

(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2010-66415

(P2010-66415A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 501	2H097
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30 529	5F046
	H01L 21/30 516D	

審査請求 未請求 請求項の数 11 O L (全 20 頁)

(21) 出願番号 特願2008-231475 (P2008-231475)
(22) 出願日 平成20年9月9日(2008.9.9)

(71) 出願人 000207551
大日本スクリーン製造株式会社
京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1
(74) 代理人 100098291
弁理士 小笠原 史朗
(74) 代理人 100151541
弁理士 高田 猛二
(72) 発明者 吉田 充宏
京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内

最終頁に続く

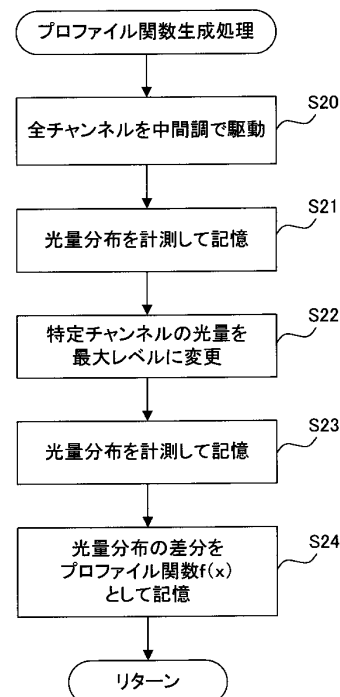
(54) 【発明の名称】 露光パワーのキャリブレーション方法

(57) 【要約】

【課題】ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置において、コヒーレンシーが高いレーザー等の光を用いる場合でも、各光供給素子から供給される光量を高精度に補正可能とすること。

【解決手段】複数の光供給素子群のうち、特定の光供給素子の周辺に位置する周辺光供給素子から光を供給し、周辺光供給素子の光量を固定した状態で、当該特定の光供給素子の光量を第1の光量レベルから第2の光量レベルへと変化させる。このようにして特定の光供給素子の光量を変化させたときの光供給素子群から供給される光の光量分布の変化量を計測することによって、特定の光供給素子の光量のみを変化させたときの光供給素子群から供給される光の光量分布の変化量を表すプロフィール関数を生成し、当該プロフィール関数に基づいて、各光供給素子を駆動するための制御値を較正する。

【選択図】図10



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置において各光供給素子から供給される光量を補正するキャリブレーション方法であって、

前記光供給素子群のうち、特定の光供給素子の周辺に位置する周辺光供給素子から光を供給する周辺発光工程と、

前記周辺光供給素子の光量を固定した状態で、前記特定の光供給素子の光量を第 1 の光量レベルから第 2 の光量レベルへと変化させる光量変化工程と、

前記光量変化工程において前記特定の光供給素子の光量を変化させたときの前記光供給素子群から供給される光の光量分布の変化量を計測することによって、前記特定の光供給素子の光量のみを変化させたときの前記光供給素子群から供給される光の光量分布の変化量を表すプロファイル関数を生成して記憶装置に記憶するプロファイル関数生成工程と、

各光供給素子を駆動するための制御値を前記プロファイル関数に基づいて較正する較正工程とを備えた、キャリブレーション方法。

【請求項 2】

前記光量変化工程では、前記周辺光供給素子の光量を中間調に固定した状態で、前記特定の光供給素子の光量を第 1 の光量レベルから第 2 の光量レベルへと変化させることを特徴とする、請求項 1 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 3】

前記較正工程は、

前記プロファイル関数に基づいて補正用関数を決定する補正用関数決定工程と、

各光供給素子を予め定められた個別の制御値でそれぞれ駆動することによって前記光供給素子群から光を供給する発光工程と、

前記光供給素子群から供給される光の光量分布を計測する光量分布計測工程と、

前記光量分布計測工程において計測された光量分布と目標光量分布との差分を計算する差分計算工程と、

前記差分と前記補正用関数の畳み込み積分によって、各光供給素子の制御値の補正量をそれぞれ計算する補正量計算工程と、

前記発光工程で用いた各光供給素子の制御値を前記補正量計算工程において算出された各光供給素子の制御値の補正量に応じて補正することによって、前記目標光量分布を実現するための各光供給素子の制御値を更新する制御値更新工程とを含むことを特徴とする、請求項 1 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 4】

前記補正用関数決定工程は、予め用意された複数の補正用関数の中から、前記プロファイル関数に応じた補正用関数を自動的に選択する補正用係数自動選択工程を含む、請求項 3 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 5】

前記補正用関数決定工程は、予め用意された複数の典型プロファイル関数の中から前記プロファイル関数に応じた典型プロファイル関数を選択する第 1 工程と、前記選択された典型プロファイル関数に予め関連付けられた補正用関数を前記プロファイル関数に応じた補正用関数として決定する第 2 工程とを含む、請求項 3 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 6】

前記補正用関数決定工程は、前記第 2 工程において決定された補正用関数を、前記プロファイル関数に応じて補正する第 3 工程をさらに含む、請求項 5 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 7】

前記制御値更新工程によって更新された制御値で各光供給素子をそれぞれ駆動することによって前記光供給素子群から光を供給する再発光工程と、

前記光供給素子群から供給される光の光量分布を計測する光量分布再計測工程と、

前記光量分布再計測工程において計測された光量分布に基づいて、前記目標光量分布を実現するための各光供給素子の制御値を再更新する必要があるか否かを判定する較正結果評価工程とを更に備え、

前記較正結果評価工程において各光供給素子の制御値を再度更新する必要があると判定されたときに、前記光量分布計測工程において計測された光量分布に代わりに前記光量分布再計測工程において計測された光量分布を用いて、前記差分計算工程、前記補正量計算工程および前記制御値更新工程を再実行することの特徴とする、請求項 3 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 8】

前記制御値更新工程によって更新された制御値で各光供給素子をそれぞれ駆動することによって前記光供給素子群から光を供給する再発光工程と、

前記光供給素子群から供給される光の光量分布を計測する光量分布再計測工程と、

前記光量分布再計測工程において計測された光量分布に基づいて、前記補正用関数決定工程において決定した補正用関数が適切であるか否かを判定する補正用関数評価工程と、

前記補正用関数評価工程において前記補正用関数が適切でないと判定されたときに補正用関数を変更する補正用関数変更工程とをさらに備え、

前記補正用関数変更工程において変更された新たな補正用関数を用いて、前記発光工程、前記光量分布計測工程、前記差分計算工程、前記補正量計算工程および前記制御値更新工程を再実行することの特徴とする、請求項 3 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 9】

前記露光装置は、前記光供給素子群から前記対象物に向けてコヒーレント光を発するものであることを特徴とする、請求項 1 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 10】

前記露光装置は、前記光供給素子群として回折格子光変調素子を含む、請求項 1 に記載のキャリブレーション方法。

【請求項 11】

ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置であって、請求項 1 ～ 10 のいずれか 1 つに記載のキャリブレーション方法により各光供給素子から供給される光量を補正するキャリブレーション手段を備えた、露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光パワーのキャリブレーション方法に関し、特に、ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置において各光供給素子から供給される光量を補正するキャリブレーション方法に関する。

【背景技術】

【0002】

ライン状の光を対象物に向けて照射する露光装置では、経時変化や、光学特性が露光位置毎に異なるといった理由により、例えば露光面に対して光を均一に照射したい場合などに露光面で光量の分布が一樣にならず、露光結果に悪影響を及ぼすという問題がある。このような問題を解決するために、露光面での光量をキャリブレーションするための種々の手法が従来存在している。

【0003】

特許文献 1 には、複数の発光部を同時に全て点灯させて感光材料を露光し、その感光材料を現像して発色濃度を測定し、その測定結果に基づいて複数の発光部の光量のばらつきを補正するキャリブレーション方法が開示されている。

