

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-302062

(P2004-302062A)

(43) 公開日 平成16年10月28日(2004.10.28)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
G02B 26/10	G02B 26/10	2C362
B41J 2/44	B41J 3/00	2H045
H04N 1/113	H04N 1/04	5C072
	104A	

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2003-94173 (P2003-94173)
 (22) 出願日 平成15年3月31日 (2003.3.31)

(71) 出願人 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 100086818
 弁理士 高梨 幸雄
 (72) 発明者 石部 芳浩
 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
 Fターム(参考) 2C362 AA14 AA15 BA04 BA49 BA54
 BA57 BA68 BA84 BA86 BA90
 CB59
 2H045 BA24 BA33 CA93 DA41
 5C072 AA03 BA03 BA15 BA20 HA02
 HA06 HA08 HA13 JA07 XA01
 XA05

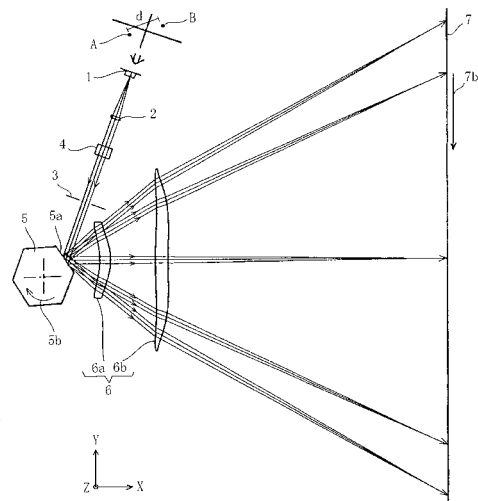
(54) 【発明の名称】 マルチビーム光走査装置

(57) 【要約】

【課題】 結像特性を全く劣化させることなく、被走査面全域における複数のスポットの主走査方向の結像位置のずれをほぼ完全に相殺し補正することによって高速、高記録密度に適したマルチビーム光走査装置を得ること。

【解決手段】 複数の発光部を有する光源手段1と、回転多面鏡5と、複数の光束を収束光束又は発散光束に変換する第1の光学系2と、ドラム状の被走査面7上に導光させる第3の光学系6とを有し、第1の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y1、第2の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y2、第3の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y3とすると、条件式(1)を満足すること。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主走査方向及びそれと垂直な副走査方向の双方で異なる位置に配置された複数の発光部を有する光源手段と、該複数の発光部から各々出射した複数の光束を偏向する反射面を有する回転多面鏡と、該光源手段から該回転多面鏡に至る光路中に配置され、該複数の光束を収束光束又は発散光束に変換する第 1 の光学系と、該回転多面鏡で偏向された複数の光束を、主走査方向に沿った回転軸を有するドラム状の被走査面上に導光させる第 3 の光学系と、を有するマルチビーム光走査装置であって、

副走査断面内において、該被走査面に入射する各々の光束は、それらの主光線が該被走査面の法線に対してそれぞれ零でない角度を成すように入射しており、このことによって、該被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第 1 の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_1 、主走査方向において収束光束又は発散光束が該第 3 の光学系に入射することによって、該被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第 2 の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_2 、該複数の発光部から出射する光束は相対的な波長差を有し、その相対的な波長差によって被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第 3 の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_3 とするとき、

$|Y_1 + Y_2 + Y_3| \leq \text{MAX}(|Y_1|, |Y_2|, |Y_3|)$
 (但し $\text{MAX}(|Y_1|, |Y_2|, |Y_3|)$ は Y_1 、 Y_2 、 Y_3 のうちの絶対値の最も大きい値である。)

を満足することを特徴とするマルチビーム光走査装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明はマルチビーム光走査装置に関し、特に、高速、高記録密度を達成する為に光源手段として複数の発光部（発光点）を有するマルチ半導体レーザーを用いて画像形成を行うようにした、例えば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やデジタル複写機、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。

【0002】

【従来の技術】

図 27 は複数の発光部を有する光源手段を用いた従来のマルチビーム光走査装置の主走査方向の要部断面図である。

【0003】

同図において複数の発光部を有するマルチ半導体レーザー 91 から出射した複数の光束（光ビーム）はコリメーターレンズ 92 で略平行光束に変換され、副走査方向にのみ所定の屈折力を有するシリンダリカルレンズ 94 によって副走査方向にのみ収束され、開口絞り 93 でその光束を整形して光偏向器である回転多面鏡（ポリゴンミラー）95 の反射面（ポリゴン面）95a 近傍において主走査方向に長く伸びた焦線状に結像される。そして図中矢印 95b 方向に一定角速度で回転しているポリゴンミラー 95 によって反射偏向された複数の光束は走査レンズ系 96 としての 2 つの f レンズ系 96a, 96b によって被走査面としての感光ドラム面 97 上にスポット状に各々集光され、図中矢印 97b 方向に一定速度で走査される。

【0004】

このようなマルチビーム走査光学系においては図 28 に示すように複数の発光部 A, B を副走査方向に縦に並べて配置してしまうと感光ドラム面上での副走査方向の複数の走査線の間隔が記録密度よりも大幅に間隔が開いてしまう為、通常は図 29 に示すように複数の発光部 A, B を副走査方向に対応する方向に対して傾けて配置し、その傾け角度を調整することにより、感光ドラム面上での副走査方向の複数の走査線の間隔を記録密度に合わせ正しく調整している。

【0005】

10

20

30

40

50

また感光ドラム面に入射した複数の光束が該感光ドラム面の正反射によってマルチ半導体レーザーに再度戻ってしまうと、該マルチ半導体レーザーの発振が不安定になる為、またはその正反射光が光学系に戻った場合、該光学系の表面反射によって再度感光ドラム面に反射光が戻りゴーストが発生してしまう為に、従来では図30に示すように感光ドラム面97に入射する複数の光束と感光ドラム面97の法線との成す副走査方向の角度が所定の角度(入射角)を成すように設定している。これにより感光ドラム面97での正反射光が再度マルチ半導体レーザー及び光学系に戻らないような構成をとっている。

【0006】

マルチビーム光走査装置において、このような構成をとった場合、図31に示すように感光ドラム面97上における複数の走査ラインそれぞれの走査倍率が異なってしまふことにより、感光ドラム面97上でのそれぞれのスポットの結像位置に主走査方向のずれが発生してしまい、これが原因となって高画質な画像が得られなくなってくるという問題点があった。

10

【0007】

この問題点を解決するマルチビーム光走査装置が種々と提案されている(例えば特許文献1, 2参照)。特許文献1においては副走査方向の複数光ビームと感光ドラム面の法線とのなす角を所定角度以下に設定することによって、前記主走査方向の結像位置ずれを軽減する構成としている。特許文献2においては主走査方向の結像位置ずれを結像光学系を偏心させて、その偏心量を調節することによって打ち消す構成としている。

【特許文献1】

特開平5-333281号公報

20

【特許文献2】

特開平9-197308号公報

【0008】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、これら特許文献で提案されているマルチビーム光走査装置においては、主走査方向の結像位置ずれと結像特性(スポット形状)の両方を同時に満足させることができなかつた。

【0009】

例えば特許文献1においては副走査方向の複数光ビームと感光ドラム面の法線とのなす角を所定角度以下に設定することによって主走査方向の結像位置ずれを軽減して目立たなくしようとしているだけであり、主走査方向の結像位置ずれに対する根本的な解決策については何ら開示されていない。

30

【0010】

また特許文献2においては主走査方向の結像位置ずれを結像光学系を偏心させて、その偏心量を調節することによって打ち消す構成としているが、結像光学系を偏心させて使用すると感光ドラム面における結像スポット形状が劣化しやすいという問題点があり、このため高画質、高記録密度を達成することは難しい。

【0011】

本発明は主走査方向の結像位置ずれと結像特性の両方を同時に満足させ、かつ高速でしかも高画質に最適なマルチビーム光走査装置の提供を目的とする。

40

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明のマルチビーム光走査装置は、主走査方向及びそれと垂直な副走査方向の双方で異なる位置に配置された複数の発光部を有する光源手段と、該複数の発光部から各々出射した複数の光束を偏向する反射面を有する回転多面鏡と、該光源手段から該回転多面鏡に至る光路中に配置され、該複数の光束を収束光束又は発散光束に変換する第1の光学系と、該回転多面鏡で偏向された複数の光束を、主走査方向に沿った回転軸を有するドラム状の被走査面上に導光させる第3の光学系と、を有するマルチビーム光走査装置であつて、

50

副走査断面内において、該被走査面に入射する各々の光束は、それらの主光線が該被走査面の法線に対してそれぞれ零でない角度を成すように入射しており、このことによって、該被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第1の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_1 、主走査方向において収束光束又は発散光束が該第3の光学系に入射することによって、該被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第2の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_2 、該複数の発光部から出射する光束は相対的な波長差を有し、その相対的な波長差によって被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第3の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_3 とするとき、

$$| Y_1 + Y_2 + Y_3 | \text{ MAX } (| Y_1 |, | Y_2 |, | Y_3 |) \quad (1)$$

10

(但し $\text{MAX} (| Y_1 |, | Y_2 |, | Y_3 |)$ は Y_1 、 Y_2 、 Y_3 のうちの絶対値の最も大きい値である。)

を満足することを特徴としている。

【0013】

【発明の実施の形態】

[実施形態1]

図1は本発明の実施形態1の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)、図2は図1の副走査方向の要部断面図(副走査断面図)である。

【0014】

ここで、主走査方向とは回転多面鏡の回転軸及び走査レンズ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)を示し、副走査方向とは回転多面鏡の回転軸と平行な方向を示す。また主走査断面とは主走査方向に平行で走査レンズ系の光軸を含む平面を示す。また副走査断面とは主走査断面と垂直な断面を示す。

20

【0015】

図1、図2において1は光源手段であり、例えば複数の発光部(発光点)A、Bを副走査方向に対応する方向に対して任意の角度傾けて配置したマルチ半導体レーザーより成っている。

【0016】

2は第1の光学系としての集光レンズ(コリメーターレンズ)であり、光源手段1から出射された複数の光束を収束光束(もしくは発散光束)に変換している。

30

【0017】

4は第2の光学系としてのレンズ系(シリンダリカルレンズ)であり、副走査方向にのみ所定の屈折力を有しており、集光レンズ2を通過した複数の光束を副走査断面内で後述する回転多面鏡(ポリゴンミラー)5の反射面(ポリゴン面)5aにほぼ線像として結像させている。

【0018】

3は開口絞りであり、シリンダリカルレンズ4を通過した複数の光束の光束幅を制限している。

【0019】

5は複数の発光部A、Bから各々出射した複数の光束を偏向する反射面を有する回転多面鏡(ポリゴンミラー)であり、モーター等の駆動手段(不図示)により図中矢印5b方向に一定速度で回転している。

40

【0020】

6は第3の光学系としてのf特性を有するfレンズ系(走査レンズ系)であり、第1、第2の2枚のfレンズ(走査レンズ)6a、6bを有している。このfレンズ系6はポリゴンミラー5で偏向反射された複数の光束を被走査面7に結像させると共に副走査断面内においてポリゴンミラー5の反射面5aと被走査面7との間を略共役関係にすることにより、該反射面5aの倒れを補正している。

