$

40

【0138】

本実施例が条件式(10)を満足しない原因は、本実施例に係る結像光学系1005がZX断面内において拡大光学系であり、上述した式(8)の近似が成立しないためである。このように、条件式(10)は、式(8)が成り立つ光学系でないと適用できない。

【0139】

図11は、実施例1と同様に、本実施例に係る結像光学系1005の、XY断面内及びZX断面内での深度特性を示した図である。図11(a)は、軸上物体高にある発光点を受光面1006上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係を示しており、図5(a)と同様に、各コントラスト値においてXY断面内での深度幅がZX断面内での深度幅

50

に対して大きくなっている。それに対して、図 1 1 ( b ) に示した中間物体高における発光点が受光面 1 0 0 6 上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係より、X Y 断面内と Z X 断面内とで深度幅が略等しくなっていることがわかる。

【 0 1 4 0 】

表 7 に、中間物体高にある発光点が受光面 1 0 0 6 上に結像される時の、コントラスト毎の、X Y 断面内及び Z X 断面内の夫々における深度幅及びその比を示す。

【 0 1 4 1 】

【表 7】

コントラスト	$\Delta x_m$	$\Delta x_s$	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.077	0.105	1.37
90%	0.116	0.141	1.21
80%	0.142	0.161	1.13
70%	0.158	0.175	1.10
60%	0.170	0.189	1.10
50%	0.183	0.203	1.09
40%	0.196	0.217	1.10

10

20

【 0 1 4 2 】

表 7 より、コントラスト 4 0 ~ 8 0 % の範囲において、X Y 断面内と Z X 断面内とで深度幅を略等しくできていることがわかる。つまり、本実施例に係る光学装置を、条件式 ( 5 ) を満たす構成とすることで、中間物体高にある発光点が受光面 1 0 0 6 上に結像される時の、X Y 断面内及び Z X 断面内における深度幅が揃えることができる。

【 0 1 4 3 】

このように、本実施例に係る光学装置によれば、拡大光学系であっても、光利用効率を確保しつつ良好な結像性能を達成することができる。

【 0 1 4 4 】

[ 実施例 5 ]

次に、本発明の実施例 5 に係る光学装置について詳細に説明する。なお、実施例 1 と同一または同等の構成部分については、その説明を簡略もしくは省略する。本実施例が実施例 1 に対し、主として異なっている点は、X Y 断面内において、1 つの発光点から出射した光束が通過するレンズ光学系の個数が増加した点である。

【 0 1 4 5 】

図 1 2 は本実施例に係る光学装置の要部概略図であり、図 1 2 ( a ) 及び 1 2 ( b ) は X Y 断面、図 1 2 ( c ) 及び 1 2 ( d ) は Z X 断面を示している。本実施例に係る光学装置は、物体面に配置された複数の発光点を含む光源 1 2 0 1 と、光源 1 2 0 1 から出射する複数の光線を受光面 ( 像面 ) 1 2 0 6 に集光する結像光学系 1 2 0 5 と、を備える。

【 0 1 4 6 】

結像光学系 1 2 0 5 は、第 1 の方向に配列された複数のレンズ光学系 1 2 0 5 a と、迷光光線を遮光する遮光部 1 2 0 3 と、を含むレンズアレイである。各レンズ光学系 1 2 0 5 a は、同一の光軸上に配置された結像部 1 2 0 2 及び 1 2 0 4 を含んでいる。なお、実施例 1 と同様に、結像部 1 2 0 2 及び 1 2 0 4 の夫々は、同一形状のレンズ部が第 1 の方向に等間隔で配列されて構成されており、結像部 1 2 0 2 と結像部 1 2 0 4 とは光軸方向に対称となるように配置されている。また、結像部 1 2 0 2 の各レンズ部のレンズ面 1 2 0 2 a、1 2 0 2 b、及び、結像部 1 2 0 4 の各レンズ部のレンズ面 1 2 0 4 a、1 2 0 4 b の夫々は、アナモフィックな非球面形状となっており、その非球面形状は前述した式 ( 1 ) で表わされる。

40

【 0 1 4 7 】

50

本実施例に係る結像光学系1205の諸特性を、表8に示す。

【0148】

【表8】

構成			非球面形状							
解像度	dpi	600	レンズ面1202a		レンズ面1202b		レンズ面1204b		レンズ面1204a	
波長	$\lambda$ (nm)	780	R	0	R	0	R	0	R	0
屈折率	$n(\lambda=780nm)$	1.486	k	0	k	0	k	0	k	0
レンズ部の第1の方向のFno	Fno m	6.90	A20	0.52414	A20	-1.27350	A20	1.27350	A20	-0.52414
レンズ部の第2の方向のFno	Fno s	1.31	A40	-2.34636	A40	0.73486	A40	-0.73486	A40	2.34636
レンズ部の第1の方向の倍率	$\beta m$	-0.24	A60	15.12691	A60	-4.60626	A60	4.60626	A60	-15.12691
レンズ部の第1の方向の配列ピッチ	p(mm)	0.52	A80	-216.13320	A80	8.52304	A80	-8.52304	A80	216.13320
レンズ部の第1の方向の配列個数	Nm(個)	221	A100	-11.14076	A100	-19.97629	A100	19.97629	A100	11.14076
レンズ部の第2の方向の配列個数	Ns(個)	1	A02	0.14572	A02	-0.15192	A02	0.15192	A02	-0.14572
レンズ部が光を取り込める最大物体高	L(mm)	1.035	A22	-0.11646	A22	0.23666	A22	-0.23666	A22	0.11646
発光点の第1の方向の大きさ	Dm(um)	42.30	A42	0.69251	A42	-0.73229	A42	0.73229	A42	-0.69251
発光点の第2の方向の大きさ	Ds(um)	25.40	A62	-0.32243	A62	2.60923	A62	-2.60923	A62	0.32243
開口サイズ			A82	0.12245	A82	-6.69795	A82	6.69795	A82	-0.12245
結像部1202の第1の方向の開口サイズ	Am1(mm)	0.50	A04	-0.01460	A04	0.00082	A04	-0.00082	A04	0.01460
結像部1202の第2の方向の開口サイズ	As1(mm)	2.44	A24	0.06767	A24	-0.00507	A24	0.00507	A24	-0.06767
結像部1204の第1の方向の開口サイズ	Am2(mm)	0.50	A44	-0.23917	A44	0.02710	A44	-0.02710	A44	0.23917
結像部1204の第2の方向の開口サイズ	As2(mm)	2.44	A64	0.62105	A64	-0.09276	A64	0.09276	A64	-0.62105
配置			A06	0.00261	A06	-0.00001	A06	0.00001	A06	-0.00261
光源1201-レンズ面1202aの間隔	d1(mm)	3.30	A26	-0.02011	A26	0.00010	A26	-0.00010	A26	0.02011
レンズ面1202a-レンズ面1202bの間隔	d2(mm)	0.90	A46	0.08062	A46	-0.00049	A46	0.00049	A46	-0.08062
レンズ面1202b-レンズ面1204aの間隔	d3(mm)	1.36	A08	-0.00043	A08	0.00000	A08	0.00000	A08	0.00043
レンズ面1204a-レンズ面1204bの間隔	d4(mm)	0.90	A28	0.00334	A28	0.00000	A28	0.00000	A28	-0.00334
レンズ面1204b-受光面1206の間隔	d5(mm)	3.30	A010	0.00003	A010	0.00000	A010	0.00000	A010	-0.00003

