

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6381346号
(P6381346)

(45) 発行日 平成30年8月29日(2018.8.29)

(24) 登録日 平成30年8月10日(2018.8.10)

| | | | | | | |
|--------------|---------------|------------------|------|--------|-----|--|
| (51) Int.Cl. | F 1 | | | | | |
| G03F | 7/20 | (2006.01) | G03F | 7/20 | 521 | |
| F21S | 2/00 | (2016.01) | F21S | 2/00 | 310 | |
| G02B | 19/00 | (2006.01) | F21S | 2/00 | 340 | |
| F21Y | 101/00 | (2016.01) | G02B | 19/00 | | |
| | | | F21Y | 101:00 | 300 | |

請求項の数 11 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-159144 (P2014-159144)
 (22) 出願日 平成26年8月5日(2014.8.5)
 (65) 公開番号 特開2016-35999 (P2016-35999A)
 (43) 公開日 平成28年3月17日(2016.3.17)
 審査請求日 平成29年8月4日(2017.8.4)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100114775
 弁理士 高岡 亮一
 (72) 発明者 川島 春名
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
 ヤノン株式会社内
 審査官 田口 孝明

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光源装置、照明装置、露光装置、および物品の製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

発光領域から光を放射する光源と、前記光を集光して外部へ出射する集光部とを含む光源装置であって、

前記集光部は、前記発光領域から放射された前記光を反射する反射面を有する反射鏡を4つ以上有し、各反射鏡は軸を囲むように形成され、

前記4つ以上の反射鏡は前記光源を囲むように設置され、

前記4つ以上の反射鏡は、前記反射面が楕円面である楕円面反射鏡と、前記反射面が球面である球面反射鏡とを含み、

前記楕円面反射鏡と前記球面反射鏡とは、前記軸の方向に交互に配置され、

1つの前記球面反射鏡により反射された光が、1つの前記楕円面反射鏡により反射されて前記外部へ出射する、
 ことを特徴とする光源装置。

【請求項2】

前記球面反射鏡は、前記発光領域に球面の中心点を有し、

前記楕円面反射鏡は、前記発光領域に楕円面の焦点を有する、

ことを特徴とする請求項1に記載の光源装置。

【請求項3】

前記軸を含む平面内で、前記1つの球面反射鏡が前記発光領域からの光を反射する範囲の角度 θ と、該1つの球面反射鏡により反射された光を反射させる前記1つの前記楕円

面反射鏡が反射する範囲の角度とは、' の関係を満たすことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の光源装置。

【請求項 4】

前記光源は、前記発光領域を形成する陰極と陽極とを有することを特徴とする請求項 1 ないし 3 のいずれか 1 項に記載の光源装置。

【請求項 5】

前記 1 つの前記楕円面反射鏡と前記 1 つの前記球面反射鏡とが前記発光領域を挟んで隣り合うものであるとき、

前記楕円面反射鏡における前記球面反射鏡に隣り合う側の開口端は、前記発光領域から前記球面反射鏡の側に、前記陰極と前記陽極との間の $1/2$ 以上の距離だけ張り出している、ことを特徴とする請求項 4 に記載の光源装置。

10

【請求項 6】

前記軸を含む平面内で、前記光源が前記陰極の側に前記光を放射する角度と、前記光源が前記陽極の側に前記光を放射する角度とは、等しいことを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の光源装置。

【請求項 7】

請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の光源装置と、

前記光源装置から出射された光束が入射するオプティカルインテグレータと、を含むことを特徴とする照明装置。

【請求項 8】

20

前記集光部と前記オプティカルインテグレータとの間に設置され、前記集光部で集光された光が入射する円柱形状の導波管と、

前記導波管と前記オプティカルインテグレータとの間に設置され、前記導波管から出射された光を平行光に変換する光学系と、

を含むことを特徴とする請求項 7 に記載の照明装置。

【請求項 9】

前記光学系と前記オプティカルインテグレータとの間に着脱可能に設置され、前記オプティカルインテグレータに入射する光の形状を変更する光束変換部材を含むことを特徴とする請求項 8 に記載の照明装置。

【請求項 10】

30

請求項 7 ないし 9 のいずれか 1 項に記載の照明装置と、前記照明装置により照明されたマスクを用いて基板を露光する露光部と、を備えることを特徴とする露光装置。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、

前記工程で露光された前記基板を加工する工程と、

加工された基板から物品を製造する

ことを特徴とする物品の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

40

本発明は、光源装置、照明装置、露光装置、および物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

半導体デバイスなどの製造工程に含まれるリソグラフィ工程において、原版（レチクルなど）に形成されているパターンを、投影光学系などを介して基板（表面にレジスト層が形成されたウエハなど）に転写する露光装置が用いられる。露光装置は、光源からの光束を集光し出射する光源装置からの光束で原版を照明する照明装置を備える。特許文献 1 は、光源として高圧水銀ランプを用い、集光部として楕円鏡を用いる光源装置（照明光学装置）を開示している。ここでの光源装置は、高圧水銀ランプの発光点を楕円鏡の第 1 焦点の近傍に配置することで、発光点から放射される光束を楕円鏡の第 2 焦点の近傍に集光さ

50

せる。また、特許文献2は、楕円鏡の第1焦点から第2焦点に向かって、楕円鏡、球面鏡の順に構成された2段構成の集光部を用いるもので、集光部により集光される光束の最大入射角度を小さくする光源装置（光源ユニット）を開示している。一方、特許文献3は、楕円鏡の第1焦点から第2焦点に向かって、球面鏡、楕円鏡の順に構成された2段構成の集光部を用いるもので、集光部により集光される光束の集光径を小さくする光源装置を開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特許第4640688号公報

10

【特許文献2】特許第3151534号公報

【特許文献3】特許第4705852号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献1ないし3に開示されている技術では、集光部により集光される光束の最大入射角度および集光径、ならびに集光部を構成する集光鏡の最大径を同時に小さくすることができない。したがって、光源から放射される光束をより効率良く利用するためには、さらに改善の余地がある。

【0005】

20

本発明は、このような状況に鑑みてなされたものであり、例えば、光源から放射される光束の利用効率の点で有利な光源装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明の一側面としての光源装置は、発光領域から光を放射する光源と、光を集光して外部へ出射する集光部とを含む光源装置であって、集光部は、発光領域から放射された光を反射する反射面を有する反射鏡を4つ以上有し、各反射鏡は軸を囲むように形成され、4つ以上の反射鏡は光源を囲むように設置され、4つ以上の反射鏡は、反射面が楕円面である楕円面反射鏡と、反射面が球面である球面反射鏡とを含み、楕円面反射鏡と球面反射鏡とは、軸の方向に交互に配置され、1つの球面反射鏡により反射された光が、1つの楕円面反射鏡により反射されて外部へ出射することを特徴とする。

30

【発明の効果】

【0007】

本発明によれば、例えば、光源から放射される光束の利用効率の点で有利な光源装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の第1実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

【図2】第1実施形態における集光部による集光状態を説明する図である。

40

【図3】第1実施形態における第3反射鏡の張り出し形状を説明する図である。

【図4】第1実施形態における集光部の最大集光径等を説明する図である。

【図5】本発明の第2実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

【図6】本発明の第3実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

【図7】本発明の第4実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る照明装置の構成を示す図である。

【図9】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を示す図である。

【図10】照明系に円錐プリズムを適用する場合を説明するための図である。

【図11】従来の光源装置の第1例の構成を示す図である。

【図12】従来の光源装置の第2例の構成を示す図である。

50

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明を実施するための形態について図面などを参照して説明する。

【0010】

(第1実施形態)

まず、本発明の第1実施形態に係る光源装置について説明する。本実施形態に係る光源装置は、例えば、半導体デバイスの製造工程におけるリソグラフィ工程で使用される露光装置内の照明装置(照明系)に採用されるものであり、所定の位置(領域)に向けて、光束を放射する。以下、本実施形態に係る光源装置の特徴を明確にするために、まず、従来の2つの光源装置を例示し、その後、本実施形態に係る光源装置について従来の光源装置と比較しつつ説明する。