【0004】

特許文献 2 には、複数の発光ドットを備えたライン光源における各発光ドットの発光量を均一化するために、各発光ドットから発光される光の光量分布をそれぞれ個別に測定し

10

20

30

40

50

、隣接する発光ドットが露光すべき領域への漏れ発光を考慮して、各発光ドットの光量を補正するキャリブレーション方法が開示されている。

【特許文献１】特開平９－１２７４８５号公報、第７－８頁及び第５図（Ａ）

【特許文献２】特許第３２６９４２５号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００５】

しかしながら、特許文献１に記載のキャリブレーション方法では、感光材料の現像に時間と手間がかかり、迅速且つ簡易に光量のバラツキを補正することができないという問題がある。

10

【０００６】

また、特許文献２に記載のキャリブレーション方法では、隣り合う２つの発光ドットからの光の干渉（２つの発光ドットからの光の位相関係に応じて光が強まったり弱まったりすること）は考慮されず、コヒーレンシーが高いレーザー等の光を用いる発光装置にこの方法を適用した場合には正確な補正ができないという問題がある。

【０００７】

それゆえに本発明は、ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置において、コヒーレンシーが高いレーザー等の光を用いる場合でも、各光供給素子から供給される光量を高精度に補正可能とすることを目的とする。

20

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記目的を達成するために、本発明は以下のように構成される。なお、括弧内の参照符号および図番号は、本発明の理解を助けるために、図面との対応関係の一例を示したものであって、本発明の範囲を何ら限定するものではない。

【０００９】

本発明のキャリブレーション方法は、ライン状に並んだ光供給素子群（３１）から対象物（２０）に向けて光を発するように構成された露光装置（１）において各光供給素子（３２ｂ）から供給される光量を補正するキャリブレーション方法である。当該キャリブレーション方法は、上記光供給素子群のうち、特定の光供給素子の周辺に位置する周辺光供給素子から光を供給する周辺発光工程（Ｓ２０）と、上記周辺光供給素子の光量を固定した状態で、上記特定の光供給素子の光量を第１の光量レベルから第２の光量レベルへと変化させる光量変化工程（Ｓ２２）と、上記光量変化工程において上記特定の光供給素子の光量を変化させたときの上記光供給素子群から供給される光の光量分布の変化量を計測することによって、上記特定の光供給素子の光量のみを変化させたときの上記光供給素子群から供給される光の光量分布の変化量を表すプロファイル関数を生成して記憶装置に記憶するプロファイル関数生成工程（Ｓ２４）と、各光供給素子を駆動するための制御値を上記プロファイル関数に基づいて較正する較正工程（Ｓ１１，Ｓ１２）とを備える。

30

【００１０】

上記光量変化工程では、上記周辺光供給素子の光量を中間調に固定した状態で、上記特定の光供給素子の光量を第１の光量レベルから第２の光量レベルへと変化させるようにしてもよい。

40

【００１１】

上記較正工程は、上記プロファイル関数に基づいて補正用関数を決定する補正用関数決定工程（Ｓ１１）と、各光供給素子を予め定められた個別の制御値でそれぞれ駆動することによって上記光供給素子群から光を供給する発光工程（Ｓ４０）と、上記光供給素子群から供給される光の光量分布を計測する光量分布計測工程（Ｓ４１）と、上記光量分布計測工程において計測された光量分布と目標光量分布との差分を計算する差分計算工程（Ｓ４２）と、上記差分と上記補正用関数の畳み込み積分によって、各光供給素子の制御値の補正量をそれぞれ計算する補正量計算工程（Ｓ４３）と、上記発光工程で用いた各光供給素子の制御値を上記補正量計算工程において算出された各光供給素子の制御値の補正量に

50

応じて補正することによって、上記目標光量分布を実現するための各光供給素子の制御値を更新する制御値更新工程（Ｓ４４）とを含んでいてもよい。

【００１２】

なお、上記補正用関数は、上記特定の光供給素子以外の光供給素子に対応する受光領域における受光量は変化させずに上記特定の光供給素子に対応する受光領域における受光量だけを単位量だけ変化させるときの各光供給素子の光量の変化量を表す関数であってもよい。

【００１３】

上記補正用関数決定工程は、予め用意された複数の補正用関数の中から、上記プロファイル関数に応じた補正用関数を自動的に選択する補正用係数自動選択工程（Ｓ３０、Ｓ３１）を含んでいてもよい。

10

【００１４】

上記補正用関数決定工程は、予め用意された複数の典型プロファイル関数の中から上記プロファイル関数に応じた典型プロファイル関数を選択する第１工程（Ｓ３０）と、上記選択された典型プロファイル関数に予め関連付けられた補正用関数を上記プロファイル関数に応じた補正用関数として決定する第２工程（Ｓ３１）とを含んでいてもよい。

【００１５】

上記補正用関数決定工程は、上記第２工程において決定された補正用関数を、上記プロファイル関数に応じて補正する第３工程（図１７）をさらに含んでいてもよい。

【００１６】

20

上記制御値更新工程によって更新された制御値で各光供給素子をそれぞれ駆動することによって上記光供給素子群から光を供給する再発光工程（Ｓ５０）と、上記光供給素子群から供給される光の光量分布を計測する光量分布再計測工程（Ｓ５１）と、上記光量分布再計測工程において計測された光量分布に基づいて、上記目標光量分布を実現するための各光供給素子の制御値を再更新する必要があるか否かを判定する較正結果評価工程（Ｓ５２）とを更に備え、上記較正結果評価工程において各光供給素子の制御値を再度更新する必要があると判定されたときに、上記光量分布再計測工程において計測された光量分布を用いて、上記差分計算工程、上記補正量計算工程および上記制御値更新工程を再実行してもよい（Ｓ５５）。

【００１７】

30

上記制御値更新工程によって更新された制御値で各光供給素子をそれぞれ駆動することによって上記光供給素子群から光を供給する再発光工程（Ｓ５０）と、上記光供給素子群から供給される光の光量分布を計測する光量分布再計測工程（Ｓ５１）と、上記光量分布再計測工程において計測された光量分布に基づいて、上記補正用関数決定工程において決定した補正用関数が適切であるか否かを判定する補正用関数評価工程（Ｓ５３）と、上記補正用関数評価工程において上記補正用関数が適切でないと判定されたときに補正用関数を変更する補正用関数変更工程（Ｓ５４）とをさらに備え、上記補正用関数変更工程において変更された新たな補正用関数を用いて、上記発光工程、上記光量分布計測工程、上記差分計算工程、上記補正量計算工程および上記制御値更新工程を再実行してもよい（Ｓ５５）。

40

【００１８】

上記露光装置は、上記光供給素子群から上記対象物に向けてコヒーレント光を発するのであってもよい。

【００１９】

上記露光装置は、上記光供給素子群として回折格子光変調素子を含んでいてもよい。

【００２０】

本発明の露光装置は、ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置（１）であって、上記キャリブレーション方法により各光供給素子から供給される光量を補正するキャリブレーション手段（５０）を備える。

【発明の効果】

50

【 0 0 2 1 】

本発明によれば、ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置において、コヒーレンシーが高いレーザー等の光を用いる場合でも、各光供給素子から供給される光量を高精度に補正することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 2 】

図 1 および図 2 は、本発明の一実施形態に係る露光装置 1 の構成を示す図である。露光装置 1 は、入力される画像データに基づいて空間変調された光を対象物（感光材料）に向けて照射することによりパターンを描画する。露光装置 1 は、フォトレジストが塗布された基板 20 を載置するためのステージ 11 と、ステージ 11 を Y 方向（主走査方向）および X 方向（副走査方向）に移動させるためのステージ移動機構 10 と、それぞれが空間変調されたライン状の光を基板に向けて照射する 8 個の描画ヘッド 30 と、各描画ヘッド 30 にそれぞれ含まれる光変調器 31（詳細は後述）を入力される画像データに基づいて駆動する変調制御部 60 と、変調制御部 60 の動作を調整する調整部 50 とを備える。