【0021】

7は被走査面としての感光ドラム面(像担持体面)であり、主走査方向に沿った回転軸を

50

有するドラム状より成っている。

【0022】

本実施形態において画像情報に応じてマルチ半導体レーザー1から光変調され出射した2つの光束は集光レンズ2によって収束光束に変換され、シリンドリカルレンズ4に入射する。シリンドリカルレンズ4に入射した光束のうち主走査断面内においてはそのままの状態を出射して開口絞り3を通過する(一部遮光される)。また副走査断面内においては収束して開口絞り3を通過し(一部遮光される)ポリゴンミラー5の反射面5aにほぼ線像(主走査方向に長手の線像)として結像する。そしてポリゴンミラー5の反射面5aで反射偏向された2つの光束は各々f レンズ系6を介して感光ドラム面7上に導光され、該ポリゴンミラー5を図中矢印5b方向に回転させることによって、該感光ドラム面7上を
10

【0023】

本実施形態においては前述の如く感光ドラム面7からの正反射光が再度光学系に戻らないように、図2に示すように該感光ドラム面7に入射する2つの光束の主光線と感光ドラム面の法線との成す副走査方向の角度が所定の角度(入射角)を成すように設定している。

【0024】

このような感光ドラム面7に入射する2つの光束の主光線と該感光ドラム面7の法線との成す副走査方向の角度が所定の角度を成すように設定した場合、それぞれのスポットの
20

【0025】

ここでそれぞれのスポットの結像位置が主走査方向にずれる原理を図22を用いて説明する。尚、説明を簡単にする為に、ここでは発光部の数を2つと仮定して説明する。

【0026】

図22は感光ドラム面7上に2本の走査線が平行して走査される様子を表わした要部斜視図である。同図において主走査方向をY軸とし、副走査方向、即ち感光ドラムが移動する方向をZ軸とし、感光ドラム面7の法線方向をX軸とする直交座標系を考える。

【0027】

同図に示したように最大走査画角のときにおける感光ドラム面7に入射する光束の主光線
30

【0028】

このとき2本の走査線は光束の進行方向に光路長差Lが発生し、その光路長差Lは感光ドラム面7上を同時に走査される各走査線の副走査方向の間隔をPとするとき

$$L = P \times \sin \theta$$

で表わすことができる。

【0029】

さらに上記光束の進行方向の光路長差Lが発生することにより、感光ドラム面7に入射する2つの光束の主光線は主走査方向(Y方向)にも位置ずれが発生してしまい、その位置
40

$$Y_1 = L \times \tan \alpha = P \times \sin \theta \times \tan \alpha$$

で表わすことができる。

【0030】

同図において、Z方向のプラス側(上側)の走査線に対するZ方向のマイナス側(下側)の走査線の位置ずれの方向がY方向のプラス側であるとき、Y1の符号を+とする。

【0031】

本実施形態は上記位置ずれ量Y1がプラスの場合、f レンズ系6に入射させる光束を収束光束とすることによって生じる感光ドラム面7上におけるそれぞれの光束の結像点の主走査方向の位置ずれ量Y2がマイナスになり、さらに2つの発光部A, Bから出射す
50

る光束の相対的な波長差によって発生する倍率色収差による感光ドラム面 7 上の各光束の結像点間の主走査方向の位置ずれ量 Y_3 がマイナスになるようにし、上記位置ずれ量 Y_1 と、位置ずれ量 Y_2 と位置ずれ量 Y_3 を加算した量が互いに相殺方向となるように、感光ドラム面 7 に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面 7 の法線との副走査方向の入射角、主走査断面内における最大走査画角のときにおける感光ドラムに入射する光束の主光線と感光ドラム面 7 の法線とのなす角度、 f レンズ系 6 に入射させる光束の収束度合い等を設定するものである。

【0032】

また上記位置ずれ量 Y_1 がマイナスの場合、上記位置ずれ量 Y_2 をプラスとし、さらに上記位置ずれ量 Y_3 がプラスになるようにし、上記位置ずれ量 Y_1 と、位置ずれ量 Y_2 と位置ずれ量 Y_3 とを加算した量が互いに相殺方向となるように、感光ドラム面 7 に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面 7 の法線との副走査方向の入射角、主走査断面内における最大走査画角のときにおける感光ドラム面 7 に入射する光束の主光線と該感光ドラム面 7 の法線とのなす角度、 f レンズ系 6 に入射させる光束の収束度合い等々を設定するものである。

10

【0033】

以下、図を用いて f レンズ系 6 に入射させるそれぞれの光束を収束光束とした場合に、感光ドラム面 7 上におけるそれぞれの光束の結像点に主走査方向の位置ずれが発生する原理を説明する。尚、説明を簡単にする為に前述と同様、発光部の数を 2 つと仮定して説明する。

20

【0034】

前述の如く図 29 に示すように 2 つの発光部 A, B を副走査方向に対応する方向に対して傾けて配置する構成のマルチビーム光走査装置においては、2 つの光束がポリゴンミラー 5 で偏向反射された後の反射角がそれぞれ異なる為に感光ドラム面 7 上においては互いに主走査方向に離れた位置にスポットが結像されてしまう。よってこのような構成のマルチビーム光走査装置においては、ある 1 つの基準の発光部から出射した光束が感光ドラム面 7 上に結像する位置に、もう一方の発光部から出射した光束の結像位置を合わせるように所定時間 T だけタイミングをずらして画像データを送っている。

【0035】

この様子を示したのが図 23 である。図 23 は走査開始側における 2 つの光束の主光線がポリゴンミラー 5 の反射面 (ポリゴン面) 5a で反射される様子を示した説明図である。

30

【0036】

同図において最初に発光部 A から出射された光束がポリゴンミラー 5 の反射面 5a で反射されて図中 A1 の方向に反射され、 f レンズ系 (不図示) 6 により感光ドラム面 7 上に結像される。

【0037】

次に所定時間 T だけ時間がずれたときの反射面 5a' によって発光部 B から出射された光束が反射され、図中 B1' の方向、即ち図中 A1 と同じ方向に反射されることによって互いのスポットの結像位置が一致することになる。

【0038】

但し、ポリゴンミラー 5 で反射された後の 2 つの光束の主光線は f レンズ系 6 に入射する角度は等しいものの、それぞれの光束の主光線の反射位置にずれが生じる為に主走査方向に y_s だけずれて f レンズ系 6 に入射することになる。

40

【0039】

f レンズ系 6 に入射する 2 つの光束が略平行光束の場合には、それぞれの光束の主光線に主走査方向に y_s だけずれが生じて感光ドラム面 7 上におけるスポットの結像位置は同じである。

【0040】

しかしながら f レンズ系 6 に入射する 2 つの光束が収束光束の場合には、それぞれの光束の主光線に主走査方向に y_s だけずれが生じると感光ドラム面 7 上におけるスポット

50

の主走査方向の結像位置にもずれが生じる。

【0041】

図25はこの現象を説明する為の光学系の要部概略図である。同図において6はf レンズ系であり、f レンズ系6の光出射側主平面11からf レンズ系6に入射する収束光束の自然収束点14までの距離をSd、f レンズ系6の焦点距離をf、f レンズ系6の光出射側主平面11からf レンズ系6に入射した収束光束がf レンズ系6によって収束されて結像される位置(即ち、ここが感光ドラム面となる)12までの距離をSkとする。

【0042】

ここにおいて、

【0043】

【数1】

$$\frac{1}{Sk} = \frac{1}{Sd} + \frac{1}{f}$$

【0044】

であるから、

【0045】

【数2】

$$f = \frac{Sd \times Sk}{Sd - Sk}$$

【0046】

で表わされる。

【0047】

また各発光部A、Bから出射した各々の光束の主光線の主走査方向のずれ量をy、各発光部A、Bから出射した各々の光束の感光ドラム面7上における主走査方向のスポットの結像位置のずれ量をY2(最大値)とすれば、同図から明らかに、

【0048】

【数3】

$$\delta Y2 = \frac{f - Sk}{f} \times \delta y = \frac{Sk}{Sd} \times \delta y$$

【0049】

だけ、ずれが発生することになる。

【0050】

図24は走査終了側における2つの光束の主光線がポリゴンミラー5の反射面で偏向反射される様子を示した説明図である。

【0051】

同図において最初に発光部Aから出射された光束がポリゴンミラー5の反射面5aで反射されて図中A1の方向に反射され、f レンズ系(不図示)6により感光ドラム面7上に結像される。

【0052】

次に所定時間Tだけ時間がずれたときの反射面5a'によって発光部Bから出射された光束が反射され、図中B1'の方向、即ち図中A1と同じ方向に反射され、このときそれぞれの光束の主光線は主走査方向にyeだけずれてf レンズ系6に入射する。

【0053】

図23、図24から分かるように走査開始側及び走査終了側ともに発光部Aから出射した光束A'よりも発光部Bから出射した光束B'の方がf レンズ系6の光軸側にずれている為、感光ドラム面7上では図26に示すように光束A'で走査したライン(走査線)よ

10

20

30

40

50

りも光束 B' で走査したラインの方が短くなる。

【0054】

即ち、f レンズ系 6 に入射させる 2 つの光束を収束光束とした場合には、感光ドラム面 7 上におけるそれぞれの光束の結像点に主走査方向の位置ずれ量 Y2 が発生することになる。

【0055】

一方、複数の発光部を有する半導体レーザーの個々の発光部から出射する光束に、相対的な波長差が存在する場合、よく知られているように f レンズ系によって倍率色収差が発生する。その結果、相対的な波長差によって被走査面上のそれぞれの光束の結像点に主走査方向の位置ずれ量 Y3 が発生することになる。

10

【0056】

本実施形態では副走査断面内において、感光ドラム面 7 に入射する各々の光束は、それらの主光線が該感光ドラム面 7 の法線に対してそれぞれ零でない角度を成すように入射しており、このことによって、該感光ドラム面 7 上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第 1 の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y1、主走査方向において収束光束又は発散光束が f レンズ系 6 に入射することによって、該感光ドラム面 7 上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第 2 の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y2、2 つの発光部 A, B から出射する光束は相対的な波長差を有し、その相対的な波長差によって感光ドラム面 7 上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第 3 の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y3 とするとき、

20

$$| Y1 + Y2 + Y3 | \leq \text{MAX} (| Y1 |, | Y2 |, | Y3 |) \quad (1)$$

(但し MAX (| Y1 |, | Y2 |, | Y3 |) は Y1、Y2、Y3 のうちの絶対値の最も大きい値である。)

を満足させている。

【0057】

即ち、本実施形態においては上記の条件式 (1) を満たすようにトータルの位置ずれ量が、位置ずれ量 Y1、Y2、Y3 のうちの絶対値の最も大きい値より小さい又は等しく成るように、さらに位置ずれ量 Y1 と、位置ずれ量 Y2 と位置ずれ量 Y3 とを加算した量が、互いに逆の方向にずれて相殺される方向になるように、上記入射角、及び f レンズ系 6 の光出射側主平面から f レンズ系 6 に入射する収束光束の自然収束点までの距離 Sd、f レンズ系 6 の光出射側主平面から f レンズ系 6 に入射した収束光束が f レンズ系 6 によって収束されて結像される位置までの距離 Sk 等、を最適に選択に設定することにより、感光ドラム等からなる被走査面全域において複数のスポットの主走査方向の結像位置のずれを効果的に補正している。