10

【0011】

図11は、従来の光源装置の第1例として、光源1が高圧水銀ランプであり、集光部が単一の楕円鏡(楕円面反射鏡)である光源装置500の構成を示す概略断面図である。このうち、図11(a)は、光軸AXに対して回転対称な形状を有し、離心率の異なる大小2つの楕円鏡が光束を反射する反射角度と、光源1が光束を放射する放射角度との関係を示す図である。光源1は、陰極(Cathode)と陽極(Anode)との2つの電極を有し、電極間に形成される所定の大きさを有する発光点(発光領域)1aから光束を放射する。発光点1aは、回転対称な発光強度分布を有する。なお、光軸AXは、この発光点1aの回転対称軸といえる。このとき、光源1が放射する光束の一部は、発光点1a近傍の陰極および陽極で遮られるため、放射角度は、第1補助線2aを境として表される所定の角度 cathodeおよび anodeの範囲に限られる。外径が大きき方の第1楕円鏡210と、外径が小さき方の第2楕円鏡230とは、光軸AX上に2つの焦点を共有し、それぞれが光束を反射する角度 θ_{210} 、 θ_{230} は等しい。第1補助線2aは、光軸AX上にある第1焦点の位置に引かれた線であり、第2補助線2bは、光軸AX上にある第2焦点の位置に引かれた線であり、図中、第1焦点と第2焦点との間の距離(焦点間距離)をfで表している。そして、光源1は、各楕円鏡210、230に対して、発光点1aが各楕円鏡210、230の第1焦点に略一致するように配置されている。

20

【0012】

図11(b)は、第2楕円鏡230で集光される光束の最大集光径 d_{230} および最大集光角度 θ_{230} 、ならびに第2楕円鏡230の最大反射鏡外径 D_{230} を説明する図である。なお、図11(b)では、光源1の全体図の表記を簡略化し、所定の大きさを有する発光点1aの最外周から発せられた光線の集光状態を示し、第1焦点 $F P_1$ 、第2焦点 $F P_2$ 、反射点 $P I_{230}$ および反射点 $P O_{230}$ を明示している。まず、第2楕円鏡230の反射面が連続した極小な平面で構成されていると仮定し、光束の集光径について考える。反射点 $P I_{230}$ が極小な平面であるとみなすと、反射点 $P I_{230}$ における入射光束の広がり角度と反射光の広がり角度とが等しいものと近似できる。同様に、反射点 $P O_{230}$ における入射光束の広がり角度と反射光の広がり角度とも等しいものと近似できる。また、反射点における入射光束の広がり角度と反射光の広がり角度とが等しい場合、反射光が形成する集光径は、発光点1aの径に、反射点から第2焦点 $F P_2$ までの距離と反射点から第1焦点 $F P_1$ までの距離との比をかけることで近似できる。したがって、最大集光径 d_{230} は、第2楕円鏡230上で発光点1aに最も近い反射点 $P I_{230}$ で反射する光が第2焦点 $F P_2$ を含む光軸AXに垂直な平面上に形成する広がりとなる。これに対して、最大集光角度 θ_{230} は、第2楕円鏡230上で第2焦点 $F P_2$ に最も近い反射点 $P O_{230}$ で反射する光のうち、光軸AX上でより第1焦点 $F P_1$ 側に交点を持つ光のなす角度となる。また、最大反射鏡外径 D_{230} は、第2楕円鏡230の第2焦点 $F P_2$ 側の開口がなす外径となる。なお、第2楕円鏡230の2つの焦点 $F P_1$ 、 $F P_2$ を固定とし、第2楕円鏡230により集光される光束の最大集光径を小さくする場合は、発光点1aに最も近い楕円鏡上の反射点から第1焦点 $F P_1$ までの距離を大きくすればよい。

30

40

【0013】

50

図11(c)は、第1楕円鏡210で集光される光束の最大集光径 210 および最大集光角度 210 、ならびに第1楕円鏡210の最大反射鏡外径 D_{210} を説明する図である。なお、図11(c)でも、光源1の全体図の表記を簡略化し、所定の大きさを有する発光点1aの最外周から発せられた光線の集光状態を示し、第1焦点 FP_1 、第2焦点 FP_2 、反射点 PI_{210} および反射点 PO_{210} を明示している。第1楕円鏡210においても、第2楕円鏡230の場合と同様に、最大集光径 210 は、第1楕円鏡210上で発光点1aに最も近い反射点 PI_{210} で反射する光が、第2焦点 FP_2 を含む光軸AXに垂直な平面上に形成する広がりとなる。ここで、最大集光径 210 は、第2楕円鏡230の最大集光径 230 よりも小さくなる。最大集光角度 210 は、第2楕円鏡230の最大集光角度 230 よりも大きくなる。また、最大反射鏡外径 D_{210} は、第2楕円鏡230の最大反射鏡外径 D_{230} よりも大きくなる。

10

【0014】

このように、集光部が単一の楕円鏡である従来の光源装置500では、楕円鏡の形状(離心率)を変化させたとしても、集光部の最大集光径、最大集光角度および最大反射鏡外径Dの値を同時に小さくすることはできない。

【0015】

図12は、従来の光源装置の第2例として、光源1が高圧水銀ランプであり、集光部が1つの楕円鏡(楕円面反射鏡)と1つの球面鏡(球面反射鏡)の順に構成された2段構成の集光鏡である光源装置600の構成を示す概略断面図である。このうち、図12(a)は、光軸AXに対して回転対称な形状を有する第1楕円鏡2101と第1球面鏡2102とのそれぞれが光束を反射する反射角度と、光源1が光束を放射する放射角度との関係を示す図である。第1楕円鏡2101と第1球面鏡2102とは、第1例における第1楕円鏡210を2段構成の集光部に置き換えたものであり、第1楕円鏡2101は、第1例の第1楕円鏡210の第2焦点 FP_2 側の開口を小さくしたものである。また、図12(a)では、第1楕円鏡2101の第2焦点 FP_2 側の開口の大きさを、第1例の第2楕円鏡230の第2焦点 FP_2 側の開口の大きさ(D_{230})と等しくした場合を示している。第1球面鏡2102の中心点は、第1楕円鏡2101の第1焦点とほぼ同じ位置にあるものとする。第1球面鏡2102の第2焦点 FP_2 側の反射角度は、光源1の放射角度 α の第2焦点 FP_2 側の角度と同じである。また、第1楕円鏡2101の第1補助線2a側の開口端は、第1補助線2aを挟んで第1球面鏡2102側に、光源1の陰極と陽極との間隔から決まる距離 2101 だけ張り出す。これは、第1球面鏡2102の開口端が第1補助線2aまで延びていると、第1球面鏡2102により光源1の発光点1a近傍に戻された光束の一部が再び第1球面鏡2102で反射する多重反射を繰り返すので、それを避けるためである。

20

30

【0016】

図12(b)は、第1楕円鏡2101と第1球面鏡2102と集光部で集光される光束の最大集光径 2101 および最大集光角度 2101 、ならびに集光部の最大反射鏡外径 D_{2101} を説明する図である。なお、図12(b)では、光源1の全体図の表記を簡略化し、所定の大きさを有する発光点1aの最外周から発せられた光線の集光状態を示し、第1焦点 FP_1 、第2焦点 FP_2 、反射点 PI_{2101} および反射点 PO_{2101} を明示している。第1楕円鏡2101は、第1例での第1楕円鏡210の一部であるため、最大集光径 2101 は、第1例での第1楕円鏡210の最大集光径 210 に等しく、第2楕円鏡230の最大集光径 230 よりも小さい。第1楕円鏡2101の第2焦点 FP_2 側の開口の大きさは、上記のとおり、第1例での第2楕円鏡230の第2焦点 FP_2 側の開口の大きさと同じに規定しているため、最大集光角度 2101 は、第1例での第2楕円鏡230の最大集光角度 230 よりも小さくなる。また、最大反射鏡外径 D_{2102} は、ここでは第1球面鏡2102の外径となるため、第1例での第2楕円鏡230の最大反射鏡外径 D_{230} よりも大きくなる。

40

【0017】

このように、集光部が1つの楕円鏡と1つの球面鏡の順に構成された2段構成の集光鏡

50

である従来の光源装置 600 でも、集光部の最大集光径、最大集光角度 および最大反射鏡外径 D の値を同時に小さくすることはできない。なお、このことは、集光部が 1 つの球面鏡と 1 つの楕円鏡の順に構成された 2 段構成である従来の光源装置でも同様である。例えば、図 11 (c) に示した状態よりも最大集光径を小さくすると、最大集光角度 および最大反射鏡外径 D が大きくなる。

【0018】

そこで、本実施形態に係る光源装置は、光軸 AX に対して回転対称な形状を有する楕円鏡と球面鏡とを交互に配置した 4 つの反射鏡を含む集光部を採用することで、集光部の最大集光径、最大集光角度 および最大反射鏡外径 D の値を同時に小さくする。