10

20

【0149】

図12(a)は、XY断面内において軸上物体高にある発光点1201aが結像光学系1205により受光面1206上に結像される様子を示した図である。また、図12(b)は、XY断面内において、中間物体高にある発光点1201bが結像光学系1205により受光面1206上に結像される様子を示した図である。発光点1201a及び1201bの夫々から出射した光線は、結像部1202を介して中間結像面Aで一旦集光され、その後、結像部1204を介して受光面1206上に集光される。

【0150】

ここで、本実施例は、発光点1201aより出射した光線は3つのレンズ光学系1205aを通過し、発光点1201bより出射した光線は4つのレンズ光学系1205aを通過するという点で、実施例1と異なっている。なお、発光点1201aから出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $m_a$  は11.81度、発光点1201bから出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $m_b$  は15.59度となる。このように、XY断面内においては、発光点の位置に応じて結像光束の開き角の半値  $m$  が変化するため、発光点の位置によって深度幅が異なっている。

30

【0151】

一方、ZX断面内においては、図10(c)及び(d)に示すように、発光点1201a及び1201bの夫々から出射した光線は、結像部1202を介して略平行光となり、その後、結像部1204に入射して受光面1206上に集光される。ここで、結像光学系1205は、ZX断面内においては倒立結像系であるため、実施例1と同様に、発光点1201a及び1201bの夫々から出射した光線は1つのレンズ光学系1205aのみを通過することになる。また、発光点1201a及び1201bの夫々から出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $s_a$  及び  $s_b$  は、共に22.47度である。このように、ZX断面内においては、結像光束の開き角の半値  $s$  は発光点の位置によらず一定であるため、深度幅も発光点の位置によらず一定となる。

40

【0152】

以上のように、結像光学系1205のXY断面内における光線の深度幅は発光点の位置に応じて異なることに対して、ZX断面内における深度幅は発光点の位置によらず一定である。そこで、本実施例に係る光学装置は、中間物体高における発光点が受光面1206上に結像される時の深度幅が、XY断面内とZX断面内とで略等しくなるように設計して

50

いる。これにより、XY断面内において最小となる深度幅とZX断面内における深度幅とを略等しくすることができ、光量をできる限り確保しつつ結像性能を安定させることができる。

【0153】

ここで、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系1205aの最大個数を算出する。本実施例においては、1つのレンズ光学系1205aが光を取り込める最大物体高 $L = 1.035 \text{ mm}$ 、各レンズ光学系1205aの配列ピッチ $p = 0.52 \text{ mm}$ である。よって、XY断面内において1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系1205aの最大個数 $n_m = 1 + \text{整数部}[2 \times L / p] = 4$ となる。また、コントラスト40~80%を想定した最大個数 $n_m' = 1 + \text{整数部}[2 \times 0.85L / P] = 4$ となる。 $n_m$ と $n_m'$ とが等しいため、条件式(5)及び(10)を満たした構成であれば、コントラスト100%を考慮した場合でも、コントラスト40~80%を考慮した場合でも本発明の効果が得られることになる。

10

【0154】

本実施例では、 $n_m$ が偶数であるため、中間物体高にある発光点からの結像光束が受光面1206に入射する時に、開き角の半値 $\theta_m$ が最も大きくなる(最大値となる)。この時、XY断面内における結像光束の開き角の最大値の半値 $\theta_m$ は15.59度となる。一方、先に述べたように、ZX断面内においては、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系1205aの最大個数 $n_s = 1$ であり、結像光束の開き角の半値 $\theta_s$ は22.47度となる。また、各結像部の開口サイズ $A_s$ 、すなわち結像光学系1205の第2の方向の最大有効幅 $T$ は2.44mmである。

20

【0155】

本実施例に係る結像光学系1205は、XY断面内及びZX断面内の夫々において、光源1201の各発光点の夫々の等倍像を受光面1206上に形成している。よって、XY断面内において、受光面1206における像の大きさ $D_m$ は発光点の大きさ $42.30 \mu\text{m}$ と等しく、ZX断面内において、受光面1206における像の大きさ $D_s$ は発光点の大きさ $25.40 \mu\text{m}$ と等しくなる。なお、実施例1と同様に、解像度 $P$ は、XY断面内及びZX断面内で $11.81 (1/p/\text{mm})$  ( $600 \text{ dpi}$ 相当)として評価する。

【0156】

これらの数値を条件式(5)及び条件式(10)の中辺に代入すると次式(23)及び(24)のようになり、条件式(5)及び(10)を満足することがわかる。

30

【0157】

【数24】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 0.94 \quad (23)$$

【0158】

【数25】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 1.19 \quad (24)$$

40

【0159】

図13は、実施例1と同様に、本実施例に係る結像光学系1205の、XY断面内及びZX断面内での深度特性を示した図である。図13(a)は、軸上物体高にある発光点を受光面1206上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係を示しており、図5(a)と同様に、各コントラスト値においてXY断面内での深度幅がZX断面内での深度幅に対して大きくなっている。それに対して、図13(b)に示した各レンズ光学系1205aの中間物体高における発光点を受光面1206上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係より、XY断面内とZX断面内とで深度幅が略等しくなっていることがわかる。