30

【0058】

ところで画像形成装置内部の構成によっては感光ドラム面 7 に入射する 2 つの光束と該感光ドラム面 7 の法線との副走査方向の所定の入射角を任意に設定することができない場合も有り得る。そのような場合においては 2 つのスポットの主走査方向の結像位置のずれをほぼ完全に補正することは難しいので画像上許容出来る程度にまで補正してやれば良い

40

【0059】

一般に主走査方向の結像点の位置ずれは、14 μm (0.014 mm) を超えたところから視認されやすくなり、画像に対する影響が無視できないものとなる。

【0060】

従って位置ずれ量 Y1、Y2、Y3 を各々 mm 単位で表わしたとき、

$$| Y1 + Y2 + Y3 | \leq 0.014 \text{ (mm)} \quad (2)$$

を満足することが好ましい。

【0061】

ここで上記 f レンズ系 6 に入射させる 2 つの光束を収束光束とした場合に生じるそれぞ

50

れのスポットの結像位置の主走査方向のずれ量 Y_2 は、 f レンズ系 6 の光出射側主平面から f レンズ系 6 に入射する収束光束の自然収束点までの距離 S_d 、 f レンズ系 6 の光出射側主平面から f レンズ系 6 に入射した収束光が f レンズ系 6 によって収束されて結像される位置までの距離 S_k の比を非平行度 $K = S_k / S_d$ とすると、 K の値が大きければ大きい程、即ち、非平行度が強ければ強い程上記ずれ量 Y_2 の値を大きくすることが出来、ずれ量 Y_1 と相殺しやすくすることが可能となる。

【0062】

しかしながら、非平行度 K をあまり強くし過ぎると、ポリゴンミラー 5 の回転中心と各ポリゴン面までの距離の誤差によって発生する、ポリゴン面数周期のジッターが増大してしまう為、本実施形態においては、感光ドラム面 7 に入射する 2 つの光束と該感光ドラム面 7 の法線とが副走査方向に所定の入射角 θ をなして配置した場合に生じるそれぞれのスポットの結像位置の主走査方向の位置ずれ量 Y_1 を、 f レンズ系 6 に入射させる複数の光束を収束光束とした場合に生じるそれぞれのスポットの結像位置の主走査方向の位置ずれ量 Y_2 のみで相殺するのではなく、上記位置ずれ量 Y_2 と、2 つの発光部から出射する光束の相対的な波長差によって発生する倍率色収差によって生じるそれぞれのスポットの結像位置の主走査方向の位置ずれ量 Y_3 とを加算した量とで上記位置ずれ量 Y_1 を相殺する構成としている。

10

【0063】

そうすることによって、ポリゴンミラー 5 の回転中心と各反射面までの距離の誤差によって発生する、ポリゴン面数周期のジッター量を小さく設定している。

20

【0064】

即ち、上記位置ずれ量 Y_1 と、位置ずれ量 Y_2 と位置ずれ量 Y_3 は

$$Y_1 \times (Y_2 + Y_3) < 0 \quad (3)$$

を満足させることが好ましい。

【0065】

以上の説明は、理解を簡単にする為に発光部の数を 2 つと仮定して説明してきたが、本実施形態においては発光部の数を 2 つに限定するものではなく、むしろ発光部の数が多数の場合に、より一層の効果を得ることが出来ることは容易に想像がつくであろう。

【0066】

表 - 1、表 - 2 に本発明の実施形態 1 のマルチビーム光走査装置の諸特性を示す。

30

【0067】

【表 1】

(表-1)

使用基準波長	λ (nm)	780
発光点数	N	2
発光点間隔	l	0.10000
半導体レーザカバーガラス肉厚	d0	0.25000
半導体レーザカバーガラス屈折率	n0	1.51072
光源～コリメータレンズ第1面	d0	30.50000
コリメータレンズ第1面曲率半径	R1	178.47200
コリメータレンズ肉厚	d1	2.00000
コリメータレンズ屈折率	n1	1.76203
コリメータレンズ第2面曲率半径	R2	-26.64500
コリメータレンズ第1面～シリンドリカルレンズ第1面	d2	18.90000
シリンドリカルレンズ第1面副走査方向曲率半径	Rs3	41.28700
シリンドリカルレンズ第1面主走査方向曲率半径	Rm3	∞
シリンドリカルレンズ肉厚	d3	7.00000
シリンドリカルレンズ屈折率	n3	1.51072
シリンドリカルレンズ第2面曲率半径	R4	∞
シリンドリカルレンズ第2面～開口絞り	d4	31.60000
開口絞り～ポリゴン偏向反射面	d5	40.00000
ポリゴン偏向反射面～第1 f θ レンズ第1面	d6	22.89963
第1 f θ レンズ肉厚	d7	7.00000
第1 f θ レンズ屈折率	n7	1.52420
第1 f θ レンズ第2面～第2 f θ レンズ第1面	d8	29.76089
第2 f θ レンズ肉厚	d9	8.38328
第2 f θ レンズ屈折率	n9	1.52420
第2 f θ レンズ第2面～被走査面	d10	188.44984
f θ レンズ後側主平面～収束光束自然収束点	Sd	1034.45644
f θ レンズ後側主平面～結像位置	Sk	202.92744
f θ 係数	f	212.71058
ドラム入射光束とドラム法線のなす角	β	6.00000
入射光学系ポリゴン入射角	γ	70.00000
コリメータレンズ焦点距離	fcol	30.55254
複数発光部の発光点間隔	d	0.10000
ポリゴン内接円半径	r	17.32051
最大走査角度	η	41.75084
被走査面入射光束と被走査面の法線とのなす角の最大値	θ	29.30600
複数光束の波長差の最大値	$\delta\lambda$	2nm
副走査方向結像点間隔	P	42.3 μ m
ポリゴン面数	n	6

10

20

30

【 0 0 6 8 】

【 表 2 】

(表-2)
f θ レンズ形状

第1 f θ レンズ			
第1面		第2面	
R	-42.21306	R	-35.22468
k	-6.71975E+00	ku	-1.06781E+00
B4	2.48286E-06	B4u	7.18895E-06
B6	1.48860E-09	B6u	0.00000E+00
B8	0.00000E+00	B8u	0.00000E+00
B10	0.00000E+00	B10u	0.00000E+00
r	-22.80490	r	-22.00000
D2	0.00000E+00	D2u	0.00000E+00
D4	0.00000E+00	D4u	0.00000E+00
D6	0.00000E+00	D6u	0.00000E+00
D8	0.00000E+00	D8u	0.00000E+00
D10	0.00000E+00	D10u	0.00000E+00
第2 f θ レンズ			
第1面		第2面	
R	253.47332	R	355.02833
k	-1.60613E+01	k	1.06354E+01
B4	-1.28956E-06	B4	-2.09072E-06
B6	2.63241E-10	B6	4.91479E-10
B8	-1.50049E-14	B8	-1.15785E-13
B10	2.50397E-18	B10	1.81213E-17
r	-33.18880	r	-16.66179
D2	9.52758E-04	D2u	3.97028E-04
D4	5.21274E-07	D4u	-6.03986E-08
D6	6.19534E-11	D6u	6.50107E-12
D8	5.64268E-14	D8u	0.00000E+00
D10	0.00000E+00	D10u	0.00000E+00
		D21	4.15078E-04
		D41	-6.46424E-08
		D61	8.01461E-12
		D81	0.00000E+00
		D101	0.00000E+00

10

20

30

【0069】

ここで f レンズ系 6 の主走査断面の非球面形状は、各レンズ面と光軸との交点を原点とし、光軸方向を X 軸、主走査断面内において光軸と直交する軸を Y 軸、副走査断面内において光軸と直交する軸を Z 軸としたときに、

【0070】

【数4】

$$x = \frac{y^2/R}{1 + (1 - (1+k)(y/R)^2)^{1/2}} + B_4 y^4 + B_6 y^6 + B_8 y^8 + B_{10} y^{10}$$

【0071】

なる非球面式で表わされる。

【0072】

なお、R は曲率半径、k、B₄ ~ B₁₀ は非球面係数である。

【0073】

一方副走査断面の形状は主走査方向のレンズ面座標が y であるところの主走査面の法線方向の曲率半径 r が、

【0074】

【数5】

40

$$r' = r(1 + D_2 y^2 + D_4 y^4 + D_6 y^6 + D_8 y^8 + D_{10} y^{10})$$

【0075】

なる式で表わされる形状をしている。

【0076】

なお、 r は光軸上における曲率半径、 $D_2 \sim D_{10}$ は各係数である。

【0077】

ここで各係数が y の値の正負によって異なる場合は、 y の値が正のときは係数として添字 u のついた $D_{2u} \sim D_{10u}$ を用いて計算された曲率半径 r' となっており、 y の値が負のときは係数として添字 l のついた $D_{2l} \sim D_{10l}$ を用いて計算された曲率半径 r' となっている。

【0078】

本実施形態のマルチビーム光走査装置においては図1に示すように2つの発光部A、Bを配置しており、2つの発光部A、Bの間隔 d は 0.1 mm である。副走査断面内では、発光部Aが上側、発光部Bが下側に配置されており、それぞれの発光部A、Bから出射した光束は、集光レンズ2、シリンドリカルレンズ4を通過して、ポリゴンミラー5の反射面5a上に主走査方向に細長い線状に結像される。

【0079】

図2に示すようにポリゴンミラー5の反射面5a上では、発光部Aから出射した光束は下側、発光部Bから出射した光束は上側に結像され、その後ポリゴンミラー5の反射面5aで反射された光束は f レンズ系6により感光ドラム面7上にスポット状に結像される。感光ドラム面7上では、発光部Aから出射した光束は上側、発光部Bから出射した光束は下側に結像されることとなる。

【0080】

図2において、感光ドラム面7の法線と、各発光部A、Bからの光束は、それぞれ副走査方向に角度 θ を成すように配置されている。ここで図2を参照すれば2つの光束と感光ドラムが配置されている場合には同図の上側の光束で走査したラインの方が長くなることになる。

【0081】

本実施形態においては、図2に示すように副走査方向の角度 θ を設定している為、図3に示すように各発光部A、Bから出射した光束の感光ドラム面7上での結像位置ずれが発生することによって、発光部Aからの光束で走査したラインが短く、発光部Bからの光束で走査したラインが長くなることは容易に理解できるであろう。

【0082】

上記位置ずれを、以下、第1の位置ずれと称する。

【0083】

一方、図23、図24で説明したように、発光部A、Bが、本実施形態の図1の如く配置されている場合には、集光レンズ2から出射した光束を収束光束とした場合、図4に示すように発光部Aからの光束で走査したラインが長く、発光部Bからの光束で走査したラインが短くなることになる。

