

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3718397号

(P3718397)

(45) 発行日 平成17年11月24日(2005.11.24)

(24) 登録日 平成17年9月9日(2005.9.9)

(51) Int.Cl.⁷

F I

G O 2 B 26/10

G O 2 B 26/10

D

G O 2 B 5/18

G O 2 B 26/10

B

G O 2 B 13/00

G O 2 B 5/18

G O 2 B 13/00

請求項の数 6 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-1192 (P2000-1192)
 (22) 出願日 平成12年1月7日(2000.1.7)
 (65) 公開番号 特開2001-194607 (P2001-194607A)
 (43) 公開日 平成13年7月19日(2001.7.19)
 審査請求日 平成14年7月5日(2002.7.5)

(73) 特許権者 000000527
 ペンタックス株式会社
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号
 (74) 代理人 100098235
 弁理士 金井 英幸
 (72) 発明者 飯塚 隆之
 東京都板橋区前野町2丁目36番9号 旭
 光学工業株式会社内

審査官 東 治企

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マルチビーム光学系

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のピーク波長で発光する光源と、
 該光源からの光束を回折させることにより複数本に分岐してそれぞれ異なる角度で射出させる回折分岐素子と、
 回折分岐素子により分岐された光束を入射させる位置に配置され、全体としてアフォーカル系を構成する第1群及び第2群とからなり、
 入射した光束に対する角倍率をその波長に反比例させる補正光学系と
 を含むことを特徴とするマルチビーム光学系。

【請求項2】

複数のピーク波長で発光する光源と、
 該光源からの光束を回折させることにより複数本に分岐してそれぞれ異なる角度で射出させる回折分岐素子と、
 回折分岐素子により分岐された光束を入射させる位置に配置され、全体としてアフォーカル系を構成する第1群及び第2群とからなるとともに、以下の条件(1)、(2)を実質的に満たす補正光学系と
 を含むことを特徴とするマルチビーム光学系。

$$(1) \nu_1 = (f_1 + f_2) / f_1 \cdot \nu_{DOE}$$

$$(2) \nu_2 = - (f_1 + f_2) / f_2 \cdot \nu_{DOE}$$

但し、 ν_1 は第1群のアッベ数、 f_1 は第1群の焦点距離、 ν_2 は第2群のアッベ数、 f_2 は

10

20

第 2 群の焦点距離, v_{DOE} は前記回折分岐素子のアッペ数である。

【請求項 3】

前記補正光学系は、更に、以下の条件 (3), (4), (5) をも実質的に満たすことを特徴とする請求項 2 記載のマルチビーム光学系。

$$(3) \quad f_1 / v_1 = -f_2 / v_2$$

$$(4) \quad f_1 = f_2$$

$$(5) \quad v_1 = -v_2 = 2 v_{DOE}$$

【請求項 4】

前記補正光学系を構成する第 1 群及び第 2 群は、ともに、回折レンズ構造をもつことを特徴とする請求項 1 乃至 3 の何れかに記載のマルチビーム光学系。

10

【請求項 5】

前記補正光学系を構成する第 1 群及び第 2 群は、ともに、正のパワーを持つ反射面上に回折レンズ構造が形成された素子である

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載のマルチビーム光学系。

【請求項 6】

前記補正光学系の第 1 群は、前記回折分岐素子からその前側主点までの距離が自身の焦点距離 f_1 と合致する位置に配置されている

ことを特徴とする請求項 2 乃至 5 の何れかに記載のマルチビーム光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

この発明は、露光対象面上に複数のビームスポットを形成するマルチビームレーザープロッター等のマルチビーム光学系に関し、特に、単一の光源からのレーザー光を回折分岐素子を用いて分割して複数のビームを得るタイプの光学系に関する。

【0002】

【従来の技術】

マルチビーム光学系には、光源から発したレーザー光をビームスポットの数に応じたビームに分岐させるための分岐素子が必要である。従来、分岐素子としてはプリズム型の素子が用いられていたが、プリズム型では分岐するビーム数に対応する個数のプリズムブロックが必要となり、本数が多くなるほど接合時の誤差による露光対象面上でのビームスポットのズレが大きくなる。

30

【0003】

そこで、近時、回折効果を利用した回折分岐素子が用いられるようになっている。回折分岐素子は、貼り合わせ等が不要な単一の素子で構成されるため、分岐するビームの本数が多くなってもプリズム型におけるような誤差は生じない。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、光の回折角度は波長に比例して変化するため、光源が複数の波長で発光する場合には、同一の次数で回折したビームであっても露光対象面上では波長によって収束位置がずれ、あるいは、光源の発光波長が単一である場合にも、発光波長が変化すると露光対象面上でのビームスポットのピッチが変化するという問題がある。