50

## 【 0 1 6 0 】

表 9 に、中間物体高にある発光点が受光面 1 2 0 6 上に結像される時の、コントラスト毎の、X Y 断面内及び Z X 断面内の夫々における深度幅及びその比を示す。

## 【 0 1 6 1 】

## 【表 9】

コントラスト	$\Delta x_m$	$\Delta x_s$	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.060	0.086	1.46
90%	0.134	0.127	0.96
80%	0.167	0.141	0.85
70%	0.190	0.156	0.82
60%	0.212	0.170	0.79
50%	0.232	0.183	0.77
40%	0.257	0.196	0.74

10

## 【 0 1 6 2 】

表 9 より、コントラスト 4 0 ~ 9 0 % の範囲において、X Y 断面内と Z X 断面内とで深度幅を略等しくできていることがわかる。つまり、本実施例に係る光学装置を、条件式 ( 5 ) 及び ( 1 0 ) を満たす構成とすることで、中間物体高にある発光点が受光面 1 2 0 6 上に結像されるときの、X Y 断面内及び Z X 断面内における深度幅を揃えることができる。このように、本実施例に係る光学装置によれば、各発光点からの光束が通過するレンズ光学系の個数が増えても、光利用効率を確保しつつ良好な結像性能を達成することができる。

20

## 【 0 1 6 3 】

なお、光学装置においては、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系の個数の増加に応じて、各レンズ光学系の X Y 断面内でのパワーを大きくする必要はあるが、パワーを大きくすると収差が大きくなってしまいうため、好ましくない。そこで、レンズ光学系の結像性能を考慮して、 $n_m$  及び  $n_m'$  を 4 以下とすることが好ましい。

30

## 【 0 1 6 4 】

## [ 実施例 6 ]

次に、本発明の実施例 6 に係る光学装置について詳細に説明する。なお、実施例 1 と同一または同等の構成部分については、その説明を簡略もしくは省略する。本実施例は、実施例 1 の各レンズ光学系を上下に分割し、その一方をレンズ光学系の配列ピッチの半分 ( 半ピッチ ) だけ第 1 の方向にずらした構成となっている。

## 【 0 1 6 5 】

図 1 4 は本実施例に係る光学装置の要部概略図であり、図 1 4 ( a ) は X Y 断面、図 1 4 ( b ) は Z X 断面、図 1 4 ( c ) は X 方向からの正面図を示している。本実施例に係る光学装置は、物体面に配置された複数の発光点を含む光源 1 4 0 1 と、光源 1 4 0 1 から出射する複数の光線を受光面 ( 像面 ) 1 4 0 6 に集光する結像光学系 1 4 0 5 と、を備える。

40

## 【 0 1 6 6 】

結像光学系 1 4 0 5 は、第 1 の方向に配列された複数のレンズ光学系 1 4 0 5 a と、迷光光線を遮光する遮光部 1 4 0 3 と、を含むレンズアレイである。各レンズ光学系 1 4 0 5 a は、同一の光軸上に配置された結像部 1 4 0 2 及び 1 4 0 4 を含んでいる。本実施例では、実施例 1 と異なり、結像部 1 4 0 2 及び 1 4 0 4 の夫々が、同一形状の複数のレンズ部が第 1 の方向に等間隔で配列されて構成されるレンズ列を、第 2 の方向に 2 列有している。図 1 4 ( c ) に示すように、結像部 1 4 0 2 及び 1 4 0 4 の夫々を成す 2 列のレン

50

ズ列は、実施例1の各結像部を成すレンズ列を上下に分割し、レンズ部の配列間隔の半分(半ピッチ)だけ第1の方向にずらした構成となっている。なお、結像部1402と結像部1404とは光軸方向において対称となるように配置されている。

【0167】

また、結像部1402の各レンズ部のレンズ面1402a~1402d、及び、結像部1404の各レンズ部のレンズ面1404a~1404dの夫々は、アナモフィックな非球面形状となっており、その非球面形状は前述した式(1)で表わされる。

【0168】

本実施例に係る結像光学系1405の諸特性を、表10に示す。

【0169】

【表10】

構成			非球面形状			
解像度	dpi	600	レンズ面1402a, 1402c	レンズ面1402b, 1402d	レンズ面1404b, 1404d	レンズ面1404a, 1404c
波長	$\lambda$ (nm)	780	R	R	R	R
屈折率	$n(\lambda=780\text{nm})$	1.486	k	k	k	k
レンズ部の第1の方向のFno	Fno_m	3.90	A20	A20	A20	A20
レンズ部の第2の方向のFno	Fno_s	1.30	A40	A40	A40	A40
レンズ部の第1の方向の倍率	$\beta_m$	-0.45	A60	A60	A60	A60
レンズ部の第1の方向の配列ピッチ	p(mm)	0.77	A80	A80	A80	A80
レンズ部の第1の方向の配列個数	Nm(個)	291	A100	A100	A100	A100
レンズ部の第2の方向の配列個数	Ns(個)	2	A02	A02	A02	A02
レンズ部が光を取り込める最大物体高	L(mm)	0.768	A22	A22	A22	A22
発光点の第1の方向の大きさ	Dm(um)	42.30	A42	A42	A42	A42
発光点の第2の方向の大きさ	Ds(um)	25.40	A62	A62	A62	A62
開口サイズ			A82	A82	A82	A82
結像部1402の第1の方向の開口サイズ	Am1(mm)	0.7	A04	A04	A04	A04
結像部1402の第2の方向の開口サイズ	As1(mm)	1.22	A24	A24	A24	A24
結像部1404の第1の方向の開口サイズ	Am2(mm)	0.7	A44	A44	A44	A44
結像部1404の第2の方向の開口サイズ	As2(mm)	1.22	A64	A64	A64	A64
配置			A06	A06	A06	A06
光源1401-レンズ面1402aの間隔	d1(mm)	2.65	A26	A26	A26	A26
レンズ面1402a-レンズ面1402bの間隔	d2(mm)	1.25	A46	A46	A46	A46
レンズ面1402b-レンズ面1404aの間隔	d3(mm)	2.16	A08	A08	A08	A08
レンズ面1404a-レンズ面1404bの間隔	d4(mm)	1.25	A28	A28	A28	A28
レンズ面1404b-受光面1406の間隔	d5(mm)	2.65	A010	A010	A010	A010