【0019】

図 1 は、本実施形態に係る光源装置 100 の構成を示す概略断面図であり、従来の光源装置 500 の説明で用いた図 11 (a) に対応し、記載条件等も同一としている。光源装置 100 は、従来と同様に高圧水銀ランプである光源 1 と、4 段構成の反射鏡である集光部 2 とを含む。まず、第 1 反射鏡 21 および第 3 反射鏡 23 は、反射面が楕円面で互いに離心率の異なる楕円鏡であり、光軸 AX 上に 2 つの焦点を共有する。このうち、第 1 反射鏡 21 は、従来の第 1 楕円鏡 210 の一部と、第 3 反射鏡 23 は、第 2 楕円鏡 230 の一部とみることができる。一方、第 2 反射鏡 22 および第 4 反射鏡 24 は、それぞれ反射面が球面である球面鏡であり、それぞれの中心点は、第 1 反射鏡 21 および第 3 反射鏡 23 が共有する第 1 焦点 FP_1 とほぼ同じ位置にあるものとする。

【0020】

なお、図 1 では、第 1 反射鏡 21、第 2 反射鏡 22、第 3 反射鏡 23 および第 4 反射鏡 24 が光束を反射する角度の範囲を、それぞれ θ_{21} 、 θ_{22} 、 θ_{23} 、 θ_{24} と表している。ここで、 θ_{21} と θ_{22} 、 θ_{22} と θ_{23} 、 θ_{23} と θ_{24} は、それぞれ略連続とすることが望ましい。また、集光部 2 が光束を反射する角度の範囲 ($\theta_{21} + \theta_{22} + \theta_{23} + \theta_{24}$) と、光源 1 が光束を放出する角度の範囲 (cathode + anode) とは、略等しいとすることが望ましい。また、第 1 反射鏡 21 と第 4 反射鏡 24 とのそれぞれが反射する角度の範囲 θ_{21} () と θ_{24} (') は、 $\theta_{21} = \theta_{24}$ の (') 関係を満たすものとする。一方、第 2 反射鏡 22 と第 3 反射鏡 23 のそれぞれが反射する角度の範囲 θ_{22} (') と θ_{23} () とは、 $\theta_{22} = \theta_{23}$ の関係を満たすものとする。さらに、第 3 反射鏡 23 は、第 1 補助線 2a を挟んで第 2 反射鏡 22 側に、光源 1 の陰極と陽極との距離から決まる θ_{23} だけ張り出す形状を有する。

【0021】

図 2 は、図 1 に示す構成について、集光部 2 による集光状態を説明する概略断面図である。このうち、図 2 (a) は、それぞれ楕円鏡である第 1 反射鏡 21 および第 3 反射鏡 23 の各集光状態を示す図である。光源 1 から発せられた光束の一部は、第 1 反射鏡 21 で反射し、角度 θ'_{21} をもって第 2 焦点に集光する。一方、光源 1 から発せられた光束の他の一部は、第 3 反射鏡 23 で反射し、角度 θ'_{23} をもって第 2 焦点に集光する。ここで、第 2 焦点に集光する角度 θ'_{21} と θ'_{23} とは、略連続であることが望ましい。

【0022】

図 2 (b) は、球面鏡である第 4 反射鏡 24 の集光状態を示す図である。光源 1 から発せられた光束の一部は、第 4 反射鏡 24 で反射し、発光点 1a 近傍に戻された後、第 1 反射鏡 21 で反射し、第 2 焦点に集光する。ここで、上記のように角度の範囲 θ_{21} と θ_{24} との関係を $\theta_{21} = \theta_{24}$ とするのは、第 4 反射鏡 24 により発光点 1a 近傍に戻された光束のすべてが第 1 反射鏡 21 で反射されるようにするためである。

【0023】

図 2 (c) は、球面鏡である第 2 反射鏡 22 の集光状態を示す図である。光源 1 から発せられた光束の一部は、第 2 反射鏡 22 で反射し、発光点 1a 近傍に戻された後、第 3 反射鏡 23 で反射し、第 2 焦点に集光する。ここで、上記のように角度の範囲 θ_{22} と θ_{23} との関係を $\theta_{22} = \theta_{23}$ とするのは、第 2 反射鏡 22 により発光点 1a 近傍に戻された光束のすべてが第 3 反射鏡 23 で反射されるようにするためである。

10

20

30

40

50

【0024】

次に、上記のように第3反射鏡23を第1補助線2aを挟んで第2反射鏡22側に 2_3 だけ張り出す形状とする理由について説明する。図3は、第2反射鏡22および第3反射鏡23のみ表記し、第3反射鏡23の張り出し形状を説明する概略断面図である。なお、図3では、説明のために、第1焦点 $F P_1$ 、第2焦点 $F P_2$ および点 $p_1 \sim p_9$ を追記している。また、ここでは、発光点1aの中心から発せられた光束のうち、第3反射鏡23の開口端を通過する光束に着目して説明する。

【0025】

図3(a)は、比較例として、第3反射鏡23の開口端が第1補助線2aを挟んで第2反射鏡22側に張り出していない場合を示す図である。まず、発光点1aの中心から発せられた光束の一部は、第1焦点 $F P_1$ を挟んで対向位置にある第2反射鏡22上の反射点 p_1 と反射点 p_2 の間では多重反射を繰り返し、第2焦点 $F P_2$ に到達しない。また、発光点1aの端の点 p_3 から発せられた光束の一部で、第3反射鏡23の開口端近傍を通過する光束は、第2反射鏡22上の反射点 p_1 より図中左側の反射点 p_4 で反射した後、再度第2反射鏡22上の反射点 p_5 で反射する。この反射点 p_5 で反射した光束は、第2反射鏡22を1回余分に反射する分だけ光束の光強度が低下した状態で、第3反射鏡23上の反射点 p_6 で反射し、第2焦点 $F P_2$ に到達する。また、発光点1aの端の点 p_3 から発せられた光束の一部で、第2反射鏡22上で反射点 p_4 よりさらに図中左側の反射点 p_7 で反射した光束は、第2反射鏡22と第3反射鏡23との境界部を通り外部に発散し、第2焦点 $F P_2$ に到達しない。さらに、発光点1aの端の点 p_3 から発せられた光束の一部で、第2反射鏡22上で反射点 p_7 よりさらに図中左側で反射する光束(不図示)は、第3反射鏡23で反射され、第2焦点 $F P_2$ に到達する。このように、第3反射鏡23に張り出しを設けない場合には、発光点1aから発せられた光束の一部に、第2焦点 $F P_2$ に到達しない光束や、第2反射鏡22で2回反射し、光強度を低下させて第2焦点 $F P_2$ に到達する光束が存在する。

【0026】

図3(b)は、本実施形態において第3反射鏡23の開口端が第1補助線2aを挟んで第2反射鏡22側に 2_3 だけ張り出している場合を示す図である。まず、発光点1aの中心から発せられた光束の一部は、第2反射鏡22上の反射点 p_8 で反射した後、第1焦点 $F P_1$ を挟んで対向位置にある第3反射鏡23上の反射点 p_9 で反射し、第2焦点 $F P_2$ に到達する。また、発光点1aの端の点 p_3 から発せられた光束の一部で、第3反射鏡23の開口端近傍を通過する光束は、第2反射鏡22上の反射点 p_8 より図中左側の反射点 p_{10} で反射した後、第3反射鏡23上の反射点 p_{11} で反射し、第2焦点 $F P_2$ に到達する。このように、第3反射鏡23に張り出しを設けると、発光点1aから発せられた光束に、第2焦点 $F P_2$ に到達しない光束や、第2反射鏡22で2回反射し、光強度を低下させて第2焦点 $F P_2$ に到達する光束をなくすることができる。なお、光源1の発光点1aの径は、ほぼ発光点1aが形成される光源1の陰極と陽極との間の距離に等しい。そこで、 2_3 の値は、光源1の陰極と陽極との間の距離の $1/2$ 以上であることが望ましい。

【0027】

次に、光源装置100における最大集光径 2_1 、最大集光角度 2_3 および最大反射鏡外径 D について説明する。図4は、集光部2で集光される光束の最大集光径 2_1 および最大集光角度 2_3 、ならびに集光部2の最大反射鏡外径 D を説明する図である。なお、図4は、従来の光源装置500を説明する図11(b)に対応し、記載条件等も同一としている。また、図4では、光源1の全体図の表記を簡略化し、所定の大きさを有する発光点1aの最外周から発せられた光線の集光状態を示し、第1焦点 $F P_1$ 、第2焦点 $F P_2$ 、反射点 $P I_{2_1}$ および反射点 $P O_{2_3}$ を明示している。まず、最大集光径 2_1 は、第1反射鏡21が従来の第1楕円鏡210の一部とみなせるため、従来の第1楕円鏡210の最大集光径 2_{10} に等しく、従来の第2楕円鏡230の最大集光径 2_{30} よりも小さい。第3反射鏡23の第2焦点 $F P_2$ 側の開口の大きさは、従来の第2楕円鏡230の第

