



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

光源ユニットから射出される光束をマスクへ導き、前記マスクのパターンを感光性基板上に転写する露光装置において、

前記光源ユニットは、

アレイ状に配置された複数の固体光源を備え、第 1 の波長の光を射出する第 1 のアレイ光源と、

アレイ状に配置された複数の固体光源を備え、前記第 1 の波長とは異なる第 2 の波長の光を射出する第 2 のアレイ光源と、

前記第 1 のアレイ光源から射出された光の光路と、前記第 2 のアレイ光源から射出された光の光路とを合成する光路合成手段と

を備えることを特徴とする露光装置。

## 【請求項 2】

前記光路合成手段は、前記光路に対して斜設されたダイクロイック膜を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

## 【請求項 3】

前記光路合成手段は、前記光路に対して斜設された平行平板を備え、

該平行平板上に前記ダイクロイック膜が形成されることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

## 【請求項 4】

前記光路合成手段は、前記ダイクロイック膜とは異なる角度で設けられた別のダイクロイック膜を備えることを特徴とする請求項 2 に記載の露光装置。

## 【請求項 5】

前記光路合成手段は少なくとも 1 つのプリズム部材を含み、該プリズム部材の光学面上に前記ダイクロイック膜が形成されることを特徴とする請求項 2 乃至請求項 4 の何れか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 6】

前記光路合成手段は、回折格子を備えることを特徴とする請求項 1 に記載の露光装置。

## 【請求項 7】

前記光源ユニットの出力を計測する出力計測手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 の何れか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 8】

前記出力計測手段は、前記感光性基板上の照度を計測する照度計測手段を備えることを特徴とする請求項 7 に記載の露光装置。

## 【請求項 9】

前記第 1 のアレイ光源から射出される光のパワーを制御する第 1 のパワー制御手段と、

前記第 2 のアレイ光源から射出される光のパワーを制御する第 2 のパワー制御手段と

をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 8 の何れか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 10】

前記第 1 のアレイ光源中の前記複数の固体光源のパワーを独立に制御する第 3 のパワー制御手段と、

前記第 2 のアレイ光源中の前記複数の固体光源のパワーを独立に制御する第 4 のパワー制御手段と

を更に備えることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 9 の何れか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 11】

前記感光性基板上に塗布される感光性材料に関する情報に基づいて、前記光源ユニットから射出される光のパワーを制御するパワー制御手段をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 10 の何れか一項に記載の露光装置。

## 【請求項 12】

前記光源ユニットは、複数のファイバを更に備え、

10

20

30

40

50

前記複数のファイバのそれぞれの入射端は前記複数の固体光源と光学的に接続されていることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 11 の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項 13】

前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に形成する投影光学系をさらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 12 の何れか一項に記載の露光装置。

【請求項 14】

請求項 1 乃至請求項 13 の何れか一項に記載の露光装置を用いた露光方法において、前記光源ユニットから射出される光束を用いてマスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターンを感光性基板上に転写する転写工程とを含むことを特徴とする露光方法。

10

【請求項 15】

前記感光性基板上に塗布される感光性材料に関する情報に基づいて、前記光源ユニットから射出される光のパワーを制御するパワー制御工程をさらに含むことを特徴とする請求項 14 に記載の露光方法。

【請求項 16】

前記パワー制御工程は、前記光源ユニットから射出される光の分光特性を制御する分光特性制御工程と、前記光源ユニットから射出される光のパワーを調整するパワー調整工程とを含むことを特徴とする請求項 15 に記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

20

【0001】

【発明の属する技術分野】

この発明は、半導体素子、液晶表示素子、撮像素子、薄膜磁気ヘッド、その他のマイクロデバイスの製造工程において用いられる露光装置及び露光方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

マイクロデバイスの一つである液晶表示素子は、通常、ガラス基板（プレート）上に透明薄膜電極をフォトリソグラフィの手法で所望の形状にパターンニングして、TFT（Thin Film Transistor）等のスイッチング素子及び電極配線を形成して製造される。このフォトリソグラフィの手法を用いた製造工程では、マスク上に形成された原画となるパターンを、投影光学系を介してフォトレジスト等の感光剤が塗布されたプレート上に投影露光する投影露光装置が用いられている。

30

【0003】

従来は、マスクとプレートとの相対的な位置合わせを行った後で、マスクに形成されたパターンをプレート上に設定された1つのショット領域に一括して転写し、転写後にプレートをステップ移動させて他のショット領域の露光を行う、ステップ・アンド・リピート方式の投影露光装置（所謂、ステッパー）が多用されていた。

【0004】

近年、液晶表示素子の大面積化が要求されており、これに伴ってフォトリソグラフィ工程において用いられる投影露光装置は露光領域の拡大が望まれている。投影露光装置の露光領域を拡大するためには投影光学系を大型化する必要があるが、残存収差が極力低減された大型の投影光学系を設計及び製造するにはコスト高となってしまう。そこで、投影光学系の大型化を極力避けるために、投影光学系の物体面側（マスク側）における投影光学系の有効径と同程度に長手方向の長さが設定されたスリット状の照明光をマスクに照射し、マスクを介したスリット状の光が投影光学系を介してプレートに照射されている状態で、マスクとプレートとを投影光学系に対して相対的に移動させて走査し、マスクに形成されたパターンの一部を順次プレートに設定された1つのショットに転写し、転写後にプレートをステップ移動させて他のショット領域に対する露光を同様にして行う、所謂ステップ・アンド・スキャン方式の投影露光装置が案出されている。

40

【0005】

50

また、近年では、更なる露光領域の拡大を図るため、1つの大型の投影光学系を用いるのではなく、小型の部分投影光学系を走査方向に直交する方向（非走査方向）に所定間隔をもって複数配列した第1の配列と、この部分投影光学系の配列の間に部分光学系が配置されている第2の配列とを走査方向に配置した、所謂マルチレンズ方式の投影光学系を備える投影露光装置が案出されている（例えば特許文献1参照）。

【0006】

【特許文献1】

特開平7-57986号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

ところで上述の投影露光装置の光源としては、波長約360nm程度の紫外領域においては主に水銀ランプなどが用いられていた。この水銀ランプの寿命は、概ね500h~1000h程度であることから、定期的にランプ交換が必要となり露光装置ユーザには大きな負担となっていた。また、高照度確保のために高電力が必要であり、またそれに伴う発熱対策などが必要になるなど、高いランニングコストの問題や、経時劣化などの要因に伴う破裂の危険性を有していた。

【0008】

これに対して発光ダイオードは、水銀ランプなどに比べて発光効率が高く、そのため省電力、小発熱という特長を持ち大幅なランニングコストの低減を実現できる。また寿命も3000h程度のものであるため、交換にかかる負担も少なく、経時劣化などの要因に伴う破裂の危険性もない。さらに最近では、波長365nmで100mw程度の高い光出力を達成したUV-LEDなども開発されている。

【0009】

上述の液晶表示素子の製造においては、プレート上にフォトレジストを塗布し、上述の投影露光装置の何れかを用いてマスクに形成されたパターンをプレートに転写し、フォトレジストの現像、エッチング、及びフォトレジストの剥離といった工程を繰り返すことにより、TFT等のスイッチング素子及び電極配線が形成された素子基板が形成される。そして、この素子基板と別工程で製造されたカラーフィルタを備える対向基板とを張り合わせ、これらの間に液晶を挟持させることにより液晶表示素子が製造される。

【0010】

ところで、従来の液晶表示装置は上述したようにTFTが形成される素子基板とカラーフィルタを備える対向基板とを別々に形成して張り合わせることにより製造されていたが、近年、液晶表示素子の構造の変化に伴って、TFTを形成した基板上にカラーフィルタを併せて形成した構造の液晶表示素子が案出されている。かかる構造の液晶表示素子の製造工程には、TFTが形成された基板上に、着色した顔料が分散された樹脂レジストを塗布し、投影露光装置を用いてこの樹脂レジストを露光して現像することによりカラーフィルタを形成する工程が含まれる。

【0011】

ここで、TFT等を形成する際に用いられるフォトレジストの感度は15~30mJ/cm<sup>2</sup>程度であるのに対し、樹脂レジストの感度は50~100mJ/cm<sup>2</sup>程度であり、樹脂レジストの露光に必要なエネルギーは通常フォトレジストの数倍から数十倍になることもある。この樹脂レジストを露光する際に必要とされる解像度は、液晶表示素子の各画素間に配置される遮光層を形成できる程度の解像度で良いために、例えば5μm程度あれば十分とされている。つまり、通常フォトレジストを用いてTFT等を形成する場合には、フォトレジストの感度が高いため露光エネルギーは少なくとも良いが、3μm程度の解像度が必要となる。一方、樹脂レジストを用いてカラーフィルタを形成する場合には、フォトレジストよりも多くの露光エネルギーを必要とするが、解像度は5μm程度で良い。このように、基板に塗布されるレジストの感度により、必要となる露光エネルギーが異なることから、露光エネルギーがレジスト感度に応じた所定の値となるように、基板上に照射される照明光の照度を制御する必要がある。

10

20

30

40

50

## 【0012】

この発明の課題は、射出光のパワーを向上させると共に射出光のパワーを制御することが可能な固体光源を備えた露光装置及び該露光装置を用いた露光方法を提供することである。

## 【0013】

## 【課題を解決するための手段】

請求項1に記載の露光装置は、光源ユニットから射出される光束をマスクへ導き、前記マスクのパターンを感光性基板上に転写する露光装置において、前記光源ユニットはアレイ状に配置された複数の固体光源を備え、第1の波長の光を射出する第1のアレイ光源と、アレイ状に配置された複数の固体光源を備え、前記第1の波長とは異なる第2の波長の光を射出する第2のアレイ光源と、前記第1のアレイ光源から射出された光の光路と、前記第2のアレイ光源から射出された光の光路とを合成する光路合成手段とを備えることを特徴とする。

10

## 【0014】

また、請求項2に記載の露光装置は、前記光路合成手段が前記光路に対して斜設されたダイクロイック膜を備えることを特徴とする。

## 【0015】

また、請求項3に記載の露光装置は、前記光路合成手段が前記光路に対して斜設された平行平板を備え、該平行平板上に前記ダイクロイック膜が形成されることを特徴とする。

20

## 【0016】

また、請求項4に記載の露光装置は、前記光路合成手段が前記ダイクロイック膜とは異なる角度で設けられた別のダイクロイック膜を備えることを特徴とする。

## 【0017】

また、請求項5に記載の露光装置は、前記光路合成手段は少なくとも1つのプリズム部材を含み、該プリズム部材の光学面上に前記ダイクロイック膜が形成されることを特徴とする。

## 【0018】

また、請求項6に記載の露光装置は、前記光路合成手段が回折格子を備えることを特徴とする。

30

## 【0019】

この請求項1乃至請求項6に記載の露光装置によれば、第1のアレイ光源から射出される光の光路と第2のアレイ光源から射出される光の光路とを、ダイクロイック膜を備えた平行平板、ダイクロイック膜を備えたプリズム、若しくは回折格子により合成するため、光源ユニットから射出される光パワーを増大させることができる。

## 【0020】

また、請求項7に記載の露光装置は、前記光源ユニットの出力を計測する出力計測手段をさらに備えることを特徴とする。

## 【0021】

また、請求項8に記載の露光装置は、前記出力計測手段が前記感光性基板上の照度を計測する照度計測手段を備えることを特徴とする。

40

## 【0022】

この請求項7、請求項8に記載の露光装置によれば、感光性基板上の照度に基づき、感光性基板上における照明むら等を計測することができる。

## 【0023】

また、請求項9に記載の露光装置は、前記第1のアレイ光源から射出される光のパワーを制御する第1のパワー制御手段と、前記第2のアレイ光源から射出される光のパワーを制御する第2のパワー制御手段とをさらに備えることを特徴とする。

## 【0024】

この請求項9に記載の露光装置によれば、第1のアレイ光源から射出される光のパワー及

50

び第2のアレイ光源から射出される光のパワーを個々に制御することができる。従って、例えば、第1のアレイ光源から射出される光のパワーを維持したまま第2のアレイ光源から射出される光のパワーをゼロにし、または、第2のアレイ光源から射出される光のパワーを維持したまま第1のアレイ光源から射出される光のパワーをゼロにする等の制御をすることができる。この場合には、光源ユニットから射出される光の波長域を選択することができる。また、第1のアレイ光源から射出される光のパワーを所定の値とし、第2のアレイ光源から射出される光のパワーを所定の値とする等、光源ユニットから射出される光の分光特性の制御を行うこともできる。

【0025】

また、請求項10に記載の露光装置は、前記第1のアレイ光源中の前記複数の固体光源のパワーを独立に制御する第3のパワー制御手段と、前記第2のアレイ光源中の前記複数の固体光源のパワーを独立に制御する第4のパワー制御手段とを更に備えることを特徴とする。

10

【0026】

この請求項10に記載の露光装置によれば、第1のアレイ光源を構成している個々の固体光源のパワー、及び第2のアレイ光源を構成している個々の固体光源のパワーを独立に制御する。従って、高精度かつきめ細かな光のパワー調整をすることができる。

【0027】

また、請求項11に記載の露光装置は、前記感光性基板上に塗布される感光性材料に関する情報に基づいて、前記光源ユニットから射出される光のパワーを制御するパワー制御手段をさらに備えることを特徴とする。

