

(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2020-91402

(P2020-91402A)

(43) 公開日 令和2年6月11日(2020.6.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G03F 7/20 (2006.01)	G03F 7/20 505	2H197
H05K 3/00 (2006.01)	H05K 3/00 H	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-228553 (P2018-228553)	(71) 出願人	000102212
(22) 出願日	平成30年12月5日 (2018.12.5)		ウシオ電機株式会社
			東京都千代田区丸の内一丁目6番5号
		(74) 代理人	110000729
			特許業務法人 ユニ阿斯国際特許事務所
		(72) 発明者	三浦 雄一
			東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内
		(72) 発明者	林 賢志
			東京都千代田区丸の内1丁目6番5号 ウシオ電機株式会社内
		Fターム(参考)	2H197 AA04 AA05 BA10 CA07 CA17 CB03 CB16 HA02

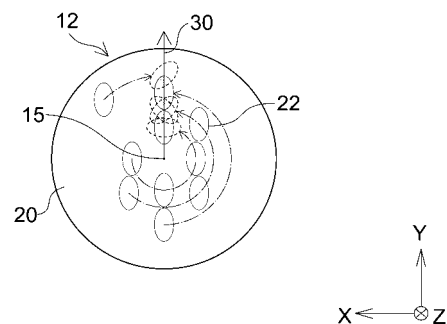
(54) 【発明の名称】 露光用光源装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】複数の半導体レーザ光源を用いて、放電ランプを用いた光源装置と同等の角度分布の光を供給する露光用光源装置を提供する。

【解決手段】複数の半導体レーザ光源と、半導体レーザ光源から出射された光線束を、略平行の光線束に変換して出射する、複数のコリメート光学系と、コリメート光学系から出射された光線束22を集光する集光光学系12と、円形状の入射面を含む光導波路とを備え、集光光学系の入射面20における、複数の半導体レーザ光源から出射されたそれぞれの光線束22は、仮想的に集光光学系の光軸15を中心に回転させて、同一の径方向に向かって並べたときに、隣接する光線束の一部が重なり、複数の半導体レーザ光源は、集光光学系の入射面において、集光光学系の光軸からの距離が同一である光線束群に属する光線束の数が、光軸からの距離がn番目に近い第n光線束群を基準として、光軸から離れるにつれて逓減するように配置される。

【選択図】 図3B



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の半導体レーザ光源と、

前記複数の半導体レーザ光源に対応して配置され、前記半導体レーザ光源から出射された光線束を、略平行の光線束に変換して出射する、複数のコリメート光学系と、

前記コリメート光学系から出射された光線束が入射される入射面を含み、前記コリメート光学系から出射された光線束を集光する集光光学系と、

前記集光光学系から出射された光線束が集光する位置に配置された、円形状の入射面を含む光導波路とを備え、

前記集光光学系の入射面における、前記複数の半導体レーザ光源から出射されたそれぞれの光線束は、仮想的に前記集光光学系の光軸を中心に回転させて、同一の径方向に向かって並べたときに、隣接する光線束の一部が重なっており、

前記複数の半導体レーザ光源は、前記集光光学系の入射面において、前記集光光学系の光軸からの距離が同一である光線束群に属する光線束の数が、光軸からの距離が n 番目に近い第 n 光線束群を基準として、光軸から離れるにつれて逓減するように配置されていることを特徴とする露光用光源装置。

【請求項 2】

前記複数の半導体レーザ光源は、同一平面上に配置されていることを特徴とする請求項 1 に記載の露光用光源装置。

【請求項 3】

前記複数の半導体レーザ光源は、前記集光光学系の入射面において、前記集光光学系の光軸からの距離が同一である光線束群に属する光線束の数が、光軸からの距離が最も近い第 1 光線束群を基準として、光軸から離れるにつれて逓減するように配置されていることを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の露光用光源装置。

【請求項 4】

前記集光光学系の入射面における、前記複数の半導体レーザ光源から出射されたそれぞれの光線束は、長軸方向が、前記集光光学系の光軸側を向く楕円形状を呈することを特徴とする請求項 1～3 のいずれか一項に記載の露光用光源装置。