10

20

30

40

50

2 焦点 $F P_2$ 側の開口より、第 4 反射鏡 2 4 を設けた分だけ小さいため、最大集光角度 θ_{23} は、従来の第 2 楕円鏡 2 3 0 の最大集光角度 θ_{230} よりも小さい。また、最大反射鏡外径 D_{24} は、第 4 反射鏡 2 4 の外径となる。なお、第 4 反射鏡 2 4 の外径は、第 3 反射鏡 2 3 との境界の位置を調整することにより、従来の第 2 楕円鏡 2 3 0 の最大反射鏡外径 D_{230} とほぼ同程度の大きさにすることができる。したがって、最大反射鏡外径 D_{24} は、従来の最大反射鏡外径 D_{230} とほぼ同じ大きさにすることができる。

【0028】

このように、光源装置 1 0 0 は、集光部 2 を上記のような 4 段構成の反射鏡とすることで、光源 1 から発せられた光束を集光部 2 の第 2 焦点 $F P_2$ に集光させることができる。このとき、光源装置 1 0 0 は、集光部 2 の最大集光径、最大集光角度 および最大反射鏡外径 D の値を、同時に、図 1 1 (c) に示した従来の光源装置 5 0 0 の状態と同等またはそれよりも小さくすることができる。すなわち、光源装置 1 0 0 は、集光部 2 の全体の大きさを維持しつつ、光源 1 から放射される光束を効率良く利用することができる。

10

【0029】

以上のように、本実施形態によれば、光源から放射される光束の利用効率の点で有利な光源装置を提供することができる。

【0030】

(第 2 実施形態)

次に、本発明の第 2 実施形態に係る光源装置について説明する。第 1 実施形態に係る光源装置 1 0 0 では、光軸 $A X$ に対して回転対称な形状を有する楕円鏡と球面鏡とを交互に配置した 4 段構成の集光部を採用したが、本発明は、これに限らず、反射鏡を 4 つ以上有する集光部を採用し得る。本実施形態では、光軸 $A X$ に対して回転対称な形状を有する楕円鏡と球面鏡とを交互に配置した 6 段構成の集光部を採用する光源装置を例示する。

20

【0031】

図 5 は、本実施形態に係る光源装置 1 1 0 の構成を示す概略断面図である。光源装置 1 1 0 は、従来と同様に高圧水銀ランプである光源 1 と、6 段構成の集光鏡である集光部 2 0 とを含む。図 5 (a) は、従来の光源装置 5 0 0 の説明で用いた図 1 1 (a) に対応する図であり、記載条件等も同一である。まず、第 1 反射鏡 2 5、第 3 反射鏡 2 7 および第 5 反射鏡 2 9 は、互いに離心率の異なる楕円鏡であり、光軸 $A X$ 上に 2 つの焦点を共有する。また、第 1 反射鏡 2 5 の離心率は、第 3 反射鏡 2 3 の離心率よりも小さく、第 3 反射鏡 2 3 の離心率は、第 5 反射鏡 2 9 の離心率よりも小さいものとする。このうち、第 5 反射鏡 2 9 は、第 1 実施形態における第 3 反射鏡 2 7 の一部とみなせ、第 5 反射鏡 2 9 の第 2 焦点 $F P_2$ 側の開口径は、第 3 反射鏡 2 3 の開口径と同じ大きさである。一方、第 2 反射鏡 2 6、第 4 反射鏡 2 8 および第 6 反射鏡 2 4 は、それぞれ球面鏡であり、それぞれの中心点は、第 1 反射鏡 2 1、第 3 反射鏡 2 3 および第 5 反射鏡 2 9 が共有する第 1 焦点 $F P_1$ とほぼ同じ位置にあるものとする。このうち、第 6 反射鏡 2 4 は、第 1 実施形態における第 4 反射鏡 2 4 と同じ球面鏡である。

30

【0032】

なお、図 5 (a) では、第 1 反射鏡 2 5、第 2 反射鏡 2 6、第 3 反射鏡 2 7、第 4 反射鏡 2 8、第 5 反射鏡 2 9 および第 6 反射鏡 2 4 が光束を反射する角度の範囲を、それぞれ θ_{25} 、 θ_{26} 、 θ_{27} 、 θ_{28} 、 θ_{29} および θ_{24} と表している。ここで、 θ_{25} と θ_{26} 、 θ_{26} と θ_{27} 、 θ_{27} と θ_{28} 、 θ_{28} と θ_{29} および θ_{29} と θ_{24} は、それぞれ略連続とすることが望ましい。また、集光部 2 0 が光束を反射する角度の範囲 ($\theta_{25} - \theta_{29} + \theta_{24}$) と、光源 1 が光束を放出する角度の範囲 (cathode + anode) とは、略等しいとすることが望ましい。また、第 1 実施形態で説明したように、球面鏡で反射した光を反射する楕円鏡の間には、(楕円鏡の反射する角度 θ) (球面鏡の反射する角度 θ') の関係があることが望ましい。例えば、第 1 反射鏡 2 5 と第 6 反射鏡 2 4 とのそれぞれが反射する角度の範囲 θ_{25} と θ_{24} とは、 $\theta_{25} = \theta_{24}$ の関係を満たすものとする。第 2 反射鏡 2 6 と第 5 反射鏡 2 9 のそれぞれが反射する角度の範囲 θ_{26} と θ_{29} とは、 $\theta_{29} = \theta_{26}$ の関係を満たすものとする。また、第 3 反射鏡 2 7 と第 4 反射

40

50

鏡 28 のそれぞれが反射する角度の範囲 θ_{27} と θ_{28} とは、 θ_{27} θ_{28} の関係を満たすものとする。さらに、第 3 反射鏡 27 は、第 1 補助線 2a を挟んで第 4 反射鏡 28 側に、光源 1 の陰極と陽極との距離から決まる θ_{27} だけ張り出す形状を有する。

【0033】

また、本実施形態において、楕円鏡の反射経路および球面鏡を介した楕円鏡の反射経路については、第 1 実施形態に係る光源装置 100 と同様であるため、説明を省略する。

【0034】

次に、集光部 20 の最大集光径 D_{20} 、最大集光角度 θ_{20} および最大反射鏡外径 D について説明する。図 5 (b) は、集光部 20 で集光される光束の最大集光径 D_{25} および最大集光角度 θ_{29} 、ならびに集光部 20 の最大反射鏡外径 D_{24} を説明する図である。なお、図 5 (b) は、従来の光源装置 500 を説明する図 11 (b) に対応し、記載条件等も同一としている。また、図 4 では、光源 1 の全体図の表記を簡略化し、所定の大きさを有する発光点 1a の最外周から発せられた光線の集光状態を示し、第 1 焦点 FP_1 、第 2 焦点 FP_2 、反射点 PI_{25} および反射点 PO_{29} を明示している。まず、第 6 反射鏡 24 は、第 1 実施形態における第 4 反射鏡 24 と同じであるため、最大反射鏡外径 D_{24} は、第 1 実施形態における最大反射鏡外径 D_{24} に等しい。第 5 反射鏡 29 は、第 1 実施形態における第 3 反射鏡 23 の楕円鏡の一部とみなし、第 2 焦点 FP_2 側の開口径を同じとしているため、最大集光角度 θ_{29} は、第 1 実施形態における最大集光角度 θ_{23} に等しい。また、第 1 反射鏡 25 の離心率は、第 1 実施形態における第 1 反射鏡 21 の離心率よりも小さいので、第 1 反射鏡 25 上の反射点 PI_{25} は、第 1 実施形態における第 1 反射鏡 21 上の反射点 PI_{21} よりも発光点 1a からの距離が大きい。したがって、最大集光径 D_{25} は、第 1 実施形態における最大集光径 D_{21} はよりも小さい。

【0035】

光源装置 110 は、集光部を上記のような 6 段構成とすることで、第 1 実施形態における 4 段構成の集光部と比較して、集光部の最大集光角度 θ_{20} および最大反射鏡外径 D を同じとし、最大集光径 D_{20} を小さくすることができる。なお、本実施形態では集光部を 6 段構成としたが、本発明の光源装置は、さらに段数を 8 段、10 段と偶数段で増やすことで、集光部の最大集光角度 θ_{20} および最大反射鏡外径 D を維持したまま、最大集光径 D_{20} をより小さくすることができる。結果的に、本実施形態によれば、第 1 実施形態と同様の効果を奏する。