20

【0028】

この請求項11に記載の露光装置によれば、光源ユニットから射出される光のパワーを制御することができるため、感光性基板上に塗布される感光性材料に適した照度の光により、感光性基板に対して露光を行うことができる。

【0029】

また、請求項12に記載の露光装置は、前記光源ユニットが複数のファイバを更に備え、前記複数のファイバのそれぞれの入射端は前記複数の固体光源と光学的に接続されていることを特徴とする。

【0030】

この請求項12に記載の露光装置によれば、光源ユニットの固体光源の配置の自由度を大きくすることができ、また複数のファイバの射出端の配列形状を容易に任意な形とすることができる。

30

【0031】

また、請求項13に記載の露光装置は、前記マスクのパターン像を前記感光性基板上に形成する投影光学系をさらに備えることを特徴とする。

【0032】

また、請求項14に記載の露光方法は、請求項1乃至請求項13の何れか一項に記載の露光装置を用いた露光方法において、前記光源ユニットから射出される光束を用いてマスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターンを感光性基板上に転写する転写工程とを含むことを特徴とする。

40

【0033】

また、請求項15に記載の露光方法は、前記感光性基板上に塗布される感光性材料に関する情報に基づいて、前記光源ユニットから射出される光のパワーを制御するパワー制御工程をさらに含むことを特徴とする。

【0034】

また、請求項16に記載の露光方法は、前記パワー制御工程が前記光源ユニットから射出される光の分光特性を制御する分光特性制御工程と、前記光源ユニットから射出される光のパワーを調整するパワー調整工程とを含むことを特徴とする。

【0035】

50

この請求項 1 4 乃至請求項 1 6 に記載の露光方法によれば、感光性基板に塗布された感光性材料に適した波長、照度の光によりマスクのパターン像を露光するため、マスクのパターンを感光性基板に良好に転写することができる。

【 0 0 3 6 】

【 発明の実施の形態 】

以下、図面を参照してこの発明の実施の形態にかかる露光装置について説明する。図 1 は、この発明の第 1 の実施の形態にかかる露光装置の全体の概略構成を示す斜視図である。この第 1 の実施の形態においては、複数の反射屈折型の投影光学ユニットからなる投影光学系に対してマスク M とプレート（基板）P とを相対的に移動させつつマスク M に形成された液晶表示素子のパターン DP（パターン）の像を感光性材料（レジスト）が塗布された感光性基板としてのプレート P 上に転写するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に適用した場合を例に挙げて説明する。なお、この実施の形態ではプレート P 上にフォトレジスト（感度： $20 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ ）又は樹脂レジスト（感度： $60 \text{ mJ} / \text{cm}^2$ ）が塗布されるものとする。

10

【 0 0 3 7 】

また、以下の説明においては、図 1 中に示した XYZ 直交座標系を設定し、この XYZ 直交座標系を参照しつつ各部材の位置関係について説明する。XYZ 直交座標系は、X 軸及び Y 軸がプレート P に対して平行となるよう設定され、Z 軸がプレート P に対して直交する方向に設定されている。図中の XYZ 座標系は、実際には XY 平面が水平面に平行な面に設定され、Z 軸が鉛直上方向に設定される。また、この実施の形態ではマスク M 及びプレート P を移動させる方向（走査方向）を X 軸方向に設定している。

20

【 0 0 3 8 】

この実施の形態にかかる露光装置は、マスクステージ（図 1 では図示せず）MS 上においてマスクホルダ（図示せず）を介して XY 平面に平行に支持されたマスク M を均一に照明するための照明光学系 IL を備えている。図 2 は、照明光学系 IL の側面図であり、図 1 に示した部材と同一の部材には同一の符号を付してある。照明光学系 IL は、発光ダイオード（固体光源）が複数個アレイ状に配列された固体光源アレイを複数個含む光源ユニット 1 を備えている。ここで、それぞれの固体光源アレイは、異なる光の波長を射出する。光源ユニット 1 は、図 3 に示すように、基板 2 a 上に発光ダイオード 2 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 2、基板 3 a 上に発光ダイオード 3 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 3、及びプレートタイプダイクロイックミラー 4 を備えている。なお、発光ダイオードアレイ光源 2、3 においては、発光ダイオードを 2 次元アレイ状に配置しているが、1 次元に配置または 3 次元アレイ状に配置してもよい。

30

【 0 0 3 9 】

ここで、発光ダイオード 2 b は、波長 365 nm の光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード 3 b は、波長 385 nm の光を含む波長域の光を射出する。プレートタイプダイクロイックミラー 4 は、平行平板から成る基板上にダイクロイック膜が形成され、発光ダイオードアレイ光源 2 から射出される光の光路と発光ダイオードアレイ光源 3 から射出される光の光路が交差する位置に位置決めされ、発光ダイオードアレイ光源 2 から射出される光の光路及び発光ダイオードアレイ光源 3 から射出される光の光路に対して斜設されている。そして、プレートタイプダイクロイックミラー 4 は、発光ダイオードアレイ光源 2 から射出される光を反射し、発光ダイオードアレイ光源 3 から射出される光を透過する。従って、発光ダイオードアレイ光源 2 から射出される光の光路と発光ダイオードアレイ光源 3 から射出される光の光路は、プレートタイプダイクロイックミラー 4 により合成される。プレートタイプダイクロイックミラー 4 により合成された光束は、集光レンズ 5 によりほぼ平行な光束に変換され、集光レンズ 6 を介して集光する。

40

【 0 0 4 0 】

集光レンズ 6 により集光された光は、この近傍に配置されたライトガイド 7 の入射端 7 a に入射する。ライトガイド 7 は、例えば多数のファイバ素線をランダムに束ねて構成され

50

たランダムライトガイドファイバであって、光源ユニット1の数(図1では1つ)と同じ数の入射端7aと、投影光学系PLを構成する投影光学ユニットの数(図1では5つ)と同じ数の射出端(図2では射出端7bだけを示す)とを備えている。こうして、ライトガイド7の入射端7aへ入射した光は、その内部を伝播した後、5つの射出端(射出端7b及び他の4つの射出端)から分割されて射出される。

【0041】

ライトガイド7の射出端7bとマスクMの間には、コリメートレンズ8b、フライアイ・インテグレータ9b、開口絞り10b、ハーフミラー11b及びコンデンサレンズ系12bが順に配置されている。同様に、ライトガイド7の各射出端(射出端7b及び7b以外の4つの射出端)とマスクMの間には、コリメートレンズ、フライアイ・インテグレータ、開口絞り、ハーフミラー及びコンデンサレンズ系がそれぞれ順に配置されている。ここでは、説明の簡単化のために、ライトガイド7の射出端(射出端7b以外の4つの射出端)とマスクMとの間に設けられる光学部材の構成を、ライトガイド7の射出端7bとマスクMとの間に設けられたコリメートレンズ8b、フライアイ・インテグレータ9b、開口絞り10b、ハーフミラー11b及びコンデンサレンズ系12bに代表させて説明する。

10

【0042】

ライトガイド7の射出端7bから射出された発散光束は、コリメートレンズ8bによりほぼ平行な光束に変換された後、フライアイ・インテグレータ(オプティカルインテグレータ)9bに入射する。フライアイ・インテグレータ9bは、多数の正レンズエレメントをその中心軸線が光軸AX2に沿って延びるように縦横に且つ稠密に配列することによって構成されている。従って、フライアイ・インテグレータ9bに入射した光束は、多数のレンズエレメントにより波面分割され、その後側焦点面(即ち、射出面の近傍)にレンズエレメントの数と同数の光源像からなる二次光源を形成する。即ち、フライアイ・インテグレータ9bの後側焦点面には、実質的な面光源が形成される。

20

【0043】

フライアイ・インテグレータ9bの後側焦点面に形成された多数の二次光源からの光束は、フライアイ・インテグレータ9bの後側焦点面の近傍に配置された開口絞り10bにより制限された後、ハーフミラー11bに入射する。ハーフミラー11bにより反射された光束は、レンズ13bを介して照度センサ14bに入射する。この照度センサ14bは、プレートPと光学的に共役な位置の照度を計測するためのセンサであり、この照度センサ14bにより、露光中においてもスループットを低下させることなくプレートP上の照度を計測することができる。なお、照度センサ14bにおいては、光の照度を計測し、その計測された計測値は、主制御系15に入力される。

30

【0044】

一方、ハーフミラー11bを透過した光束は、コンデンサレンズ系12bに入射する。なお、開口絞り10bは、対応する投影光学ユニットPL1の瞳面と光学的にほぼ共役な位置に配置され、照明に寄与する二次光源の範囲を規定するための開口部を有する。この開口絞り10bの開口部は、開口径が固定であってもよく、また開口径が可変であってもよい。ここでは開口絞り10bの開口部が可変であるものとして説明する。開口絞り10bは、この可変開口部の開口径を変化させることにより、照明条件を決定する値(投影光学系PLを構成する各投影光学ユニットPL1~PL5の瞳面の開口径に対するその瞳面上での二次光源像の口径の比)を所望の値に設定する。

40

【0045】

コンデンサレンズ系12bを介した光束は、パターンDPが形成されたマスクMを重疊的に照明する。ライトガイド7の他の4つの射出端から射出された発散光束も同様に、コリメートレンズ、フライアイ・インテグレータ、開口絞り、ハーフミラー及びコンデンサレンズ系を順に介してマスクMを重疊的にそれぞれ照明する。即ち、照明光学系ILは、マスクM上においてY軸方向に並んだ複数(図1では合計で5つ)の台形状の領域を照明する。なお、他の4つの射出端から射出された光も照度センサでそれぞれの光の照度が計測

50

されて主制御部 15 に入力される。

【0046】

マスク M 上の各照明領域からの光は、各照明領域に対応するように Y 軸方向に沿って配列された複数 (図 1 では合計で 5 つ) の投影光学ユニット PL1 ~ PL5 からなる投影光学系 PL に入射する。ここで、各投影光学ユニット PL1 ~ PL5 の構成は、互いに同じである。こうして、複数の投影光学ユニット PL1 ~ PL5 から構成された投影光学系 PL を介した光は、プレートステージ (図示せず) 上において図示しないプレートホルダを介して XY 平面に平行に支持されたプレート P 上にパターン DP の像を形成する。

【0047】

上述の主制御系 15 にはハードディスク等の記憶装置 17 が接続されており、この記憶装置 17 内に露光データファイルが格納されている。露光データファイルには、プレート P の露光を行う上で必要となる処理及びその処理順序が記憶されており、この処理毎に、プレート P 上に塗布されているレジストに関する情報 (例えば、レジストの分光特性)、必要となる解像度、使用するマスク M、使用する固体光源、照明光学系 IL の補正量、投影光学系 PL の補正量、及び基板の平坦性に関する情報等 (所謂、レシピデータ) が含まれている。

10

【0048】

なお、上述のレシピデータ (露光データファイル) を通信等の手段により更新又は追加可能とすることが好ましい。具体的には、この実施の形態の露光装置と、当該露光装置が設置されるデバイス製造工場内の管理システムとをローカルエリアネットワーク (LAN) で結び、この管理システムから露光装置のレシピデータを更新或いは追加する構成をとる。この管理システムは、露光装置以外の各種プロセス用製造装置、例えば、レジスト処理装置、エッチング装置、生膜装置等の前工程用機器、組み立て装置、検査装置等の後工程装置ともローカルエリアネットワーク (LAN) で結ばれている。従って、この管理システムでは、どの装置にどのロッドが流されているのかを管理することが可能であるため、そのロッドに適合したレシピデータを露光装置へ送り、この露光装置は、送られたレシピデータに基づいた制御を行うことが可能となる。

20

【0049】

図 1 に戻り、前述したマスクステージ MS には、マスクステージ MS を走査方向である X 軸方向に沿って移動させるための長いストロークを有する走査駆動系 (図示せず) が設けられている。また、マスクステージ MS を走査直交方向である Y 軸方向に沿って微小量だけ移動させると共に Z 軸廻りに微小量だけ回転させるための一対のアライメント駆動系 (図示せず) が設けられている。そして、マスクステージ MS の位置座標が移動鏡 18 を用いたレーザ干渉計 (図示せず) によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。

30

【0050】

同様の駆動系が、プレートステージにも設けられている。即ち、プレートステージを走査方向である X 軸方向に沿って移動させるための長いストロークを有する走査駆動系 (図示せず)、プレートステージを走査直交方向である Y 軸方向に沿って微小量だけ移動させると共に Z 軸廻りに微小量だけ回転させるための一対のアライメント駆動系 (図示せず) が設けられている。そして、プレートステージの位置座標が移動鏡 19 を用いたレーザ干渉計 (図示せず) によって計測され且つ位置制御されるように構成されている。更に、マスク M とプレート P とを XY 平面に沿って相対的に位置合わせするための手段として、一対のアライメント系 20a, 20b がマスク M の上方に配置されている。更に、プレートステージ上には、プレート P 上の照明光の照度を計測するための照度センサ 21 が設けられており、計測値が照明光学系 IL の主制御系 15 に入力される。

40

【0051】

こうして、マスクステージ MS 側の走査駆動系及びプレートステージ側の走査駆動系の作用により、複数の投影光学ユニット PL1 ~ PL5 からなる投影光学系 PL に対してマスク M とプレート P とを一体的に同一方向 (X 軸方向) に沿って移動させることによって、