10

【 0 0 2 3 】

ステージ移動機構 10 は、ステージ 11 を Y 方向に移動（主走査）し、主走査が終了する毎に次の主走査の開始位置へとステージ 11 を X 方向に移動（副走査）させる。そして、次の主走査が前回の主走査とは逆向きに行われる。このように、露光装置 1 では、ステージ移動機構 10 により、ステージ 11 に対して 8 個の描画ヘッド 30 が X 方向および Y 方向へと相対的に移動可能となっている。

20

【 0 0 2 4 】

露光装置 1 は、ステージ移動機構 10 のステージ 11 の側に配置されたセンサ部をさらに備えている。センサ部は、描画ヘッド 30 からの光を受光する受光素子 40 と、受光素子 40 が上面に固定されたセンサステージ 45 と、センサステージ 45 の上面に固定されて受光素子 40 からの出力を演算処理するセンサ処理部 44 を備える。本実施形態では、受光素子 40 としてフォトダイオードが利用される。図 1 に示すように、受光素子 40 の受光面と基板 20 の上面は同じ高さに位置する。

【 0 0 2 5 】

上記センサ部を X 方向（副走査方向）に移動させるための機構として、露光装置 1 には、センサステージ 45 が取り付けられた X 方向を向くボールネジ 43 と、センサステージ 45 を支持する X 方向を向く 2 本のガイドレール 41a, 41b と、ボールネジ 43 に接続されるモータ 42 が設けられている。変調制御部 60 のキャリブレーションの際には、モータ 42 によりボールネジ 43 が回転することにより、受光素子 40 およびセンサ処理部 44 がセンサステージ 45 と共にガイドレール 41a, 41b に沿って X 方向（副走査方向）に滑らかに移動し、描画ヘッド 30 からの光が受光素子 40 により順次受光されてセンサ処理部 44 に送られる。そして、センサ処理部 44 により演算処理されたデータが調整部 50 に出力される。

30

【 0 0 2 6 】

次に、描画ヘッド 30 についてより詳細に説明する。

【 0 0 2 7 】

40

描画ヘッド 30 は、レーザ光源から出射されたレーザ光が入光される照明レンズからなる照明光学系と、光変調器 31 と、プリズム、結像レンズおよびレンズからなる結像光学系とを備える。レーザ光源は、ピーク波長が 800nm 乃至 820nm の範囲にあるレーザ光を出射する光源で、照明光学系から出射されたレーザ光は、光変調器 31 に照射される。本実施形態では、光変調器 31 として回折格子型光変調素子を利用する。光変調器 31 の詳細は後述する。光変調器 31 に照射されたレーザ光は、光変調器 31 において多数に分割・変調された後、回折光として反射するが、回折光のうち 0 次回折光は、結像光学系を通じて基板 20 上に（キャリブレーションの際には受光素子 40 上に）結像される。

【 0 0 2 8 】

図 3 は、光変調器（回折格子型光変調素子）31 の構造を示す平面図であり、図 4 はそ

50

の部分斜視図である。

【0029】

光変調器31は、図3に示すように、支持台33上に数千本（本実施形態では一例として16384本とする）の反射板（以下、リボンと称す）32を列設した構成を有する。これらのリボン32は、より詳細には図4に示すように、互い違いに配置された固定リボン32aと可動リボン32bとで構成される。リボン32の表面には、反射ミラーと電極の機能を有するように金属薄膜が形成されており、リボン32の下部には、解放層を隔てて共通電極が設けられている。

【0030】

固定リボン32aは、その表面の位置が固定された構成となっている。一方、可動リボン32bは、表面の一部の有効可動領域が、印加される電圧に応じて下降する構成となっている。各可動リボン32bに電圧が印加されていない場合には、すべての固定リボン32aの表面と可動リボン32bの表面とは、同一平面上に配置されている。可動リボン32bに電圧が印加されると、印加電圧に応じた幅だけ可動リボン32bが下降し、隣接する固定リボン32aとの高さの差により、反射型の回折格子と同様の作用を奏する。このため、光変調器31は、可動リボン32bに電圧が印加されていない状態においては照明されるレーザ光の0次回折光を反射することになり、また、可動リボン32bに電圧が印加された状態においては、正負の2本の1次回折光およびさらに高次の回折光を反射することになる。従って、光変調器31の表面にレーザ光を照明した場合には、互いに独立して変調可能な多数の回折光が得られることになる。このような光変調器31としては、上述したように、米国のシリコンライトマシーンズ社製の、GLVとも呼称されるグレイティングライトバルブ（Grating Light Valve：シリコンライトマシーンズ社の商標）を使用することができる。

【0031】

光変調器31の各可動リボン32bには個別に電圧を印加することができる。本実施形態では、光変調器31は16384本のリボン32を有し、そのうちの半数である8192本が可動リボン32bであるので、本実施形態の光変調器31は、8192個の光供給素子群で構成されていると言い換えることができる。以下では図5に示すように、光変調器31の最小制御単位（すなわち個別に電圧を制御可能な最小単位）を「チャンネル」と称する。

【0032】

変調制御部60は、入力される画像データに応じた制御値（デジタル）に基づいて、光変調器31の各可動リボン32bを駆動する。具体的には、入力される画像データに応じた各チャンネルの制御値をDA変換回路によってそれぞれ電圧に変換し、これらの電圧を各チャンネルの可動リボン32bにそれぞれ印加する。本実施形態では、入力される画像データは5段階の階調を有しており、それに伴い、変調制御部60は各チャンネルについて5段階の階調制御を行うものとする。

【0033】

図6は、変調制御部60が光変調器31を駆動する際に参照する制御値テーブルを示している。この制御値テーブルは、変調制御部60の内部または外部に設けられた任意の記憶装置において保持されている。例えば、入力される画像データに対応する第1チャンネルの光量レベルがL1である場合には、変調制御部60は、制御値テーブルを参照して、第1チャンネルの可動リボン32bを制御値V1（1）で駆動する（すなわち、第1チャンネルの可動リボン32bに対して制御値V1（1）に対応する電圧が印加される）。同様に、入力される画像データに対応する第2チャンネルの光量レベルがL5である場合には、変調制御部60は、制御値テーブルを参照して、第2チャンネルの可動リボン32bを制御値V5（2）で駆動する（すなわち、第2チャンネルの可動リボン32bに対して制御値V5（2）に対応する電圧が印加される）。

【0034】

なお、図6に示すような制御値テーブルに基づいて、全てのチャンネルについて同一の

光量レベル（例えば光量レベル L_1 ）に対応する制御値で可動リボン 32b を駆動したときに、光変調器 31 から出力される光量分布が一様にならないことがある。例えば、図 7 は、目標とする光量分布と実際の光量分布とのずれの一例を示している。そこで本実施形態では、目標とする光量分布を得るために、調整部 50 によってキャリブレーション処理を実行する。以下、調整部 50 によるキャリブレーション処理の詳細を説明する。

【0035】

図 8 は、調整部 50 によるキャリブレーション処理の流れを示すフローチャートである。

【0036】

キャリブレーション処理が開始されると、まずステップ S10 において、調整部 50 は、プロファイル関数生成処理を実行する。プロファイル関数とは、特定のチャンネルの周辺のチャンネルの光量を固定した状態で、特定のチャンネルの光量だけを変化させたときの光量分布の変化量を表す関数である。以下、図 9 ~ 図 13 を参照して、プロファイル関数生成処理の詳細を説明する。