【0170】

図15(a)は、XY断面内において、軸上物体高にある発光点1401aが結像光学系1405により受光面1406上に結像される様子を示した図である。また、図15(b)は、XY断面内において、中間物体高における発光点1401bが結像光学系1405により受光面1406上に結像される様子を示した図である。

【0171】

ここで、本実施例においては、中間物体高における発光点1401bの位置は、前述した各実施例とは異なる。具体的には、発光点1401bは、第1の方向(Y方向)に隣接したレンズ光学系1405aの光軸同士の中間位置ではなく、第2の方向(Z方向)に隣接した各レンズ光学系1405aの光軸同士のXY断面内での中間位置に配置されている。これは、本実施例では、レンズ光学系1405aを上下列に分割して半ピッチだけずらした構成となっているためである。

【0172】

発光点1401a及び1401bの夫々から出射した光線は、結像部1402を介して中間結像面Aで一旦集光され、その後、結像部1404を介して受光面1406上に集光される。ここで、XY断面内において、発光点1401a及び1401bの夫々から出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $m_a$  及び  $m_b$  は、夫々7.32度及び13.38度である。

【0173】

一方、ZX断面内においては、図15(c)及び15(d)に示すように、発光点1401a及び1401bの夫々から出射した光線は、結像部1402を介して略平行光となり、その後、結像部1404に入射して受光面1406上に集光される。そして、発光点1401a及び1401bの夫々から出射した光線が成す結像光束の開き角の半値  $s_a$

10

20

30

40

50

及び  $\theta_{sb}$  は、共に  $21.14$  度である。このように、 $ZX$  断面内においては、結像光束の開き角の半値  $\theta_s$  は発光点の位置によらず一定であるため、深度幅も発光点の位置によらず一定となる。

【0174】

以上のように、結像光学系 1405 の  $XY$  断面内における光線の深度幅は発光点の位置に応じて異なることに対して、 $ZX$  断面内における深度幅は発光点の位置によらず一定である。そこで、本実施例に係る光学装置は、中間物体高における発光点が受光面 1406 上に結像される時の深度幅が、 $XY$  断面内と  $ZX$  断面内とで略等しくなるように設計している。これにより、 $XY$  断面内において最小となる深度幅と  $ZX$  断面内における深度幅とを略等しくすることができ、光量をできる限り確保しつつ結像性能を安定させることができる。

10

【0175】

ここで、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系 1405 a の最大個数を算出する。本実施例のように、第2の方向にレンズ列が複数配列された構成において式(10)を適用する場合は、最周辺光線が入射するレンズ列を考慮する必要がある。よって、各レンズ列に対して、 $XY$  断面内において1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系 1405 a の最大個数  $n_m$  と、レンズ光学系 1405 a の第1の方向における開口サイズ  $A_m$  とを考慮する。具体的には、 $n_m \times A_m$  の値が最も大きくなるレンズ列について式(10)を適用することを考える。

【0176】

20

本実施例においては、上段及び下段のレンズ列の両方について、各レンズ光学系が光を取り込める最大物体高  $L = 0.768$  mm、各レンズ光学系 1405 a の配列ピッチ  $p = 0.77$  mm である。よって、 $XY$  断面内においてレンズを通過する最大個数  $n_m = 1 + \text{整数部}[2 \times L / P] = 2$  となる。また、コントラスト  $40 \sim 80\%$  を想定した有効最大個数  $n_m' = 1 + \text{整数部}[2 \times 0.85L / P] = 2$  となる。そして、上段及び下段のレンズ光学系 1405 a の両方について、第1の方向における開口サイズ  $A_m$  は  $0.7$  mm であるため、 $n_m \times A_m = 1.4$  mm となる。このように、本実施例においては、上段及び下段のレンズ光学系 1405 a で  $n_m \times A_m$  の値が等しくなるため、いずれの列に対して式(5)及び(10)を満たすように構成しても、本発明の効果を得ることができる。また、 $n_m$  と  $n_m'$  とが等しいため、条件式(5)及び(10)を満たした構成であれば、コントラスト  $100\%$  を考慮した場合でも、コントラスト  $40 \sim 80\%$  を考慮した場合でも本発明の効果が得られることになる。

30

【0177】

本実施例では、 $n_m$  が偶数であるため、中間物体高にある発光点からの結像光束が受光面 1406 に入射する時に、開き角の半値  $\theta_m$  が最も大きくなる(最大値となる)。この時、 $XY$  断面内における結像光束の開き角の最大値の半値  $\theta_m$  は  $13.38$  度となる。一方、先に述べたように、 $ZX$  断面内においては、1つの発光点からの光線が通過するレンズ光学系 1405 a の最大個数  $n_s = 2$  であり、結像光束の開き角の半値  $\theta_s$  は  $21.14$  度となる。また、上段及び下段のレンズ列に係る各レンズ光学系 1405 a の開口サイズ  $A_s$  は  $1.22$  mm であるため、結像光学系 1405 の第2の方向の最大有効幅  $T$  は  $2.44$  mm となる。

40

【0178】

本実施例では、 $XY$  断面内及び  $ZX$  断面内の夫々において、光源 1401 の各発光点の等倍像を受光面 1406 上に形成している。よって、 $XY$  断面内において、受光面 1406 における像の大きさ  $D_m$  は発光点の大きさ  $42.30 \mu\text{m}$  と等しく、 $ZX$  断面内において、受光面 1406 における像の大きさ  $D_s$  は発光点の大きさ  $25.40 \mu\text{m}$  と等しくなる。なお、解像度  $P$  は実施例 1 と同様に、 $XY$  断面内及び  $ZX$  断面内で  $11.81$  ( $1p / \text{mm}$ ) ( $600 \text{ dpi}$  相当) として評価する。

【0179】

これらの数値を式(5)及び式(10)の中辺に代入すると次式(25)及び(26)

50

のようになり、式(5)及び式(10)を満足することがわかる。

【0180】

【数26】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{\tan \theta_m}{\tan \theta_s} = 0.86 \quad (25)$$