【請求項 5】

前記光導波路から出射された光線束の位置分布を均一化して出射するインテグレータ光学系を備えることを特徴とする請求項 1～4 のいずれか一項に記載の露光用光源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光用光源装置に関し、特に半導体レーザ光源から出射された光を用いた露光用光源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、プリント基板等の製造工程等に用いられる露光装置には光強度の高い放電ランプが用いられていた。近年では、固体光源技術の進歩に伴い、放電ランプから高効率で長寿命な半導体レーザ光源に置き換える検討が進められている。

【0003】

単体の半導体レーザ光源では、露光装置の光源としては放射光束が少ない。高い強度の光を得るためには、複数の半導体レーザ光源を配置し、それぞれの半導体レーザ光源から出射された光を集光する方法が考えられる。例えば、特許文献 1 には、複数の半導体レーザ光源と、それぞれの半導体レーザ光源に対応する光ファイバを備えた、フレキシブルプリント基板用の露光装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2001-272791号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

複数の半導体レーザ光源から出射される光を集光するには、コリメートレンズや集光レンズを用いて集光する方法が考えられる。しかし、本発明者らは、露光装置用の光源装置を、放電ランプを用いた光源装置から、複数の半導体レーザ光源より出射された光を、光学系によって集光する光源装置へと置き換えることを検討したところ、以下のような課題が存在することを突き止めた。以下、図面を参照しながら説明する。

10

【0006】

図7Aは、半導体レーザ光源100とコリメートレンズ101（「コリメーションレンズ」とも称される。）と集光レンズ102及びロッドインテグレータ104で構成された、露光用光源装置を模式的に示した図面である。図7Aは、複数の半導体レーザ光源100から出射される光（レーザ光）の各主光線及び各光線束の進行経路を模式的に図示している。なお、本明細書では、半導体レーザ光源100の中心から光軸140と平行に出射される光線を「主光線」と称し、半導体レーザ光源100から出射される束状に形成された光線群を「光線束」と称する。

【0007】

図7Aにおいては、ロッドインテグレータ104の入射面105に対して直交する軸を光軸140とする。また、光軸140方向をZ方向とし、Z方向に直交する平面をXY平面とし、入射面105に対する光の入射角を θ_1 とする。

20

【0008】

半導体レーザ光源100から出射された光線束（121a, 121b, 121c）は、コリメートレンズ101によって略平行な光線束（122a, 122b, 122c）に変換される。光線束（122a, 122b, 122c）は互いに平行であって、相互に重なり合うことはなく、後段の集光レンズ102に入射する。集光レンズ102に入射した光線束（122a, 122b, 122c）は、集光レンズ102の焦点位置150に向かって集光する光線束（123a, 123b, 123c）に変換される。

【0009】

集光レンズ102の後段には、集光レンズ102によって集光された光線束（123a, 123b, 123c）の光強度分布を均一化するため、ロッドインテグレータ104が配置される。ロッドインテグレータ104は、入射面105が、集光レンズ102の焦点位置150と合うように配置される。

30

【0010】

ここで、半導体レーザ光源100及びコリメートレンズ101を完全に密接して配置できないため、各光線束（122a, 122b, 122c）の間に隙間が生じ、集光レンズ102の入射面103において、光が存在する場所としない場所が生じてしまい、照度ムラが発生してしまう。

【0011】

従って、集光レンズ102の出射面に発生した照度ムラが発生した光を、集光レンズ102によって焦点位置150に集光するように変換された光線束（123a, 123b, 123c）は、一部の角度範囲において光が存在しない、又は主光線（110a, 110b, 110c）近傍と比較して、極めて光強度の低い領域130が生じてしまう。

40

【0012】

さらに、集光レンズ102の入射面103をXY平面で見た場合を説明する。図7Bは、図7Aの集光レンズ102を入射面103側からZ方向に向かって見たときの模式的な図面である。なお、説明の便宜のため、Y方向においても、X方向と同じ間隔で、同数の半導体レーザ光源100及びコリメートレンズ101が整列されており、光線束122bの主光線110bが、光軸140と一致しているものとした。また、XY平面上の相対的

50

な位置関係の理解を容易にするため、図7Aには、集光レンズ102の入射面103に入射される光線束(122a, 122b, 122c)に加えて、集光レンズ102から+Z方向に位置するロッドインテグレータ104についても図示されている。