【0037】

本実施形態では、図 9 に示すように、光変調器 31 の第 1 チャンネル ~ 第 8192 チャンネルを 8 つの区間に区分し、これらの 8 つの区間毎にプロファイル関数を生成する。例えば、第 1 区間は、第 1 チャンネル ~ 第 1000 チャンネルの範囲であり、第 1 区間用の特定チャンネルは、その範囲の中央の第 500 チャンネルとする。同様に、第 2 区間は、第 1001 チャンネル ~ 第 2000 チャンネルの範囲であり、第 2 区間用の特定チャンネルは、その範囲の中央の第 1500 チャンネルとする。

【0038】

図 10 は、調整部 50 によるプロファイル関数生成処理の詳細を示すフローチャートである。なお本実施形態では、プロファイル関数の生成は、上記 8 つの区間毎に個別に行われる。すなわち、上記 8 つの区間のそれぞれについてプロファイル関数が個別に生成され、各区間のプロファイル関数に基づいて、対応する区間のキャリブレーション処理（後述する補正用関数決定処理および制御値更新処理）が行われる。

【0039】

プロファイル関数生成処理が開始されると、ステップ S20 において、調整部 50 は、変調制御部 60 を通じて全チャンネルの可動リボン 32b を中間調（例えば、最小の光量レベルと最大の光量レベルの中間のレベル）で駆動する。

【0040】

ステップ S21 では、調整部 50 は、ステージ移動機構 10 およびモータ 42 を制御することによって、描画ヘッド 30 の下方で受光素子 40 を X 方向に移動させて、光変調器 31 から照射されるレーザ光の光量分布を計測し、計測された光量分布を任意の記憶装置に記憶する。ここで計測される光量分布の一例を図 11 に示す。ただし図 11 では、特定チャンネルの周辺領域における光量分布を示している。

【0041】

ステップ S22 では、調整部 50 は、残りのチャンネルの光量を上記中間調で固定にしたまま、変調制御部 60 を通じて特定チャンネルの光量だけを最大レベルへと変更する。

【0042】

ステップ S23 では、調整部 50 は、ステップ S21 と同様にして光変調器 31 から照射されるレーザ光の光量分布を計測し、計測された光量分布を任意の記憶装置に記憶する。ここで計測される光量分布の一例を図 12 に示す。ただし図 12 では、特定チャンネルの周辺領域における光量分布を示している。

【0043】

ステップ S24 では、調整部 50 は、ステップ S21 で計測された光量分布と、ステップ S23 で計測された光量分布との差分を計算し、当該差分をプロファイル関数 $f(x)$ として任意の記憶装置に記憶する。例えば、図 13 は、図 11 の光量分布と図 12 の光量分布とから計算されるプロファイル関数 $f(x)$ を示している。図 13 のプロファイル関

10

20

30

40

50

数 $f(x)$ によれば、他のチャンネルの光量を固定したまま第 k チャンネル (k は任意の自然数) の光量だけを増加させると、それに応じて第 $k-1$ チャンネルおよび第 $k+1$ チャンネルに対応する受光領域における受光量は減少し、第 $k-2$ および第 $k+2$ チャンネルに対応する受光領域における受光量は増加することが分かる。

【0044】

なお、本実施形態では、ステップ S20 において全チャンネルの可動リボン 32b を中間調で駆動しているが、特定チャンネルの光量を変化させたときの影響は、特定チャンネルに対応する受光領域の近辺のみに及ぶので、少なくとも特定チャンネルの周辺のチャンネル (例えば、第 N チャンネルを特定チャンネルとした場合、第 $N-2$ チャンネル～第 $N+2$ チャンネルの全 5 チャンネル) の可動リボン 32b を中間調で駆動しさえすれば、残りのチャンネルはオフ (最小の光量レベル) にした状態であってもよい。

10

【0045】

また、本実施形態では、特定チャンネルの光量を他のチャンネルの光量と同じ状態から最大レベルへと変化させて、その変化の前後での光量分布の差分を計算することによってプロファイル関数 $f(x)$ を生成しているが、特定チャンネルの光量を任意のレベル (例えば最小の光量レベル) から他の任意のレベル (例えば最大の光量レベル) へと変化させて、その変化の前後での光量分布の差分を計算することによってプロファイル関数 $f(x)$ を生成してもよい。

【0046】

なお、プロファイル関数 $f(x)$ を生成する際に、特定チャンネルの周辺のチャンネルの光量をオフにするのではなくて中間調にした状態で特定チャンネルの光量を変化させる理由は、特定チャンネルの光量を増加させたときに、当該特定チャンネルの光と周辺のチャンネルの光とが干渉して、周辺のチャンネルに対応する受光領域で受光量が強まるのか弱まるのかを調べるためである。

20

【0047】

なお、本実施形態では、8つの区間毎に1つのチャンネルを特定チャンネルとして、そのチャンネルの光量を変化させることによってプロファイル関数 $f(x)$ を生成しているが、本発明はこれに限らず、隣接する複数のチャンネルを特定チャンネルとして、それらのチャンネルの光量を変化させることによってプロファイル関数 $f(x)$ を生成するようにしてもよい。例えば、第1チャンネル～第1000チャンネルの区間において、第499チャンネル～第501チャンネルの隣接する3つのチャンネルを特定チャンネルとして、プロファイル関数 $f(x)$ を生成してもよい。これにより、1つのチャンネルの光量を変化させただけでは光量分布の変化が小さくてプロファイル関数 $f(x)$ を適切に生成できない場合であっても、複数のチャンネルの光量を変化させることによって光量分布の変化を大きくしてプロファイル関数 $f(x)$ を適切に生成することが可能となる。

30

【0048】

なお、プロファイル関数 $f(x)$ の形状は種々の要因によって変化し、特に経時変化もするので、キャリブレーションを実行する度にプロファイル関数を生成するのが望ましい。

【0049】

なお、厳密に言うと、プロファイル関数 $f(x)$ は特定チャンネルの位置 (すなわち、どのチャンネルを特定チャンネルとして設定するか) によって変化する。特に、第1チャンネルを特定チャンネルとしてプロファイル関数 $f(x)$ を生成した場合と、第8192チャンネルを特定チャンネルとしてプロファイル関数 $f(x)$ を生成した場合とでは、プロファイル関数 $f(x)$ の形状が大きく異なることも考えられる。しかしながら、比較的近い距離にあるチャンネル同士であれば、それらの各チャンネルを特定チャンネルとして生成した場合のプロファイル関数 $f(x)$ はほぼ似た形状になると予想される。したがって、本実施形態では、図9に示したように全8192チャンネルを8つの区間に分割し、これらの区間毎にそれぞれ共通のプロファイル関数 $f(x)$ を生成している。これにより、適切なキャリブレーションと、キャリブレーション時間の短縮と、記憶領域 (プロファ

40

50

イル関数を一時的に記憶するための領域)の節約が可能である。ただし、本発明としては、必ずしも全チャンネルを複数の区間に分割して、各区間毎にプロファイル関数 $f(x)$ する必要はない。

【0050】

なお、特定の区間のプロファイル関数 $f(x)$ を他の区間のプロファイル関数 $f(x)$ から補間によって求めても構わない。例えば、図9の第1区間および第3区間のプロファイル関数 $f(x)$ から、第2区間のプロファイル関数 $f(x)$ を線形補間するようにしてもよい。これにより、キャリアレーション時間の短縮と、記憶領域(プロファイル関数を一時的に記憶するための領域)の節約が可能である。

【0051】

図8において、ステップS10のプロファイル関数生成処理が完了すると、続くステップS11において、調整部50は補正用関数決定処理を実行する。補正用関数とは、制御値を更新するために用いる関数であって、特定チャンネル以外のチャンネルに対応する受光領域における受光量は変化させずに特定チャンネルに対応する受光領域における受光量だけを単位量(例えば1mW)だけ変化させるときの各チャンネルの光量の変化量を表す関数である。以下、図14~図15を参照して、補正用関数決定処理の詳細を説明する。なお本実施形態では、補正用関数の決定は、図9に示した8つの区間毎に個別に行われる。すなわち、図9に示した8つの区間のそれぞれについて、プロファイル関数生成処理において生成された、対応するプロファイル関数を用いて、補正用関数が個別に決定される。