50

マスクM上のパターン領域の全体がプレートP上の露光領域の全体に転写（走査露光）される。

【0052】

ここで、前述したように、この実施の形態においては、照度センサ14b及び射出端7b以外の他の4つの射出端から射出された光の照度を計測する照度センサにより光源ユニット1から射出される光の照度を計測し、その計測値が主制御系15に入力される。また、照度センサ21によりプレートP上の照明光の照度を計測し、その計測値も主制御系15に入力される。主制御系15は、記憶装置17に記憶されているプレートPに塗布されたレジストの分光特性に基づいて、光源ユニット1から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、電源装置16を介して、光源ユニット1

10

【0053】

例えば、発光ダイオードアレイ光源2及び発光ダイオードアレイ光源3に対して供給する電力を制御することにより、光源ユニット1から射出される光の波長を選択することができる。即ち、発光ダイオードアレイ光源2から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源3から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット1から射出される光の波長は365nmの光を含む波長域となる。また、発光ダイオードアレイ光源3から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源2から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット1から射出される光の波長は385nmの光を含む波長域となる。このようにして、一方の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーをゼロにすることにより、必要な波長域の光を射出することができる。

20

【0054】

また、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを調整することもできる。例えば、発光ダイオードアレイ光源2から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源3から射出される光のパワーを小さくする。又は、発光ダイオードアレイ光源3から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源2から射出される光のパワーを小さくする等の制御を行うことができる。このように、光源ユニット1から射出される光の分光特性の調整を行うこともできる。

30

【0055】

また、主制御部15は、発光ダイオードアレイ光源2を構成する個々の発光ダイオード2b、発光ダイオードアレイ光源3を構成する個々の発光ダイオード3bに供給される電力を独立して制御することもできる。従って、発光ダイオードアレイ光源2を構成する個々の発光ダイオード2b、発光ダイオードアレイ光源3を構成する個々の発光ダイオード3bから射出される光の出力を個々に調整することにより、光源ユニット1から射出される光のパワーをより高精度に制御することができる。

【0056】

この第1の実施の形態にかかる露光装置によれば、低ランニングコストなどのメリットを持つ発光ダイオードやレーザダイオードなど、いわゆる固体光源を用いることにより、低ランニングコストで長寿命かつ破裂の危険性のない光源を有する投影露光装置を提供することができる。また、異なる波長の光を射出する2つの発光ダイオードアレイ光源から射出される光の光路を合成することから、光源ユニットから射出される光のパワーを増大させることができる。また、それぞれの発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワー及び発光ダイオードアレイ光源を構成する個々の発光ダイオードから射出される光のパワーを制御することができるため、光源ユニットから射出される光の照度をレジストの分光特性に適した照度になるように高精度な制御を行うことができる。

40

【0057】

次に、図面を参照して、この発明の第2の実施の形態にかかる露光装置について説明する。なお、この第2の実施の形態の説明においては、第1の実施の形態にかかる露光装置の

50

部材と同一の部材には、第 1 の実施の形態の説明で用いたのと同じの符号を付して説明を行う。この発明の第 2 の実施の形態にかかる露光装置は、光源ユニット 1 を図 4 に示す光源ユニット 2 2 に変更したものであり、それ以外の部分については、第 1 の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有する。

【0058】

図 4 に示すように、光源ユニット 2 2 は、基板 2 3 a 上に発光ダイオード 2 3 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 2 3、基板 2 4 a 上に発光ダイオード 2 4 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 2 4、基板 2 5 a 上に発光ダイオード 2 5 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 2 5、及びクロスタイプダイクロイックミラー 2 6 を備えている。なお、発光ダイオードアレイ光源 2 3、2 4、2 5 においては、発光ダイオードを 2 次元アレイ状に配置しているが、1 次元に配置または 3 次元アレイ状に配置してもよい。

10

【0059】

発光ダイオード 2 3 b は波長 3 6 5 n m の光を含む波長域の光を射出する。また、発光ダイオード 2 4 b は波長 4 0 5 n m の光を含む波長域の光を射出する。更に、発光ダイオード 2 5 b は波長 4 3 6 n m の光を含む波長域の光を射出する。クロスタイプダイクロイックミラー 2 6 は、ダイクロイック膜 2 6 a と、このダイクロイック膜 2 6 a とは異なる角度、即ち直交する角度で設けられた別のダイクロイック膜 2 6 b を備えており、発光ダイオードアレイ光源 2 3 から射出される光の光路、発光ダイオードアレイ光源 2 4 から射出される光の光路、及び発光ダイオードアレイ光源 2 5 から射出される光の光路が交差する位置に位置決めされている。ダイクロイック膜 2 6 a は、波長 4 3 6 n m の光を含む波長域の光を反射する。即ち、発光ダイオードアレイ光源 2 3、2 4 から射出される光を透過し、発光ダイオードアレイ光源 2 5 から射出される光を反射する。

20

【0060】

一方、ダイクロイック膜 2 6 b は、波長 4 0 5 n m の光を含む波長域の光を反射する。即ち、発光ダイオードアレイ光源 2 3、2 5 から射出される光を透過し、発光ダイオードアレイ光源 2 4 から射出される光を反射する。クロスタイプダイクロイックミラー 2 6 により合成された光束は、集光レンズ 5 によりほぼ平行な光束に変換される。その他の点については、第 1 の実施の形態と同一のため、詳細な説明を省略する。

【0061】

この実施の形態においても、プレート P 上に感度が  $20 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  のフォトレジスト又は感度が  $60 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の樹脂レジストが塗布される場合を想定しており、このフォトレジスト及び樹脂レジストの分光特性を含むレシビデータが記憶装置 1 7 に記憶されている。

30

【0062】

ここで、この実施の形態においては、照度センサ 1 4 b 及び射出端 7 b 以外の他の 4 つの射出端から射出された光の照度を計測する照度センサにより光源ユニット 2 2 から射出される光の照度を計測し、その計測値が主制御系 1 5 に入力される。また、照度センサ 2 1 によりプレート P 上の照明光の照度を計測し、その計測値も主制御系 1 5 に入力される。主制御系 1 5 は、記憶装置 1 7 に記憶されているプレート P に塗布されたレジストの分光特性に基づいて、光源ユニット 2 2 から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、電源装置 1 6 を介して、光源ユニット 2 2 に備えられている発光ダイオードアレイ光源 2 3、発光ダイオードアレイ光源 2 4、及び発光ダイオードアレイ光源 2 5 に対する電力供給量を制御する。

40

【0063】

例えば、発光ダイオードアレイ光源 2 3、発光ダイオードアレイ光源 2 4、及び発光ダイオードアレイ光源 2 5 に対して供給する電力を制御することにより、光源ユニット 2 2 から射出される光の波長を選択することができる。即ち、発光ダイオードアレイ光源 2 3 及び発光ダイオードアレイ光源 2 4 から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源 2 5 から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット 2 2 か

50

ら射出される光の波長は365nm及び405nmの光を含む波長域となる。また、発光ダイオードアレイ光源23から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源24及び発光ダイオードアレイ光源25から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット22から射出される光の波長は365nmの光を含む波長域となる。このようにして、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される個々の光のパワーを維持又はゼロにすることにより、光源ユニット22から必要な波長域の光を射出することができる。

【0064】

また、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを調整することもできる。例えば、発光ダイオードアレイ光源23から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源24及び発光ダイオードアレイ光源25から射出される光のパワーを小さくする等により、光源ユニット22から射出される光の分光特性の調整を行うことができる。

10

【0065】

また、主制御部15は、発光ダイオードアレイ光源23を構成する個々の発光ダイオード23b、発光ダイオードアレイ光源24を構成する個々の発光ダイオード24b、発光ダイオードアレイ光源25を構成する個々の発光ダイオード25bに供給される電力を独立して制御することもできる。従って、発光ダイオードアレイ光源23を構成する個々の発光ダイオード23b、発光ダイオードアレイ光源24を構成する個々の発光ダイオード24b、発光ダイオードアレイ光源25を構成する個々の発光ダイオード25bから射出される光の出力を個々に調整することにより、光源ユニット22から射出される光のパワーをより高精度に制御することができる。

20

【0066】

次に、図面を参照して、この発明の第3の実施の形態にかかる露光装置について説明する。なお、この第3の実施の形態の説明においては、第1の実施の形態にかかる露光装置の部材と同一の部材には、第1の実施の形態の説明で用いたのと同じの符号を付して説明を行う。この発明の第3の実施の形態にかかる露光装置は、光源ユニット1を図5に示す光源ユニット27に変更したものであり、それ以外の部分については、第1の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有する。

【0067】

図5に示すように、光源ユニット27は、基板28a上に発光ダイオード28bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源28、基板29a上に発光ダイオード29bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源29、基板30a上に発光ダイオード30bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源30、基板31a上に発光ダイオード31bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源31、及びプレートタイプダイクロイックミラー32、33、34を備えている。なお、発光ダイオードアレイ光源28、29、30、31においては、発光ダイオードを2次元アレイ状に配置しているが、1次元に配置または3次元アレイ状に配置してもよい。

30

【0068】

発光ダイオード28bは波長365nmの光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード29bは波長385nmの光を含む波長域の光を射出する。また、発光ダイオード30bは波長405nmの光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード31bは波長436nmの光を含む波長域の光を射出する。プレートタイプダイクロイックミラー32、33、34は、平行平板から成る基板上にダイクロイック膜が形成されている。プレートタイプダイクロイックミラー32は、発光ダイオードアレイ光源28から射出される光の光路と発光ダイオードアレイ光源29から射出される光の光路が交差する位置に位置決めされており、波長385nmの光を含む波長域の光を反射する。即ち、発光ダイオードアレイ光源28から射出される光を透過し、発光ダイオードアレイ光源29から射出される光を反射する。従って、発光ダイオードアレイ光源28から射出される光の光路と発光ダイオードアレイ光源29から射出される光の光路は、プレートタイプダイクロイックミラー3

40

50

2により合成される。

【0069】

また、プレートタイプダイクロイックミラー33は、プレートタイプダイクロイックミラー32により合成された光の光路と発光ダイオードアレイ光源30から射出される光の光路が交差する位置に位置決めされており、波長405nmの光を含む波長域の光を反射する。即ち、プレートタイプダイクロイックミラー32により合成された光を透過し、発光ダイオードアレイ光源30から射出される光を反射する。従って、プレートタイプダイクロイックミラー32により合成された光の光路と発光ダイオードアレイ光源30から射出される光の光路は、プレートタイプダイクロイックミラー33により合成される。

【0070】

更に、プレートタイプダイクロイックミラー34は、プレートタイプダイクロイックミラー33により合成された光の光路と発光ダイオードアレイ光源31から射出される光の光路が交差する位置に位置決めされており、波長436nmの光を含む波長域の光を反射する。即ち、プレートタイプダイクロイックミラー33により合成された光を透過し、発光ダイオードアレイ光源31から射出される光を反射する。従って、プレートタイプダイクロイックミラー33により合成された光の光路と発光ダイオードアレイ光源31から射出される光の光路は、プレートタイプダイクロイックミラー34により合成される。プレートタイプダイクロイックミラー34により合成された光束は、集光レンズ5によりほぼ平行な光束に変換される。その他の点については、第1の実施の形態と同一のため、詳細な説明を省略する。

【0071】

この実施の形態においても、プレートP上に感度が $20\text{ mJ/cm}^2$ のフォトレジスト又は感度が $60\text{ mJ/cm}^2$ の樹脂レジストが塗布される場合を想定しており、このフォトレジスト及び樹脂レジストの分光特性を含むレシピデータが記憶装置17に記憶されている。

【0072】

ここで、この実施の形態においては、照度センサ14b及び射出端7b以外の他の4つの射出端から射出された光の照度を計測する照度センサにより光源ユニット27から射出される光の照度を計測し、その計測値が主制御系15に入力される。また、照度センサ21によりプレートP上の照明光の照度を計測し、その計測値も主制御系15に入力される。主制御系15は、記憶装置17に記憶されているプレートPに塗布されたレジストの分光特性に基づいて、光源ユニット27から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、電源装置16を介して、光源ユニット27に備えられている発光ダイオードアレイ光源28、発光ダイオードアレイ光源29、発光ダイオードアレイ光源30、及び発光ダイオードアレイ光源31に対する電力供給量を制御する。

【0073】

例えば、発光ダイオードアレイ光源28、発光ダイオードアレイ光源29、発光ダイオードアレイ光源30、及び発光ダイオードアレイ光源31に対して供給する電力を制御することにより、光源ユニット27から射出される光の波長を選択することができる。即ち、発光ダイオードアレイ光源28から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源28以外の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット27から射出される光の波長は365nmの光を含む波長域となる。また、発光ダイオードアレイ光源28及び発光ダイオードアレイ光源29から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源30及び発光ダイオードアレイ光源31から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット27から射出される光の波長は365nm及び385nmの光を含む波長域となる。このようにして、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを維持又はゼロにすることにより、光源ユニット27から必要な波長域の光を射出することができる。

【0074】

また、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを調整することもでき

10

20

30

40

50

る。例えば、発光ダイオードアレイ光源 28 から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源 29、発光ダイオードアレイ光源 30、及び発光ダイオードアレイ光源 31 から射出される光のパワーを小さくする等により、光源ユニット 27 から射出される光の分光特性の調整を行うことができる。