【0013】

各光線束(122a, 122b, 122c)は、集光レンズ102の入射面103において楕円形状である。図8は、半導体レーザチップ200の構造を模式的に示す斜視図である。図8に示すような、いわゆる「端面発光型」の半導体レーザチップ200の場合、エミッタ201から出射される光線束121は、楕円錐型を示すことが知られている。従って、図7Bに示すように、各光線束(122a, 122b, 122c)の断面は楕円形状となる。なお、図7Aに示す半導体レーザ光源100は、図8に示す半導体レーザチップ200をケーシングしたレーザ光源である。半導体レーザ光源100は、光の出射窓の中心を主光線(110a, 110b, 110c)が通過するように、光を出射するレーザ光源である。

10

【0014】

本明細書では、光軸(図8に示すZ方向)に直交する2方向(X方向及びY方向)のうち、光線束121の発散角が大きい方向(図8に示すY方向)を、「Fast軸方向」と呼び、光線束121の発散角が小さい方向(図8に示すX方向)を、「Slow軸方向」と呼ぶ。ここで、発散角とは、光強度が最大となる主光線(110a, 110b, 110c)の $1/e^2$ の光強度で進行する光線と、主光線(110a, 110b, 110c)とがなす角の2倍の角を指す。

20

【0015】

図7Bに示すように、集光レンズ102の入射面103では、各光線束(122a, 122b, 122c)は、光軸140を中心とした同心円上において、光が存在しない、又は主光線近傍と比較して、極めて光強度の低い領域130が生じる。これは、上述の理由と同様で、半導体レーザ光源100及びコリメートレンズ101を完全に密接して配置できないためである。

【0016】

ロッドインテグレータ104は、入射された光を側面で繰り返し全反射させながら、出射面106(図7A参照)へと導くものであるため、XY平面上の位置における光強度分布(以下、「位置分布」という。)の均一性を向上させる効果はあるが、ロッドインテグレータ104の入射面105における入射角 θ_1 ごとの光強度分布(以下、「角度分布」という。)は出射面106においても保持されるため、角度分布の均一性を向上させる効果はない。

30

【0017】

従って、ロッドインテグレータ104を用いても、一部の角度範囲において光が存在しない、又は主光線近傍と比較して、極めて光強度の低い領域は解消されない。つまり、集光レンズ102の出射面に発生した角度分布のムラは、ロッドインテグレータ104の出射面106から出射される光においても解消されない。

【0018】

ここで、放電ランプ160を用いた光源装置から出射される光の角度分布について説明する。図9は、放電ランプ160を用いた光源装置の構成例を模式的に示す図面である。図9に示すように、放電ランプ160を用いた光源装置は、管体161内に放電ガスを封入し、陰極162と陽極163の間で放電されることで発光部164から光が出射される。

40

【0019】

放電ランプ160から出射された光のうち、一部の光は、楕円ミラー165によって反射されて、ロッドインテグレータ104の入射面105に集光される。楕円ミラー165は、発光部164と、ロッドインテグレータ104の入射面105の2か所を焦点とする、楕円弧の形状をなしている。

【0020】

50

図9に示すように、ロッドインテグレータ104の入射面105における、最も大きな光の入射角が角度 $\alpha 1$ となるように構成されている。また、発光部164から出射される光のうち、光軸15の近傍を進行する光は、管体161の一部によって遮られてしまい、ロッドインテグレータ104の入射面105には到達しない。そのため、入射角が角度 $\alpha 2$ よりも小さい領域には光が存在しない。

【0021】

つまり、図9に示すような、放電ランプ160を用いた光源装置の角度分布は、光軸140から、角度 $\alpha 2$ より小さい角度範囲には、光が存在せず、角度 $\alpha 2$ から角度 $\alpha 1$ の範囲に光が連続的に分布している。また、放電ランプ160から全方向に一樣に出射された光のうち、楕円ミラー165で反射された一部の光は、ロッドインテグレータ104の入射面105における入射角が小さいほど、光線同士が密となり、光強度が高くなる。