【0181】

【数27】

$$\frac{P_m}{P_s} \frac{1 - P_s D_s}{1 - P_m D_m} \frac{n_m p}{T} = 0.88 \quad (26)$$

10

図16は、実施例1と同様に、本実施例に係る結像光学系1405の、XY断面内及びZX断面内での深度特性を示した図である。図16(a)は、軸上物体高にある発光点が受光面1406上に結像される時の深度幅とコントラストとの関係を示している。また、図16(b)は、各レンズ光学系1405aの中間物体高における発光点が受光面1406上に結像される時の深度と幅コントラストとの関係を示している。図16(b)を見てわかるように、XY断面内とZX断面内とで深度幅が略等しくなっていることがわかる。

【0183】

20

表11に、中間物体高にある発光点が受光面1406上に結像される時の、コントラスト毎の、XY断面内及びZX断面内の夫々における深度幅及びその比を示す。

【0184】

【表11】

コントラスト	$\Delta x_m$	$\Delta x_s$	$\Delta x_m / \Delta x_s$
100%	0.089	0.104	1.09
90%	0.139	0.125	0.84
80%	0.166	0.144	0.82
70%	0.186	0.156	0.82
60%	0.207	0.165	0.79
50%	0.226	0.173	0.76
40%	0.245	0.181	0.74

30

【0185】

表11より、コントラスト70~100%の範囲で、XY断面内とZX断面内とで深度幅を略等しくできていくことがわかる。つまり、本実施例に係る光学装置を、条件式(5)及び(10)を満たした構成とすることで、中間物体高にある発光点が受光面1406上に結像される時のXY断面内及びZX断面内における深度幅を揃えることができる。

40

【0186】

このように、本実施例に係る光学装置によれば、レンズ列を上下に分割した構成においても、光利用効率を確保しつつ良好な結像性能を達成することができる。

【0187】

[画像形成装置]

図17は本発明の実施形態に係るカラー画像形成装置33の要部概略図(ZX断面図)である。カラー画像形成装置33は、上述した各実施例に示したいずれかの光学装置(露光ユニット)を4個備え、夫々が並行して感光ドラムの受光面(感光面)を露光するタンデムタイプのカラー画像形成装置である。カラー画像形成装置33は、各実施例に示したいずれかの構成を有する光学装置17, 18, 19, 20と、像担持体としての感光ドラ

50

ム 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 と、現像器 2 5 , 2 6 , 2 7 , 2 8 と、搬送ベルト 3 4 と、定着器 3 7 とを備えている。ここで、光学装置 1 7 , 1 8 , 1 9 , 2 0 の夫々は、結像光学系の第 2 の方向が感光ドラム 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 の回転方向である副走査方向 ( Z 方向 ) に一致するように配置されている。

【 0 1 8 8 】

図 1 7 において、カラー画像形成装置 3 3 には、パーソナルコンピュータ等の外部機器 3 5 から R ( レッド )、G ( グリーン )、B ( ブルー ) の各色信号が入力される。これらの色信号は、装置内のプリンタコントローラ 3 6 によって、C ( シアン )、M ( マゼンタ )、Y ( イエロー )、K ( ブラック ) の画像信号 ( ドットデータ ) に変換され、夫々対応する光学装置 1 7 , 1 8 , 1 9 , 2 0 に入力される。なお、プリンタコントローラ 3 6 は

10

【 0 1 8 9 】

そして、光学装置 1 7 , 1 8 , 1 9 , 2 0 の夫々からは、各色の画像信号に応じて変調された露光光 2 9 , 3 0 , 3 1 , 3 2 が出射する。露光光 2 9 , 3 0 , 3 1 , 3 2 の夫々により、不図示の帯電ローラにより帯電させられた感光ドラム 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 の各感光面が露光されることで、各感光面上に静電潜像が形成される。その後、感光ドラム 2 1 , 2 2 , 2 3 , 2 4 の感光面上に形成された各色の静電潜像は、現像器 2 5 , 2 6 , 2 7 , 2 8 の夫々によって各色のトナー像として現像される。そして、各色のトナー像が不図示の転写器によって被転写材に多重転写された後、定着器 3 7 によって定着されることにより、1 枚のフルカラー画像を形成している。

20

【 0 1 9 0 】

[ 画像読取装置 ]

上述した各実施例に示したいずれかの構成を有する光学装置を、画像読取装置に用いてもよい。この場合は、結像光学系の物体面に原稿を配置し、像面 ( 受光面 ) に受光部を配置することにより、光学装置を構成する。受光部としては、例えば CCD センサや CMOS センサ等により構成されるラインセンサを用いることができる。また、画像読取装置を前述した外部機器 3 5 として、カラー画像形成装置 3 3 に接続することにより、カラーデジタル複写機を構成してもよい。

【 0 1 9 1 】

画像読取装置では、光源を含む照明手段により原稿を照射し、その原稿からの光束 ( 反射光又は透過光 ) を結像光学系により集光し、受光面に配置された受光部のセンサ面により受光することができる。この時、結像光学系の第 2 の方向が、駆動部によって原稿と結像光学系との相対位置を変更する方向 ( 副走査方向 ) に一致するように配置することにより、原稿を副走査方向に順次読み取ることができる。

30

【 0 1 9 2 】

なお、画像読取装置における照明手段としては、光源を含むものに限らず、外部からの光を原稿に導光するような構成を採用しても良い。ここで、画像読取装置が有する受光部の受光面における原稿の像は無小のドットとして考えることができる。よって、上述の式 ( 5 ) 及び ( 1 0 ) を画像読取装置に係る光学装置に適用する場合は、 $D_i = 0$  として、下記の式 ( 2 7 ) 及び ( 2 8 ) のように変形することができる。

40

【 0 1 9 3 】

【 数 2 8 】

$$0.8 \leq \frac{P_m \tan \theta_m}{P_s \tan \theta_s} \leq 1.2 \quad (27)$$

【 0 1 9 4 】

【数 29】

$$0.8 \leq \frac{P_m}{P_s} \frac{n_m p}{T} \leq 1.2 \quad (28)$$

【0195】

[変形例]

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことは言うまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【0196】