【0084】

上記位置ずれを、以下、第2の位置ずれと称する。

【0085】

また2つの発光部A、Bから出射した光束に相対的な波長差が存在する場合には、良く知られているように倍率色収差が発生する。一般の光学硝子及び光学用のプラスチック材料の屈折率の波長依存性は、波長が長くなれば屈折率が低くなる特性を有している。そこで本実施形態においては、発光部Bから出射する光束の波長を、基準波長である 780 nm に設定し、発光部Aから出射する光束の波長を、基準波長に対して 2 nm 長い 782 nm に設定してある。この場合、図5で示すように発光部Aからの光束で走査したラインが長

く、発光部 B からの光束で走査したラインが短くなることになる。

【0086】

上記位置ずれを、以下、第3の位置ずれと称する。

【0087】

本実施形態では上記の如く第1、第2、第3の位置ずれの量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 が条件式(1)を満たすように設定されており、さらに第2、第3の位置ずれが該第1の位置ずれの方向に対して反対方向に設定されており、該第2の位置ずれと第3の位置ずれを加算した量が、ほぼ第1の位置ずれの量と等しくなって相殺される方向に設定されており、最終的に図6に示すように発光部 A からの光束で走査したラインと発光部 B からの光束で走査したラインの長さを実質的に等しくすることを可能としている。

10

【0088】

本実施形態における第1の位置ずれ量 Y_1 を図7に示す。同図において横軸は像高であり、縦軸は位置ずれ量を mm 単位でプロットしてあり、発光部 A から出射した光束の結像位置に対して、発光部 B から出射した光束の結像位置がどれだけ位置ずれしているかをプロットしたものである。

【0089】

本実施形態において発光部 A から出射した光束の結像位置に対して、発光部 B から出射した光束の結像位置が図22における座標系で Y 方向にプラス方向にずれているときを縦軸のプラス方向にとっている。ここで本実施形態においては図2における副走査方向の角度は20度に設定されている。

20

【0090】

図7における横軸を、主走査面内における f レンズ系6によって感光ドラム面7上を走査される光束と該感光ドラム面7の法線とのなす角度 θ にとってプロットしたものが図8である。本実施形態においては角度 θ の最大値 θ_{max} は 29.306 度に設定されている。

【0091】

次に本実施形態における第2の位置ずれ量 Y_2 を図9に示す。同図において横軸、縦軸の設定は図7と同様である。

【0092】

本実施形態においては f レンズ系6の光出射側主平面から 1034.45644 mm の位置に集光するような収束光束を該 f レンズ系6に入射させており、その光束を該 f レンズ系6によって、該 f レンズ系6の光出射側主平面から 202.92744 mm の位置に結像させており、非平行度 K は、 $K = S_k / S_d = 0.19617$ に設定されている。また集光レンズ2の焦点距離 f は 30.55254 mm であり、2つの発光部 A, B の間隔 d は 0.1 mm であるので、集光レンズ2から出射した2つの光束の主光線の主走査断面内における相対角度差 $\Delta\theta$ は 0.18753 度である。

30

【0093】

また本実施形態における第3の位置ずれ量 Y_3 を図10に示す。同図において横軸、縦軸の設定は図7と同様である。

【0094】

本実施形態においては発光部 B から出射する光束の波長を、基準波長である 780 nm に設定し、発光部 A から出射する光束の波長を、基準波長に対して 2 nm 長い 782 nm に設定してある。

40

【0095】

上記第1、第2、第3のずれ量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 を合計したものが実際に残存するずれ量のトータルとなり、その量を図11に示す。図11から分かるように感光ドラム面7に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面7の法線とが副走査方向に所定の入射角をなして配置した場合に発生する第1の位置ずれ量 Y_1 と、 f レンズ系6に収束光束を入射させることによって発生する第2の位置ずれ量 Y_2 と、各光束の相対的な波長差によって発生する第3の位置ずれ量 Y_3 とで効果的に補正できていることが理解できる

50

本実施形態においては最終的なトータルの位置ずれ量が、位置ずれ量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 のうちの絶対値の最も大きい値より小さい又は等しく成るように抑えられており、前記条件式(1)を満足していることがわかる。また最終的なトータルの位置ずれ量が有効走査領域全域において、 $3\mu\text{m}$ (0.003mm) 以下という小さな量に抑えられており、前記条件式(2)を満足していることがわかる。また第1の位置ずれの方向と、第2、第3の位置ずれの方向は逆方向であるから、前記条件式(3)をも満足していることがわかる。

【0096】

このように本実施形態においては上記の如く条件式(1)を満足するように、さらに条件式(2)又は/及び条件式(3)をも満足するように、集光レンズ2から出射した2つの光束の主光線の主走査断面内における相対角度差、副走査方向における感光ドラムに入射する2つの光束の主光線が感光ドラム面7の法線に対して成す角の平均値、主走査断面内におけるf レンズ系6によって感光ドラム面7上を走査される2つの光束の最大走査位置における感光ドラム面7の法線と2つの光束とのなす角度、2つの発光部A、Bから出射した2つの光束の相対的な波長差、集光レンズ2によって収束光束(又は発散光束)に変換された2つの光束の非平行度Kをそれぞれ最適に設定している。

10

【0097】

それによって主走査方向の結像位置ずれを効果的に補正し、高速でしかも高画質に最適なマルチビーム光走査装置を実現することを可能としている。

【0098】

20

[実施形態2]

次に本発明の実施形態2について説明する。

【0099】

図12は本発明の実施形態2の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)、図13は図12の副走査方向の要部断面図(副走査断面図)である。図12、図13において図1、図2に示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0100】

本実施形態において前述の実施形態1と異なる点は、

- (1) 発光部の数Nを2つから4つ(発光部A、B、C、D)に変更した点、
 - (2) 副走査断面内における複数の光束と感光ドラム面7の法線とのなす角度を20度から14.1度に変更した点、
 - (3) 発光部Dから出射する光束の波長を、基準波長である780nmに設定し、発光部Aから出射する光束の波長を、基準波長に対して5nm長い785nmに設定した点、
- である。その他の構成及び光学的作用は実施形態1と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。

30

【0101】

即ち、本実施形態において発光部の数Nが増加するにしたがって、前述した第1のずれ量 Y_1 が増大することは容易に理解できるであろう。本実施形態は発光部の数Nが増加すればする程より一層の効果を発揮するものである。

【0102】

40

ここで発光部A、Bは光源ユニットLH1を構成し、発光部C、Dは光源ユニットLH2を構成している。2つの光源ユニットLH1、LH2は光源手段の一部を構成している。

【0103】

図14に本実施形態における第1の位置ずれ量 Y_1 を示す。同図において横軸は像高であり、縦軸は位置ずれ量をmm単位でプロットしてあり、発光部Aから出射した光束の結像位置に対して、発光部Dから出射した光束の結像位置がどれだけ位置ずれしているかをプロットしたものである。

【0104】

本実施形態において発光部Aから出射した光束の結像位置に対して、発光部Dから出射した光束の結像位置が図22における座標系でY方向にプラス方向にずれているときを縦軸

50

のプラス方向にとっている。図7と比較して明らかに位置ずれ量が増大していることが分かる。本実施形態においては図13における副走査方向の角度 θ を 14.1 度に設定している。

【0105】

図14における横軸を、主走査面内における f レンズ系6によって感光ドラム面7上を走査される光束と該感光ドラム面7の法線とのなす角度 θ にとってプロットしたものが図15である。本実施形態においても角度の最大値 θ_{max} は実施形態1と同様 29.306 度に設定されている。

【0106】

次に本実施形態における第2の位置ずれ量 Y_2 を図16に示す。同図において横軸、縦軸の設定は図14と同様である。 10

【0107】

本実施形態においては実施形態1と同様、 f レンズ系6の光出射側主平面から 1034.45644 mmの位置に集光するような収束光束を f レンズ系6に入射させており、その光束を該 f レンズ系6によって、該 f レンズ系6の光出射側主平面から 202.92744 mmの位置に結像させており、非平行度 K は、 $K = S_k / S_d = 0.19617$ に設定されている。また集光レンズ2の焦点距離 f_{col} は 30.55254 mmであり、4つの発光部 A, B, C, D の各間隔 d は 0.1 mmであるので、集光レンズ2から出射した4つの光束の主光線の主走査断面内における相対角度差の最大値 θ_{max} は 0.56259 度である。 20

【0108】

また本実施形態における第3の位置ずれ量 Y_3 を図17に示す。同図において横軸、縦軸の設定は図14と同様である。

【0109】

本実施形態においては発光部Dから出射する光束の波長を、基準波長である 780 nmに設定し、発光部Aから出射する光束の波長を、基準波長に対して 5 nm長い 785 nmに設定してある。

【0110】

上記第1、第2、第3のずれ量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 を合計したものが実際に残存するずれ量のトータルとなり、その量を図18に示す。図18から分かるように感光ドラム面7に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面7の法線とが副走査方向に所定の入射角をなして配置した場合に発生する第1の位置ずれ量 Y_1 と、 f レンズ系6に収束光束を入射させることによって発生する第2の位置ずれ量 Y_2 と、各光束の相対的な波長差によって発生する第3の位置ずれ量 Y_3 で効果的に補正できていることが理解できる。 30

【0111】

本実施形態においては最終的なトータルの位置ずれ量が、位置ずれ量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 のうちの絶対値の最も大きい値より小さい又は等しく成るように抑えられており、前記条件式(1)を満足していることがわかる。また最終的なトータルの位置ずれ量が、有効走査領域全域において、約 $5 \mu\text{m}$ (0.005 mm) 以下という小さな量に抑えられており、前記条件式(2)を満足していることがわかる。また第1の位置ずれの方向と、前記第2、第3の位置ずれの方向は逆方向であるから、前記条件式(3)をも満足していることがわかる。 40

【0112】

また本実施形態においては、

- ・発光部の数 N は4、
- ・集光レンズ2から出射した4つの光束の主光線と、 f レンズ系6の光軸とのなす角度の平均値 θ_{avg} は 70 度、
- ・集光レンズ2の焦点距離 f_{col} は 30.55254 mm、
- ・4つの発光部 A, B, C, D の間隔 d は 0.1 mm、
- ・副走査断面内における、感光ドラム面7に入射する4つの光束の主光線が該感光ドラム 50

面 7 の法線に対して成す角の平均値 は 14 . 1 度、

- ・ポリゴンミラーの内接円半径 r は 17 . 32051 mm、
 - ・ポリゴンミラーによって偏向走査される 4 つの光束の最大走査角度 は 41 . 75084 度、
 - ・主走査断面内における、 f レンズ系 6 によって感光ドラム面 7 上を走査される 4 つの光束の最大走査位置における該感光ドラム面 7 の法線と 4 つの光束とのなす角度 θ_{max} は 29 . 306 度、
 - ・4 つの発光部 A , B , C , D から出射した 4 つの光束の相対的な波長差の最大値を は 5 nm、
 - ・ f レンズ系 6 の光出射側主平面から集光レンズ 2 によって変換された収束光束又は発散光束の自然集束点までの距離 S_d は 1034 . 45644 mm、
 - ・ f レンズ系 6 の光出射側主平面から集光レンズ 2 によって変換された収束光束又は発散光束が f レンズ系 6 によって収束されて結像される位置までの距離 S_k は 202 . 92744 mm
 - ・ f レンズ系 6 の f 係数 f は 212 . 71058 mm
 - ・解像度から決定される 4 つの光束の感光ドラム面 7 上における副走査方向の結像点の間隔 P は 0 . 042333 mm (600 DPI である)、
- となるように、各パラメータを設定している。