10

【0022】

図10は、放電ランプ160を用いた光源装置から出射される光の角度分布を模式的に示すグラフである。図10に示すように、放電ランプ160を用いた光源装置の角度分布は、入射角が 0° に近い部分では、光が存在せず、集光される光が存在する角度範囲のうち、角度が小さい範囲においてピークを持ち、そこから角度が大きくなるにつれて、光強度は連続的に減少する。なお、位置分布に関しては、ロッドインテグレータ104によって均一化される。

【0023】

露光装置用の光源装置を、放電ランプ160を用いた光源装置から半導体レーザ光源を用いた光源装置に置き換えるため、半導体レーザ光源を用いた光源装置が、放電ランプ160を用いた光源装置と同等の光、すなわち放電ランプ160を用いた光源装置と同じ位置分布及び角度分布であることが期待されている。

20

【0024】

しかし、上述のとおり、複数の半導体レーザ光源100から出射された光を、コリメートレンズ101、集光レンズ102、及び、ロッドインテグレータ104による構成だけで、放電ランプ160を用いた場合と同等の光にはできない。すなわち、放電ランプ160を用いた光源装置の位置分布とは同等にすることができ、角度分布は同等とならないことがわかった。

【0025】

本発明は、上記の課題に鑑み、複数の半導体レーザ光源を用いて、放電ランプを用いた光源装置と同等の角度分布の光を供給する露光用光源装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0026】

本発明に係る露光用光源装置は、

複数の半導体レーザ光源と、

前記複数の半導体レーザ光源に対応して配置され、前記半導体レーザ光源から出射された光線束を、略平行の光線束に変換して出射する、複数のコリメート光学系と、

前記コリメート光学系から出射された光線束が入射される入射面を含み、前記コリメート光学系から出射された光線束を集光する集光光学系と、

40

前記集光光学系から出射された光線束が集光する位置に配置された、円形状の入射面を含む光導波路とを備え、

前記集光光学系の入射面における、前記複数の半導体レーザ光源から出射されたそれぞれの光線束は、仮想的に前記集光光学系の光軸を中心に回転させて、同一の径方向に向かって並べたときに、隣接する光線束の一部が重なっており、

前記複数の半導体レーザ光源は、前記集光光学系の入射面において、前記集光光学系の光軸からの距離が同一である光線束群に属する光線束の数が、光軸からの距離が n 番目に近い第 n 光線束群を基準として、光軸から離れるにつれて逓減するように配置されていることを特徴とする。

【0027】

50

上記露光用光源装置は、集光光学系の入射面において、各半導体レーザ光源から出射されたそれぞれの光線束は、集光光学系の光軸を中心に回転させて、同一の径方向に向かって並べたときに、隣接する光線束の一部が重なっている。なお、集光光学系の光軸を中心に回転させて、同一の径方向に向かって並べるという過程は、図 3 B の説明において後述する。

【0028】

上記構成によれば、図 7 B に示すような、集光光学系の光軸を中心とする同心円上において、隣接する光線束群同士の間で、光が存在しない、又は主光線近傍と比較して、極めて光強度の低い領域は生じない。つまり、光軸に対する角度方向において、光が存在する領域内の一部に光が存在しない範囲がなくなる。詳細は、図 3 B の説明において後述する。

10

【0029】

n は任意の自然数である。また、光軸からの距離が n 番目に近い第 n 光線束群を基準として、光軸から離れるにつれて逓減するとは、任意に定められる値 n から、 n の数が増えるごとに、光線束群に属する光線束の数が、断続的又は連続的に減少することを意味する。つまり、第 n 光線束群の次に光軸に近い光線束群に属する光線束の数は、第 n 光線束群に属する光線束の数と同じ又は、第 n 光線束群に属する光線束の数よりも少なくなるように、前記複数の半導体レーザ光源が配置されていることを意味している。

【0030】

集光光学系の光軸からの距離が同一である光線束群に属する光線束の数が多くなるほど、光導波路の入射面における入射角ごとの光強度が高くなる。つまり、上記構成によれば、光導波路の入射面における所定の入射角よりも角度が大きい範囲において、入射角が大きくなるにつれて光強度が逓減する角度分布となり、放電ランプを用いた光源装置から出射される光の角度分布に近い角度分布を示す光が得られる。