例えば、上述した各実施例においては、各レンズ部の第1の方向及び第2の方向の開口サイズを工夫して設計することにより式(5)を満たす構成としているが、式(5)を満たすための光学装置の設計方法はこれに限らない。例えば、光源における発光点の第1の方向及び第2の方向のサイズを工夫することにより、式(5)を満足する構成としてもよい。

10

【0197】

また、各実施例に係る結像光学系の各レンズ面を、式(1)で表わされる非球面形状としたが、本発明はこれに限らず、他の数式で表される非球面形状として形成してもよい。また、各実施例に係る結像光学系は、Z X断面内においては、発光点を中間結像せずに受光面に倒立結像しているが、X Y断面内と同様に、発光点を中間結像してから受光面に正立結像するように構成してもよい。

20

【0198】

さらに、各実施例に係る結像光学系は、結像部を光軸方向に2つ配列した構成を示したが、結像部の数はこれに限らず、3つ以上の結像部により結像光学系を構成してもよい。また、実施例6に係る各結像部は、レンズ列を第2の方向に2列配置した構成であるが、第2の方向のレンズ列の数を3列以上として各結像部を構成してもよい。

【0199】

また、各実施例に係る光源は、複数の発光点が第1の方向にのみ配列された構成であるが、その発光点の列を第2の方向に複数配置し、複数の発光点を千鳥状に配列したものをを用いてもよい。このような構成とすることで、第1の方向に隣接する発光点同士の間隔を気にせずにより多くの発光点を密集して配列することができ、解像度をより高めることができる。

30

【0200】

なお、上述した画像形成装置及び画像読取装置における記録密度は限定されるものではない。しかし、記録密度が高くなればなるほど、高画質が求められることを考えると、上述した各実施例に係る光学装置は、1200 dpi以上の画像形成装置においてより高い効果を発揮する。