【0075】

また、主制御部 15 は、発光ダイオードアレイ光源 28 を構成する個々の発光ダイオード 28 b、発光ダイオードアレイ光源 29 を構成する個々の発光ダイオード 29 b、発光ダイオードアレイ光源 30 を構成する個々の発光ダイオード 30 b、発光ダイオードアレイ光源 31 を構成する個々の発光ダイオード 31 b に供給される電力を独立して制御することもできる。従って、発光ダイオードアレイ光源 28 を構成する個々の発光ダイオード 28 b、発光ダイオードアレイ光源 29 を構成する個々の発光ダイオード 29 b、発光ダイオードアレイ光源 30 を構成する個々の発光ダイオード 30 b、発光ダイオードアレイ光源 31 を構成する個々の発光ダイオード 31 b から射出される光の出力を個々に調整することにより、光源ユニット 27 から射出される光のパワーをより高精度に制御することができる。

10

【0076】

次に、図面を参照して、この発明の第 4 の実施の形態にかかる露光装置について説明する。なお、この第 4 の実施の形態の説明においては、第 1 の実施の形態にかかる露光装置の部材と同一の部材には、第 1 の実施の形態の説明で用いたのと同じの符号を付して説明を行う。この発明の第 4 の実施の形態にかかる露光装置は、光源ユニット 1 を図 6 に示す光源ユニット 35 に変更したものであり、それ以外の部分については、第 1 の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有する。

20

【0077】

図 6 (a) は、光源ユニット 35 の平面図であり、図 6 (b) は、光源ユニット 35 を構成する光路合成プリズムの斜視図である。図 6 に示すように、光源ユニット 35 は、基板 36 a 上に発光ダイオード 36 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 36、基板 37 a 上に発光ダイオード 37 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 37、基板 38 a 上に発光ダイオード 38 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 38、及び 2 つのプリズム部材 39、40 により構成される光路合成プリズムを備えている。なお、発光ダイオードアレイ光源 36、37、38 においては、発光ダイオードを 2 次元アレイ状に配置しているが、1 次元に配置または 3 次元アレイ状に配置してもよい。

30

【0078】

発光ダイオード 36 b は波長 365 nm の光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード 37 b は波長 385 nm の光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード 38 b は波長 405 nm の光を含む波長域の光を射出する。光路合成プリズムは、三角柱形状を有するプリズム部材 39 及び L 字型柱状形状を有するプリズム部材 40 により構成されている。プリズム部材 39 のプリズム部材 40 側の面 39 b には、ダイクロイック膜が形成されており、また、プリズム部材 40 の L 字状屈曲部 40 b にダイクロイック膜が形成されている。

40

【0079】

この光路合成プリズムは、発光ダイオード 36 から射出される光の光路、発光ダイオード 37 から射出される光の光路及び発光ダイオード 38 から射出される光の光路を合成する位置に位置決めされている。即ち、発光ダイオード 36 から射出される光は、プリズム部材 39 に入射した後、プリズム部材 39 の集光レンズ 5 側の面 39 a で全反射され、更に、プリズム部材 40 側の面 39 b により反射されてプリズム部材 39 の集光レンズ 5 側の面 39 a から射出する。また、発光ダイオード 37 から射出される光は、プリズム部材 40 及びプリズム部材 39 を透過して、プリズム部材 39 の集光レンズ 5 側の面 39 a から射出する。更に、発光ダイオード 38 から射出される光は、プリズム部材 40 に入射した後、プリズム部材 40 のプリズム部材 39 側の面 40 a で全反射され、更に、プリズム部

50

材 40 の L 字状屈曲部 40 b に設けられているダイクロイック膜により反射されてプリズム部材 39 を透過して、プリズム部材 39 の集光レンズ 5 側の面 39 a から射出する。従って、発光ダイオードアレイ光源 36 から射出される光の光路、発光ダイオードアレイ光源 37 から射出される光の光路及び発光ダイオードアレイ光源 38 から射出される光の光路は、光路合成プリズムにより合成される。この光路合成プリズムにより合成された光束は、集光レンズ 5 によりほぼ平行な光束に変換される。その他の点については、第 1 の実施の形態と同一のため、詳細な説明を省略する。

#### 【0080】

この実施の形態においても、プレート P 上に感度が  $20 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  のフォトレジスト又は感度が  $60 \text{ mJ} / \text{cm}^2$  の樹脂レジストが塗布される場合を想定しており、このフォトレジスト及び樹脂レジストの分光特性を含むレシピデータが記憶装置 17 に記憶されている。

10

#### 【0081】

ここで、この実施の形態においては、照度センサ 14 b 及び射出端 7 b 以外の他の 4 つの射出端から射出された光の照度を計測する照度センサにより光源ユニット 35 から射出される光の照度を計測し、その計測値が主制御系 15 に入力される。また、照度センサ 21 によりプレート P 上の照明光の照度を計測し、その計測値も主制御系 15 に入力される。主制御系 15 は、記憶装置 17 に記憶されているプレート P に塗布されたレジストの分光特性に基づいて、光源ユニット 35 から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、電源装置 16 を介して、光源ユニット 35 に備えられている発光ダイオードアレイ光源 36、発光ダイオードアレイ光源 37、及び発光ダイオードアレイ光源 38 に対する電力供給量を制御する。

20

#### 【0082】

例えば、発光ダイオードアレイ光源 35、発光ダイオードアレイ光源 36、及び発光ダイオードアレイ光源 37 に対して供給する電力を制御することにより、光源ユニット 35 から射出される光の波長を選択することができる。即ち、発光ダイオードアレイ光源 35 から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源 36 及び発光ダイオードアレイ光源 37 から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット 35 から射出される光の波長は  $365 \text{ nm}$  の光を含む波長域となる。また、発光ダイオードアレイ光源 35 及び発光ダイオードアレイ光源 36 から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源 37 から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット 35 から射出される光の波長は  $365 \text{ nm}$  及び  $385 \text{ nm}$  の光を含む波長域となる。このようにして、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを維持又はゼロにすることにより、光源ユニット 35 から必要な波長域の光を射出することができる。

30

#### 【0083】

また、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを調整することもできる。例えば、発光ダイオードアレイ光源 36 から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源 37 及び発光ダイオードアレイ光源 38 から射出される光のパワーを小さくする等により、光源ユニット 35 から射出される光の分光特性の調整を行うことができる。

40

#### 【0084】

また、主制御部 15 は、発光ダイオードアレイ光源 36 を構成する個々の発光ダイオード 36 b、発光ダイオードアレイ光源 37 を構成する個々の発光ダイオード 37 b、発光ダイオードアレイ光源 38 を構成する個々の発光ダイオード 38 b に供給される電力を独立して制御することができる。従って、発光ダイオードアレイ光源 36 を構成する個々の発光ダイオード 36 b、発光ダイオードアレイ光源 37 を構成する個々の発光ダイオード 37 b、発光ダイオードアレイ光源 38 を構成する個々の発光ダイオード 38 b から射出される光の出力を個々に調整することにより、光源ユニット 35 から射出される光のパワーをより高精度に制御することができる。

50

## 【0085】

次に、図面を参照して、この発明の第5の実施の形態にかかる露光装置について説明する。図7は、この第5の実施の形態にかかる照明光学系ILの側面図である。なお、この第5の実施の形態の説明においては、第1の実施の形態にかかる露光装置の部材と同一の部材には、第1の実施の形態の説明で用いたのと同じの符号を付して説明を行う。

## 【0086】

照明光学系ILは、光源ユニット41を備えている。図8に示すように、光源ユニット41は、基板42a上に発光ダイオード42bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源42、基板43a上に発光ダイオード43bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源43、基板44a上に発光ダイオード44bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源44、及び反射型回折格子45を備えている。なお、発光ダイオードアレイ光源42、43、44においては、発光ダイオードを2次元アレイ状に配置しているが、1次元に配置または3次元アレイ状に配置してもよい。

10

## 【0087】

発光ダイオード42bは波長365nmの光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード43bは波長385nmの光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード44bは波長405nmの光を含む波長域の光を射出する。また、発光ダイオードアレイ42、43、44は、それぞれの発光ダイオードから射出される光が反射型回折格子45により同じ反射角で反射されるように位置決めされている。即ち、それぞれの発光ダイオードから射出される光は反射型回折格子45にそれぞれ異なった入射角で入射し、同じ反射角で反射される。従って、発光ダイオードアレイ光源42から射出される光の光路、発光ダイオードアレイ光源43から射出される光の光路、及び発光ダイオードアレイ光源44から射出される光の光路は、反射型回折格子45により合成され、ほぼ平行な光束となり、集光レンズ6を介して集光する。その他の点については、第1の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有するため、詳細な説明を省略する。

20

## 【0088】

この実施の形態においても、プレートP上に感度が $20\text{ mJ/cm}^2$ のフォトレジスト又は感度が $60\text{ mJ/cm}^2$ の樹脂レジストが塗布される場合を想定しており、このフォトレジスト及び樹脂レジストの分光特性を含むレシピデータが記憶装置17に記憶されている。

30

## 【0089】

ここで、この実施の形態においては、照度センサ14b及び射出端7b以外の他の4つの射出端から射出された光の照度を計測する照度センサにより光源ユニット41から射出される光の照度を計測し、その計測値が主制御系15に入力される。また、照度センサ21によりプレートP上の照明光の照度を計測し、その計測値も主制御系15に入力される。主制御系15は、記憶装置17に記憶されているプレートPに塗布されたレジストの分光特性に基づいて、光源ユニット41から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、電源装置16を介して、光源ユニット41に備えられている発光ダイオードアレイ光源42、発光ダイオードアレイ光源43、及び発光ダイオードアレイ光源44に対する電力供給量を制御する。

40

## 【0090】

例えば、発光ダイオードアレイ光源42、発光ダイオードアレイ光源43、及び発光ダイオードアレイ光源44に対して供給する電力を制御することにより、光源ユニット41から射出される光の波長を選択することができる。即ち、発光ダイオードアレイ光源42から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源43及び発光ダイオードアレイ光源44から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット41から射出される光の波長は365nmの光を含む波長域となる。また、発光ダイオードアレイ光源42及び発光ダイオードアレイ光源43から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源44から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット41から射出される光の波長は365nm及び385nmの光を含む波長域となる

50

。このようにして、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される個々の光のパワーを維持又はゼロにすることにより、光源ユニット 4 1 から必要な波長域の光を射出することができる。

【0091】

また、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを調整することもできる。例えば、発光ダイオードアレイ光源 4 2 から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源 4 3 及び発光ダイオードアレイ光源 4 4 から射出される光のパワーを小さくする等により、光源ユニット 4 1 から射出される光の分光特性の調整を行うことができる。

【0092】

また、主制御部 1 5 は、発光ダイオードアレイ光源 4 2 を構成する個々の発光ダイオード 4 2 b、発光ダイオードアレイ光源 4 3 を構成する個々の発光ダイオード 4 3 b、発光ダイオードアレイ光源 4 4 を構成する個々の発光ダイオード 4 4 b に供給される電力を独立して制御することもできる。従って、発光ダイオードアレイ光源 4 2 を構成する個々の発光ダイオード 4 2 b、発光ダイオードアレイ光源 4 3 を構成する個々の発光ダイオード 4 3 b、発光ダイオードアレイ光源 4 4 を構成する個々の発光ダイオード 4 4 b から射出される光の出力を個々に調整することにより、光源ユニット 4 1 から射出される光のパワーをより高精度に制御することができる。

【0093】

次に、図面を参照して、この発明の第 6 の実施の形態にかかる露光装置について説明する。なお、この第 6 の実施の形態の説明においては、第 1 の実施の形態にかかる露光装置の部材と同一の部材には、第 1 の実施の形態の説明で用いたのと同じの符号を付して説明を行う。この発明の第 6 の実施の形態にかかる露光装置は、第 5 の実施の形態における光源ユニット 4 1 を図 9 に示す光源ユニット 4 6 に変更したものであり、それ以外の部分については、第 5 の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有する。

【0094】

図 9 に示すように、光源ユニット 4 6 は、基板 4 7 a 上に発光ダイオード 4 7 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 4 7、基板 4 8 a 上に発光ダイオード 4 8 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 4 8、基板 4 9 a 上に発光ダイオード 4 9 b を 2 次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源 4 9、及び透過型回折格子 5 0 を備えている。なお、発光ダイオードアレイ光源 4 7、4 8、4 9 においては、発光ダイオードを 2 次元アレイ状に配置しているが、1 次元に配置または 3 次元アレイ状に配置してもよい。

【0095】

発光ダイオード 4 7 b は波長 3 6 5 n m の光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード 4 8 b は波長 3 8 5 n m の光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード 4 9 b は波長 4 0 5 n m の光を含む波長域の光を射出する。発光ダイオードアレイ 4 7、4 8、4 9 は、それぞれの発光ダイオードから射出される光が透過型回折格子 5 0 の射出面に対し垂直方向に透過するようにそれぞれ位置決めされている。即ち、発光ダイオードアレイ光源 4 7、4 8、4 9 より射出される光は透過型回折格子 5 0 にそれぞれ異なった角度で入射し、透過型回折格子 5 0 を透過し、透過型回折格子 5 0 の射出面に対し垂直方向に射出する。従って、発光ダイオードアレイ光源 4 7 から射出される光の光路、発光ダイオードアレイ光源 4 8 から射出される光の光路、及び発光ダイオードアレイ光源 4 9 から射出される光の光路は、透過型回折格子 5 0 により合成され、ほぼ平行な光束となり、集光レンズ 6 を介して集光する。その他の点については、第 1 の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有するため、詳細な説明を省略する。