20

【0031】

なお、光軸からの距離が同一であるとは、光軸からの距離が一致しているものだけには限られず、距離の誤差が 1 mm 以下であれば、同一の光線束群に属する光線束とみなしてもよい。

【0032】

上記露光用光源装置は、入射面が円形状である光導波路を備える。入射面が円形状であることによって、光導波路から出射される光は、入射面における入射角を維持したまま、光軸を中心とした同心円上において均一な光に変換される。詳細は、図 1 B の説明において後述する。

30

【0033】

上記露光用光源装置において、
複数の前記半導体レーザ光源は、同一平面上に配置されていても構わない。

【0034】

上記構成によれば、全ての半導体レーザ光源が、同一の基板上に配置されるため、各半導体レーザ光源を同一基板上で配線することができる。さらには、半導体レーザ光源が、同一基板上の冷却機構で冷却する構成とすることができる。

40

【0035】

上記露光用光源装置において、

前記複数の半導体レーザ光源は、前記集光光学系の入射面において、前記集光光学系の光軸からの距離が同一である光線束群に属する光線束の数が、光軸からの距離が最も近い第 1 光線束群を基準として、光軸から離れるにつれて逓減するように配置されていても構わない。

【0036】

上記構成によれば、前記第 1 光線束群に属する光線束の数は少なくとも 2 以上となる。これは、第 1 光線束群に属する光線束が 1 つでは、全ての光線束群に属する光線束の数が 1 となってしまう、逓減することがないためである。そうすると、前記集光光学系の光軸

50

上には光線束が配置されることはなく、光導波路の入射面における入射角が 0° 付近には光が存在しない。さらに、前記第1光線束群に対応する入射角よりも大きな角度の範囲で、入射角が大きくなるほど光強度が逓減し、放電ランプを用いた光源装置から出射される光の角度分布に、より近い角度分布を示す光を得ることができる。

【0037】

上記露光用光源装置において、

前記集光光学系の入射面における、前記複数の半導体レーザ光源から出射されたそれぞれの光線束は、長軸方向が、前記集光光学系の光軸側を向く楕円形状を呈するものであっても構わない。

【0038】

上記構成によれば、集光光学系の入射面において、各半導体レーザ光源から出射されたそれぞれの光線束が、集光光学系の光軸を中心に回転させたときに、径方向に沿うように長軸方向が揃うため、隣接する光線束同士が重なりやすく、短軸方向でそろえる場合に比較して、隣接する光線束を離間させることができる。従って、隣接する半導体レーザ光源や、隣接するコリメート光学系をより疎に配置することができる。半導体レーザ光源やコリメート光学系が疎に配置できれば、それぞれの配置の自由度が高くなり、より配線しやすい構成等を採用することができる。

【0039】

また、光線束の長軸方向が、前記集光光学系の光軸側を向いているとは、集光光学系の入射面において、集光光学系に入射する光線束の長軸と、光軸から光線束の中心に向かって引いた直線とが平行、すなわち両直線のなす角度が 0° である場合に限定されず、前記角度は 45° 未満のものが含まれる。

【0040】

上記露光用光源装置において、

前記光導波路から出射された光線束の位置分布を均一化して出射するインテグレータ光学系を備えるものであっても構わない。

【0041】

上記構成によれば、インテグレータ光学系によって、位置分布の均一性が向上されるため、放電ランプを用いた光源装置から出射される光の角度分布に近く、かつ、位置分布の均一性が向上された光が得られる。

【発明の効果】

【0042】

本発明によれば、複数の半導体レーザ光源を用いて、放電ランプを用いた光源装置と同等の角度分布の光を供給する露光用光源装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0043】