【符号の説明】

【0201】

101 光源

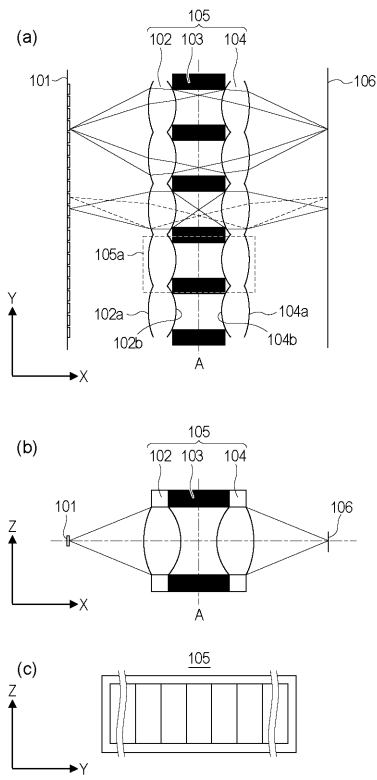
105 結像光学系

105 a レンズ光学系

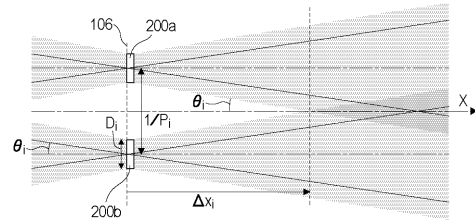
106 受光面

40

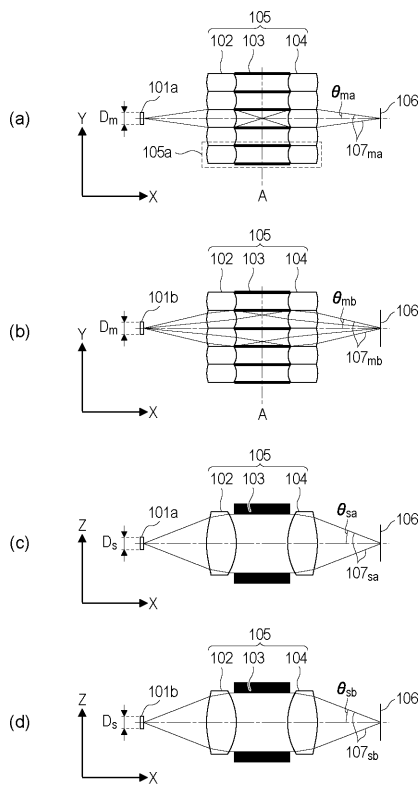
【 図 1 】



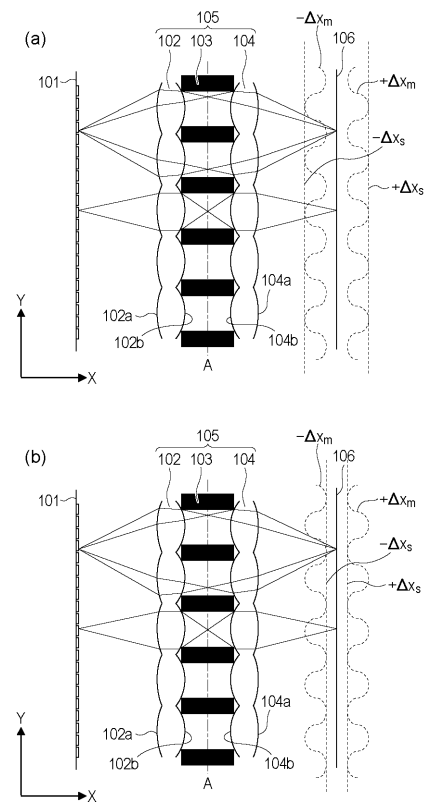
【 図 2 】



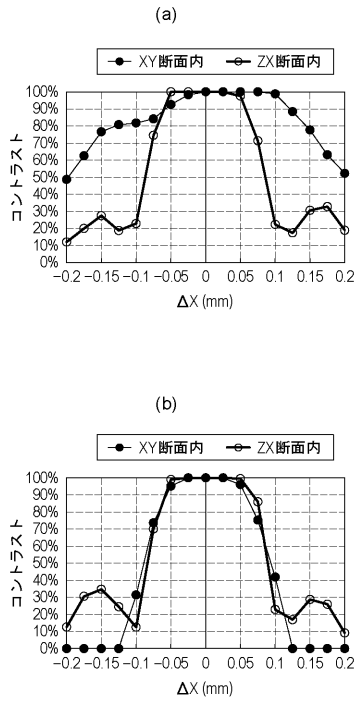
【 図 3 】



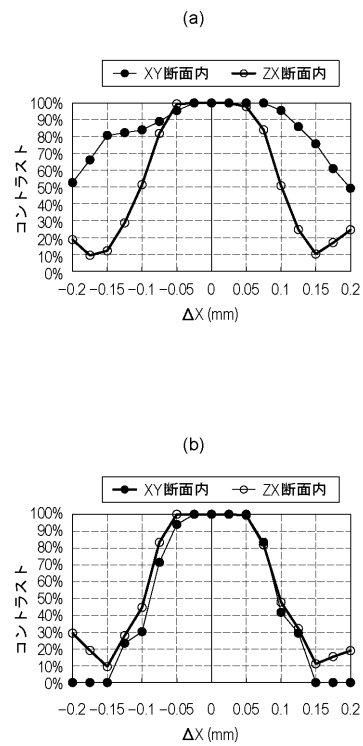
【 図 4 】



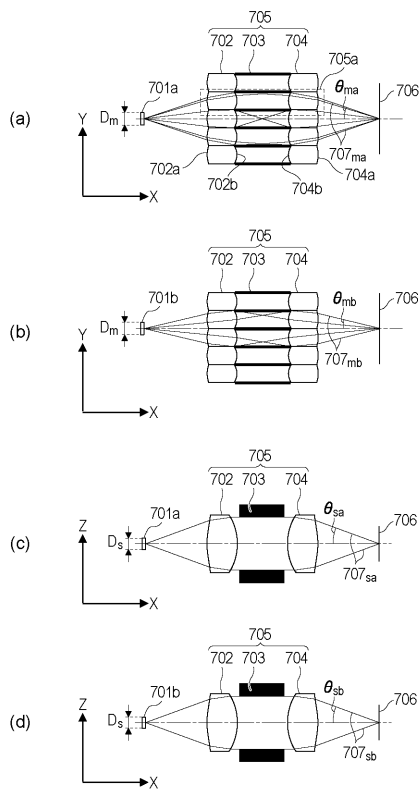
【 図 5 】



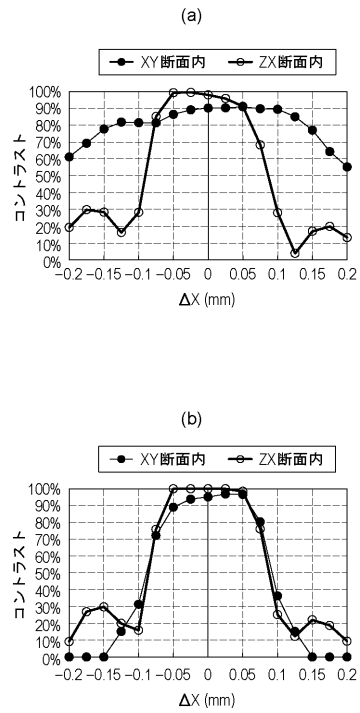
【 図 6 】



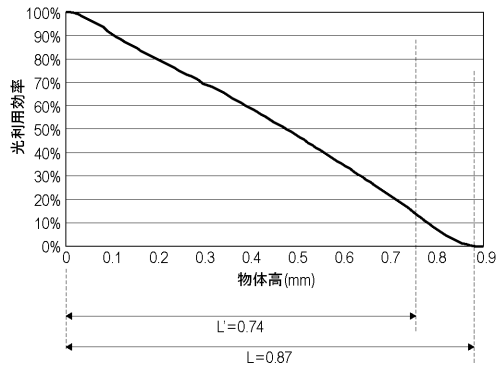
【 図 7 】



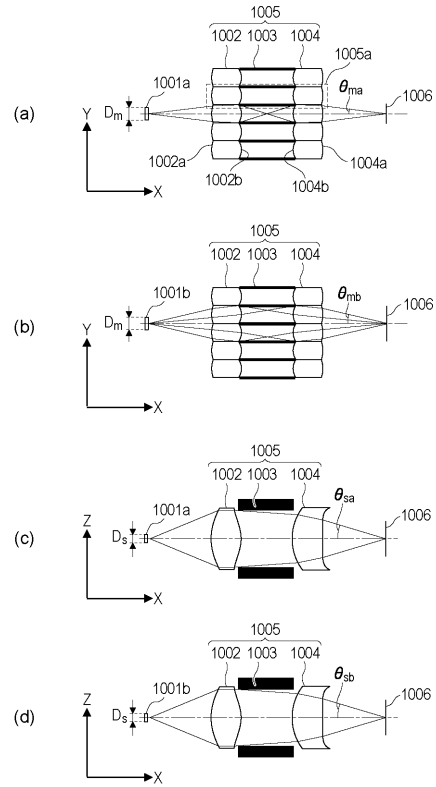
【 図 8 】



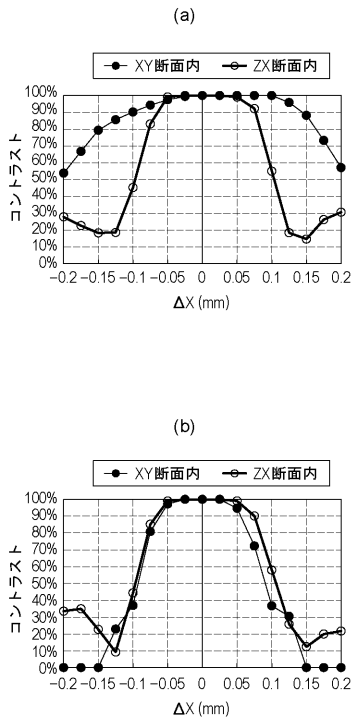
【図9】



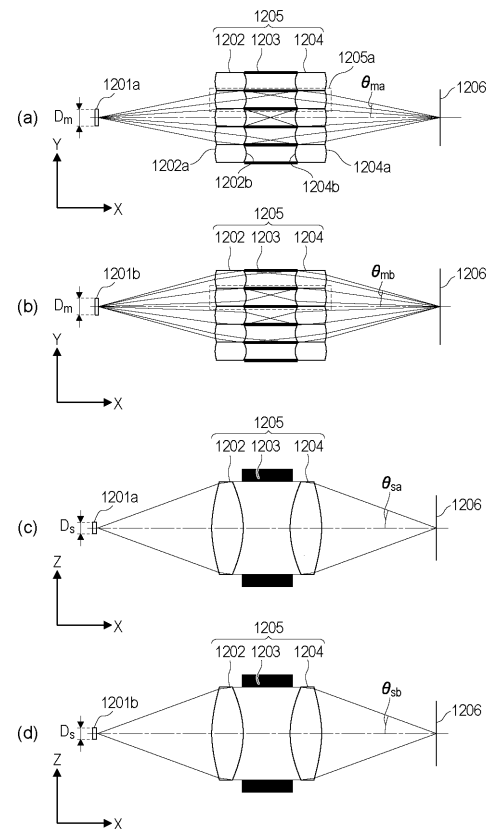
【図10】



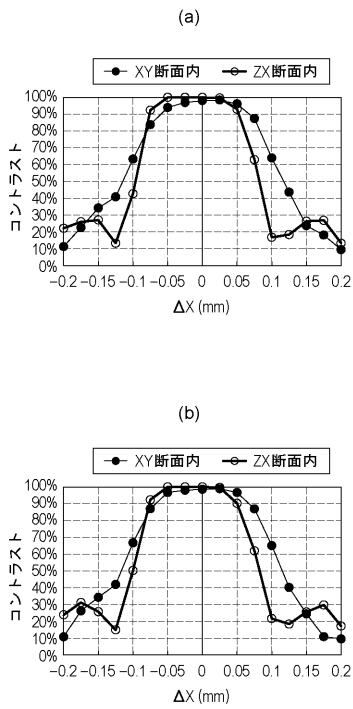
【図11】



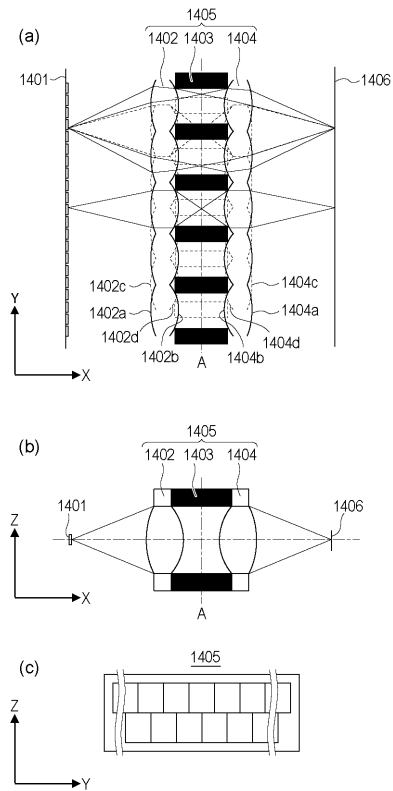
【図12】