【0052】

補正用関数決定処理が開始されると、まずステップS30において、調整部50は、図8のステップS10のプロファイル関数生成処理によって生成されたプロファイル関数 $f(x)$ に基づいて、予め用意されて記憶装置に記録されている複数の典型プロファイル関数の中から、プロファイル関数 $f(x)$ に最も類似した典型プロファイル関数をパターンマッチングにより選択する。図15に、典型プロファイル関数の具体例を示す。この場合、図13のプロファイル関数 $f(x)$ に最も類似した典型プロファイル関数として、第2典型プロファイル関数が選択される。なお、パターンマッチングの手法については公知の任意の手法を用いることができる。例えば、半値幅、相関係数等の指標を用いてパターンマッチングを行ってもよい。なお、各典型プロファイル関数には、予め用意された補正用関数 $h(x)$ がそれぞれ関連付けられている。

【0053】

ステップS31では、調整部50は、ステップS30で選択された典型プロファイル関数に関連付けられた補正用関数 $h(x)$ を、後述する制御値更新処理で利用すべき補正用関数 $h(x)$ として決定する。例えば、ステップS30において第2典型プロファイル関数が選択された場合には、この第2典型プロファイル関数に関連付けられた第2補正用関数を、制御値更新処理で利用すべき補正用関数 $h(x)$ として決定する。なお、プロファイル関数 $f(x)$ の形状がどのようなときに、どのような形状の補正用関数 $h(x)$ を利用すべきかは、数学的手法または経験的法則により判断することができるので、本実施形態では各典型プロファイル関数について、対応する補正用関数 $h(x)$ を数学的もしくは経験的に予め求めておき、典型プロファイル関数に関連付けている。

【0054】

なお、予め用意された補正用関数 $h(x)$ を、プロファイル関数 $f(x)$ の形状に応じて適宜に補正してもよい。例えば、図16に示すように、プロファイル関数 $f(x)$ のピーク位置が1チャンネル分だけプラス方向にずれている場合には、図17に示すように、ステップS31で選択された補正用関数 $h(x)$ のピーク位置がマイナス方向に1チャンネル分だけシフトするように補正用関数 $h(x)$ を補正してもよい。

【0055】

なお、本実施形態では上記のように、プロファイル関数 $f(x)$ に対応する典型プロファイル関数をまず選択し、当該典型プロファイル関数に応じて補正用関数 $h(x)$ を決定

しているが、本発明はこれに限らない。例えば、プロファイル関数 $f(x)$ の形状（各種特徴量）に基づいて、予め用意した複数の補正用関数 $h(x)$ の中から最適な補正用関数 $h(x)$ を予め用意した選択基準にしたがって調整部 50 が自動的に選択するようにしても構わない。また例えば、調整部 50 がリアルタイムに、プロファイル関数 $f(x)$ から補正用関数 $h(x)$ を数学的に計算するようにしても構わない。

【0056】

図 8 において、ステップ S 11 の補正用関数決定処理が完了すると、続くステップ S 12 において、調整部 50 は制御値更新処理を実行する。以下、図 18 ~ 図 22 を参照して、制御値更新処理の詳細を説明する。なお本実施形態では、制御値の更新は、図 9 に示した 8 つの区間毎に個別に行われる。すなわち、図 9 に示した 8 つの区間のそれぞれについて、補正用関数決定処理において生成された、対応する補正用関数を用いて、制御値が個別に更新される。

10

【0057】

制御値更新処理が開始されると、まずステップ S 40 において、調整部 50 は、変調制御部 60 を通じて全チャンネルの可動リボン 32b を、目標とする光量分布に対応する制御値で駆動する。例えば、図 6 に示す制御値テーブルにおいて、光量レベル L 1 の各チャンネルの制御値をキャリブレーションしたい場合には、第 1 チャンネルを制御値 $V_1(1)$ で、第 2 チャンネルを制御値 $V_1(2)$ で、第 3 チャンネルを制御値 $V_1(3)$ で、
・・・、第 8192 チャンネルを制御値 $V_1(8192)$ で、それぞれ駆動する。同様に、光量レベル L 2 の各チャンネルの制御値をキャリブレーションしたい場合には、第 1 チャンネルを制御値 $V_2(1)$ で、第 2 チャンネルを制御値 $V_2(2)$ で、第 3 チャンネルを制御値 $V_2(3)$ で、
・・・、第 8192 チャンネルを制御値 $V_2(8192)$ で、それぞれ駆動する。以下では、光量レベル L 1 の各チャンネルの制御値をキャリブレーションする場合について説明する。なお、ステップ S 40 において、全チャンネルの可動リボン 32b を目標とする光量分布に対応する制御値で駆動する替わりに、各チャンネルの可動リボン 32b を任意の光量レベルで駆動しても構わない。

20

【0058】

ステップ S 41 では、調整部 50 は、ステップ S 21 と同様にして光変調器 31 から照射されるレーザ光の光量分布を計測し、計測された光量分布を任意の記憶装置に記憶する。ここで計測される光量分布の一例を図 19 に示す。

30

【0059】

ステップ S 42 では、調整部 50 は、ステップ S 41 で計測された実際の光量分布と、目標とする光量分布との差分 $g(x)$ （すなわち、各チャンネルに対応する受光領域毎の「目標とする受光量」と「実際の受光量」の差分を表す関数）を計算する。ここで計算される差分 $g(x)$ の一例を図 20 に示す。

【0060】

ステップ S 43 では、調整部 50 は、ステップ S 42 で計算された差分 $g(x)$ と、前述の図 8 のステップ S 11 の補正用関数決定処理において決定された、対応する区間の補正用関数 $h(x)$ とを畳み込み積分することによって、各チャンネルの制御値の補正量を計算する。ここで計算される各チャンネルの制御値の補正量の一例を図 21 に示す。図 21 において、 $C(1)$ 、 $C(2)$ 、 $C(3)$ および $C(8192)$ は、それぞれ、第 1 チャンネルの制御値の補正量、第 2 チャンネルの制御値の補正量、第 3 チャンネルの制御値の補正量および第 8192 チャンネルの制御値の補正量を示している。

40

【0061】

ステップ S 44 では、調整部 50 は、ステップ S 43 で計算された各チャンネルの制御値の補正量に従って、図 6 に示す制御値テーブルの中の該当する制御値を更新する。具体的には、図 22 に示すように、光量レベル L 1 に対応する更新前の第 1 チャンネルの制御値 $V_1(1)_{old}$ に対して補正量 $C(1)$ を加算することによって、光量レベル L 1 に対応する更新後の第 1 チャンネルの制御値 $V_1(1)_{new}$ が決定される。同様に、光量レベル L 1 に対応する更新前の第 2 チャンネルの制御値 $V_1(2)_{old}$ に対して

50

補正量 $C(2)$ を加算することによって、光量レベル L_1 に対応する更新後の第 2 チャンネルの制御値 $V_1(2)_{new}$ が決定される。残りのチャンネルについても同様である。

【0062】

なお、上記ステップ S_{43} では、各チャンネルの制御値と光量の関係が線形性であると仮定して、各チャンネルの制御値の補正量を求めている。しかしながら、各チャンネルの制御値と光量の関係が線形でない場合（もしくは、線形であると近似することが不適当な場合）には、ステップ S_{43} で得られた各チャンネルの補正量の値を、例えば図 23 に示すような制御値と光量の関係（非線形的な関係）を示す光量特性曲線に基づいて、適宜に補正しても構わない。