40

【0005】

例えば、レーザーフォトリソプロッター等の光源として用いられるアルゴンレーザーは、可視域、紫外域で複数のピーク波長を持つが、回折素子を利用する場合にはその一つの波長しか使用し得ず、エネルギーの利用効率を高めることができなかった。

【0006】

この発明は、上述した従来技術の問題点を解決するためになされたものであり、回折分岐素子が持つ波長依存性による影響を補正することができ、波長が異なる複数のビームを利用した場合の露光対象面上でのビームスポットの位置ズレや、波長が変化した際のビームスポットのピッチの変化を防ぐことができるマルチビーム光学系の提供を目的とする。

50

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

上記の目的を達成するため、本発明によるマルチビーム光学系は、回折分岐素子により分岐された光束を入射させる位置に配置され、全体としてアフォーカル系を構成する第1群及び第2群とからなる補正光学系を、含む。この補正光学系は、入射した光束に対する角倍率をその波長に反比例させる特性を有するか、若しくは、 v_1 を第1群のアッペ数、 f_1 を第1群の焦点距離、 v_2 を第2群のアッペ数、 f_2 を第2群の焦点距離、 v_{DOE} を前記回折分岐素子のアッペ数とした場合、以下の条件(1)、(2)を実質的に満たしていなければならない。

【 0 0 0 8 】

$$(1) v_1 = (f_1 + f_2) / f_1 \cdot v_{DOE}$$

$$(2) v_2 = - (f_1 + f_2) / f_2 \cdot v_{DOE}$$

このように構成されれば、回折分岐素子にて互いに異なる角度で回折された各波長の光束が、第1群を通過することによって、第2群においてそのビーム同士が同一箇所に入射し、ともに平行光束となって、同じ方向へ射出される。従って、補正光学系を通過することにより、回折分岐素子によって分散された同一次数の光束が、同じ光路上に重なって進むことになる。従って、回折格子が持つ波長依存性による影響を補正することができる。

【 0 0 0 9 】

さらに、補正光学系が、以下の条件(3)、(4)及び(5)を満たすように設計すれば、上記した条件(1)及び(2)が直ちに満たされるので、設計が容易になる。

【 0 0 1 0 】

$$(3) f_1 / v_1 = - f_2 / v_2$$

$$(4) f_1 = f_2$$

$$(5) v_1 = - v_2 = 2 v_{DOE}$$

この補正光学系を構成する第1群及び第2群は、正のパワーを持つ反射面上に回折レンズ構造が形成された素子として構成されれば、上記各条件(1)、(2)、(5)を容易に満たし得るが、正レンズ及び回折レンズ構造の複合素子として構成されても良い。

【 0 0 1 1 】

このマルチビーム光学系は、複数光束を同時に偏向するマルチビーム走査光学系に用いられることが通常の用途であるが、それ以外の用途に用いられても良いのは勿論である。

【 0 0 1 2 】

【発明の実施の形態】

以下、この発明にかかるマルチビーム光学系の実施形態を説明する。図1はこの発明のマルチビーム光学系を走査光学系に適用した実施形態を示す説明図、図2及び図3は発明の原理の説明図である。まず、図1に基づいて実施形態の構成を説明した後、図2及び図3に従って発明の原理を説明する。この走査光学系内には曲面ミラーも含まれているので、実際には光軸は折り曲げられているが、光線の進行の状態が理解し易くなるように、図1乃至図3においては、光軸が一直線状となるように展開された状態で、示されている。また、これら各図においては、走査光学系を構成する各光学部材(曲面ミラー及びレンズ)は、その厚さが無いものとして概略図示されている。

【 0 0 1 3 】

実施形態の走査光学系は、図1に示すように、光源側から順に配列されたレーザー光源1、ビームエキスパンダー2、回折分岐素子3、補正光学系4、収束ミラー5、マルチチャンネル変調器6、コリメートレンズ7、偏向器としてのポリゴンミラー8、走査レンズであるfθレンズ9、及び、露光対象面10から、構成されている。

【 0 0 1 4 】

なお、ポリゴンミラー8は、図1の紙面に直交する方向を向いた回転軸を中心として回転することによって各光束を偏向するので、以下、図1における上下方向を、「主走査方向」と称する。また、描画面Sは、図1の紙面に直交する方向に移動することによって、平面的な描画を可能としているので、以下、図1の紙面に直交する方向を、「副走査方向」