【0096】

この実施の形態においても、プレート P 上に感度が  $20 \text{ m J / c m}^2$  のフォトレジスト又は感度が  $60 \text{ m J / c m}^2$  の樹脂レジストが塗布される場合を想定しており、このフォトレジスト及び樹脂レジストの分光特性を含むレシピデータが記憶装置 1 7 に記憶されてい

10

20

30

40

50

る。

【0097】

ここで、この実施の形態においては、照度センサ14b及び射出端7b以外の他の4つの射出端から射出された光の照度を計測する照度センサにより光源ユニット46から射出される光の照度を計測し、その計測値が主制御系15に入力される。また、照度センサ21によりプレートP上の照明光の照度を計測し、その計測値も主制御系15に入力される。主制御系15は、記憶装置17に記憶されているプレートPに塗布されたレジストの分光特性に基づいて、光源ユニット46から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、電源装置16を介して、光源ユニット46に備えられている発光ダイオードアレイ光源47、発光ダイオードアレイ光源48、及び発光ダイオードアレイ光源49に対する電力供給量を制御する。

10

【0098】

例えば、発光ダイオードアレイ光源47、発光ダイオードアレイ光源48、及び発光ダイオードアレイ光源49に対して供給する電力を制御することにより、光源ユニット46から射出される光の波長を選択することができる。即ち、発光ダイオードアレイ光源47から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源48及び発光ダイオードアレイ光源49から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユニット46から射出される光の波長は365nmの光を含む波長域となる。また、発光ダイオードアレイ光源47及び発光ダイオードアレイ光源48から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源49から射出される光のパワーをゼロとした場合には、光源ユ

20

【0099】

また、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される光のパワーを調整することもできる。例えば、発光ダイオードアレイ光源47から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源48及び発光ダイオードアレイ光源49から射出される光のパワーを小さくする等により、光源ユニット46から射出される光の分光特性の調整を行うことができる。

30

【0100】

また、主制御部15は、発光ダイオードアレイ光源47を構成する個々の発光ダイオード47b、発光ダイオードアレイ光源48を構成する個々の発光ダイオード48b、発光ダイオードアレイ光源49を構成する個々の発光ダイオード49bに供給される電力を独立して制御することができる。従って、発光ダイオードアレイ光源47を構成する個々の発光ダイオード47b、発光ダイオードアレイ光源48を構成する個々の発光ダイオード48b、発光ダイオードアレイ光源49を構成する個々の発光ダイオード49bから射出される光の出力を個々に調整することにより、光源ユニット46から射出される光のパワーをより高精度に制御することができる。

【0101】

次に、図面を参照して、この発明の第7の実施の形態にかかる露光装置について説明する。図10は、この第7の実施の形態にかかる照明光学系ILの側面図である。なお、この第7の実施の形態の説明においては、第1の実施の形態にかかる露光装置の部材と同一の部材には、第1の実施の形態の説明で用いたのと同じの符号を付して説明を行う。この第7の実施の形態にかかる露光装置は、照明光学系ILに3つの発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>、51a<sub>2</sub>、51a<sub>3</sub>を備えており、3つの光源からの照明光をランダム性の良好なライトガイド7を介して5つの照明光に分割する。なお、この実施の形態においてもプレートP上にフォトレジスト(感度: 20mJ/cm<sup>2</sup>)又は樹脂レジスト(感度: 60mJ/cm<sup>2</sup>)が塗布されるものとする。また、図10中に示したXYZ直交座標系は、第1の実施の形態で用いられているXYZ直交座標系と同一のものである。

40

50

## 【0102】

図10に示すように、照明光学系ILには、基板52a上に発光ダイオード52bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>、基板53a上に発光ダイオード53bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>、基板54a上に発光ダイオード54bを2次元アレイ状に配置した発光ダイオードアレイ光源51a<sub>3</sub>が備えられている。なお、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>、51a<sub>2</sub>、51a<sub>3</sub>においては、発光ダイオードを2次元アレイ状に配置しているが、1次元に配置または3次元アレイ状に配置してもよい。

## 【0103】

発光ダイオード52bは、波長365nmの光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード53bは波長385nmの光を含む波長域の光を射出し、発光ダイオード54bは波長405nmの光を含む波長域の光を射出する。発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>から射出される光は、集光レンズ5a<sub>1</sub>によってほぼ平行光束に変換され集光レンズ6a<sub>1</sub>によって集光し、ライトガイド7の入射端7a<sub>1</sub>に入射する。同様にして、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>、51a<sub>3</sub>から射出される光は、集光レンズ5a<sub>2</sub>、5a<sub>3</sub>によってほぼ平行光束に変換され集光レンズ6a<sub>2</sub>、6a<sub>3</sub>によって集光し、ライトガイド7の入射端7a<sub>2</sub>、7a<sub>3</sub>に入射する。

## 【0104】

図10に示すライトガイド7は、例えば多数のファイバ素線をランダムに束ねて構成されたランダムライトガイドファイバであって、光源ユニットの数と同じ数の入射端7a<sub>1</sub>、7a<sub>2</sub>、7a<sub>3</sub>を備え、投影光学系PLを構成する投影光学ユニットの数と同じ数の射出端(図10では射出端7bだけを示す)とを備えている。ライトガイド7の入射端入射端7a<sub>1</sub>、7a<sub>2</sub>、7a<sub>3</sub>へ入射した光は、その内部を伝播した後、5つの射出端(射出端7b及び他の4つの射出端)から分割されて射出される。

## 【0105】

このライトガイド7は、複数の光ファイバ束を有することが好ましい。即ち、この場合には、入射端7a<sub>1</sub>と射出端7bとを光学的に接続し入射端7a<sub>1</sub>から入射する光の一部を射出端7bに導く光ファイバ束、入射端7a<sub>2</sub>と射出端7bとを光学的に接続し入射端7a<sub>2</sub>から入射する光の一部を射出端7bに導く光ファイバ束、入射端7a<sub>3</sub>と射出端7bとを光学的に接続し入射端7a<sub>3</sub>から入射する光の一部を射出端7bに導く光ファイバ束を有する。同様に入射端7a<sub>1</sub>、入射端7a<sub>2</sub>、入射端7a<sub>3</sub>と他の4つの射出端とを光学的に接続し、入射端7a<sub>1</sub>、入射端7a<sub>2</sub>、入射端7a<sub>3</sub>から入射する光の一部を他の4つの射出端に導く光ファイバ束を有する。

## 【0106】

ライトガイド7の射出端7bから射出された発散光束は、コリメートレンズ8b、フライアイ・インテグレータ9b、開口絞り10bを順に介して、ハーフミラー11bを透過し、コンデンサレンズ系12bを介してマスクMを重畳的にそれぞれ照明する。なお、他の4つの射出端から射出された発散光束もコリメートレンズ、フライアイ・インテグレータ、開口絞りを順に介してハーフミラーを透過し、コンデンサレンズを介してマスクMを重畳的にそれぞれ照明する。即ち、照明光学系ILは、マスクM上においてY軸方向に並んだ複数(図1では合計で5つ)の台形状の領域を照明する。

## 【0107】

ハーフミラー11bにより反射された光束は、レンズ13bを介して照度センサ14bに入射する。なお、照度センサ14bにおいては、光の照度を検出し、その検出された検出値は、主制御系15に入力される。なお、他の4つの射出端から射出された光も照度センサで光の照度が検出されて主制御部15に入力される。

## 【0108】

主制御系15は、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>~51a<sub>3</sub>から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>~51a<sub>3</sub>にそれぞれ供給される電力量を制御する。

10

20

30

40

50

## 【0109】

この実施の形態においても、プレートP上に感度が $20\text{ mJ/cm}^2$ のフォトレジスト又は感度が $60\text{ mJ/cm}^2$ の樹脂レジストが塗布される場合を想定しており、このフォトレジスト及び樹脂レジストの分光特性を含むレシビデータが記憶装置17に記憶されている。

## 【0110】

ここで、この実施の形態においては、照度センサ14b及び射出端7b以外の他の4つの射出端から射出された光の照度を計測する照度センサにより発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>～51a<sub>3</sub>から射出される光の照度を計測し、その計測値が主制御系15に入力される。また、照度センサ21によりプレートP上の照明光の照度を計測し、その計測値も主制御系15に入力される。主制御系15は、記憶装置17に記憶されているプレートPに塗布されたレジストの分光特性に基づいて、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>～51a<sub>3</sub>から射出される光の照度がレジストの分光特性に応じた最適かつ一定の値になるように、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>～51a<sub>3</sub>に対する電力供給量を制御する。

10

## 【0111】

例えば、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>、及び発光ダイオードアレイ光源51a<sub>3</sub>に対して供給する電力を制御することにより、ライトガイド7から射出される光の波長を選択することができる。例えば、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>及び発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源51a<sub>3</sub>から射出される光のパワーをゼロとした場合には、ライトガイド7から射出される光の波長は365nm及び405nmの光を含む波長域となる。また、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>から射出される光のパワーを維持したまま発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>及び発光ダイオードアレイ光源51a<sub>3</sub>から射出される光のパワーをゼロとした場合には、ライトガイド7から射出される光の波長は365nmの光を含む波長域となる。このようにして、個々の発光ダイオードアレイ光源から射出される個々の光のパワーを維持又はゼロにすることにより、プレートPに対して必要な波長域の光を供給することができる。

20

## 【0112】

また、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>から射出される光のパワーを大きくし、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>及び発光ダイオードアレイ光源51a<sub>3</sub>から射出される光のパワーを小さくする等により、プレートPに対して供給される光の分光特性を調整することができる。

30

## 【0113】

また、主制御部15は、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>を構成する個々の発光ダイオード52b、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>を構成する個々の発光ダイオード53b、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>3</sub>を構成する個々の発光ダイオード54bに供給される電力を独立して制御することもできる。従って、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>1</sub>を構成する個々の発光ダイオード52b、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>2</sub>を構成する個々の発光ダイオード53b、発光ダイオードアレイ光源51a<sub>3</sub>を構成する個々の発光ダイオード54bから射出される光の出力を個々に調整することにより、プレートPに対して供給される光のパワーをより高精度に制御することができる。

40

## 【0114】

なお、上述の実施の形態においては、複数の投影光学ユニットにより構成される投影光学系を備えるステップ・アンド・スキャン型の投影露光装置を例にして説明したが、1つの投影光学系を有するステップ・アンド・リピート型の投影露光装置にこの発明を適用してもよい。また、プロキシミティ方式の露光装置にこの発明を適用してもよい。この場合には、投影光学系が存在しないことから像面照度を高くすることができる。

## 【0115】

なお、上述の第2～第4の実施の形態において、ダイクロイックミラーによる別波長の光の合成の際の光源ユニットの配置は上述の例には限定されない。例えば、図4に示す第2

50

の実施の形態においては、波長 365 nm の光を含む波長域の光を射出する発光ダイオード 23b からの光を反射側（発光ダイオード 24b または 25b の位置）に設定し、波長 405 nm の光を含む波長域の光を射出する発光ダイオード 24b を透過側（発光ダイオード 23b の位置）に設定しても良い。また、図 5 に示す第 3 の実施の形態においては、波長 365 nm の光を含む波長域の光を射出する発光ダイオード 28 を発光ダイオード 31 の位置に設定し、波長 385 nm の光を含む波長域の光を射出する発光ダイオード 29 を発光ダイオード 30 の位置に設定し、波長 405 nm の光を含む波長域の光を射出する発光ダイオード 30 を発光ダイオード 29 の位置に設定し、波長 436 nm の光を含む波長域の光を射出する発光ダイオード 31 を発光ダイオード 28 の位置に設定しても良い。すなわち、短波長側と長波長側との反射の順番を入れ替えてもかまわない。そして、図 6

10

【0116】

また、上述の各実施の形態においては、固体光源として発光ダイオードを用いているが、レーザダイオードなどの他の種類の固体光源を用いてもよい。

【0117】

なお、発光ダイオードとレーザダイオードとを組み合わせ用いてもよい。例えば第 1 のアレイ光源として発光ダイオードを用い、第 2 のアレイ光源としてレーザダイオードを用いてもよい。

20

【0118】

また、上述の各実施の形態において、複数の固体光源として、複数の発光点を有する固体光源チップ、チップを複数個アレイ状に配列した固体光源チップアレイ、さらに複数の発光点を一枚の基板に作り込んだタイプのもなどを用いても良い。なお、固体光源素子は無機、有機を問わない。

【0119】

また、上述の各実施の形態において、光源として、複数個の固体光源と各固体光源に対応して設けられた複数の光ファイバ等のライトガイド（ファイバ）とを組み合わせたファイバ光源を用いても良い。この場合には、第 1 の実施の形態の光源ユニット 1 の発光ダイオード光源 2、3（図 3 参照）、第 2 の実施の形態の光源ユニット 2 の発光ダイオード光源 23、24、25（図 4 参照）、第 3 の実施の形態の光源ユニット 2 の発光ダイオード光源 28、29、30、31（図 5 参照）、第 4 の実施の形態の光源ユニット 3 の発光ダイオード光源 36、37、38（図 6 参照）、第 5 の実施の形態の光源ユニット 4 の発光ダイオード光源 42、43、44（図 8 参照）、第 6 の実施の形態の光源ユニット 4 の発光ダイオード光源 47、48、49（図 9 参照）がファイバ光源に変更される。なお、この場合には、全ての発光ダイオード光源をファイバ光源に変更してもよく、また一部の発光ダイオード光源をファイバ光源に変更してもよい。