【 0 1 1 3 】

ここで感光ドラム面 7 に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面 7 の法線とが副走査方向に所定の入射角 をなして配置した場合に発生する、発光部 A から出射した光束の結像位置と発光部 D から出射した光束の結像位置とのずれ量である第 1 のずれ量 Y_1 は、

【 0 1 1 4 】

【 数 6 】

$$\delta Y_1 = P(N-1) \times \sin \beta \times \tan \theta_{max}$$

【 0 1 1 5 】

で表すことができる。

【 0 1 1 6 】

一方、 f レンズ系 6 に収束光束を入射させることによって発生する第 2 の位置ずれ量 Y_2 は、図 2 3 と図 2 4 を参照すれば、図 2 3 における y_s よりも図 2 4 における y_e の方が大きい為、第 2 の位置ずれ量 Y_2 は反光源手段 1 側の最大走査位置において最大となる。

【 0 1 1 7 】

ここで、上記第 2 の位置ずれ量 Y_2 は、

【 0 1 1 8 】

【 数 7 】

$$\delta Y_2 = \frac{r \tan \frac{\eta}{2} \frac{d(N-1)}{2f_{col}} \left(\cos \left(2 \arctan \frac{d(N-1)}{2f_{col}} \right) \right) + \cos \gamma \tan \mu \frac{S_k}{S_d}}{\sin \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2} \right)}$$

【 0 1 1 9 】

と近似することが出来る。

【 0 1 2 0 】

また 4 つの発光部 A , B , C , D から出射した光束に相対的な波長差が存在する場合の倍率色収差による第 3 の位置ずれ量 Y_3 は、 f レンズ系 6 を構成する光学硝子、或いは光学用プラスチック材料の分散値に設定される。通常の光学硝子、光学用プラスチック材

料の分散値の範囲においては、第3の位置ずれ量 Y_3 は、

$$Y_3 = 9.5 f$$

で近似することができる。

【0121】

ここにおいて、図14又は図15及び図16、図17から分かるように本実施形態においては、第1のずれ量 Y_1 を、反対方向の第2、第3のずれ量 Y_2 、 Y_3 で補正する構成となっており、その補正残差 a_{11} は、近似的に第1、第2、第3のずれ量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 を用いて、

【0122】

【数8】

$$\begin{aligned} \delta a_{11} &= |\delta Y_1 - (\delta Y_2 + \delta Y_3)| \\ &= \left| P(N-1) \sin \beta \tan \theta_{\max} - \frac{\left(r \tan \frac{\eta}{2} \frac{d(N-1)}{2f_{col}} \left(\cos \left(2 \arctan \frac{d(N-1)}{2f_{col}} \right) + \cos \gamma \tan \eta \right) \frac{Sk}{Sd} + 9.5 \delta \lambda f \right)}{\sin \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2} \right)} \right| \end{aligned}$$

10

【0123】

と書き表すことができる。

【0124】

一般に、主走査方向の結像点の位置ずれは、 $14 \mu\text{m}$ (0.014mm) を超えたところから視認されやすくなり、画像に対する影響が無視出来ないものとなる為、

20

【0125】

【数9】

$$\begin{aligned} \delta a_{11} &= |\delta Y_1 - (\delta Y_2 + \delta Y_3)| \\ &= \left| P(N-1) \sin \beta \tan \theta_{\max} - \frac{\left(r \tan \frac{\eta}{2} \frac{d(N-1)}{2f_{col}} \left(\cos \left(2 \arctan \frac{d(N-1)}{2f_{col}} \right) + \cos \gamma \tan \eta \right) \frac{Sk}{Sd} + 9.5 \delta \lambda f \right)}{\sin \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2} \right)} \right| \leq 0.014 \end{aligned}$$

30

【0126】

を満足することが望ましい。

【0127】

本実施形態における各数値を(4)式に代入すると、

$$a_{11} = 0.00277$$

となり、これは条件式(4)を満足している。

【0128】

このように本実施形態においては、上記条件式(4)を満足させるように、光学系の各諸元を設定することによって、主走査方向の結像位置ずれを効果的に補正し、高速でしかも高画質に最適なマルチビーム光走査装置を実現することを可能としている。

40

【0129】

[実施形態3]

次に本発明の実施形態3について説明する。

【0130】

図19は本発明の実施形態3の主走査方向の要部断面図(主走査断面図)、図20は図19の副走査方向の要部断面図(副走査断面図)である。図19、図20において図1、図2に示した要素と同一要素には同符番を付している。

【0131】

本実施形態において前述の実施形態1と異なる点は、

50

(1) 1つの発光部 A・B を有する光源 1・1 が 2 つであり、それぞれの光源 1・1 に対応した集光レンズ 2・2 も 2 つであることである。その他の構成及び光学的作用は実施形態 1 と略同様であり、これにより同様な効果を得ている。

【0132】

ここにおいて、ポリゴンミラー 5 に入射する 2 つの光束の主光線の主走査断面内における相対角度差の最大値 は 4 度に設定されている。また f レンズ系 6 の光出射側主平面から 331.680933 mm の位置に集光するような収束光束を f レンズ系 6 に入射させており、その光束を該 f レンズ系 6 によって、該 f レンズ系 6 の光出射側主平面から 201.05427 mm の位置に結像させており、非平行度 K は、 $K = S_k / S_d = 0.06062$ に設定されている。また 2 つの発光部 A, B から出射した光束の相対的な波長差はゼロとしており、その他の諸元は実施形態 2 と同様に設定されている。

10

【0133】

図 23 及び図 24 を参照すれば、発光部 A からの光束と発光部 B からの光束との成す角が大きくなればなる程、 y_s 及び y_e の量が大きくなることは容易に理解できる。即ち、ポリゴンミラー 5 に入射する 2 つの光束の主光線の主走査断面内における相対角度差の最大値 を大きくすればするほど、f レンズ系 6 に収束光束を入射させることによって発生する第 2 の位置ずれ量 Y_2 を大きくすることが分かる。

【0134】

この原理を利用すれば、感光ドラム面 7 に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面 7 の法線とが副走査方向に所定の入射角 をなして配置した場合に発生する、発光部 A から出射した光束の結像位置と発光部 B から出射した光束の結像位置のずれ量である第 1 のずれ量 Y_1 を、2 つの発光部 A, B の相対的波長差による第 3 のずれ量 Y_3 を使用しないで、第 2 のずれ量 Y_2 のみで補正することが可能となる。

20

【0135】

本実施形態においては、上記角度 を 4 度と大きく設定することにより、感光ドラム面 7 に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面 7 の法線とが副走査方向に所定の入射角 をなして配置した場合に発生する、発光部 A から出射した光束の結像位置と発光部 D から出射した光束の結像位置とのずれ量である第 1 のずれ量 Y_1 を、f レンズ系 6 に収束光束を入射させることによって発生する第 2 の位置ずれ量 Y_2 のみで補正を行っていることに特徴がある。

30

【0136】

ここにおいて、前記第 1 のずれ量 Y_1 は、実施形態 2 で説明した式、

【0137】

【数 10】

$$\delta Y_1 = P(N-1) \times \sin \beta \times \tan \theta_{\max}$$

【0138】

で計算することができる。

【0139】

一方、前記第 2 のずれ量 Y_2 は、

40

【0140】

【数 11】

$$\delta Y_2 = \frac{r \tan \frac{\eta}{2} \tan \frac{\alpha}{2} (\cos \alpha + \cos \gamma \tan \eta) S_k}{\sin \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2} \right) S_d}$$

【0141】

と近似することができる。

50

【0142】

本実施形態においては、上記第1のずれ量 Y1 をずれ量 Y2 のみで補正を行っている為、その補正残差 a11 は、近似的に、上記第1、第2のずれ量 Y1、Y2 を用いて、

【0143】

【数12】

$$\delta all = |\delta Y1 - \delta Y2|$$

$$= \left| P(N-1) \sin \beta \tan \theta_{\max} - \frac{r \tan \frac{\eta}{2} \tan \frac{\alpha}{2} (\cos \alpha + \cos \gamma \tan \eta) Sk}{\sin \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2} \right) Sd} \right| \quad 10$$

【0144】

と書き表すことが出来る。

【0145】

一般に主走査方向の結像点の位置ずれは、14 μm (0.014 mm) を超えたところから視認されやすくなり、画像に対する影響が無視できないものとなる為、

【0146】

【数13】

$$\delta all = |\delta Y1 - \delta Y2|$$

$$= \left| P(N-1) \sin \beta \tan \theta_{\max} - \frac{r \tan \frac{\eta}{2} \tan \frac{\alpha}{2} (\cos \alpha + \cos \gamma \tan \eta) Sk}{\sin \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2} \right) Sd} \right| \leq 0.014 \quad - (5) \text{式}$$

【0147】

を満足することが望ましい。

【0148】

本実施形態における各数値を条件式(5)に代入すると、

$$a11 = 0.00464$$

となり、これは条件式(5)を満足している。

【0149】

本実施形態においては、上記条件式(5)を満足させるように、光学系の各諸元を設定することによって主走査方向の結像位置ずれを効果的に補正し、高速でしかも高画質に最適なマルチビーム光走査装置を実現することを可能としている。

【0150】

ここで本実施形態において感光ドラム面7に入射するそれぞれの光束と該感光ドラム面7の法線が副走査方向に所定の入射角をなして配置した場合に発生する、発光部Aから出射した光束の結像位置と発光部Bから出射した光束の結像位置のずれ量である第1のずれ量 Y1 を、2つの発光部A、Bの相対的波長差による第3のずれ量 Y3 を使用しないで、第2のずれ量 Y2 のみで補正したが、もちろん、2つの発光部A、Bの相対的波長差による第3のずれ量 Y3 を補正に使用しても本発明の趣旨を逸脱することにはならない。

【0151】

その場合、前記条件式(5)に代わり、

【0152】

【数14】

10

20

30

40

$$\delta_{all} = \delta Y1 - (\delta Y2 + \delta Y3)$$

$$= \left| P(N-1) \sin \beta \tan \theta_{\max} - \left(\frac{r \tan \frac{\eta}{2} \tan \frac{\alpha}{2} (\cos \alpha + \cos \gamma \tan \eta)}{\sin \left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2} \right)} \frac{Sk}{Sd} + 9.5 \delta \lambda f \right) \right| \leq 0.014 \quad - (6) \text{ 式}$$

【0153】

を満足すれば良いことになる。

【0154】

このように本実施形態においては、上記条件式(5)又は条件式(6)を満足させるように、光学系の各諸元を設定することによって、主走査方向の結像位置ずれを効果的に補正し、高速でしかも高画質に最適なマルチビーム光走査装置を実現することを可能としている。