10

20

30

40

50

と称する。

【 0 0 1 5 】

光源 1 は、複数のピーク波長で発光するアルゴンレーザー等のレーザー光源であり、この光源 1 から発した光束は、ビームエクスペンダー 2 によって光束径が調整された後に、平行光束として回折分岐素子 3 に入射する。この回折分岐素子 3 は、ビームエクスペンダー 2 からの平行光束を、回折させることにより複数の回折次数の光束に分岐して、各々異なる角度で射出させる。ただし、後述するように、回折分岐素子 3 に入射する平行光束に含まれる各波長成分はその波長に応じた角度で回折されるので（即ち、回折角の色収差を発生するので）、各回折次数の光束は、更に、各波長毎に異なった角度で分散して射出される。

10

【 0 0 1 6 】

回折分岐素子 3 により分岐された各回折次数の光束（平行光束）は、補正光学系 4 に入射する。この補正光学系 4 は、全体として正のパワーを持つとともに負の色分散を与える回折レンズ成分を含む凹面鏡からなる第 1 群 4 a と、全体として正のパワーを持つとともに正の色分散を与える回折レンズ成分を含む凹面鏡からなる第 2 群 4 b とから構成され、全体として、アフォーカル系をなすとともに、入射光束に対する角倍率をその波長に反比例させることによって回折分岐素子において発生した回折角の色収差を補正する補正系として、機能する。即ち、個々の回折次数の光束をなす各波長成分は、この補正光学系 4 を通ることによって、同一光路を通る平行光束に補正される。このような補正系としての機能を満たすべく、補正光学系 4 の各群 4 a , 4 b の基準光線に対する焦点距離 f_1 , f_2 及び

20

【 0 0 1 7 】

補正光学系 4 を通過した各次数の平行光束は、次に、収束ミラー 5 によって、夫々の主光線を平行に並べた状態で収束される。この収束ミラー 5 によって収束された各次数の光束のビームウェスト位置には、AOM (音響光学変調素子) 等のマルチチャンネル変調素子 6 が配置されている。このマルチチャンネル変調素子 6 は、収束ミラー 5 によって収束され

30

【 0 0 1 8 】

コリメートレンズ 7 は、ビーム中心軸 1 上において、自らの前側焦点がマルチチャンネル変調素子 6 と合致する位置に配置されている。このコリメートレンズ 7 から射出された各光束は平行光束となり、各光束のビーム軸はコリメートレンズ 7 の後側焦点において互い

40

【 0 0 1 9 】

このコリメートレンズ 7 の後側焦点位置には、ポリゴンミラー 8 の反射面が配置されている。このポリゴンミラー 8 は、その回転軸を中心として回転することにより、その反射面に入射した各光束を、均等な角度差をもった平行光のまま、主走査方向へ偏向・走査する。

【 0 0 2 0 】

走査レンズ 9 は、 f_θ 特性を有し、ポリゴンミラー 8 によって反射された各光束を収束させ、描画面 10 上において、副走査方向において等間で一一直線状に並んだスポット列を形成し、ポリゴンミラー 8 の回転に伴って、主走査方向に等速度で同時に走査する。

50

【 0 0 2 1 】

続いて、図 2 及び図 3 に基づいて、補正光学系 4 の詳細を説明する。この補正光学系 4 の各群 4 a , 4 b は、本実施形態においては、凹面鏡の表面にフレネル状の回折レンズ構造を形成することにより構成されている。

【 0 0 2 2 】

回折レンズ構造を採用したのは、補正光学系 4 の機能を果たすのに必要十分な分散を得るためには、回折レンズ構造が有利だからである。即ち、回折レンズ成分の v_d 相当の等価的アッペ数 v_{D0E} は - 3 . 4 5 3 であり、回折レンズ成分の分散は負の値を持つとともに屈折レンズの分散と比較してかなり大きい。従って、屈折レンズでは困難な色補正が実現できるのである。

10

【 0 0 2 3 】

また、回折レンズ成分が形成される基材を反射鏡としたのは、反射鏡自体のアッペ数が無限大であるが故に、光学素子全体の色分散が回折レンズ成分のみによって発生するようになり、その結果、その分散が波長に対してリニアとなるので、同じく回折型の素子である回折分岐素子 3 において波長に対してリニアに発生した分散を補正するのに適しているからである。