30

【0120】

図 11 は、固体光源 71 と各固体光源 71 に対応して設けられた光ファイバ 72 とを複数個束ね合わせたファイバ光源 69 を示す図である。図 11 に示すファイバ光源 69 においては、固体光源 71 から射出される光は、光ファイバ 72 の入射端に入射して、光ファイバ 72 の射出端から射出する。即ち、光ファイバ 72 のそれぞれの入射端は、固体光源 71 と光学的に接続されている。また、図 12 は、固体光源 71、各固体光源 71 に対応して設けられたレンズ（集光光学系）73 及び光ファイバ 72 を複数個束ね合わせたファイバ光源 70 を示す図である。図 12 に示すファイバ光源 70 においては、固体光源 71 から射出される光は、レンズ 73 に入射して、レンズ 73 により集光されて光ファイバ 72 の入射端に入射し、光ファイバ 72 の射出端から射出する。即ち、光ファイバ 72 のそれぞれの入射端は、固体光源 71 と光学的に接続されている。

40

【0121】

図 11 に示すファイバ光源 69 及び図 12 に示すファイバ光源 70 においては、適切な開

50

開口数を有する光ファイバ72を用いることにより、通常楕円形である固体光源71のビームプロファイル75(図13(a)参照)を円形のビームプロファイル76(図13(b)及び図13(c)参照)に成形することができる。

#### 【0122】

また、複数個の光ファイバの射出端部分を任意の形に束ね合わせることで光源の射出端の形状(射出端の配置形状)を最適な形状に成形することが可能である。例えば、図14(a)に示すような矩形状に成形することもでき、図14(b)に示すような形状に成形することもできる。また、図15に示すように、ファイバ光源69、70の光ファイバの射出端を束ねた形状とフライアイ・インテグレート80の1つのエレメント81の形状とが相似形になるように、複数個の光ファイバの射出端部分の形状を成形することも極めて容易となる。

#### 【0123】

ここで、図16は、図12に示すファイバ光源70の1つの固体光源71、それに対応して設けられたレンズ(集光光学系)73及び光ファイバ72を示す図である。図12に示すファイバ光源70においては、固体光源71の発散光の中で最大の射出角度を持つ光の開口数(最大の射出角度(半角)の正弦( $\sin$ ))、以下、最大開口数と呼ぶこととする)を $NA_1$ 、固体光源71の発光部の大きさ(直径)の最大値を、光ファイバ72が光を取り込むことが可能な角度範囲(半角)の正弦( $\sin$ )、いわゆる光ファイバ72の開口数を $NA_2$ 、光ファイバ72の入射端のコア直径を $D$ としたとき、 $NA_2 \leq D \times NA_1$ の条件を満足している。この条件を満足することにより、固体光源71から射出される光を無駄なく光ファイバ72に取り込むことができ、固体光源71から射出される光の光量を維持して、光ファイバ72の射出端から射出させることができる。

#### 【0124】

また、光ファイバとして石英ファイバを用いる場合、固体光源71の最大開口数を $NA_1$ 、固体光源71の発光部の大きさ(直径)の最大値を、石英ファイバの入射端のコア直径を $D$ としたとき、 $0.3 \leq D \times NA_1$ の条件を満足している。この条件を満足することにより、固体光源から射出される光を無駄なく石英ファイバに取り込むことができ、固体光源から射出される光の光量を維持して、光ファイバ72の射出端から射出させることができる。

#### 【0125】

また、図17はファイバ光源69、70の射出端からフライアイ・インテグレート80までの構成を示す図、図18はフライアイ・インテグレート80の1つのエレメント81における入射面の形状を示す図、図19はファイバ光源69、70の射出端83の形状を示す図である。ここで、フライアイ・インテグレート80のエレメント81の入射面の一方の長さを $a$ 、他方の長さを $b$ 、複数個の光ファイバ72を束ね合わせた射出端83の形状において一方の長さを $A$ 、他方の長さを $B$ 、光ファイバ72とフライアイ・インテグレート80との間に位置するコリメートレンズ82の焦点距離を $f_1$ 、フライアイ・インテグレート80の焦点距離を $f_2$ としたとき、 $A \times f_2 / f_1 \leq a$ 及び $B \times f_2 / f_1 \leq b$ の関係が成り立つ。

#### 【0126】

また、ファイバ光源が $m$ 組の光ファイバ光源69、70で構成される場合( $m$ は自然数)、 $m$ 組の光ファイバ72から射出される光出力の総量を $W$ 、光ファイバ72の射出端のコア直径を $d$ としたとき、 $[m \times \{d(f_2 / f_1)\}^2 / (4 \times a \times b)] \times W \geq 30$ ( $mW$ )の条件を満足することが望ましい。この条件を満足することにより、フライアイ・インテグレート80の1つのエレメント81に対する光源像の充填率を最適な状態にすることができ、露光装置として実用的な照度を得ることができる。なお、この場合において、光ファイバ72の射出端を束ねた形状とフライアイ・インテグレート80のエレメント81の形状とは相似形であることが望ましい。

#### 【0127】

また、図11に示すファイバ光源69及び図12に示すファイバ光源70においては、光

10

20

30

40

50

ファイバ 72 の射出端における時間的に変化する光量の最大値を  $P_{max}$ 、最小値を  $P_{min}$  としたとき、その光ファイバ 72 の射出端における光量の平均リップル幅  $P$  は、 $P = (P_{max} - P_{min}) / (P_{max} + P_{min})$  により算出される。ここで、フライアイ・インテグレータ 80 の入射端において要求される光量のリップル幅を  $W$  としたとき、固体光源 71 の数  $n$  は  $n = (P / W)^2$  の条件を満たすことが望ましい。

#### 【0128】

この条件を満足することにより、ファイバ光源 69、70 の射出端から射出される光出力のばらつきは、固体光源 71 の数  $n$  を  $(P / W)^2$  より多くすることにより平均化され、その平均化効果により安定した光出力を有するファイバ光源 69、70 を提供することができる。

#### 【0129】

また、図 11 に示すファイバ光源 69 及び図 12 に示すファイバ光源 70 においては、それぞれの固体光源 71 の波長、光量等の出力特性にばらつきがある場合、それら出力特性の異なる複数個の固体光源 71 をファイバ光源の光源として用いることによりファイバ光源 69、70 の射出端において出力特性のばらつきが平均化される。ファイバ光源 69、70 の射出端において平均化された光は、さらにフライアイ・インテグレータ 80 により平均化される。図 20 は、各固体光源 71 の出力特性のばらつきを平均化した状態をグラフ化した図である。それぞれ異なった出力特性を持つ固体光源 71 を平均化して、グラフ化したものが AVE である。このように、出力特性の異なる複数個の固体光源 71 を組み合わせ合わせたものをファイバ光源 69、70 に使用した場合において、平均化効果により安定した光出力を有する照明光を得ることができる。

#### 【0130】

また、露光装置が走査型露光装置である場合に、同期ブラインドを備えても良い。図 21 は、走査型露光装置の構成図である。この露光装置は、1つの投影光学系を備え、投影光学系に対して、マスクステージ及び基板ステージが移動しつつ、マスクのパターンをプレート上に転写する走査型露光装置であり、同期ブラインド（可動ブラインド機構）91 を有する。その他の点においては、第 1～第 4 の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有する。

#### 【0131】

図 21 に示すように、マスク M の近傍には、固定ブラインド BL0 と、可動ブラインド機構 91 とが配置されており、図 22 に示すように、この可動ブラインド機構 91 は、4枚の可動ブレード BL1、BL2、BL3、BL4 からなる。可動ブレード BL1、BL2 のエッジによって走査露光方向の開口 AP の幅が決定され、可動ブレード BL3、BL4 のエッジによって非走査方向の開口 AP の長さが決定される。また、4枚の可動ブレード BL1～BL4 の各エッジで規定された開口 AP の形状は、投影レンズ PL の円形イメージフィールド IF 内に包含されるように定められる。

#### 【0132】

固定ブラインド BL0 の開口と可動ブラインド機構 91 の開口 AP とを通過した照明光はマスク M を照射する。つまり、各可動ブレード BL1～BL4 によって形成される開口 AP と固定ブラインド BL0 の開口とが重なっている領域についてのみ、マスク M の照明が行われることになる。通常露光状態においては、固定ブラインド BL0 の開口の像がマスク M のパターン面に結像されるが、マスク M 上の特定走査露光領域の周辺すなわち遮光部分の近傍領域の露光が行われる場合、4枚の可動ブレード BL1～BL4 によって遮光部分の外側に照明光が入射することが防止される。即ち、マスクステージの走査に際して、照明光学系から射出される光束とマスク M との相対位置に関する情報が監視される。この監視情報に基づいて、マスク M 上の特定走査露光領域の露光開始時や露光終了時において遮光部分の近傍領域について露光が始まると判断した場合、可動ブレード BL1、BL2 のエッジ位置を移動させ、走査露光方向の開口 AP の幅を制御する。これにより、不要なパターン等がプレートに対して転写されるのを防止することができる。なお、この露光装置においては、マスク M 近傍に可動ブラインド機構 91 を設けているが、マスク M と共役

10

20

30

40

50

な位置又はその近傍の位置であれば、他の位置に可動ブラインド機構を設けても良い。

#### 【0133】

また、露光装置に帯電防止手段を設けるようにしても良い。図23は、1つの投影光学系を備え、帯電防止手段を備えた非走査型露光装置の構成図である。その他の点においては、第1の実施の形態にかかる露光装置と同一の構成を有する。この露光装置においては、光源を収容する筐体92と、照明光学系及び投影光学系等の露光装置本体を収容する筐体93とが別々に設けられており、筐体92と筐体93とが電氣的に接続され、更にアースされている。即ち、筐体92と筐体93とが同電位に保たれている。また、光源に電力を供給する電源部94と露光装置本体に電力を供給する電源部95とが別々に設けられており、それぞれアースされている。したがって、露光装置の光源及び露光装置本体に静電気が帯電するのを防止することができ、静電気による固体光源の破損を防止することができる。

10

#### 【0134】

また、上述の各実施形態におけるマスクに替えて、投影すべきパターンを生成する可変パターン生成装置を用いても良い。このような可変パターン生成装置は、自発光型画像表示素子と、非発光型画像表示素子とに大別される。自発光型画像表示素子としては、CRT (cathode ray tube)、無機ELディスプレイ、有機ELディスプレイ (OLED: Organic Light Emitting diode)、LEDディスプレイ、LDディスプレイ、電界放出ディスプレイ (FED: field emission display)、プラズマディスプレイ (PDP: Plasma Display Panel) が例としてあげられる。また、非発光型画像表示素子は、空間光変調器 (Spatial Light Modulator: 以下SLMと略記する) と呼ばれ、光の振幅、位相あるいは偏光の状態を空間的に変調する素子であり、透過型空間光変調器と反射型空間光変調器とに分けられる。透過型空間光変調器としては、透過型液晶表示素子 (LCD: Liquid Crystal Display)、エレクトロクロミックディスプレイ (ECD) などが例としてあげられ、反射型空間光変調器としては、DMD (Deformable Micro-mirror Device, またはDigital Micro-mirror Device)、反射ミラーアレイ、反射型液晶表示素子、電気泳動ディスプレイ (EPD: ElectroPhoretic Display)、電子ペーパー (または電子インク)、光回折型ライトバルブ (Grating Light Valve) などが例としてあげられる。

20

30

#### 【0135】

次に、この発明の実施の形態にかかる露光装置をリソグラフィ工程で使用したマイクロデバイスの製造方法について説明する。図24は、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。まず、図24のステップS40において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップS42において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップS44において、この発明の実施の形態にかかる露光装置を用いて、マスクM上のパターンの像がその投影光学系 (投影光学ユニット) を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。即ち、照明装置を用いてマスクMが照明され、投影光学系を用いてマスクM上のパターンの像が基板上に投影され露光転写される。

40

#### 【0136】

その後、ステップS46において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップS48において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。また、この発明の実施の形態にかかる露光装置では、プレート (ガラス基板) 上に所定のパターン (回路パターン、電極パターン等) を形成することによ

50

って、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図25のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図25は、この実施の形態の露光装置を用いてプレート上に所定のパターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を製造する方法を説明するためのフローチャートである。

【0137】

図25のパターン形成工程S50では、この実施の形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルタ形成工程S52へ移行する。

10

【0138】

次に、カラーフィルタ形成工程S52では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリクス状に多数配列されたり、又はR、G、Bの3本のストライプのフィルタの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルタを形成する。そして、カラーフィルタ形成工程S52の後に、セル組み立て工程S54が実行される。セル組み立て工程S54では、パターン形成工程S50にて得られた所定パターンを有する基板、及びカラーフィルタ形成工程S52にて得られたカラーフィルタ等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。

【0139】

セル組み立て工程S54では、例えば、パターン形成工程S50にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルタ形成工程S52にて得られたカラーフィルタとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。その後、モジュール組立工程S56にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスルーブット良く得ることができる。

20

【0140】

【発明の効果】

この発明の露光装置によれば、第1のアレイ光源から射出される光の光路と第2のアレイ光源から射出される光の光路とを、ダイクロイック膜を備えた平行平板、ダイクロイック膜を備えたプリズム、若しくは回折格子により合成するため、光源ユニットから射出される光パワーを増大させることができる。