【0155】

尚、本発明の各実施形態においては、集光レンズ2から出射する光束を収束光束として説明してきたが、発散光束としても同様な補正が可能となることは言うまでもない。その場合、発光部A、発光部B等の2つの発光部A、Bの副走査方向の上下位置を反転することによって同様の補正が可能となることは容易に理解出来るであろう。

【0156】

[画像形成装置]

図21は、本発明の画像形成装置の実施形態を示す副走査方向の要部断面図である。図において、符号104は画像形成装置を示す。この画像形成装置104には、パーソナルコンピュータ等の外部機器117からコードデータDcが入力する。このコードデータDcは、装置内のプリンタコントローラ111によって、画像データ(ドットデータ)Diに変換される。この画像データDiは、実施形態1~4に示した構成を有する光走査ユニット(マルチビーム光走査装置)100に入力される。そして、この光走査ユニット100からは、画像データDiに応じて変調された光ビーム103が出射され、この光ビーム103によって感光ドラム101の感光面が主走査方向に走査される。

【0157】

静電潜像担持体(感光体)たる感光ドラム101は、モータ115によって時計廻りに回転させられる。そして、この回転に伴って、感光ドラム101の感光面が光ビーム103に対して、主走査方向と直交する副走査方向に移動する。感光ドラム101の上方には、感光ドラム101の表面を一様に帯電せしめる帯電ローラ102が表面に当接するように設けられている。そして、帯電ローラ102によって帯電された感光ドラム101の表面に、前記光走査ユニット100によって走査される光ビーム103が照射されるようになっている。

【0158】

先に説明したように、光ビーム103は、画像データDiに基づいて変調されており、この光ビーム103を照射することによって感光ドラム101の表面に静電潜像を形成せしめる。この静電潜像は、上記光ビーム103の照射位置よりもさらに感光ドラム101の回転方向の下流側で感光ドラム101に当接するように配設された現像器107によってトナー像として現像される。

【0159】

現像器107によって現像されたトナー像は、感光ドラム101の下方で、感光ドラム101に対向するように配設された転写ローラ108によって被転写材たる用紙112上に転写される。用紙112は感光ドラム101の前方(図21において右側)の用紙カセット109内に収納されているが、手差しでも給紙が可能である。用紙カセット109端部には、給紙ローラ110が配設されており、用紙カセット109内の用紙112を搬送路へ送り込む。

10

20

30

40

50

【0160】

以上のようにして、未定着トナー像を転写された用紙112はさらに感光ドラム101後方(図21において左側)の定着器へと搬送される。定着器は内部に定着ヒータ(図示せず)を有する定着ローラ113とこの定着ローラ113に圧接するように配設された加圧ローラ114とで構成されており、転写部から搬送されてきた用紙112を定着ローラ113と加圧ローラ114の圧接部にて加圧しながら加熱することにより用紙112上の未定着トナー像を定着せしめる。更に定着ローラ113の後方には排紙ローラ116が配設されており、定着された用紙112を画像形成装置の外に排出せしめる。

【0161】

図21においては図示していないが、プリントコントローラ111は、先に説明したデータの変換だけでなく、モータ115を始め画像形成装置内の各部や、後述する光走査ユニット内のポリゴンモータなどの制御を行う。

【0162】

[カラー画像形成装置]

図32は本発明の実施態様のカラー画像形成装置の要部概略図である。本実施形態は、光走査装置を4個並べ各々並行して像担持体である感光ドラム面上に画像情報を記録するタンデムタイプのカラー画像形成装置である。図32において、260はカラー画像形成装置、211, 212, 213, 214は各々実施形態1~3に示したいずれかの構成を有する光走査装置(マルチビーム光走査装置)、221, 222, 223, 224は各々像担持体としての感光ドラム、231, 232, 233, 234は各々現像器、251は搬送ベルトである。

【0163】

図32において、カラー画像形成装置260には、パーソナルコンピュータ等の外部機器252からR(レッド)、G(グリーン)、B(ブルー)の各色信号が入力する。これらの色信号は、装置内のプリンタコントローラ253によって、C(シアン)、M(マゼンタ)、Y(イエロー)、B(ブラック)の各画像データ(ドットデータ)に変換される。これらの画像データは、それぞれ光走査装置211, 212, 213, 214に入力される。そして、これらの光走査装置からは、各画像データに応じて変調された光ビーム(マルチビームレーザ-)241, 242, 243, 244が出射され、これらの光ビームによって感光ドラム221, 222, 223, 224の感光面が主走査方向に走査される。

【0164】

本実施態様におけるカラー画像形成装置は光走査装置(211, 212, 213, 214)を4個並べ、各々がC(シアン)、M(マゼンタ)、Y(イエロー)、B(ブラック)の各色に対応し、各々平行して感光ドラム221, 222, 223, 224面上に画像信号(画像情報)を記録し、カラー画像を高速に印字するものである。

【0165】

本実施態様におけるカラー画像形成装置は上述の如く4つの光走査装置211, 212, 213, 214により各々の画像データに基づいた光ビームを用いて各色の潜像を各々対応する感光ドラム221, 222, 223, 224面上に形成している。その後、記録材に多重転写して1枚のフルカラー画像を形成している。

【0166】

前記外部機器252としては、例えばCCDセンサを備えたカラー画像読取装置が用いられても良い。この場合には、このカラー画像読取装置と、カラー画像形成装置260とで、カラーデジタル複写機が構成される。

【0167】

[本発明の実施態様]

本発明の様々な例と実施形態が示され説明されたが、当業者であれば、本発明の趣旨と範囲は本明細書内の特定の説明と図に限定されるのではなく、本願特許請求の範囲に全て述べられた様々の修正と変更及びことが理解されるであろう。

【0168】

10

20

30

40

50

本発明の実施態様の例を以下に列挙する。

【0169】

[実施態様1]

主走査方向及びそれと垂直な副走査方向の双方で異なる位置に配置された複数の発光部を有する光源手段と、該複数の発光部から各々出射した複数の光束を偏向する反射面を有する回転多面鏡と、該光源手段から該回転多面鏡に至る光路中に配置され、該複数の光束を収束光束又は発散光束に変換する第1の光学系と、該回転多面鏡で偏向された複数の光束を、主走査方向に沿った回転軸を有するドラム状の被走査面上に導光させる第3の光学系と、を有するマルチビーム光走査装置であって、

副走査断面内において、該被走査面に入射する各々の光束は、それらの主光線が該被走査面の法線に対してそれぞれ零でない角度を成すように入射しており、このことによって、該被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第1の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_1 、主走査方向において収束光束又は発散光束が該第3の光学系に入射することによって、該被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第2の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_2 、該複数の発光部から出射する光束は相対的な波長差を有し、その相対的な波長差によって被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第3の方向に生じる位置ずれ量の最大値を Y_3 とするとき、

$|Y_1 + Y_2 + Y_3| \leq \text{MAX}(|Y_1|, |Y_2|, |Y_3|)$
 (但し $\text{MAX}(|Y_1|, |Y_2|, |Y_3|)$ は Y_1 、 Y_2 、 Y_3 のうちの絶対値の最も大きい値である。)

を満足することを特徴とするマルチビーム光走査装置。

【0170】

[実施態様2]

前記位置ずれ量 Y_1 、 Y_2 、 Y_3 を各々 mm 単位で表わしたとき、

$|Y_1 + Y_2 + Y_3| \leq 0.014 \text{ (mm)}$

を満足することを特徴とする実施態様1記載のマルチビーム光走査装置。

【0171】

[実施態様3]

$Y_1 \times (Y_2 + Y_3) < 0$

を満足することを特徴とする実施態様1又は2記載のマルチビーム光走査装置。

【0172】

[実施態様4]

主走査方向及びそれと垂直な副走査方向の双方で異なる位置に配置された複数の発光部を有する光源手段と、該複数の発光部から各々出射した複数の光束を偏向する反射面を有する回転多面鏡と、該光源手段から該回転多面鏡に至る光路中に配置され、該複数の光束を収束光束又は発散光束に変換する第1の光学系と、該回転多面鏡で偏向された複数の光束を、主走査方向に沿った回転軸を有するドラム状の被走査面上に導光させる第3の光学系とを有するマルチビーム光走査装置であって、

副走査断面内において、該被走査面に入射する各々の光束は、それらの主光線が該被走査面の法線に対してそれぞれ零でない角度を成すように入射しており、このことによって被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第1の方向に位置ずれが生じ、さらに主走査方向において収束光束又は発散光束が第3の光学系に入射することによって、該被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行で、第2の方向に位置ずれが生じ、さらに該複数の発光部から出射する光束は相対的な波長差を有し、その相対的な波長差によって被走査面上の各光束の結像点間に相対的に主走査方向に平行な第3の方向に位置ずれが生じ、

該複数の発光部の数を N 、

該第1の光学系から出射した複数の光束の主光線と、該第3の光学系の光軸とのなす角度の平均値を、

該第1の光学系の焦点距離を $f_{c.1}$ 、

該複数の発光部の間隔を d 、

副走査断面内における、該被走査面に入射する複数の光束の主光線が該被走査面の法線に対して成す角度の平均値を、

該回転多面鏡の内接円半径を r 、

該回転多面鏡によって偏向走査される複数の光束の最大走査角度を、

主走査断面内における、該第3の光学系によって被走査面上を走査される複数の光束の最大走査位置における該被走査面の法線と複数の光束とのなす角度を θ_{max} 、

該複数の発光部から出射した複数の光束の相対的な波長差の最大値を、

該第3の光学系の光出射側主平面から該第1の光学系によって変換された収束光束又は発散光束の自然集束点までの距離を S_d 、

該第3の光学系の光出射側主平面から該第1の光学系によって変換された収束光束又は発散光束が該第3の光学系によって収束されて結像される位置までの距離を S_k 、

該第3の光学系の f 係数を f 、

解像度から決定される複数の光束の被走査面上における副走査方向の結像点の間隔を P 、

とすとき、

【0173】

【数15】

$$\left| P(N-1)\sin\beta\tan\theta_{max} - \frac{r\tan\frac{\eta}{2}\frac{d(N-1)}{2f_{col}}\left(\cos\left(2\arctan\frac{d(N-1)}{2f_{col}}\right) + \cos\gamma\tan\eta\right)}{\sin\left(\frac{\gamma}{2} + \frac{\eta}{2}\right)}\frac{S_k}{S_d} + 9.5\delta\lambda f \right| \leq 0.014$$

【0174】

なる条件式を満足することを特徴とするマルチビーム光走査装置。

【0175】

[実施態様5]

前記第2の方向と第3の方向は、いずれも前記第1の方向に対して反対方向であることを特徴とする実施態様1乃至4の何れか1項に記載のマルチビーム光走査装置。

【0176】

[実施態様6]

前記第1の光学系を通過した複数の光束を前記回転多面鏡の反射面に主走査方向に延びる線状に結像させる第2の光学系を有することを特徴とする実施態様1乃至5の何れか1項に記載のマルチビーム光走査装置。