【図1】露光用光源装置の一実施形態の構成例を模式的に示す図面である。

【図2A】YZ平面視において、光導波路内を進行する光を模式的に示した図面である。

【図2B】XY平面視において、光導波路内を進行する光を模式的に示した図面である。

【図2C】光導波路13から出射される光を模式的に示した図面である。

【図3A】図1の集光光学系を入射面側からZ方向に向かって見たときの模式的な図面である。

【図3B】図3Aに示す集光光学系の入射面上の各光線束を、光軸を中心に回転させて、同一の径方向に向かって並べた状態を示す模式的な図面である。

【図3C】図3Bに示す集光光学系の入射面上で隣接する一組の光線束を、拡大して示す図面である。

【図4A】露光用光源装置の別実施形態の構成例を模式的に示す図面である。

【図4B】図4Aの集光光学系を入射面側からZ方向に向かって見たときの模式的な図面である。

【図5】露光用光源装置の別実施形態の構成例を模式的に示す図面である。

10

20

30

40

50

【図 6】露光装置の構成を模式的に示す図面である。

【図 7 A】半導体レーザ光源とコリメートレンズと集光レンズ及びロッドインテグレータで構成された、露光用光源装置を模式的に示した図面である。

【図 7 B】図 7 A の集光レンズを入射面側から Z 方向に向かって見たときの模式的な図面である。

【図 8】半導体レーザチップの構造を模式的に示す斜視図である。

【図 9】放電ランプを用いた光源装置の構成例を模式的に示す図面である。

【図 10】放電ランプを用いた光源装置から出射される光の角度分布を模式的に示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

10

【0044】

以下、本発明の露光用光源装置について、図面を参照して説明する。なお、以下の各図面は、いずれも模式的に図示されたものであり、図面上の寸法比や個数は、実際の寸法比や個数と必ずしも一致していない。

【0045】

〔第一実施形態〕

図 1 は、露光用光源装置の第一実施形態の構成例を模式的に示す図面である。露光用光源装置 1 は、複数の半導体レーザ光源 10 と、複数のコリメート光学系 11 と、集光光学系 12 と、光導波路 13 を備える。

【0046】

20

第一実施形態においては、光導波路 13 は円筒形状であり、図 1 においては、入射面 14 と直交する軸を光軸 15 とし、集光光学系 12 の光軸と一致するように配置されてる。また、光軸 15 方向を Z 方向とし、Z 方向に直交する平面を XY 平面とし、入射面 14 に対する光の入射角を θ_1 とする。ここで、光導波路 13 は、具体的には光ファイバや円柱形状のガラス体等を用いることができる。

【0047】

半導体レーザ光源 10 は、半導体レーザチップをケーシングしたレーザ光源である。半導体レーザ光源 10 は、光の出射窓の中心を主光線 22a が通過するように、光を出射するレーザ光源である。

【0048】

30

図 1 に示すように、コリメート光学系 11 は、半導体レーザ光源 10 から出射された光線束 21 を、略平行の光線束 22 に変換して出射するコリメートレンズである。各半導体レーザ光源 10 に対応して複数のコリメート光学系 11 が配置されている。

【0049】

図 1 に示すように、集光光学系 12 は、コリメート光学系 11 から出射された光線束 22 を、焦点位置に向かって集光する光線束 23 に変換して出射する集光レンズである。

【0050】

図 1 に示す、光導波路 13 は、入射面 14 が、集光光学系 12 の焦点の位置になるように配置されている。ただし、本明細書では、「焦点位置に配置する」とは、完全に焦点の位置に一致する場合の他、焦点距離に対して光軸 15 に平行な方向に $\pm 10\%$ の距離だけ移動した位置を含む概念であるものとする。なお、図 1 における光軸 15 とは、集光光学系 12 の入射面 20 に対して直交し、入射面 20 の中心を通る軸である。図 1 に示すように、本実施形態においては、集光光学系 12 の中心を通る軸は光軸 15 に一致するように配置されているが、光軸 15 と集光光学系 12 の中心を通る軸は一致していなくても構わない。

40

【0051】

光導波路 13 は、入射面 14 から入射された光を、光軸 15 に対する入射角 θ_1 の角度を保持したまま、光軸 15 を中心とした周方向の分布を均一化させて、出射面 16 から入射角 θ_1 と同じ角度の出射角 θ_2 (図 2 A 参照) で出射する。

【0052】

50

ここで、光導波路 1 3 に入射した光線束が、どのように変換されて出射されるかを説明する。図 2 A は、Y Z 平面視において、光導波路 1 3 内を進行する光を模式的に示した図面である。図 2 A に示すように、光導波路 1 3 は、入射された光を側面で繰り返し反射させながら、光線を出射面 1 6 へと導く。