30

【0141】

また、第1のアレイ光源から射出される光のパワーと第2のアレイ光源から射出される光のパワーを調整することができるため、光源ユニットから射出される光の波長を選択することができ、また、光源ユニットから射出される光の分光特性を調整することができる。

【0142】

この発明の露光方法によれば、感光性基板に塗布された感光性材料に適した波長、照度の光によりマスクのパターン像を露光するため、マスクのパターンを感光性基板に良好に転写することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の第1の実施の形態にかかる露光装置の全体の概略構成を示す斜視図である。

【図2】この発明の第1の実施の形態にかかる露光装置の照明光学系の側面図である。

【図3】この発明の第1の実施の形態にかかる光源ユニットの構成図である。

【図4】この発明の第2の実施の形態にかかる光源ユニットの構成図である。

【図5】この発明の第3の実施の形態にかかる光源ユニットの構成図である。

【図6】この発明の第4の実施の形態にかかる光源ユニットの構成図である。

【図7】この発明の第5の実施の形態にかかる露光装置の照明光学系の側面図である。

50

- 【図 8】この発明の第 5 の実施の形態にかかる光源ユニットの構成図である。
- 【図 9】この発明の第 6 の実施の形態にかかる光源ユニットの構成図である。
- 【図 10】この発明の第 7 の実施の形態にかかる露光装置の照明光学系の側面図である。
- 【図 11】この発明の実施の形態にかかるファイバ光源の構成を示す図である。
- 【図 12】この発明の実施の形態にかかる別のファイバ光源の構成を示す図である。
- 【図 13】この発明の実施の形態にかかる光源から射出されるビームプロファイルの形状を説明するための図である。
- 【図 14】この発明の実施の形態にかかるファイバ光源の射出端の形状を示す図である。
- 【図 15】この発明の実施の形態にかかるファイバ光源の射出端の形状とフライアイ・インテグレータのエレメントの形状とが相似形であることを示す図である。
- 【図 16】この発明の実施の形態にかかるファイバ光源において、固体光源から射出される光を無駄なく光ファイバに取り込むための条件を説明するための図である。
- 【図 17】この発明の実施の形態にかかるファイバ光源の射出端からフライアイ・インテグレータまでの構成を示す図である。
- 【図 18】この発明の実施の形態にかかるフライアイ・インテグレータの 1 つのエレメントの形状を示す図である。
- 【図 19】この発明の実施の形態にかかるファイバ光源の射出端の形状を示す図である。
- 【図 20】この発明の実施の形態にかかる各固体光源の出力特性のばらつきを平均化した状態をグラフ化した図である。
- 【図 21】この発明の実施の形態にかかる走査型露光装置の構成を示す図である。
- 【図 22】この発明の実施の形態にかかる走査型露光装置に設けられた 4 枚の可動ブレードを示す図である。
- 【図 23】この発明の実施の形態にかかる帯電防止手段を備えた露光装置の構成を示す図である。
- 【図 24】この発明の実施の形態にかかるマイクロデバイスとしての半導体デバイスを製造する方法のフローチャートである。
- 【図 25】この発明の実施の形態にかかるマイクロデバイスとしての液晶表示素子を製造する方法のフローチャートである。

10

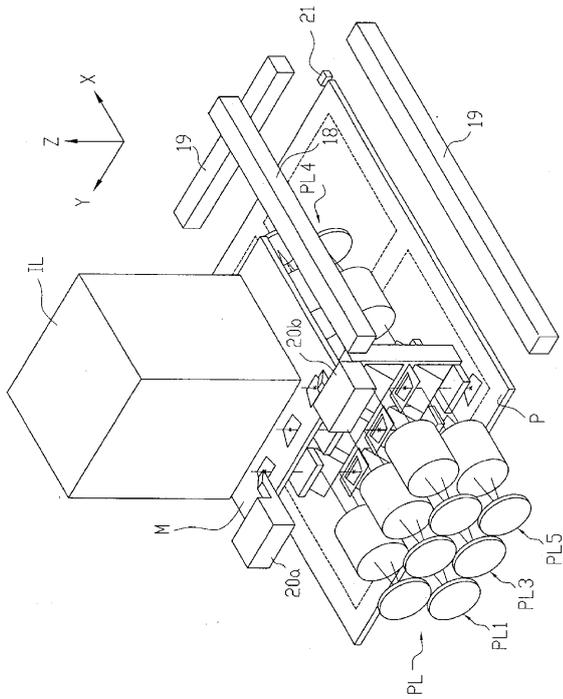
20

30

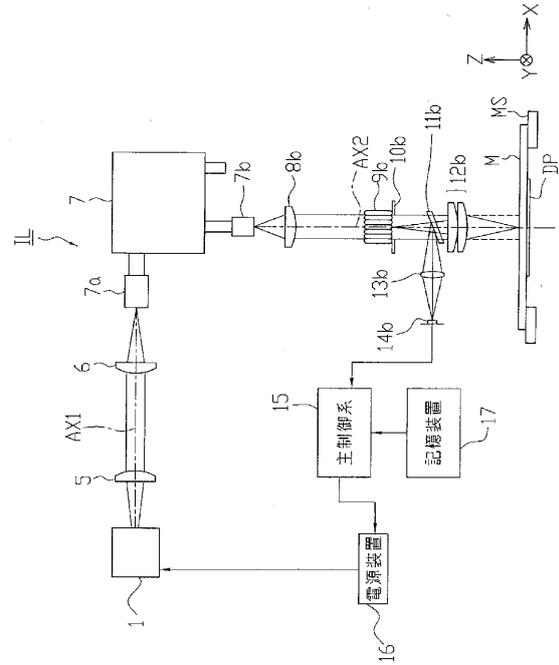
【符号の説明】

1, 2 2, 2 7, 3 5, 4 1, 4 6 ... 光源ユニット、4, 3 2, 3 3, 3 4 ... プレートタイプダイクロイックミラー、7 ... ライトガイド、8 b ... コリメートレンズ、9 b ... フライアイ・インテグレータ、10 b ... 開口絞り、11 b ... ハーフミラー、12 b ... コンデンサレンズ系、14 b、2 1 ... 照度センサ、15 ... 主制御系、16 ... 電源装置、17 ... 記憶装置、26 ... クロスタイプダイクロイックミラー、45 ... 反射型回折格子、50 ... 透過型回折格子、D P ... パターン、M ... マスク、P ... プレート、I L ... 照明光学系、P L ... 投影光学系、P L 1 ~ P L 5 ... 投影光学ユニット、M S ... マスクステージ。