【0177】

[実施態様7]

実施態様1乃至6の何れか1項に記載のマルチビーム光走査装置と、前記被走査面に配置された感光体と、前記マルチビーム光走査装置で走査された光ビームによって前記感光体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被転写材に転写する転写器と、転写された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。

【0178】

[実施態様8]

実施態様1乃至6の何れか1項に記載のマルチビーム光走査装置と、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前記マルチビーム光走査装置に入力せしめるプリンタコントローラとを有していることを特徴とする画像形成装置。

【0179】

[実施態様9]

各々が実施態様1乃至6の何れか1項に記載のマルチビーム光走査装置の被走査面に配置され、互いに異なった色の画像を形成する複数の像担持体とを有することを特徴とするカ

10

20

30

40

50

ラー画像形成装置。

【0180】

[実施態様10]

外部機器から入力した色信号を異なった色の画像データに変換して各々のマルチビーム光走査装置に入力せしめるプリンタコントローラを有していることを特徴とする実施態様9記載のカラー画像形成装置。

【0181】

【発明の効果】

本発明によれば前述の如く各々の条件式を満足するように各要素を最適に設定することにより、結像特性を全く劣化させることなく、被走査面全域における複数のスポットの主走査方向の結像位置のずれをほぼ完全に相殺し補正することによって高速、高記録密度に適したマルチビーム光走査装置を達成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1のマルチビーム光走査装置の主走査断面図。

【図2】本発明の実施形態1のマルチビーム光走査装置の副走査断面図。

【図3】本発明の実施形態1における第1の位置ずれを説明する図。

【図4】本発明の実施形態1における第2の位置ずれを説明する図。

【図5】本発明の実施形態1における第3の位置ずれを説明する図。

【図6】本発明の実施形態1における、第1の位置ずれを第2・第3の位置ずれで補正したようすを説明する図。

【図7】本発明の実施形態1における第1の位置ずれ量を示す図。

【図8】本発明の実施形態1における第1の位置ずれ量を横軸を変えて示した図。

【図9】本発明の実施形態1における第2の位置ずれ量を示す図。

【図10】本発明の実施形態1における第3の位置ずれ量を示す図。

【図11】本発明の実施形態1における、第1の位置ずれを第2・第3の位置ずれで補正した後のトータルの位置ずれ量を示す図。

【図12】本発明の実施形態2のマルチビーム光走査装置の主走査断面図。

【図13】本発明の実施形態2のマルチビーム光走査装置の副走査断面図。

【図14】本発明の実施形態2における第1の位置ずれ量を示す図。

【図15】本発明の実施形態2における第1の位置ずれ量を横軸を変えて示した図。

【図16】本発明の実施形態2における第2の位置ずれ量を示す図。

【図17】本発明の実施形態2における第3の位置ずれ量を示す図。

【図18】本発明の実施形態2における、第1の位置ずれを第2・第3の位置ずれで補正した後のトータルの位置ずれ量を示す図。

【図19】本発明の実施形態3のマルチビーム光走査装置の主走査断面図。

【図20】本発明の実施形態3のマルチビーム光走査装置の副走査断面図。

【図21】本発明の画像形成装置の実施形態を示す副走査断面図。

【図22】ドラム入射光線とドラム法線とが副走査方向に角度をもったときに発生する複数ビームの主走査方向位置ずれを説明する図。

【図23】走査開始側における複数光束の主光線がポリゴンで反射される状態を説明する図。

【図24】走査終了側における複数光束の主光線がポリゴンで反射される状態を説明する図。

【図25】f レンズに入射する複数の収束光が主走査方向に位置ずれがあったときに、ドラム面上でそれぞれのスポットが主走査方向に位置ずれを起こすことを説明する図。

【図26】f レンズに入射する複数の光束が収束光であった場合に、ドラム面上での複数光線が形成する走査ラインの様子を示す図。

【図27】従来のマルチビーム光走査装置の主走査断面図。

【図28】従来のマルチビーム光走査装置の発光点の配置のし方を示す図。

【図29】従来のマルチビーム光走査装置の発光点の配置のし方を示す図。

10

20

30

40

50

【図30】従来のマルチビーム光走査装置のドラムに入射する光束とドラム法線の副走査方向の配置を説明する図。

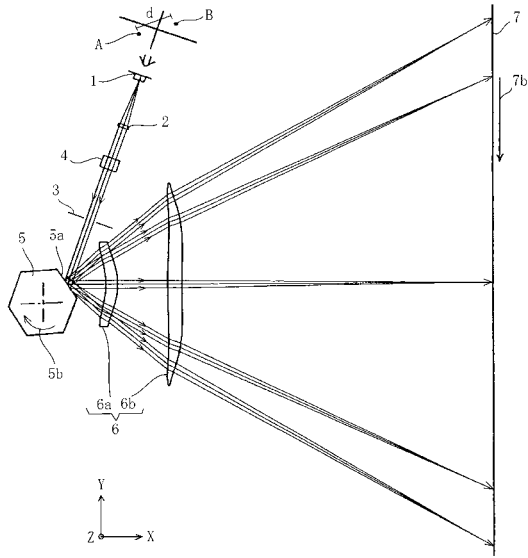
【図31】ドラムに入射する光束とドラム法線とを副走査方向に所定角度をなして配置した場合に各走査線の走査線長さが異なってしまうことを説明する図。

【図32】本発明の実施態様のカラー画像形成装置の要部概略図

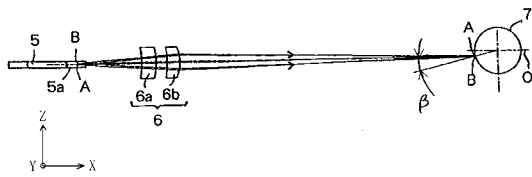
【符号の説明】

- | | | |
|-----------------|--------------------|----|
| 1 | 光源手段（半導体レーザー） | |
| 2 | 第1の光学系 | |
| 3 | 絞り | |
| 4 | 第2の光学系（シリンドリカルレンズ） | 10 |
| 5 | 回転多面鏡（ポリゴンミラー） | |
| 6 | 第3の光学系（f レンズ系） | |
| 7 | 被走査面（感光ドラム面） | |
| 100 | 光走査装置 | |
| 101 | 感光ドラム | |
| 102 | 帯電ローラ | |
| 103 | 光ビーム | |
| 104 | 画像形成装置 | |
| 107 | 現像装置 | |
| 108 | 転写ローラ | 20 |
| 109 | 用紙カセット | |
| 110 | 給紙ローラ | |
| 111 | プリンタコントローラ | |
| 112 | 転写材（用紙） | |
| 113 | 定着ローラ | |
| 114 | 加圧ローラ | |
| 115 | モータ | |
| 116 | 排紙ローラ | |
| 117 | 外部機器 | |
| 211、212、213、214 | 光走査装置 | 30 |
| 221、222、223、224 | 像担持体（感光ドラム） | |
| 231、232、233、234 | 現像器 | |
| 241、242、243、244 | 光ビーム | |
| 251 | 搬送ベルト | |
| 252 | 外部機器 | |
| 253 | プリンタコントローラ | |
| 260 | カラー画像形成装置 | |