10

【0063】

また、ステップ S_{43} で得られた各チャンネルの補正量の値を PID 制御により適宜に補正しても構わない。

【0064】

上記のようなキャリブレーション処理が完了すると、理想的には、更新後の制御値に基づいて光変調器 31 から出力される光量分布は目標とする光量分布に完全に一致するはずであるが、実際には種々の要因により、例えば図 24 のように、更新後の制御値に基づいて光変調器 31 から実際に出力される光量分布が目標とする光量分布に完全に一致することはない。通常は、図 8 のステップ S_{12} の制御値更新処理を繰り返し実行することにより、光変調器 31 から実際に出力される光量分布が目標とする光量分布に徐々に近づくことになる。しかしながら、特殊なケースにおいては、制御値更新処理を繰り返すほど、光変調器 31 から実際に出力される光量分布と目標とする光量分布との差が逆に広がってしまふことがある。そのような状況が起こる典型的なケースとして、ステップ S_{11} の補正用関数決定処理において不適当な補正用関数 $h(x)$ を選択してしまったケースがある。したがって、図 8 のステップ S_{12} の制御値更新処理の後に、キャリブレーション処理の効果を検証するための検証処理を行うことが望ましい。以下、図 25 を参照して、この検証処理について説明する。

20

【0065】

検証処理が開始されると、まずステップ S_{50} において、調整部 50 は、変調制御部 60 を通じて全チャンネルの可動リボン 32b を、直前の制御値更新処理によって更新された後の制御値でそれぞれ駆動する。

30

【0066】

ステップ S_{51} では、調整部 50 は、ステップ S_{21} と同様にして光変調器 31 から照射されるレーザ光の光量分布を計測し、計測された光量分布を任意の記憶装置に記憶する。

【0067】

ステップ S_{52} では、調整部 50 は、ステップ S_{51} で計測された実際の光量分布の目標光量分布に対する誤差が許容範囲に収まったかどうか（すなわち、制御値の再更新が必要かどうか）を判断し、誤差が許容範囲に収まった場合には検証処理を終了し、誤差が許容範囲に収まっていない場合には処理はステップ S_{53} に進む。なお、誤差が許容範囲に収まったかどうかの判断手法としては、公知の種々の手法の中から要求精度に応じた任意の手法を用いればよい。例えば、誤差を表す指標として、二乗平均誤差、 SNR (signal-to-noise ratio)、相関係数等を利用してよい。

40

【0068】

ステップ S_{53} では、調整部 50 は、ステップ S_{51} で計測された実際の光量分布の目標光量分布に対する誤差が、直前に行われた制御値更新処理の実行前のものと比較して縮小したかどうかを判断し、誤差が縮小した場合にはステップ S_{55} に進み、誤差が縮小していない場合にはステップ S_{54} に進む。

【0069】

ステップ S_{51} で計測された実際の光量分布の目標光量分布に対する誤差が、直前行

50

われた制御値更新処理の実行前のものと比較して縮小していないということは、その制御値更新処理において利用した補正用関数 $h(x)$ が適切ではなかったことを意味する。したがって、ステップ S 5 3 では、調整部 5 0 は、補正用関数 $h(x)$ が適切かどうかを判定しているとも言える。

【0070】

ステップ S 5 4 では、調整部 5 0 は、補正用関数 $h(x)$ を変更する。例えば、予め用意されている複数の補正用関数 $h(x)$ の中から、直前に行われた制御値更新処理で利用した補正用関数 $h(x)$ とは別の補正用関数 $h(x)$ を選択する。

【0071】

ステップ S 5 5 では、調整部 5 0 は、制御値更新処理を行う。この制御値更新処理は、図 8 のステップ S 1 2 の制御値更新処理と同じであるので、ここでは説明を省略する。

10

【0072】

ステップ S 5 5 の制御値更新処理が終了すると、処理はステップ S 5 0 に戻る。

【0073】

上記のような検証処理によって、光変調器 3 1 から実際に出力される光量分布と目標とする光量分布との間の誤差が許容範囲に収まるまで、必要に応じて補正用関数 $h(x)$ を変更しながら、制御値更新処理が繰り返される。なお、制御値更新処理を一定回数以上繰り返しても光変調器 3 1 から実際に出力される光量分布と目標とする光量分布との間の誤差が許容範囲に収まらない場合には、ユーザにエラー通知を行うなどしてキャリブレーション処理を終了してもよい。

20

【0074】

以上のように、本実施形態によれば、光変調器 3 1 の光量分布を高精度に補正することができる。

【0075】

なお、本実施形態では、光変調器 3 1 として回折格子型光変調素子を利用しているが、本発明はライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された露光装置に適用可能である。ライン状に並んだ光供給素子群としては、本実施形態のような反射型に限らず、自発光型であってもよいし、透過型であってもよい。

【0076】

なお、本実施形態において示した描画ヘッド 3 0 の個数、光変調器 3 1 におけるリボン 3 2 の個数、画像データの階調数等の数値は単なる一例に過ぎず、これらの数値に限定されるものではない。

30

【産業上の利用可能性】

【0077】

本発明は、ライン状に並んだ光供給素子群から対象物に向けて光を発するように構成された、コヒーレンシーが高いレーザー等の光を用いる露光装置において、各光供給素子から供給される光量を高精度に補正するキャリブレーション方法として好適である。

【図面の簡単な説明】

【0078】

【図 1】露光装置 1 の外観図

40

【図 2】露光装置 1 の外観図

【図 3】光変調器 3 1 の構成を示す図

【図 4】光変調器 3 1 の部分斜視図

【図 5】光変調器 3 1 の構成を示す図

【図 6】制御値テーブルの一例を示す図

【図 7】キャリブレーション処理を行う前の光量分布の一例

【図 8】キャリブレーション処理の流れを示すフローチャート

【図 9】特定チャンネルの設定例

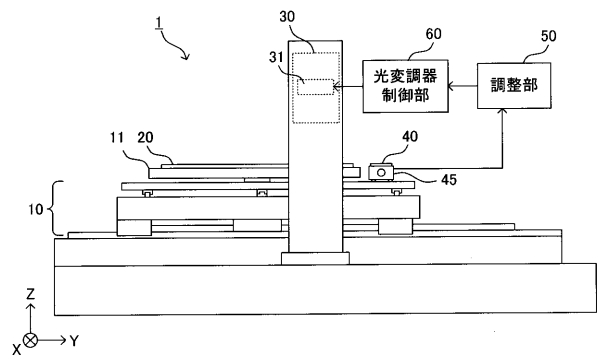
【図 10】プロファイル関数生成処理の詳細を示すフローチャート

【図 11】光量分布の計測結果の一例

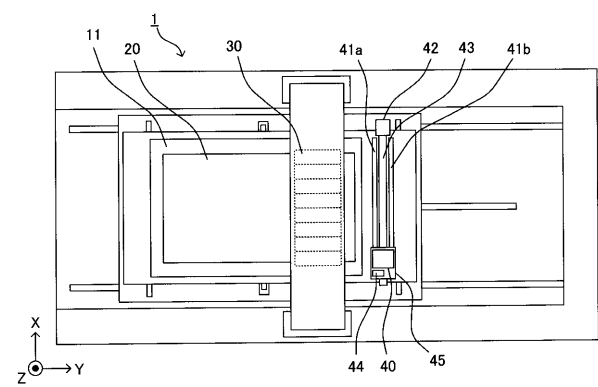
50

【図 1 2】	光量分布の計測結果の一例	
【図 1 3】	プロファイル関数の一例	
【図 1 4】	補正用関数決定処理の詳細を示すフローチャート	
【図 1 5】	予め用意される典型プロファイル関数と補正用関数の一例	
【図 1 6】	プロファイル関数の一例	
【図 1 7】	プロファイル関数に応じた補正用関数の補正の一例	
【図 1 8】	制御値更新処理の詳細を示すフローチャート	
【図 1 9】	光量分布の計測結果の一例	
【図 2 0】	計測される光量分布と目標光量分布との差分の一例	
【図 2 1】	差分と補正用関数に基づいて計算される各チャンネルの光量の補正量の一例	10
【図 2 2】	制御値の更新内容の一例	
【図 2 3】	光量特性曲線の一例	
【図 2 4】	制御値補正処理後の光量分布の一例	
【図 2 5】	検証処理の詳細を示すフローチャート	
【符号の説明】		
【0 0 7 9】		
1	露光装置	
1 0	ステージ移動機構	
1 1	ステージ	
2 0	基板	20
3 0	描画ヘッド	
3 1	光変調器	
3 2	反射板（リボン）	
3 2 a	固定リボン	
3 2 b	可動リボン	
3 3	支持台	
4 0	受光素子	
4 1 a , 4 1 b	ガイドレール	
4 2	モータ	
4 3	ボールネジ	30
4 4	センサ処理部	
4 5	センサステージ	
5 0	調整部	
6 0	変調制御部	