【 0 0 2 4 】

図 2 に示すように、回折分岐素子 3 は、入射光束に対して負の色分散を与える。従って、回折分岐素子 3 は、同次数の回折光であっても、長い波長成分 λ_A を、短い波長成分 λ_B よりも大きい角度で回折する。そのため、波長が長いほど、補正光学系 4 の第 1 群 4 a への入射位置の高さ（光軸 1 からの距離） h_1 が高くなり、第 1 群 4 a への入射角が大きくなる。

20

【 0 0 2 5 】

補正光学系 4 の第 1 群 4 a は、同次数の回折光を構成する各波長成分（特に、その主光線）の通過位置の高さを、第 2 群 4 b への入射の際に揃える機能を担っている。従って、第 1 群 4 a は、長い波長成分ほど大きく偏向させる色分散特性、即ち、負の分散（ $1 / v_1$ ）を有していなければならない。以下、この v_1 の導出を行う。

【 0 0 2 6 】

図 2 において、波長成分 λ_A の主光線に関し、第 1 群 4 a への入射時においてビーム中心軸 1 に対してなす傾きを u_A とし、第 1 群 4 a への入射位置の高さを h_{1A} とし、第 1 群 4 a からの出射時においてビーム中心軸 1 に対してなす傾きを u'_A とし、第 1 群 4 a が発揮するパワーを ψ_{1A} とし、第 1 群 4 a が示す焦点距離を f_{1A} とする。同様に、波長成分 λ_B の主光線に関し、第 1 群 4 a への入射時においてビーム中心軸 1 に対してなす傾きを u_B とし、第 1 群 4 a への入射位置の高さを h_{1B} とし、第 1 群 4 a からの出射時においてビーム中心軸 1 に対してなす傾きを u'_B とし、第 1 群 4 a が発揮するパワーを ψ_{1B} とし、第 1 群 4 a が示す焦点距離を f_{1B} とする。

30

【 0 0 2 7 】

いま、図 2 に示すように、波長成分 λ_A の主光線を第 1 群 4 a での反射後においてビーム中心軸 1 と平行にするとともに、両波長成分 λ_A , λ_B の主光線を第 2 群の同一位置へ入射させるものとする。この場合、波長成分 λ_A については、次の式によって、その主光線の傾きが表される。

40

【 0 0 2 8 】

$$u'_A = u_A + h_{1A} \psi_{1A} \quad \dots \dots (1)$$

ここで、 $u'_A = 0$ とすると、式 (1) は、

$$u_A = - h_{1A} \psi_{1A} \quad \dots \dots (2)$$

となる。

【 0 0 2 9 】

一方、波長成分 λ_B については、次の式によって、その主光線の傾きが表される。

【 0 0 3 0 】

$$\begin{aligned} u'_B &= u_B + h_{1B} \psi_{1B} \\ &= \lambda_B / \lambda_A \cdot u_A + \lambda_B / \lambda_A \cdot h_{1A} \psi_{1B} \end{aligned} \quad \dots\dots (3)$$

この式(3)に式(2)を代入すると、

$$\begin{aligned} u'_B &= -\lambda_B / \lambda_A \cdot h_{1A} \psi_{1A} + \lambda_B / \lambda_A \cdot h_{1A} \psi_{1B} \\ &= \lambda_B / \lambda_A \cdot h_{1A} \cdot (\psi_{1B} - \psi_{1A}) \\ &= \lambda_B / \lambda_A \cdot h_{1A} \cdot (1/f_{1B} - 1/f_{1A}) \end{aligned} \quad \dots\dots (4)$$

となる。また、図2より、 $h_{1A} = -u_A f_{1A}$ なので、

$$u'_B = -\lambda_B / \lambda_A \cdot u_A f_{1A} \cdot (f_{1A} - f_{1B}) / (f_{1A} f_{1B})$$

と、変形される。ここで、 $f_{1A} - f_{1B} = -\Delta f_1$ 、 $f_{1B} = f_1$ とおくと、

$$u'_B = \lambda_B / \lambda_A \cdot u_A \cdot \Delta f_1 / f_1$$

となる。さらに、軸上色収差を表す式 $\Delta f = -f/v$ より、

$$u'_B = -\lambda_B / \lambda_A \cdot u_A / v_1 \quad \dots\dots (5)$$

と、変形される。

【0031】

また、図2より、 h_{1A} 及び h_{1B} のズレ量 Δh_1 を補正する条件は、次の式によって表される。

【0032】

$$\begin{aligned} \Delta h_1 &= (u_A - u_B) \cdot f_1 = u'_B \cdot (f_1 + f_2) \\ &= (u_A - \lambda_B / \lambda_A \cdot u_A) \cdot f_1 = u'_B \cdot (f_1 + f_2) \\ &= (\lambda_A - \lambda_B) / \lambda_A \cdot u_A f_1 = u'_B \cdot (f_1 + f_2) \dots (6) \end{aligned}$$