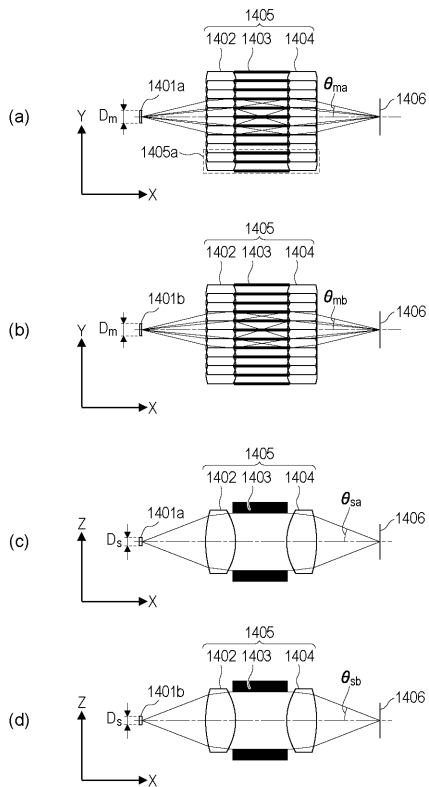
【図 13】



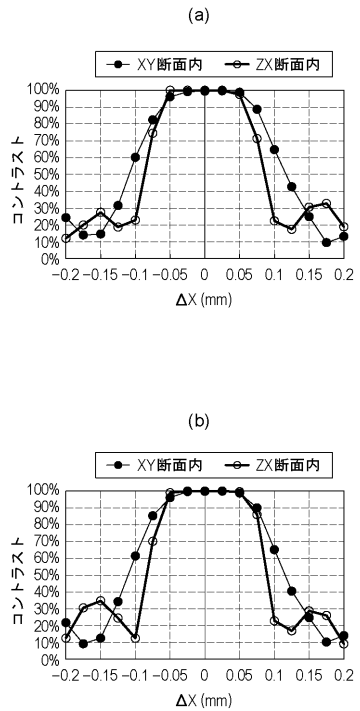
【図 14】



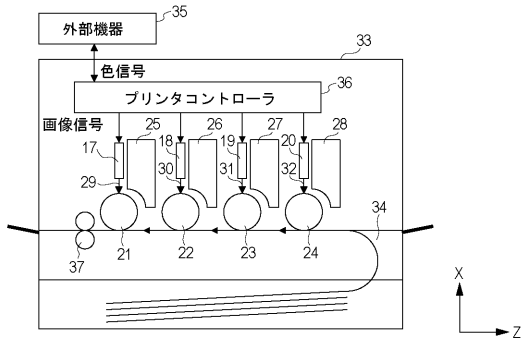
【図 15】



【図 16】



【図 17】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<b>G 0 3 B</b>	<b>27/54</b>	<b>(2006.01)</b>	G 0 3 B	27/54	A
G 0 2 B	3/00	(2006.01)	G 0 2 B	3/00	A
G 0 2 B	3/06	(2006.01)	G 0 2 B	3/06	

(72)発明者 宮島 悠  
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

審査官 山本 貴一

(56)参考文献 特開平09-214670(JP,A)  
特開2011-221175(JP,A)  
特開2010-008783(JP,A)  
特開2009-098613(JP,A)  
特開平06-250117(JP,A)  
特開2011-223190(JP,A)  
特開2012-103553(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0280628(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
G 0 2 B 27/18, 13/26, 3/00, 3/06  
G 0 3 B 27/54  
G 0 3 G 15/04  
H 0 4 N 1/028, 1/036