【0036】

(第 3 実施形態)

次に、本発明の第 3 実施形態に係る光源装置について説明する。上記の各実施形態に係る光源装置 100、110 では、それぞれ、集光部が楕円鏡と球面鏡との偶数段の構成であった。これに対して、本実施形態に係る光源装置の特徴は、光軸 AX に対して回転対称な形状を有する楕円鏡と球面鏡とを交互に配置した奇数段の構成の集光部を採用する点にある。

【0037】

図 6 は、本実施形態に係る光源装置 120 の構成を示す概略断面図である。なお、図 6 は、従来の光源装置 500 の説明で用いた図 11 (a) に対応する図であり、記載条件等も同一である。光源装置 120 は、従来と同様に高圧水銀ランプである光源 1 と、一例として 5 段構成の集光鏡である集光部 40 とを含む。このように集光部を奇数段構成としても対応可能となる条件は、光源 1 が放射する光束の放射角度に依る。具体的には、この場合に適用し得る光源 1 は、その放射する光束の放射角度 θ_{anode} が、図 5 に示した第 2 実施形態における光源 1 の放射する光束の放射角度 θ_{anode} よりも小さいものである。そして、集光部 40 は、この場合の光源 1 に合わせて、図 5 に示した集光部 20 から、球面鏡である第 6 反射鏡 24 を除いた構成となる。光源装置 120 は、集光部を上記のような奇数段構成としても、上記各実施形態と同様の効果を奏する。

【0038】

(第 4 実施形態)

次に、本発明の第4実施形態に係る光源装置について説明する。第1実施形態に係る光源装置100では、図1を参照するとわかるとおり、光源1から放射される陰極側の光束の放射角度 $\theta_{cathode}$ と陽極側の光束の放射角度 θ_{anode} とは、 $\theta_{cathode} > \theta_{anode}$ の関係にある。これに対して、本実施形態に係る光源装置の特徴は、 $\theta_{cathode}$ と θ_{anode} とが等しく ($\theta_{cathode} = \theta_{anode}$) なるように集光部を設定する点にある。

【0039】

図7は、本実施形態に係る光源装置130の構成を示す概略断面図である。光源装置130は、従来と同様に高圧水銀ランプである光源1と、第1実施形態と同様に4段構成の集光鏡である集光部50とを含む。図7(a)は、図1に示す第1実施形態に係る光源装置100に対応する図であり、記載条件等も同一である。本実施形態では、例えば、陽極の発光点1a近傍の先端形状を変化させることで、 θ_{anode} を大きくし、 $\theta_{cathode}$ と等しくしている。このように、陽極の発光点1a近傍の先端形状を変化させることで、それまで陽極の形状に起因して遮られていた発光点1aからの光束を光源1外に放出することが可能となり、光源1の光出力を増大させることができる。そして、集光部50は、第1反射鏡21～第3反射鏡23までを第1実施形態に係る光源装置100の集光部2と同じとし、 θ_{anode} の増加に対応させて、第4反射鏡30の光束を反射する領域を広げた構成となる。

【0040】

また、本実施形態においても、楕円鏡の反射経路および球面鏡を介した楕円鏡の反射経路については、第1実施形態に係る光源装置100と同様であるため、説明を省略する。

【0041】

次に、集光部50の最大集光径 D_{21} 、最大集光角度 θ_{23} および最大反射鏡外径 D_{30} について説明する。図7(b)は、集光部50で集光される光束の最大集光径 D_{21} および最大集光角度 θ_{23} 、ならびに集光部50の最大反射鏡外径 D_{30} を説明する図である。なお、図7(b)は、第1実施形態に係る光源装置100を説明する図4に対応し、記載条件等も同一としている。また、図4では、光源1の全体図の表記を簡略化し、所定の大きさを有する発光点1aの最外周から発せられた光線の集光状態を示し、また、第1焦点 F_{P1} 、第2焦点 F_{P2} 、反射点 P_{I21} および反射点 P_{O23} を明示している。ここで、集光部50は、上記のように、第1実施形態に係る光源装置100の集光部2に対して第4反射鏡30だけを変更したものである。したがって、最大集光径 D_{21} および最大集光角度 θ_{23} は、図2(a)に示した最大集光径 D_{21} および最大集光角度 θ_{23} と同じであり、最大反射鏡外径 D_{30} は、図2(a)に示した最大反射鏡外径 D_{24} よりも大きい。すなわち、本実施形態によれば、 θ_{anode} を大きくして光出力を増大させた光源1に対しても、最大集光径 D_{21} および最大集光角度 θ_{23} を変えることなく第2焦点 F_{P2} 側の最終鏡(第4反射鏡30)を大きくするだけで、光源装置130を構成することができる。

【0042】

(照明装置)

次に、本発明の一実施形態に係る照明装置について説明する。本実施形態に係る照明装置は、上記各実施形態に係る光源装置を含み、光源装置からの光束を所定の位置(領域)に出射するものである。特に、本実施形態に係る照明装置の特徴は、光源1の発光点1aの大きさをさらに大きくしているにもかかわらず、集光部2の最大集光径を従来の光源装置と同じ程度としている点にある。

【0043】

図8は、照明装置の構成を示す概略断面図である。このうち、図8(a)は、第1実施形態に係る光源装置100にオプティカルインテグレータ70を加え、光源1の発光点1aを図4の発光点1aよりも大きくした、本実施形態に係る照明装置200の図である。一方、図8(b)は、比較例として、従来の光源装置500にオプティカルインテグレータ70を加えた、従来の照明装置300の図である。なお、集光部の第2焦点 F_{P2} とオプティカルインテグレータ70の入射面の間には、一般に結像光学系を設ける場合が多いが、ここでは簡単のために記載を省略し、集光部の第2焦点 F_{P2} に直接オプティカルイ

10

20

30

40

50

ンテグレータ70の入射面を構成している。オプティカルインテグレータ70を通過した光束は、照明装置の被照射面に到達する。以下、オプティカルインテグレータ70の入射面に集光される光束の大きさは、図8(a)、(b)で共に等しいものとして、各光源装置100、500が形成する最大集光径の投影倍率について説明する。

【0044】

まず、本実施形態に係る照明装置200を示す図8(a)を参照すると、最大集光径 2_1 を形成する光束は、発光点1aから放出され、第1反射鏡21上の反射点 PI_{2_1} で反射したものである。ここで、焦点間距離 $f = 1,000\text{ mm}$ とし、第1反射鏡21の離心率を0.77とすると、(線分 $PI_{2_1}FP_1$) = 172 mm 、(線分 $PI_{2_1}FP_2$) = $1,030\text{ mm}$ となる。すなわち、(線分 $PI_{2_1}FP_2$)の長さは、(線分 $PI_{2_1}FP_1$)に対して6倍となり、発光点1aの像は、オプティカルインテグレータ70の入射面に6倍に拡大投影される。したがって、この場合の発光点1aの大きさは、オプティカルインテグレータ70の入射面に集光する光束の大きさである最大集光径 2_1 の6分の1の大きさを持つものといえる。

10

【0045】

これに対して、従来の照明装置300を示す図8(b)を参照すると、最大集光径 2_3 を形成する光束は、発光点1aから放出され、第1反射鏡23上の反射点 PI_{2_3} で反射したものである。ここで、焦点間距離 $f = 1,000\text{ mm}$ とし、第1反射鏡21の離心率を0.85とすると、(線分 $PI_{2_3}FP_1$) = 102 mm 、(線分 $PI_{2_3}FP_2$) = 1017 mm となる。すなわち、(線分 $PI_{2_3}FP_2$)の長さは、(線分 $PI_{2_3}FP_1$)に対して10倍となり、発光点1aの像は、オプティカルインテグレータ70の入射面に10倍に拡大投影される。したがって、この場合の発光点1aの大きさは、オプティカルインテグレータ70の入射面に集光する光束の大きさである最大集光径 2_3 の10分の1の大きさを持つものといえる。

20

【0046】

すなわち、本実施形態に係る照明装置200における発光点1aの大きさは、従来の照明装置300における発光点1aの大きさの約1.7倍となる。一般に、光源(高圧水銀ランプ)の発光点の大きさは、陰極と陽極との距離に比例すると考えられる。また、照明装置に用いられる光源の出力と、陰極と陽極との距離の間には、ほぼ比例関係が成り立っていると考えられる。したがって、発光点の大きさが1.7倍になると、照明装置に用いられる光源の出力も1.7倍となる。言い換えれば、照明装置200に第1実施形態に係る光源装置100を用いることで、従来と比べて約1.7倍の大出力の光源を用いるのと同様の効果が得られ、結果として、照明装置の照度を従来のものから1.7倍に高めることができる。さらに、照明装置200に適用した光源装置100の最大集光角度は、従来の光源装置500の集光角度よりも小さいため、オプティカルインテグレータ70の後流側に設置され得る不図示とした光学系の径をより小さく設定することが可能となる。