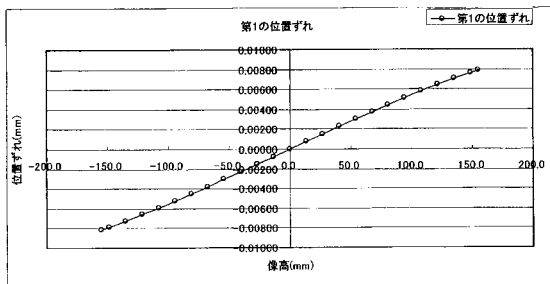
【 図 1 】



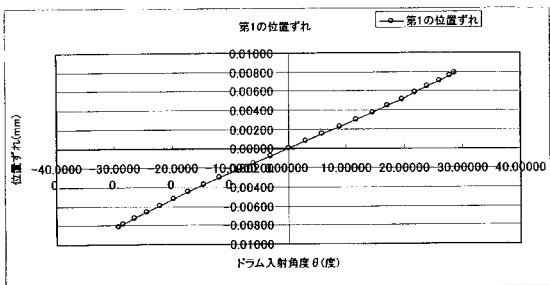
【 図 2 】



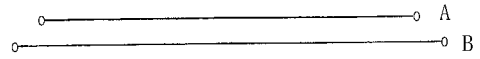
【 図 7 】



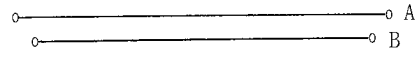
【 図 8 】



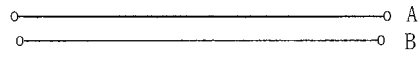
【 図 3 】



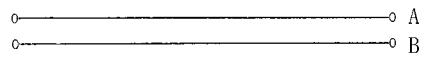
【 図 4 】



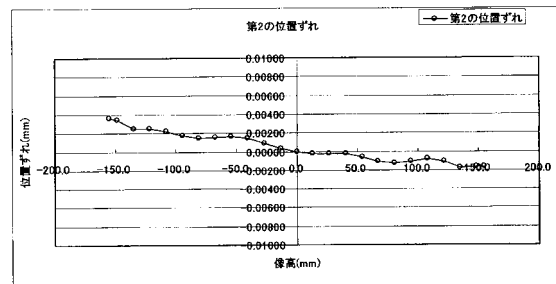
【 図 5 】



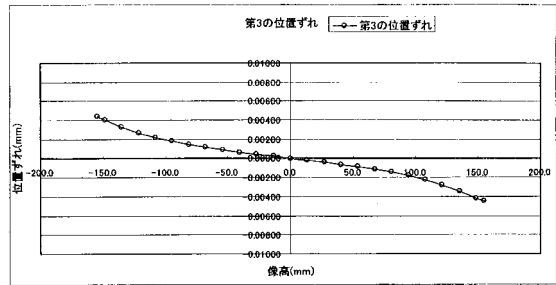
【 図 6 】



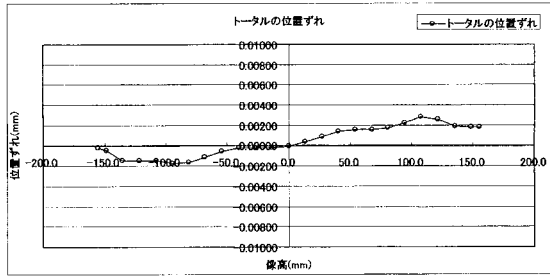
【 図 9 】



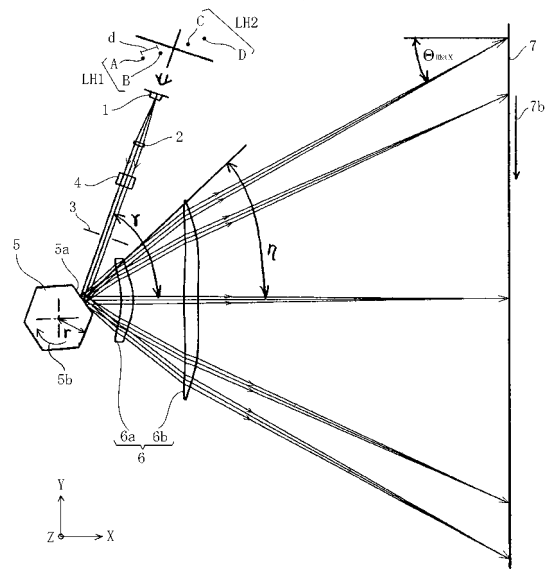
【 図 10 】



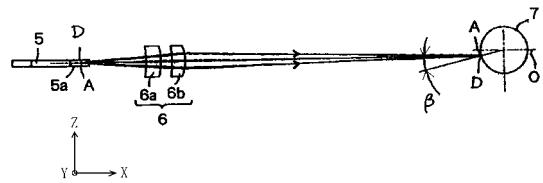
【 図 1 1 】



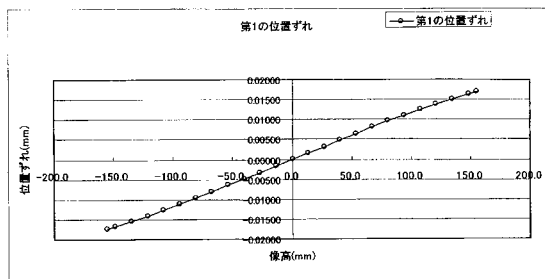
【 図 1 2 】



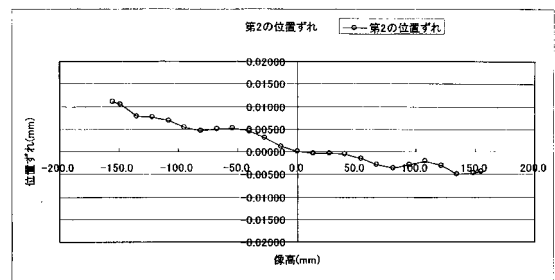
【 図 1 3 】



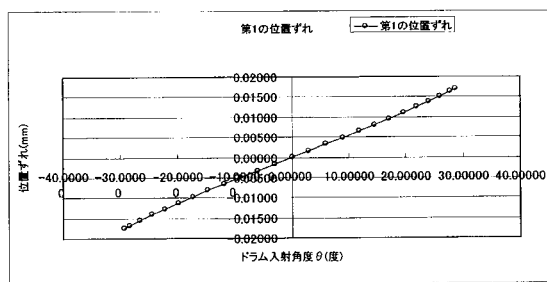
【 図 1 4 】



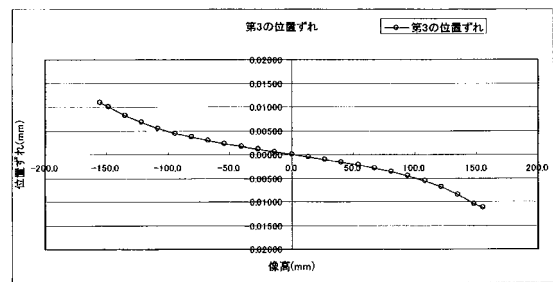
【 図 1 6 】



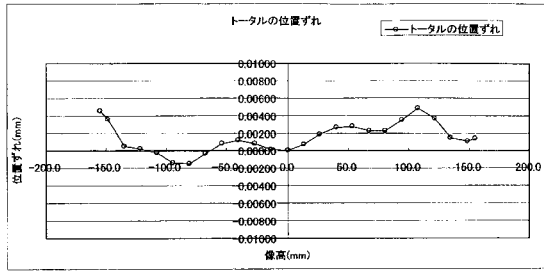
【 図 1 5 】



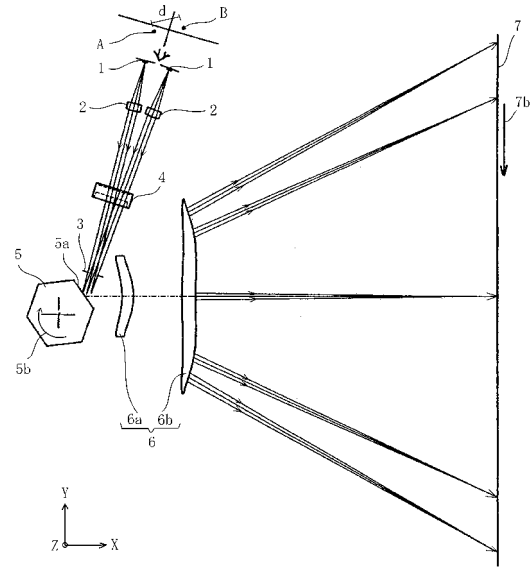
【 図 1 7 】



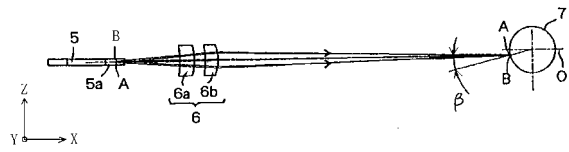
【 図 1 8 】



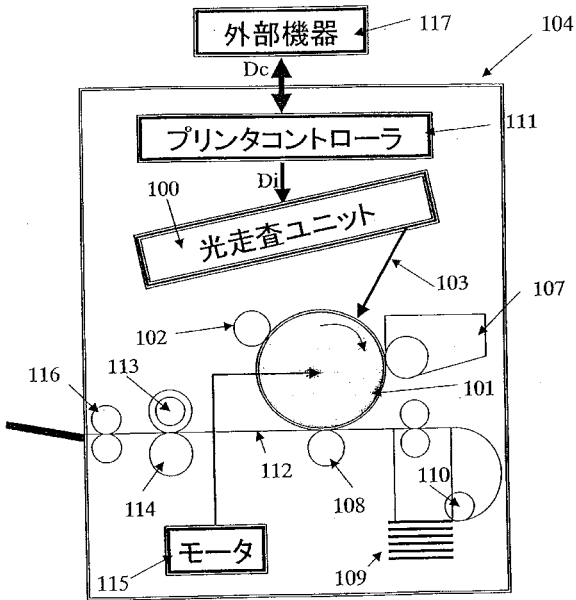
【 図 1 9 】



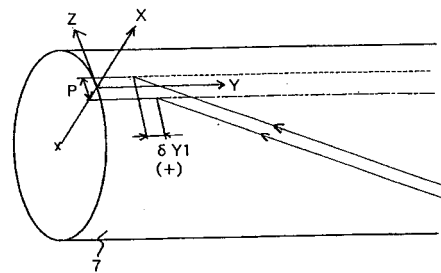
【 図 2 0 】



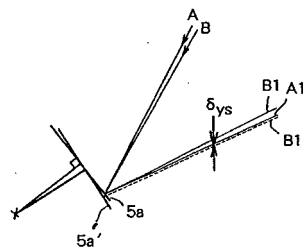
【 図 2 1 】



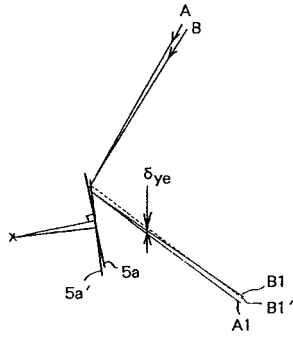
【 図 2 2 】



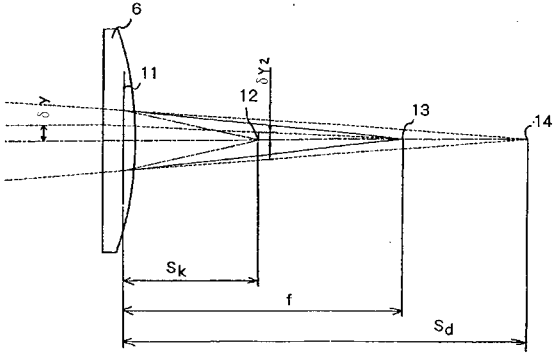
【 図 2 3 】



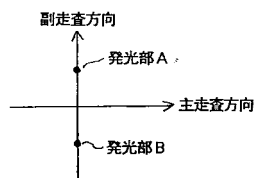
【図 2 4】



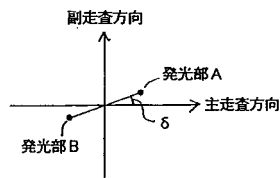
【図 2 5】



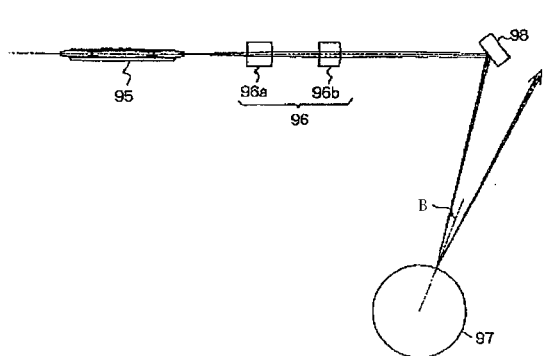
【図 2 8】



【図 2 9】



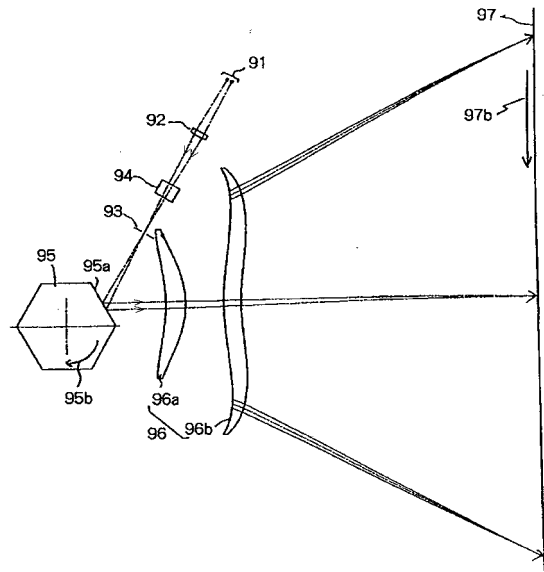
【図 3 0】



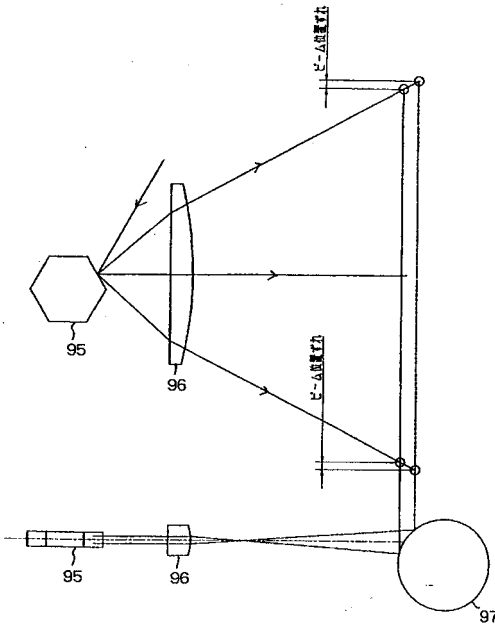
【図 2 6】



【図 2 7】



【図 3 1】



【 図 3 2 】