【0053】

図 2 A では、模式的に一本の光線のみを表しているが、光導波路 1 3 には複数の光線束が入射され、光線が、光導波路 1 3 内に集約されて進行することによって、出射面 1 6 において X Y 平面上の分布が均一化された光線束となって出射される。

【0054】

次に、光導波路 1 3 内を進行する光を、X Y 平面で見た場合を説明する。図 2 B は、X Y 平面視において、光導波路 1 3 内を進行する光を模式的に示した図面である。図 2 B に示すように、光導波路 1 3 に入射した光線束 2 4 は、円形である光導波路 1 3 の内壁面上で反射する。ここで、一定の幅を有する光線束 2 4 は、光導波路 1 3 の円形の内壁面上で反射すると、対向する壁面に向かって、幅が広がりながら進行する。

【0055】

図 2 C は、光導波路 1 3 から出射される光を模式的に示した図面である。光線束 2 4 は、光導波路 1 3 の内壁面上で反射を繰り返しながら進行し、やがて光導波路 1 3 の内壁面の周方向全体にわたって反射しながら進行する光線束 2 4 となる。出射面 1 6 に到達した光線束 2 4 は、光軸 1 5 を中心とした出射角 $\theta 2$ の円環状の光線束 2 5 として出射される。

【0056】

光導波路 1 3 から出射する光が、照度ムラを生じないためには、上述のように、光軸 1 5 を中心とする同心円上において、光が存在しない、又は主光線 2 2 a 近傍と比較して、極めて光強度の低い領域が存在しないように光源や光学系の配置をする必要がある。

【0057】

第一実施形態においては、各半導体レーザ光源 1 0 は、同一平面上に配置されており、集光光学系 1 2 の入射面 2 0 上の光線束を、光軸 1 5 を中心に回転させて、同一の径方向 3 0 に向かって並べたときに、隣接する光線束の一部が重なるように配置されている。各コリメート光学系 1 1 も各半導体レーザ光源 1 0 に対応するように、同一平面上に配置されているが、半導体レーザ光源 1 0 もコリメート光学系 1 1 も、同一平面上に配置されていなくても構わない。

【0058】

図 3 A は、図 1 の集光光学系 1 2 を入射面 2 0 側から Z 方向に向かって見たときの模式的な図面である。図 3 B は、図 3 A に示す集光光学系 1 2 の入射面 2 0 上の各光線束 2 2 を、仮想的に光軸 1 5 を中心に回転させて、同一の径方向 3 0 に向かって並べた状態を示す模式的な図面である。図 3 B が示すように、同一の径方向 3 0 に向かって並べられた各光線束 2 2 は、隣接する光線束 2 2 の一部と重なっている。図 3 B では隣接する光線束 2 2 同士が重なっている領域がハッチングにて図示されている。

【0059】

図 3 B においては、集光光学系 1 2 の入射面 2 0 において、光軸 1 5 を中心として回転させて、同一の径方向 3 0 に向かってに並べたときの隣接する光線束 2 2 の一部が重なり合っている。図 3 C は、図 3 B に示す集光光学系 1 2 の入射面 2 0 上で隣接する一組の光線束 2 2 を、拡大して示す図面である。図 3 C に示すように、隣接する光線束 2 2 が集光光学系 1 2 の入射面 2 0 上において重なり合う領域 L 1 の面積を $S 1$ とし、集光光学系 1 2 の入射面 2 0 上における光線束 2 2 の照射領域 L 2 の面積を $S 2$ とした場合に、 $S 1 / S 2$ の値は 20 % 以上 70 % 以下が好ましく、30 % 以上 50 % 以下がより好ましい。他の隣接する光線束 2 2 同士の重なり合いについても同様である。

【0060】

従って、集光光学系 1 2 から出射された角度分布のムラが抑えられた光線束は、光導波路 1 3 の入射面 1 4 に入射され、光軸 1 5 を中心とした周方向の分布が均一化されて、出

10

20

30

40

50

射面 16 から出射される。

【0061】

さらに、図 3A に示す例では、集光光学系 12 を入射面 20 上の光線束 22 に関し、光軸 15 から同一の距離に配置されている光線束群の数は、光軸に近い光線束群から順番に、第一半径 R1 の第 1 光線束群に属する数が 4、第二半径 R2 の第 2 光線束群に属する数が 3、第三半径 R3 の第 3 光線束群に属する数が 2、第四半径 R4 の第 4 光線束群に属する数が 1 となっている。