式(5)及び式(6)より、

$$\begin{aligned} u'_B &= -\lambda_B / \lambda_A \cdot u_A / v_1 \\ &= f_1 / (f_1 + f_2) \cdot (\lambda_A - \lambda_B) / \lambda_A \cdot u_A \end{aligned}$$

となる。これを变形して v_1 について解くと、

$$v_1 = \lambda_B / (\lambda_B - \lambda_A) \cdot (f_1 + f_2) / f_1 \quad \dots\dots (7)$$

となる。ここで、 $\lambda_B / (\lambda_B - \lambda_A)$ は、回折光学素子のアッペ数 v_{DOE} と同等なので、式(7)は、下記のように変形することができる。

【0033】

$$v_1 = (f_1 + f_2) / f_1 \cdot v_{DOE} \quad \dots\dots (8)$$

この式(8)が、回折分岐素子3において色分散した各波長成分 λ_A 、 λ_B を第2群4bの入射位置において揃えるために、第1群4aに求められるアッペ数の条件である。ここで、上述したように、補正光学系4は全体としてアフォーカル系として機能し、 f_1 及び f_2 は何れも正の値をとる。従って、 v_1 の極性は負となるので、正の分散を示すガラスのみからこの v_1 の値を実現することはできない。従って、この第1群4aは、アッペ数が無限大である反射鏡上に回折レンズ構造が形成されてなる光学素子として、構成されているのである。

【0034】

補正光学系4の第1群4aによって偏向された後に第2群4bに入射した同一次数の各波長成分(特に、その主光線)は、その波長が長いほど、第2群4bに対する入射角が大きくなる。

【0035】

補正光学系4の第2群4bは、同一箇所に入射した同一次数の各波長成分の射出方向を揃える機能を担っている。従って、第2群4bは、短い波長成分ほど大きく偏向させる色分散特性、即ち、正の分散($1/v_2$)を有していなければならない。以下、この v_2 の導出を行う。

【0036】

図2において、波長成分 λ_A の主光線に関し、第2群4bからの出射時においてビーム中

10

20

30

40

50

心軸 1 に対してなす傾きを u''_A とし、第 2 群 4 b が発揮するパワーを ψ_{2A} とする。同様に、波長成分 λ_B の主光線に関し、第 2 群 4 b からの出射時においてビーム中心軸 1 に対してなす傾きを u''_B とし、第 2 群 4 b が発揮するパワーを ψ_{2B} とする。

【 0 0 3 7 】

この場合、波長成分 λ_A については、次の式によって、その主光線の傾きが表される。

【 0 0 3 8 】

$$u''_A = u'_A + h_2 \psi_{2A} \quad \dots\dots (9)$$

ここで、第 1 群 4 a によって波長成分 λ_A の主光線はビーム中心軸 1 と平行にされているので、 $u'_A = 0$ を代入すると、式 (9) は、

$$u''_A = h_2 \psi_{2A} \quad \dots\dots (10)$$

10

となる。

【 0 0 3 9 】

一方、波長成分 λ_B については、次の式によって、その主光線の傾きが表される。

【 0 0 4 0 】

$$u''_B = u'_B + h_2 \psi_{2B} \quad \dots\dots (11)$$

両主光線を第 2 群 4 b からの出射時に揃えるには、 $u''_A = u''_B$ を満足させれば良いので、式 (10) 及び式 (11) を合成することによって、下記式 (12) が得られる。

【 0 0 4 1 】

$$u'_B + h_2 \psi_{2B} = h_2 \psi_{2A} \quad \dots\dots (12)$$

これを変形して u'_B について解くと、

20

$$\begin{aligned} u'_B &= h_2 \psi_{2A} - h_2 \psi_{2B} \\ &= h_2 \cdot (\psi_{2A} - \psi_{2B}) \quad \dots\dots (13) \end{aligned}$$