30

【0047】

このように、本実施形態に係る照明装置によれば、上記の実施形態に係る光源装置を用いることで、照明装置内の光学系の径を小さくして全体形状を小型化するとともに、照度を従来よりも向上させることができる。

40

【0048】

(露光装置)

次に、本発明の一実施形態に係る露光装置について説明する。本実施形態に係る露光装置は、上記各実施形態に係る光源装置を備えるものであり、以下、一例として、第2実施形態に係る光源装置110を備えるものとする。図9は、本実施形態に係る露光装置400の構成を示す概略図である。露光装置400は、例えば、半導体デバイスの製造工程におけるリソグラフィ工程で使用されるものであり、走査露光方式にて、レチクルRに形成されているパターンの像をウエハW上(基板上)に露光(転写)する。なお、図9では、投影光学系13の光軸に平行にZ軸を取り、Z軸に垂直な同一平面内で露光時のウエハWの走査方向にX軸を取り、X軸に直交する非走査方向にY軸を取っている。露光装置40

50

0 は、照明系 1 7 と、レチクルステージ 1 1 と、投影光学系 1 3 (露光部) と、ウエハステージ 1 6 と、制御部 1 8 とを備える。

【 0 0 4 9 】

照明系 1 7 は、光源 1 から放射された光 (光束) を調整してレチクル R を照明する。この照明系 1 7 は、光源 1 を含む光源装置 1 1 0 と、コールドミラー 4 と、オプティカルロッド 5 と、フーリエ変換光学系 6 と、オプティカルインテグレータ 7 と、開口絞り 8 と、コリメーター 9 と、折り曲げミラー 1 0 とを備える。光源装置 1 1 0 は、光源 1 から発せられた光束を集光部 2 で集光し、コールドミラー 4 で反射させることで、集光部 2 の第 2 焦点 $F P_2$ 近傍に配置されたオプティカルロッド 5 の入射面に、光源 1 の発光部 1 a の像を形成する。コールドミラー 4 は、その表面に誘電体等の多層膜を有する反射鏡であり、主に赤外線を透過させるとともに、露光光に用いる紫外光を反射させる。オプティカルロッド 5 は、側面が円柱形状の光導波管であり、オプティカルインテグレータ 7 の入射面上に、集光部 2 の開口面 (第 2 焦点 $F P_2$ がある面) 2 b 近傍に配置されている光源 1 に電力を供給するリード線 1 b の影を生じさせないために設置される。このオプティカルロッド 5 に入射した光束は、円柱側面で反射し回転する *S k e w* 光線となり、リード線 1 b の影がぼやけて消失する。フーリエ変換光学系 (光学系) 6 は、オプティカルロッド 5 の出射端からの光束を受けて平行光束に変換し、オプティカルインテグレータ 7 の入射面に、集光部 2 の開口面 2 b の像を結像する。オプティカルインテグレータ 7 は、複数の小レンズが二次元的に配列されたものであり、出射面に二次光源を形成する。開口絞り 8 は、オプティカルインテグレータ 7 の出射面に脱着可能に設置され、オプティカルインテグレータ 7 の出射面に形成された二次光源の像の一部を遮り、二次光源の像の形状を整形する。例えば、オプティカルインテグレータ 7 を構成する小レンズの断面が矩形である場合、オプティカルインテグレータ 7 の出射面に形成される二次光源の像の大きさは、 $X Z$ 平面内において異なるものとなる。そこで、開口絞り 8 は、オプティカルインテグレータ 7 の出射面に形成される二次光源の像の大きさを、 $X Z$ 平面内で等しくなるように整形し得る。コリメーター 9 は、折り曲げミラー 1 0 を挟んで配置された 2 つのレンズ系 9 a、9 b を含み、レチクルステージ 1 1 に載置された被照射面であるレチクル R を照明する。

【 0 0 5 0 】

レチクル R (またはマスク) は、ウエハ W 上に転写されるべきパターン (例えば回路パターン) が形成された、例えば石英ガラス製の原版である。レチクルステージ 1 1 は、レチクル R を保持して X 、 Y の各軸方向に可動である。投影光学系 1 3 は、レチクル R を通過した光を所定の倍率 (例えば $1 / 2$ 倍) でウエハ W 上に投影する。なお、本実施形態では、オプティカルインテグレータ 7 の出射面に形成された二次光源の像は、コリメーター 9 により、投影光学系 1 3 の瞳面 1 3 a 近傍に結像するものとする。ウエハ W は、表面上にレジスト (感光剤) が塗布された、例えば単結晶シリコンからなる基板である。ウエハステージ 1 6 は、ウエハチャック 1 5 を介してウエハ W を保持し、 X 、 Y 、 Z (それぞれの回転方向である x 、 y 、 z を含む場合もある) の各軸方向に可動である。制御部 1 8 は、例えばコンピューターなどで構成され、露光装置 4 0 0 の各構成要素に回線を介して接続されて、プログラムなどに従って各構成要素の動作を統括し得る。なお、制御部 1 8 は、露光装置 4 0 0 の他の部分と一体で (共通の筐体内に) 構成してもよいし、露光装置 4 0 0 の他の部分とは別体で (別の筐体内に) 構成してもよい。

【 0 0 5 1 】

次に、露光装置 4 0 0、特に光源装置 1 1 0 を含む照明系 1 7 に、着脱可能で、二次光源の光強度分布を変化させる光束変換部材 (円錐プリズム) を適用する場合について説明する。これに先立ち、光源装置 1 1 0 内の集光部 2 が形成する集光光束の外角および内角について、既出の図 5 (b) を参照しながら説明する。図 5 (b) では、発光点 1 a の大きさを誇張して示しているが、実際の露光装置 4 0 0 に搭載される光源装置 1 1 0 の焦点間距離は、例えば $1,000 \text{ mm}$ であるの対して、発光点 1 a の大きさは、 10 mm 程度である。したがって、集光部 2 が形成する集光光束の外角を ($F P_1 P O_2$ 、 $F P_2$)、内角を ($F P_1 P I_2$ 、 $F P_2$) と考えてよい。なお、一般的な露光装置の設計では

10

20

30

40

50

、外角 (FP_1PO_2, FP_2) を 20 度程度に設定することが多い。また、内角 (FP_1PI_2, FP_2) は、外角 (FP_1PO_2, FP_2) を 18 度と仮定した場合、外角 (FP_1PO_2, FP_2) に対して $1/3$ の大きさである 6 度に設定し得る。そこで、以下の説明では、外角 (FP_1PO_2, FP_2) を 18 度、内角 (FP_1PI_2, FP_2) を 6 度とそれぞれ仮定する。

【0052】

図 10 は、照明系 17 に円錐プリズムを適用する場合を説明するための概略図であり、図 9 に示す照明系 17 のうちオプティカルロッド 5 から開口絞り 8 までの構成を拡大している。このうち、図 10 (a) は、円錐プリズムを設置していない状態を示している。また、光強度分布 180 は、フーリエ変換光学系 6 によりオプティカルインテグレータ 7 の入射面に形成される集光部 2 の開口面 2b の像の光強度分布を示している。ここで、フーリエ変換光学系 6 は、光強度分布 180 の外径が 0.6 となるように、集光部 2 の開口面 2b の像を投影するものとする。このとき、光強度分布 180 の内径は、0.2 となる。すなわち、光強度分布 180 は、外 0.6、内 0.2 である「 $1/3$ 輪帯」と呼ばれる形状になる。

【0053】

図 10 (b) は、フーリエ変換光学系 6 とオプティカルインテグレータ 7 との間 (オプティカルインテグレータ 7 の入射面の手前) に、第 1 円錐プリズム 171 と、第 2 開口絞り 801 とを設置した状態を示している。第 1 円錐プリズム 171 は、光軸 AX に回転対称であり、入射面と出射面との 2 面が平行な傾斜面を有し、光軸 AX に平行に入射した光束を内側に平行移動させる。第 2 開口絞り 801 は、図 10 (a) に示す開口絞り 8 に換えて、第 1 円錐プリズム 171 の形状に合わせたものである。このとき、光強度分布 181 は、外 0.4 (内 0.0) である円形状となる。