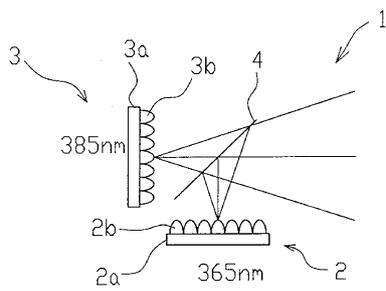
【 図 1 】



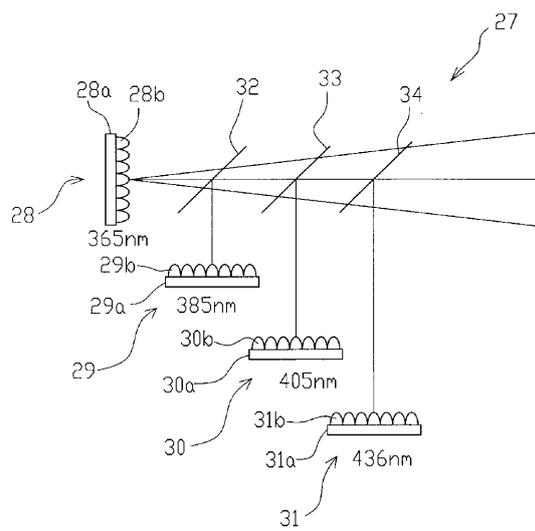
【 図 2 】



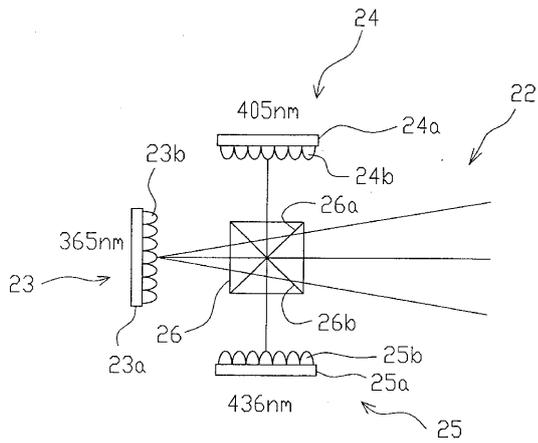
【 図 3 】



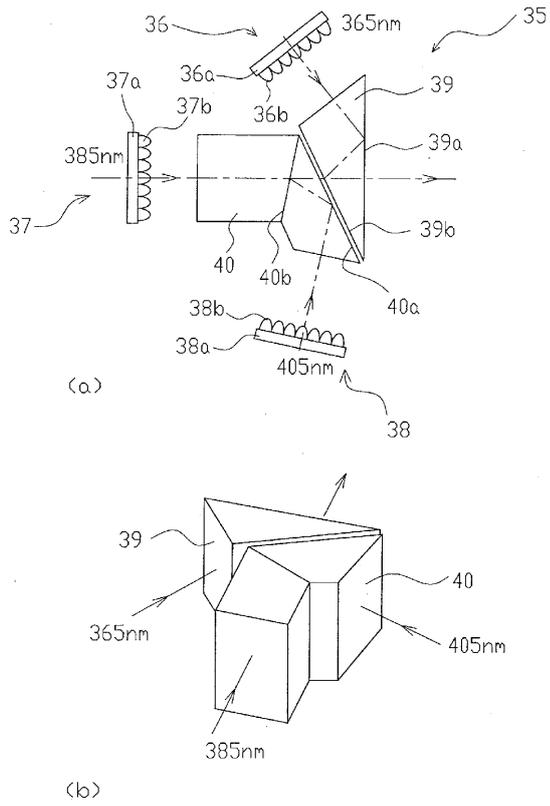
【 図 5 】



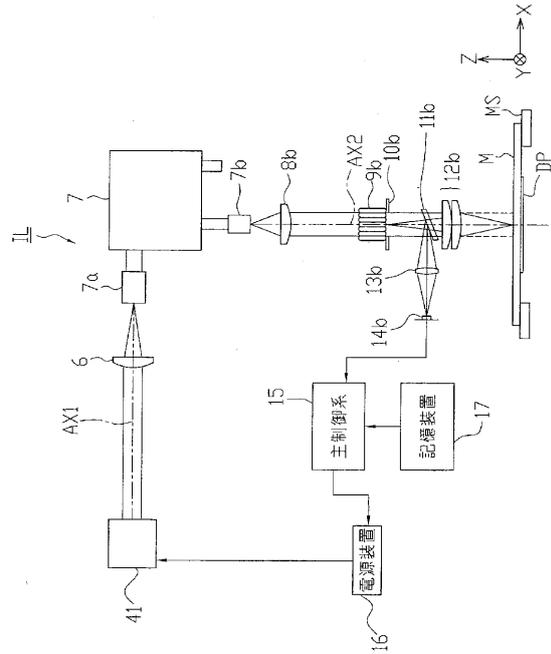
【 図 4 】



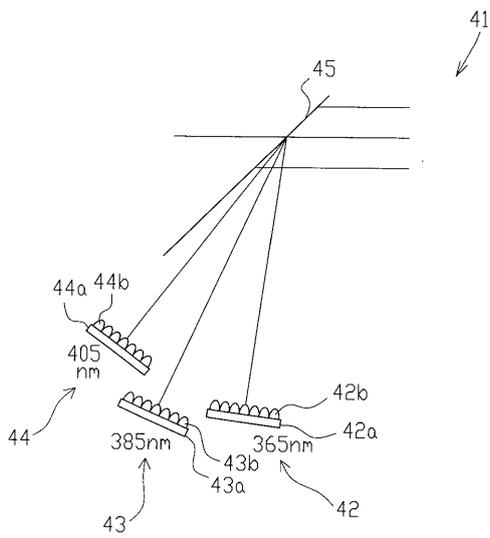
【 図 6 】



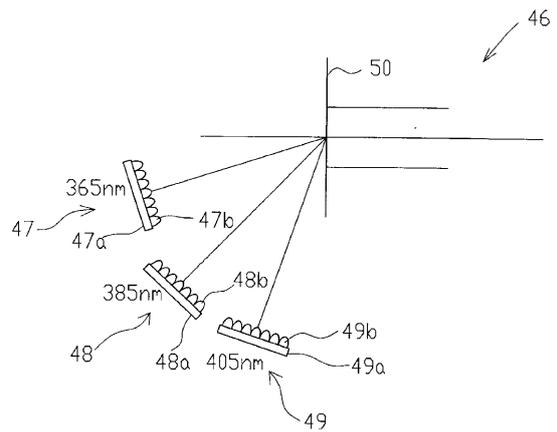
【 図 7 】



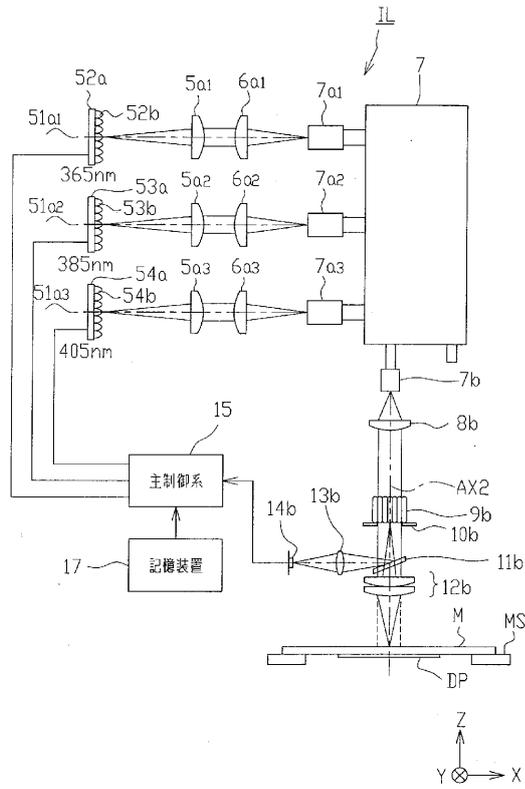
【 図 8 】



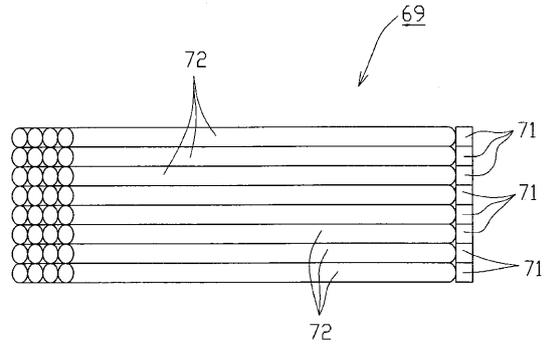
【 図 9 】



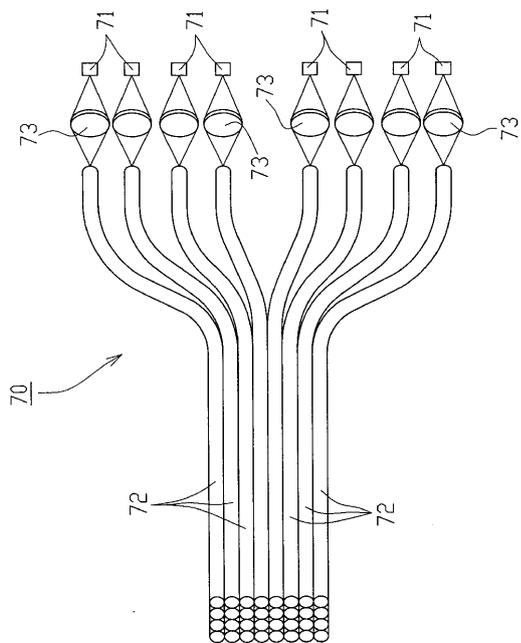
【 図 1 0 】



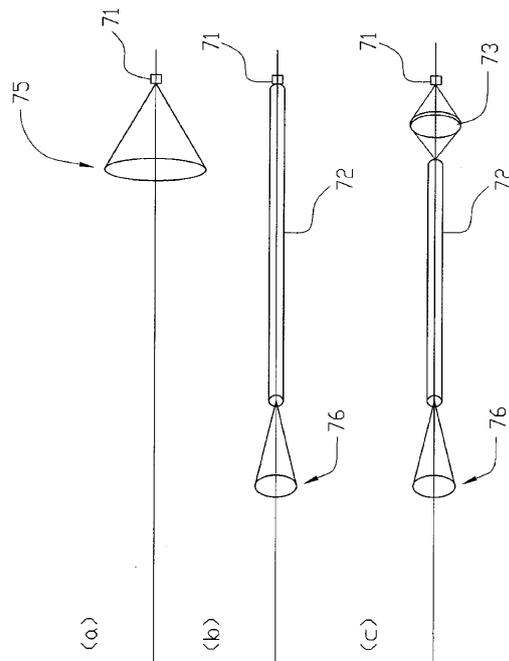
【 図 1 1 】



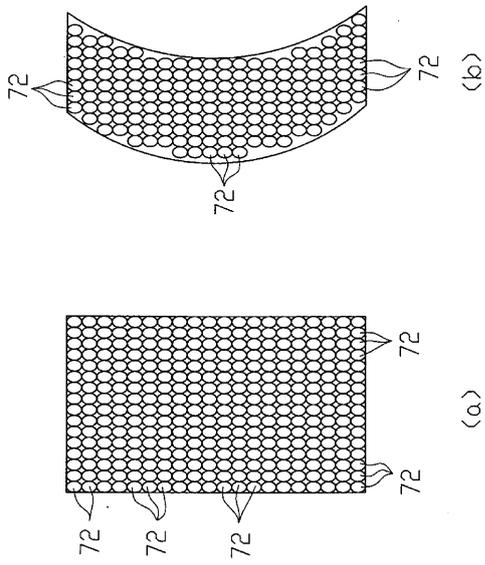
【 図 1 2 】



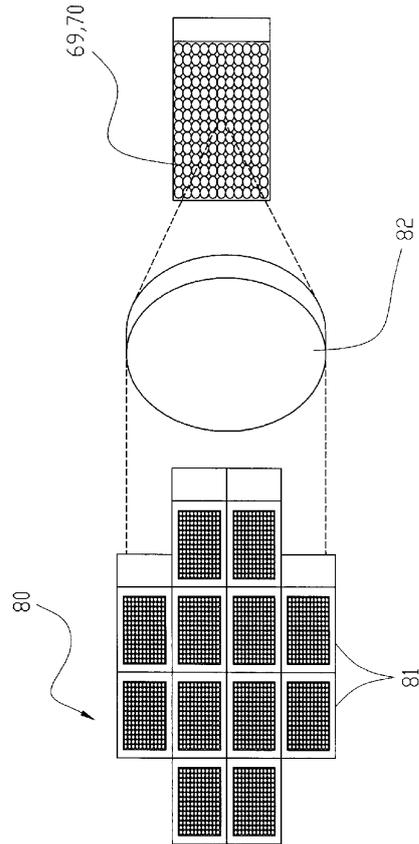
【 図 1 3 】



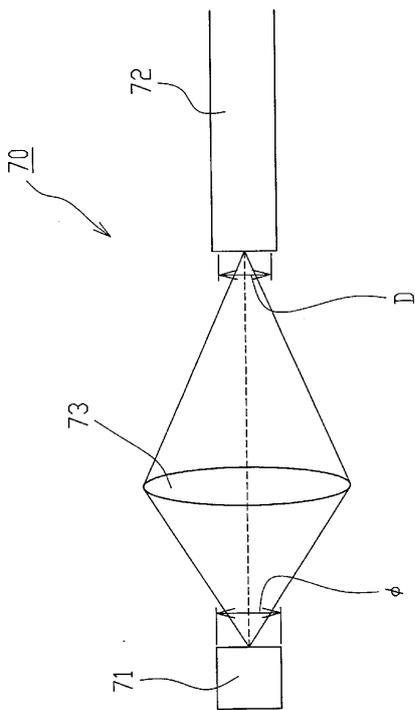
【 図 1 4 】



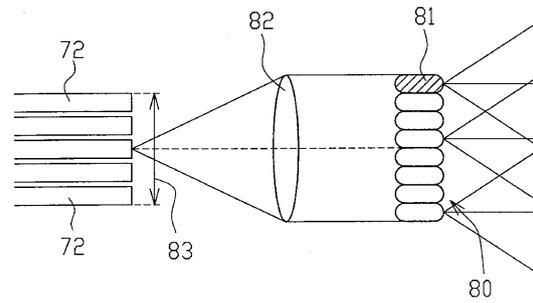
【 図 1 5 】



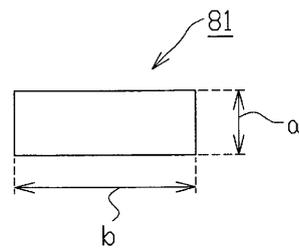
【 図 1 6 】



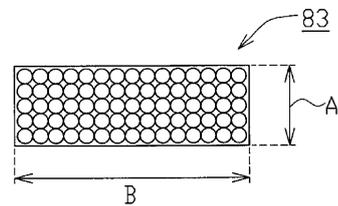
【 図 1 7 】



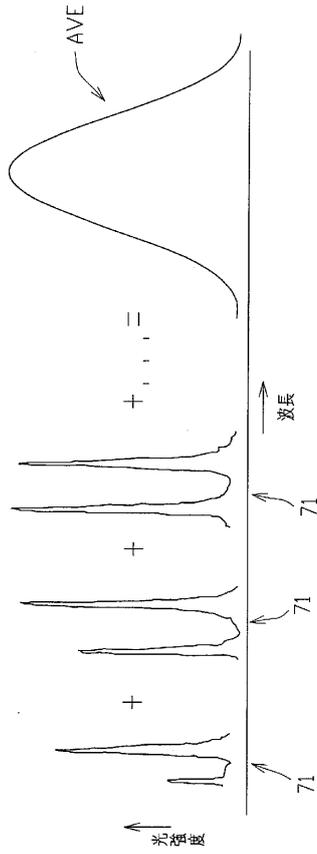
【 図 1 8 】



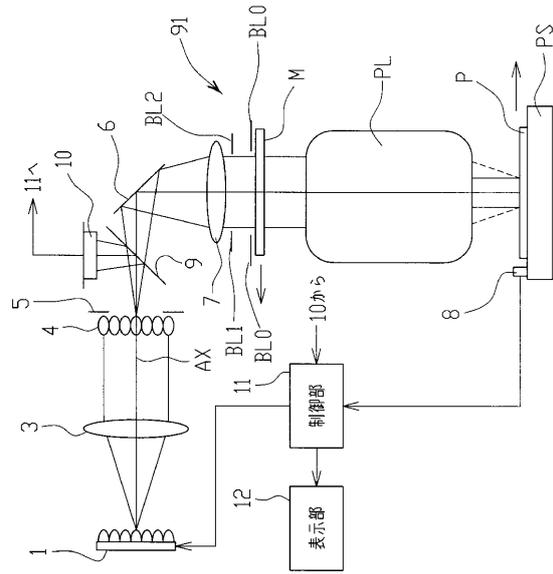
【 図 1 9 】



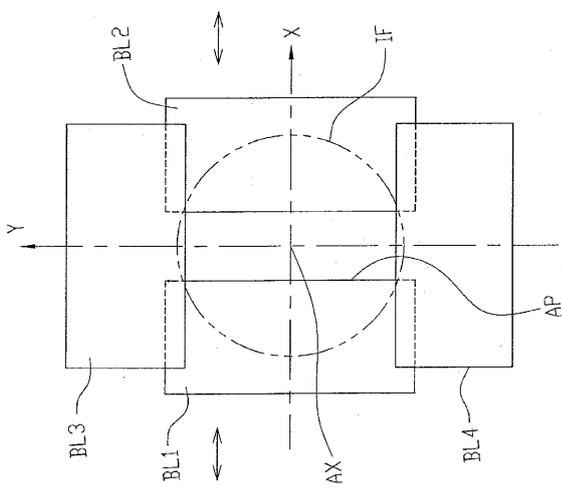
【 図 2 0 】



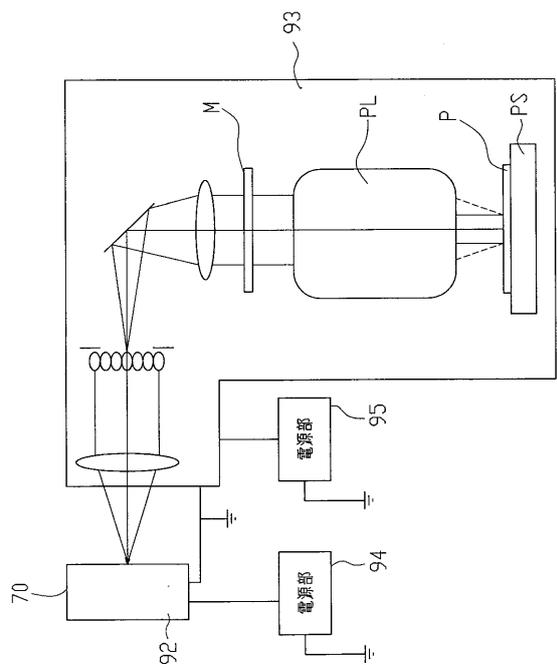
【 図 2 1 】



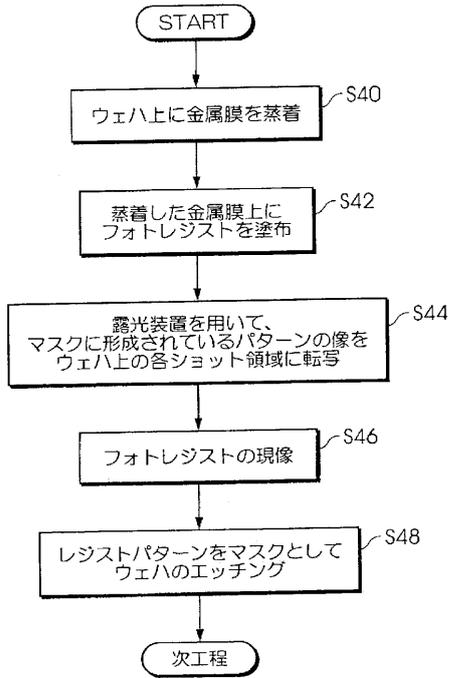
【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



【 図 2 4 】



【 図 2 5 】