この式 (13) と式 (4) とを合成するとともに $h_2 = h_{1A}$ を代入することによって、下記式 (14) が得られる。

【 0 0 4 2 】

$$\begin{aligned} h_2 \cdot (\psi_{2A} - \psi_{2B}) &= \lambda_B / \lambda_A \cdot h_{1A} \cdot (\psi_{1B} - \psi_{1A}) \\ \psi_{2A} - \psi_{2B} &= -\lambda_B / \lambda_A \cdot (\psi_{1A} - \psi_{1B}) \quad \dots\dots (14) \end{aligned}$$

ここで、

30

$$\begin{aligned} \psi_{1A} - \psi_{1B} &= 1 / f_{1A} - 1 / f_{1B} \\ &= (f_{1B} - f_{1A}) / f_{1A} \cdot f_{1B} \end{aligned}$$

であり、 $f_{1B} - f_{1A} = \Delta f_1 = -f_1 / \nu_1$ 、 $f_{1A} = f_1$ 、 f_{1B} とおくと、

$$\begin{aligned} \psi_{1A} - \psi_{1B} &\doteq \Delta f_1 / f_1^2 \\ &\doteq -1 / (\nu_1 f_1) \quad \dots\dots (15) \end{aligned}$$

となる。同様に、

$$\psi_{2A} - \psi_{2B} = 1 / (\nu_2 f_2) \quad \dots\dots (16)$$

となる。これら式 (15) 及び式 (16) を式 (14) に代入することにより、下記式 (17) が得られる。

40

【 0 0 4 3 】

$$-1 / (\nu_2 f_2) = \lambda_B / \lambda_A \cdot 1 / (\nu_1 f_1) \quad \dots\dots (17)$$

これを変形して ν_2 について解くと、

$$\nu_2 = -\lambda_A / \lambda_B \cdot f_1 / f_2 \cdot \nu_1$$

となり、式 (7) を代入すると、

$$\begin{aligned} \nu_2 &= -\lambda_A / \lambda_B \cdot f_1 / f_2 \cdot \lambda_B / (\lambda_B - \lambda_A) \cdot (f_1 + f_2) / f_1 \\ &= -\lambda_A / (\lambda_B - \lambda_A) \cdot (f_1 + f_2) / f_2 \quad \dots\dots (18) \end{aligned}$$

となる。ここで、 $\lambda_A / (\lambda_B - \lambda_A)$ は、回折光学素子のアッペ数 ν_{DOE} と同等なので、式 (18) は、下記のように変形することができる。

50

【 0 0 4 4 】

$$v_2 = - (f_1 + f_2) / f_2 \cdot v_{DOE} \quad \dots\dots (19)$$

この式(19)が、互いに異なる角度で第2群4bに入射した各波長成分 λ_A 、 λ_B の射出方向を揃えるために、第2群4bに求められるアッペ数の条件である。

【 0 0 4 5 】

以上は、各波長成分 λ_A 、 λ_B の光束の主光線のみに着目した説明であるが、補正光学系4の後方において完全に色分散をなくすためには、各波長成分 λ_A 、 λ_B の光束全体の発散又は収束の角度を互いに一致させなければならない。そのためには、第2群4bから反射された際に、各波長成分 λ_A 、 λ_B の光束を平行光とすれば良い。

【 0 0 4 6 】

図3から理解されるように、各波長成分 λ_A 、 λ_B の光束は、第1群4aからの距離が夫々の波長に対応した焦点距離 f_{1A} 、 f_{1B} と合致した位置にて夫々収束した後に、発散しながら第2群4bに入射する。従って、第2群4bから射出される各波長成分 λ_A 、 λ_B の光束を全て平行光とするためには、各波長成分 λ_A 、 λ_B に関する第1群4aの焦点距離 f_{1A} 、 f_{1B} 及び第2群4bの焦点距離 f_{2A} 、 f_{2B} の和が、全て、両群4a、4bの主点間の距離($f_1 + f_2$)と等しくなり、補正光学系4全体が、各波長成分 λ_A 、 λ_B に関してアフォーカル系となつてなければならない。これを式として表すと、

$$f_{1A} + f_{2A} = f_{1B} + f_{2B}$$

$$f_{2B} - f_{2A} = f_{1A} - f_{1B}$$

$$\Delta f_2 = -\Delta f_1$$

$$-f_2/v_2 = f_1/v_1 \quad \dots\dots (20)$$

となる。

【 0 0 4 7 】

上述した式(8)、式(19)及び式(20)の条件を全て満たすための f_1 及び f_2 の組合せの一つは、式(8)及び式(19)を式(20)に代入することにより、下記式(21)のように求められる。