【0054】

図 10 (c) は、フーリエ変換光学系 6 とオプティカルインテグレータ 7 との間 (オプティカルインテグレータ 7 の入射面の手前) に、第 2 円錐プリズム 172 と、第 3 開口絞り 802 とを設置した状態を示している。第 2 円錐プリズム 172 は、上記の第 1 円錐プリズム 171 を光軸 AX 方向に逆向きに配置したような形状であり、光軸 AX に平行に入射した光束を外側に平行移動させる。第 3 開口絞り 801 は、図 10 (a) に示す開口絞り 8 に換えて、第 2 円錐プリズム 172 の形状に合わせたものである。このとき、光強度分布 182 は、外 0.8、内 0.4 である「 $1/2$ 輪帯」と呼ばれる形状になる。

【0055】

照明系 17 は、上記のように光束変換部材を適宜用いることで、有効光源の形状を、外 0.4 (内 0.0) の円形状から、外 0.8、内 0.4 である $1/2$ 輪帯形状まで変化させることが可能とある。なお、上記説明では、照明系 17 は、開口絞りを含む構成となっている。ただし、各開口絞りは、必須の構成要素ではなく、オプティカルインテグレータ 7 を構成する小レンズの径が十分小さく、オプティカルインテグレータ 7 の出射面に形成される二次光源の像の XZ 方向の差が無視できる場合には、設置を要しない。また、本実施形態においては、照明系 17 は、オプティカルロッド 5 を用いる構成としているが、必須構成ではない。

【0056】

このように、本実施形態に係る露光装置によれば、上記の実施形態に係る光源装置 (照明装置) を用いることで、省スペース化と省電力化と両立させることができる。

【0057】

(物品の製造方法)

本発明の実施形態にかかる物品の製造方法は、例えば、半導体デバイス等のマイクロデバイスや微細構造を有する素子等の物品を製造するのに好適である。本実施形態の物品の製造方法は、基板に塗布された感光剤に上記の露光装置を用いて潜像パターンを形成する工程 (基板を露光する工程) と、かかる工程で潜像パターンが形成された基板を現像する工程とを含む。さらに、かかる製造方法は、他の周知の工程 (酸化、成膜、蒸着、ドーピ

10

20

30

40

50

ング、平坦化、エッチング、レジスト剥離、ダイシング、ボンディング、パッケージング等)を含む。本実施形態の物品の製造方法は、従来の方法に比べて、物品の性能・品質・生産性・生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

【0058】

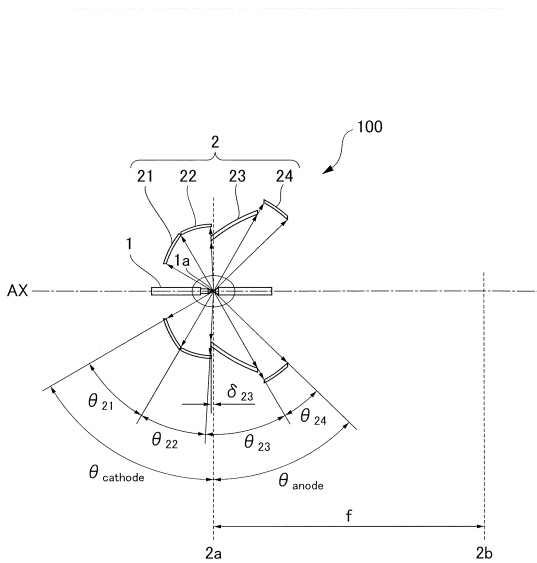
以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明は、これらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

【符号の説明】

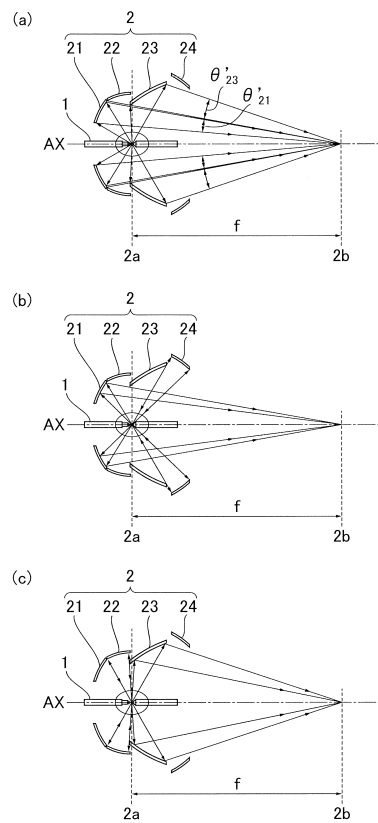
【0059】

- 1 光源
- 1 a 発光点
- 2 集光部
- 2 1 第1反射鏡
- 2 2 第2反射鏡
- 2 3 第3反射鏡
- 2 4 第4反射鏡
- 1 0 0 光源装置