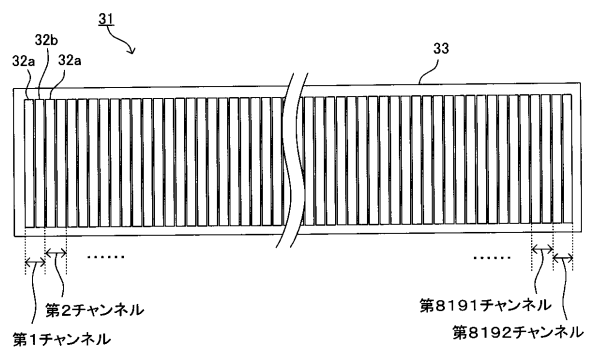
【 図 1 】



【 図 2 】



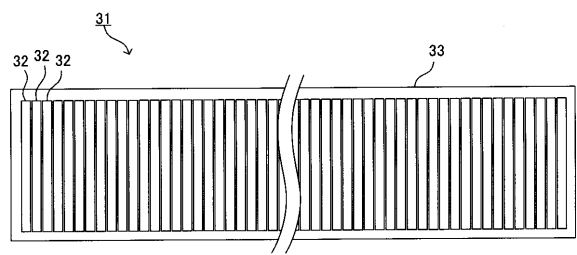
【 図 5 】



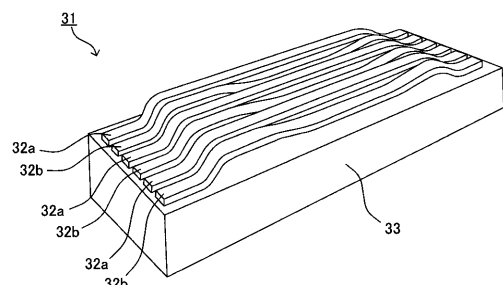
【 図 6 】

光量レベル	制御値			
	第1チャンネル	第2チャンネル	...	第8192チャンネル
L1	V1(1)	V1(2)	...	V1(8192)
L2	V2(1)	V2(2)	...	V2(8192)
L3	V3(1)	V3(2)	...	V3(8192)
L4	V4(1)	V4(2)	...	V4(8192)
L5	V5(1)	V5(2)	...	V5(8192)

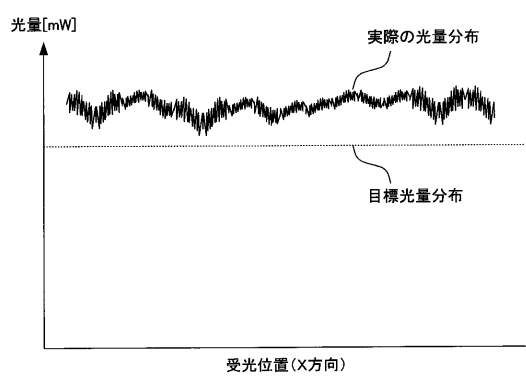
【 図 3 】



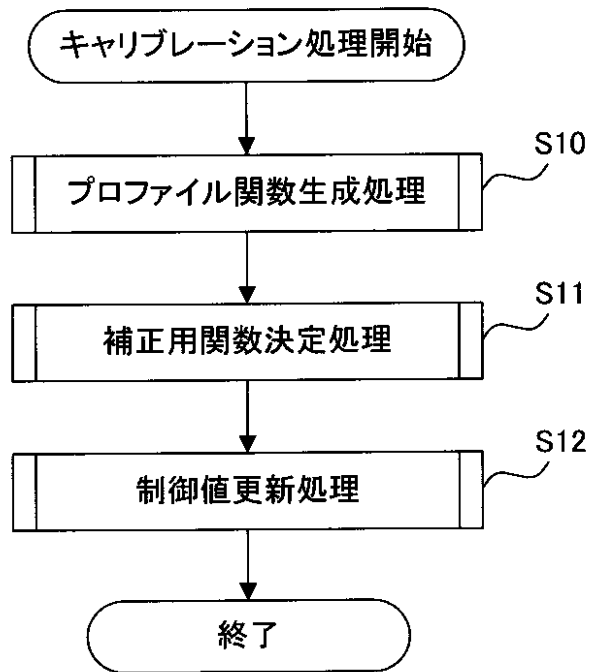
【 図 4 】



【 図 7 】



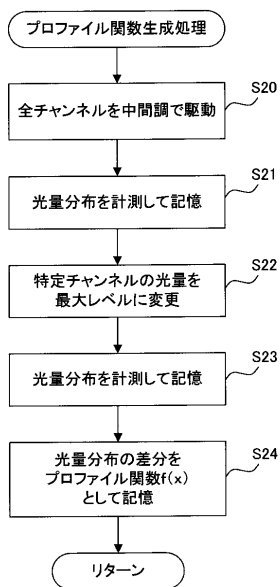
【図 8】



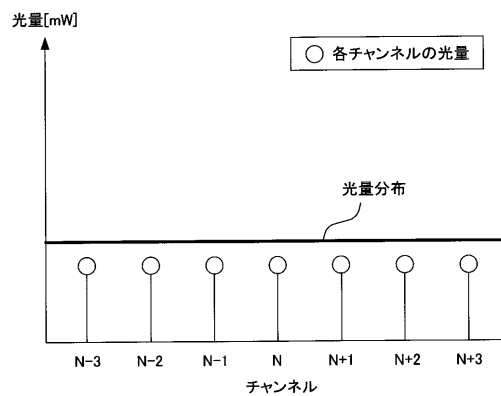
【図 9】

区間	範囲	特定チャンネル
1	1~1000	500
2	1001~2000	1500
3	2001~3000	2500
4	3001~4000	3500
5	4001~5000	4500
6	5001~6000	5500
7	6001~7000	6500
8	7001~8192	7500