【 0 0 4 8 】

$$f_1 = f_2 \quad \dots\dots (21)$$

また、上述した式(8)、式(19)及び式(20)の条件を全て満たすための v_1 、 v_2 の組合せの一つは、式(20)を式(8)及び式(19)に夫々代入することにより、下記式(22)のように求められる。

【 0 0 4 9 】

$$v_1 = -v_2 = 2 v_{DOE} \quad \dots\dots (22)$$

次に、式(22)を満たした場合に、補正光学系4が各波長成分 λ_A 、 λ_B の光束に対して与える角倍率 β_A 、 β_B とその波長 λ_A 、 λ_B との関係を、検証する。

【 0 0 5 0 】

波長成分 λ_B に関する第1群4aの焦点距離 f_{1B} は、式(22)を用いると、以下のように変換できる。

【 0 0 5 1 】

$$f_{1B} = f_{1A} + \Delta f_1$$

$$= f_{1A} - f_1/v_1$$

$$= f_{1A} (1 - 1/v_1)$$

$$= f_{1A} (1 - (\lambda_B - \lambda_A) / (2\lambda_B))$$

$$= f_{1A} \cdot (\lambda_A + \lambda_B) / (2\lambda_B) \quad \dots\dots (23)$$

同様に、波長成分 λ_B に関する第2群4bの焦点距離 f_{2B} は、式(22)を用いると、以

10

20

30

40

50

下のように変換できる。

【 0 0 5 2 】

$$\begin{aligned}
 f_{2B} &= f_{2A} + \Delta f_2 \\
 &= f_{2A} - f_2 / \nu_2 \\
 &= f_{2A} (1 - 1 / \nu_2) \\
 &= f_{2A} (1 - (\lambda_B - \lambda_A) / (2 \lambda_A)) \\
 &= f_{2A} \cdot (\lambda_A + \lambda_B) / (2 \lambda_A) \quad \dots\dots (24)
 \end{aligned}$$

10

従って、補正光学系 4 が各波長成分 λ_A , λ_B の光束に対して与える角倍率の比 β_A / β_B は、上記式 (23) 及び式 (24) を用いることにより、以下のように変換される。

【 0 0 5 3 】

$$\begin{aligned}
 \beta_A / \beta_B &= (f_{1A} / f_{2A}) \cdot (f_{2B} / f_{1B}) \\
 &= (f_{1A} \cdot f_{2A} \cdot (\lambda_A + \lambda_B) / (2 \lambda_A)) / \\
 &\quad (f_{2A} \cdot f_{1A} \cdot (\lambda_A + \lambda_B) / (2 \lambda_B)) \\
 &= \lambda_B / \lambda_A \quad \dots\dots (25)
 \end{aligned}$$

式 (25) から理解されるように、式 (22) を満たす補正光学系 4 は、入射した光束を、その波長に反比例した角倍率にて射出する。

20

【 0 0 5 4 】

【実施例 1】

次に、上述した式 (21) 及び式 (22) を満たす補正光学系 4 の実施例を、具体的に示す。

【 0 0 5 5 】

本実施例では、先ず、両群 4 a , 4 b の焦点距離 f_1 , f_2 及びアッペ数 ν_1 , ν_2 を夫々、次のように設定する。

【 0 0 5 6 】

第 1 群 4 a : $f_1 = 120$

30

$$\nu_1 = 2 \nu_{DOE}$$

第 2 群 4 b : $f_2 = 120$

$$\nu_2 = -2 \nu_{DOE}$$

但し、反射面上に回折素子構造が形成された複合光学素子の全体としての焦点距離 f は、反射面の曲率に基づく成分 f_{ref} 及び回折成分 f_{dif} を下記式 (26) によって合成したものとなっている。

【 0 0 5 7 】

$$1 / f = 1 / f_{dif} + 1 / f_{ref} \quad \dots\dots (26)$$

40

また、このような複合光学素子の全体としてのアッペ数 ν は、上記 f , f_{ref} , f_{dif} , 反射鏡のアッペ数 ν_{ref} ($= \infty$) , 回折光学素子のアッペ数 ν_{DOE} に対して、下記式 (27) の関係を有している。

【 0 0 5 8 】

$$\begin{aligned}
 1 / (f \nu) &= 1 / (f_{dif} \nu_{DOE}) + 1 / (f_{ref} \nu_{ref}) \\
 &= 1 / (f_{dif} \nu_{DOE}) \quad \dots\dots (27)
 \end{aligned}$$