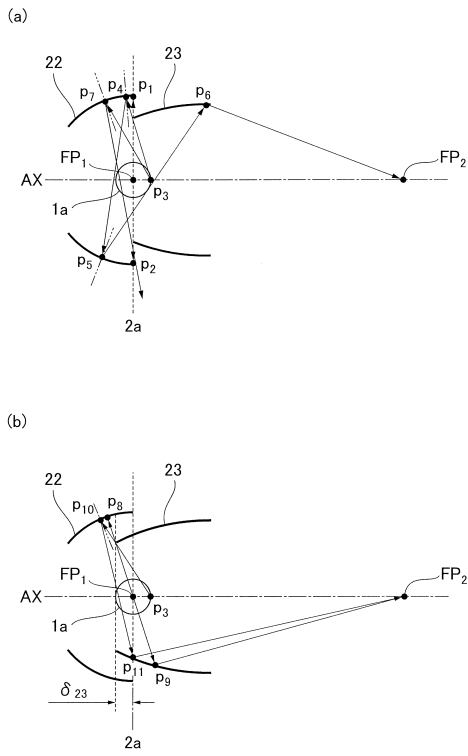
【図1】



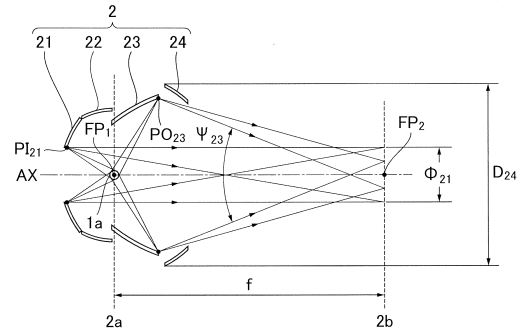
【図2】



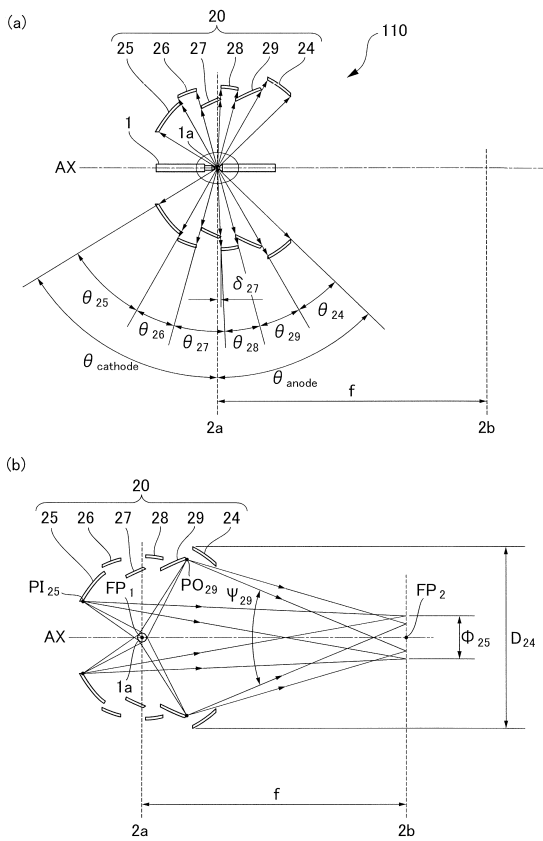
【 図 3 】



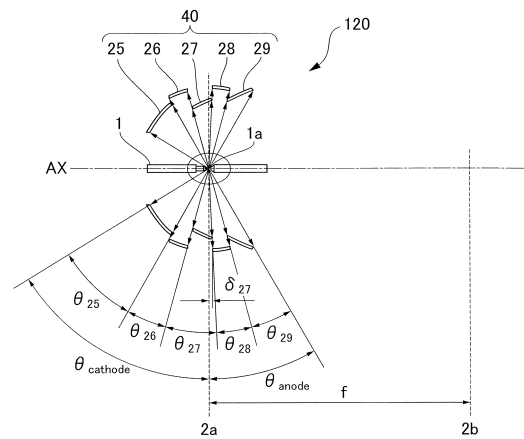
【 図 4 】



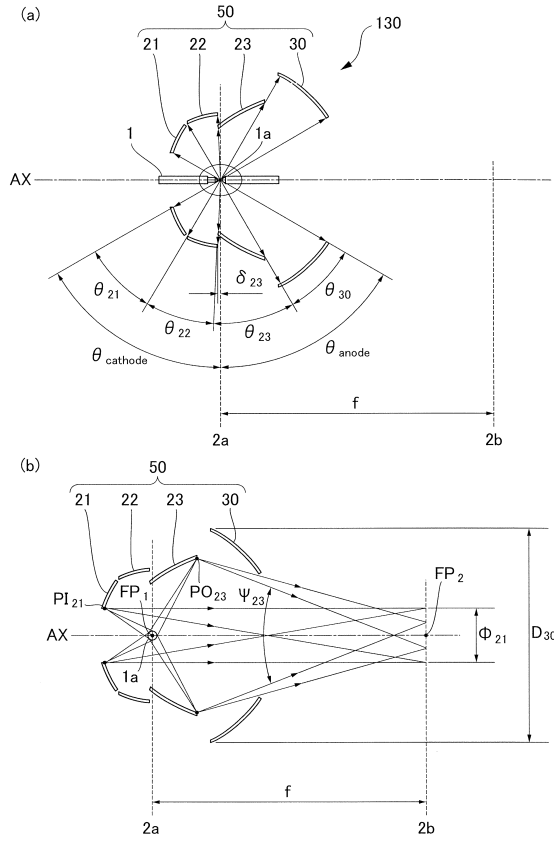
【 図 5 】



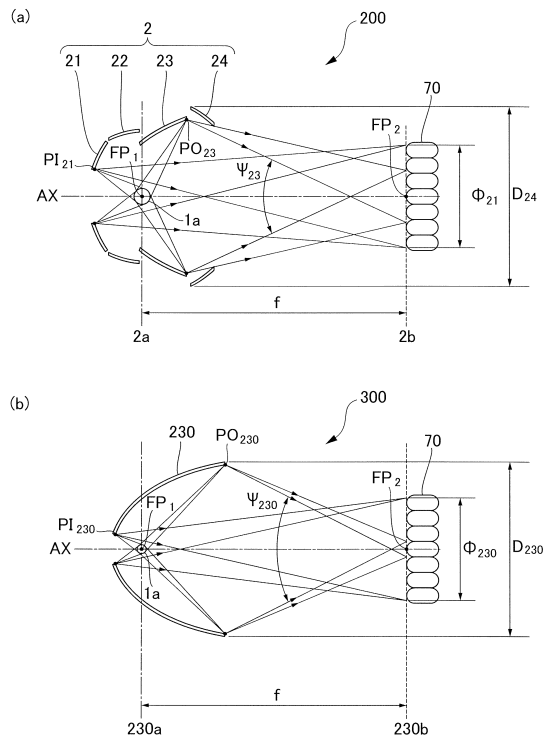
【 図 6 】



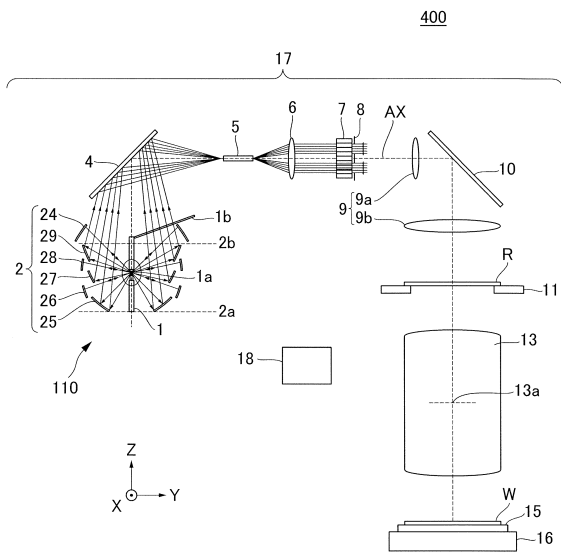
【 図 7 】



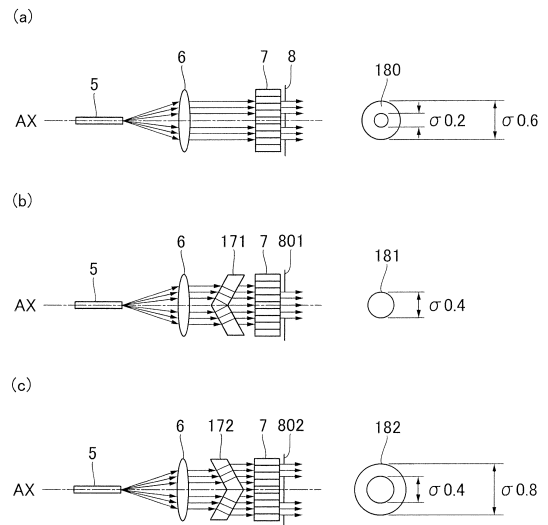
【 図 8 】



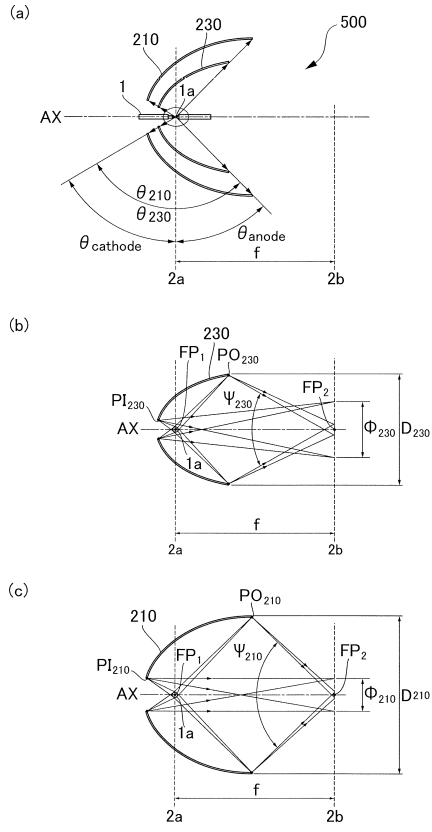
【 図 9 】



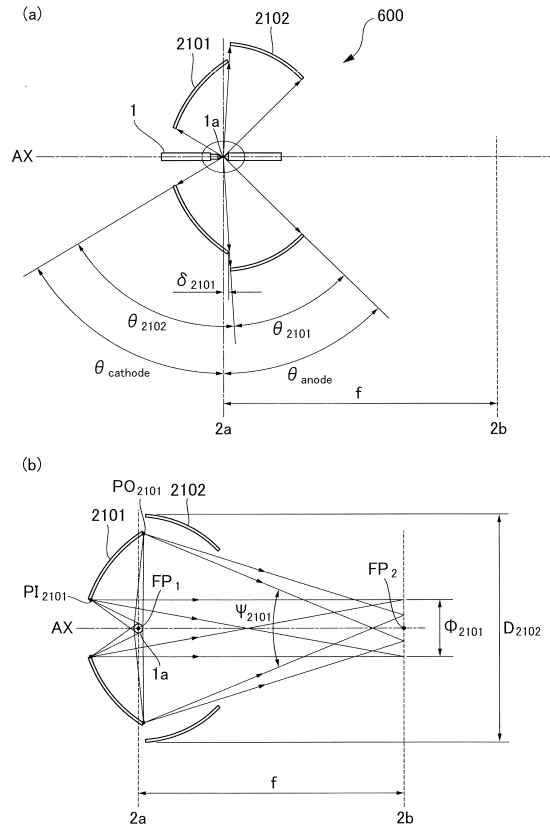
【 図 10 】



【 図 1 1 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2000-353418(JP,A)
特開2000-123611(JP,A)
特開2005-032972(JP,A)
特開2012-256600(JP,A)
特開平09-190967(JP,A)
特表2014-530509(JP,A)
特許第4705852(JP,B2)
米国特許第05625738(US,A)
米国特許出願公開第2005/0237764(US,A1)
欧州特許出願公開第00376398(EP,A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

IPC H01L 21/30、
21/027、
21/46、
G03F 7/20-7/24、
9/00-9/02、
G02B 19/00-21/00、
21/06-21/36、
F21K 9/00-9/90、
F21S 2/00-45/70