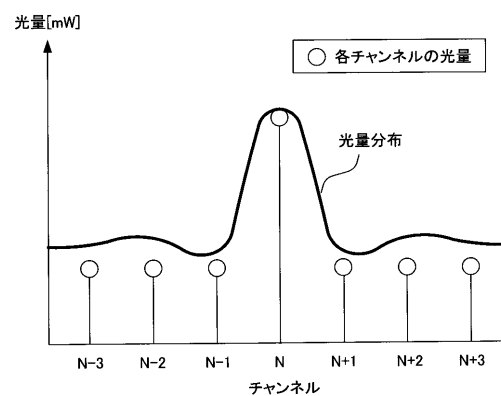
【図 10】



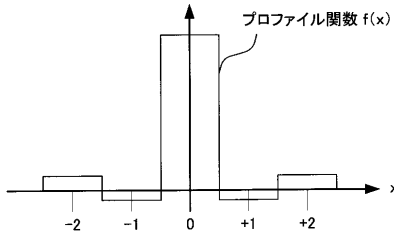
【図 11】



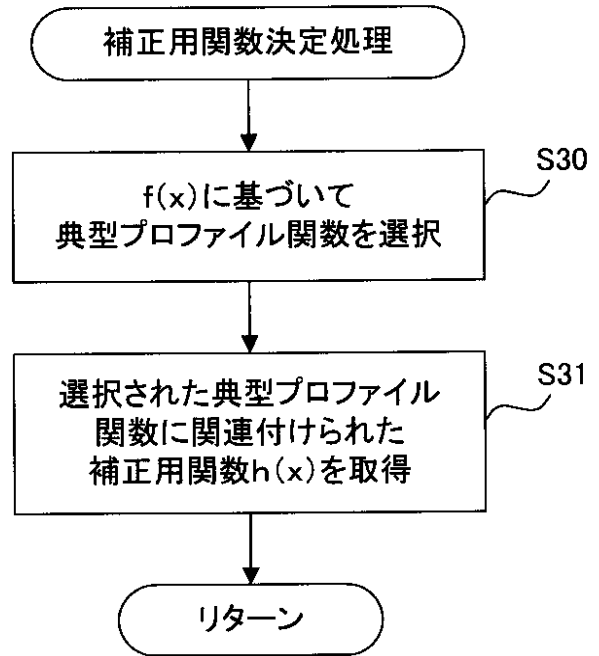
【図 12】



【図 13】



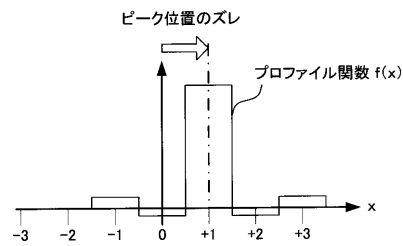
【図 14】



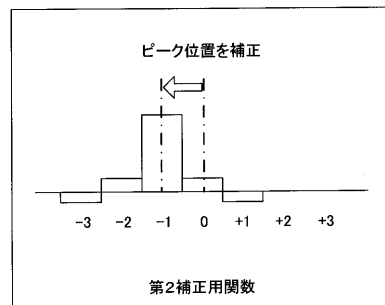
【図 15】

典型プロフィール関数	補正用関数h(x)
第1典型プロフィール関数	第1補正用関数
第2典型プロフィール関数	第2補正用関数
第3典型プロフィール関数	第3補正用関数
⋮	⋮

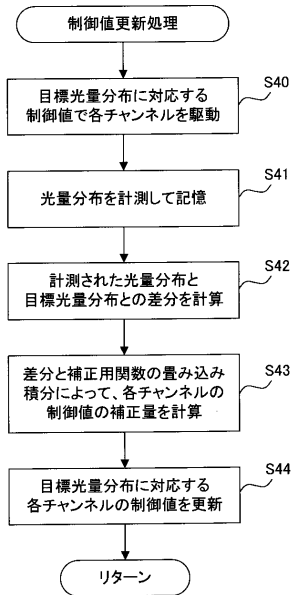
【図 16】



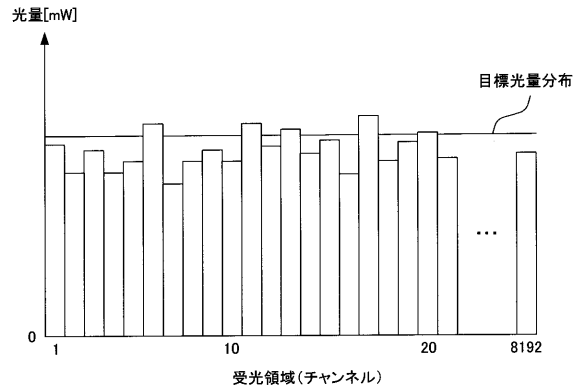
【図 17】



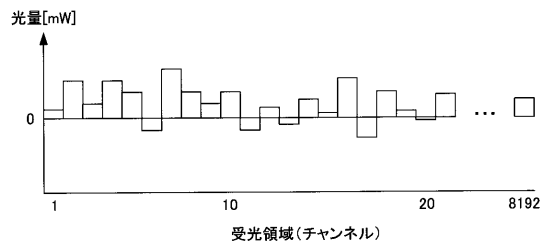
【図 18】



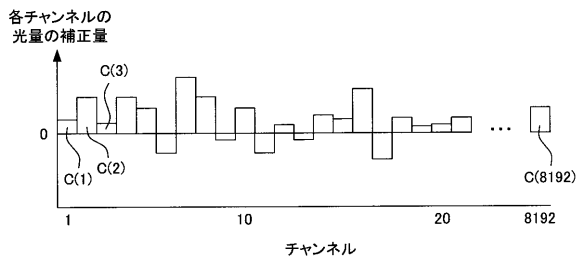
【図 19】



【図 20】



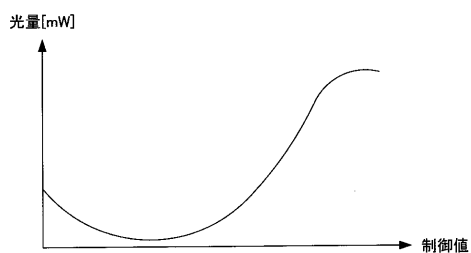
【図 21】



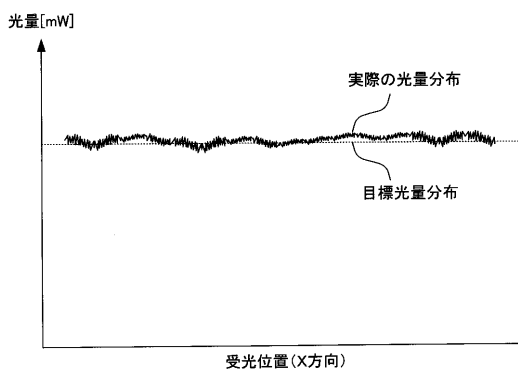
【図 22】

$V1(1)_{new} = V1(1)_{old} + C(1)$
$V1(2)_{new} = V1(2)_{old} + C(2)$
$V1(3)_{new} = V1(3)_{old} + C(3)$
⋮
$V1(8192)_{new} = V1(8192)_{old} + C(8192)$

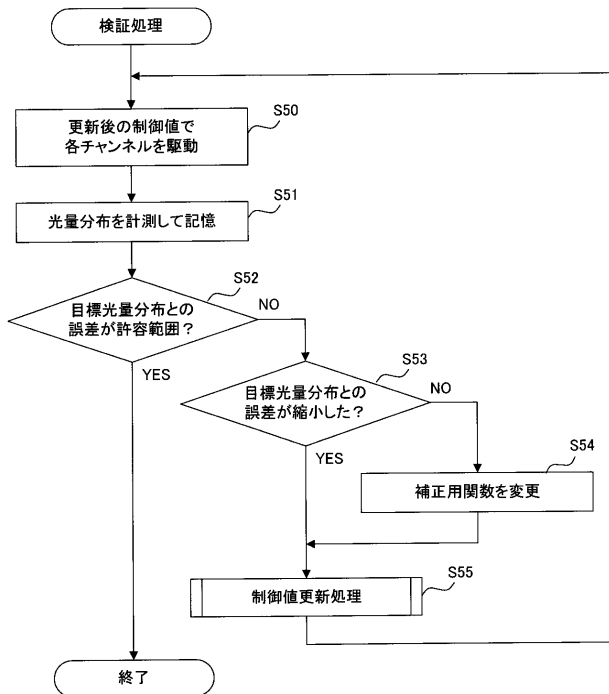
【図 23】



【図 24】



【図 25】



フロントページの続き

(72)発明者 林 由起子

京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 大日本スクリーン製造株式会社内

Fターム(参考) 2H097 AA03 BB01 CA03

5F046 BA06 BA07 DA01 DA02