従って、 $f = f_1 = 120$, $\nu = \nu_1 = 2 \nu_{DOE}$ を式 (27) に代入することによって、第 1 群 4 a の焦点距離の回折成分 f_{1dif} は、

$$f_{1dif} = 240$$

50

と求められる。同様に、 $f = f_2 = 120$, $v = v_2 = -2v_{DOE}$ を式(27)に代入することによって、第2群4bの焦点距離の回折成分 f_{2dif} は、

$$f_{2dif} = -240$$

と求められる。

【0059】

また、 $f_{dif} = f_{1dif} = 240$, $f = f_1 = 120$ を式(26)に代入することにより、第1群4aの焦点距離の反射鏡成分 f_{1ref} は、

$$f_{1ref} = 240$$

と求められる。同様に、 $f_{dif} = f_{2dif} = -240$, $f = f_2 = 120$ を式(26)に代入することにより、第2群4bの焦点距離の反射鏡成分 f_{2ref} は、

$$f_{2ref} = 80$$

と求められる。

【0060】

以上のようにして算出された本実施例による補正光学系4における各群の詳細を、以下の表に列挙する。

【0061】

表

第1群4a	全体としてのアッペ数 v_1	: $2v_{DOE}$	20
	全体としての焦点距離 f_1	: 120	
	焦点距離の反射鏡成分 f_{1ref}	: 240	
	焦点距離の回折成分 f_{1dif}	: 240	
第2群4b	全体としてのアッペ数 v_2	: $-2v_{DOE}$	30
	全体としての焦点距離 f_2	: 120	
	焦点距離の反射鏡成分 f_{2ref}	: 80	
	焦点距離の回折成分 f_{2dif}	: -240	

上記の構成によれば、前述の式(8)、式(19)及び式(20)の条件を全て満足するので、回折分岐素子3の波長に依存する回折角度のずれを、補正光学系4によって完全に補正することができる。

【0062】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、回折分岐素子により分岐された各次数の光束の回折角度のピーク波長毎のズレを、補正光学系の色分散特性により補正することができ、それぞれの回折次数において異なる角度で回折された複数の波長の光束を同一の位置にて同一方向に揃えることができる。

【0063】

したがって、貼り合わせが不要で且つ正確な分岐が可能な回折分岐素子を用いつつ、波長の違いによる露光対象面上でのビームスポットのズレや、ピッチの変化を抑えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施形態にかかるマルチビーム光学系が適用された走査光学系を示す説明図

【図2】 発明の原理を示す図1の一部拡大図

【図3】 発明の原理を示す図1の一部拡大図

【符号の説明】

1 光源

3 回折分岐素子

10

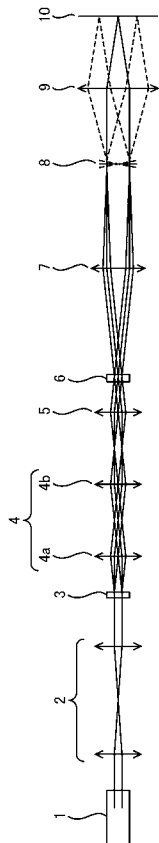
30

40

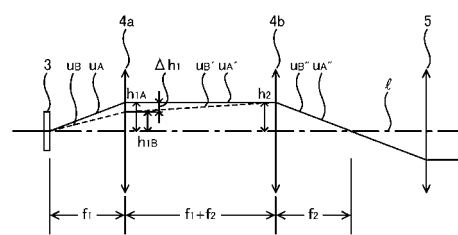
50

- 4 補正光学系
- 4 a 第 1 群
- 4 b 第 2 群
- 5 収束ミラー
- 6 マルチチャンネル変調器
- 8 ポリゴンミラー
- 9 f θ レンズ
- 10 露光対象面

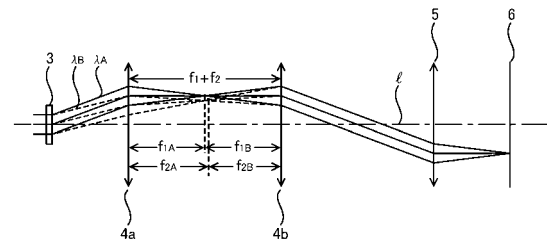
【図 1】



【図 2】



【図 3】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-352680(JP,A)
特開平06-095020(JP,A)
特開昭60-021031(JP,A)
特開平11-095145(JP,A)
特開平10-288744(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.⁷, DB名)

G02B 26/10

B41J 2/44

G02B 5/18