【0062】

つまり、光軸 15 からの距離が同一の光線束群に属する数が、光軸 15 から離れるにつれて逓減している。従って、光導波路 13 の出射面 16 から出射される光は、出射角 θ_2 が大きくなるほど光強度が逓減する角度分布を示す。これにより、図 10 に例示したように、光源装置を放電ランプとした場合の角度分布に近い角度分布を得ることができる。

【0063】

第一実施形態では、第 4 光線束群までの構成としているが、光線束群は、光軸 15 に最も近い光線束から順番に、第 1 光線束群、第 2 光線束群、第 3 光線束群、・・・、第 n 光線束群、・・・と、任意の数だけ構成されていてもよい。さらに当該構成において、光軸 15 からの距離が n 番目に近い第 n 光線束群を基準として、光線束群に属する光線束の数が、光軸 15 から離れるにつれて逓減するものであっても構わない。なお、上述のとおり、n は任意の自然数である。

【0064】

〔第二実施形態〕

本発明の露光用光源装置の第二実施形態の構成につき、第一実施形態と異なる箇所を中心に説明する。

【0065】

図 4A は、露光用光源装置の別実施形態の構成例を模式的に示す図面である。図 4A に示す実施形態は、集光光学系 12 の入射面 20 に入射する光線束 22 は、Y 方向において、光軸 15 よりも正方向側に入射する光線束 22p と、負方向側に入射する光線束 22m とに分けられる。光軸 15 とは非平行な方向に進行する光線束 (22p, 22m) は、ミラー 40 によって、光軸 15 に対して平行な方向に進行する光線束 (22p, 22m) に変換されて、集光光学系 12 の入射面 20 に入射される。

【0066】

図 4A に示すように、第二実施形態では、光線束 22p に係る半導体レーザ光源 10p とコリメート光学系 11p を、Y 方向において光軸 15 に対して正方向、光線束 22m に係る半導体レーザ光源 10m とコリメート光学系 11m を、Y 方向において光軸 15 に対して負方向に、それぞれ対向する平面上に配置されているものとした。各半導体レーザ光源 (10p, 10m) と各コリメート光学系 (11p, 11m) は、それぞれ同一平面上に配置されていなくても構わない。

【0067】

図 4B は、図 4A の集光光学系を入射面側から Z 方向に向かって見たときの模式的な図面である。ミラー 40 によって光軸 15 に平行に進行する光となった光線束 (22p, 22m) は、集光光学系 12 の入射面 20 に入射する。図 4B に示すように、各光線束 (22p, 22m) は、集光光学系 12 の入射面 20 において、光軸 15 を中心に回転させて、同一の径方向 30 に向かって並べたときに、隣接する光線束の一部が重なるように配置されている。

【0068】

また、第二実施形態においても、集光光学系 12 を入射面 20 上の光線束 22 に関し、光軸 15 から同一の距離に配置されている光線束群の数は、中心が光軸 15 にある光線束 22 が 1、次に光軸に近い順番で、第一半径 R1 の第 1 光線束群に属する数が 4、第二半径 R2 の第 2 光線束群に属する数が 3、第三半径 R3 の第 3 光線束群に属する数が 2、第四半径 R4 の第 4 光線束群に属する数が 1 となっている。

【0069】

つまり、光軸15からの距離が同一の光線束群に属する数が、光軸15から離れるにつれて逓減している。従って、光導波路13の出射面16から出射される光は、出射角 θ_2 が大きくなるほど光強度が逓減する角度分布を示す。これにより、図10に例示したように、光源装置を放電ランプとした場合の角度分布に近い角度分布を得ることができる。

【0070】

上述したような、放電ランプを用いた光源装置から出射される光の角度分布に近い光を出射する露光用光源装置1は、以下のように、露光装置の光源として利用することができる。

【0071】

図6は、露光装置70の構成を模式的に示す図面である。図6に示す露光装置70は、上述の第一実施形態の露光用光源装置1を備えているが、第二実施形態の露光用光源装置1を備えるものであっても構わない。そして、光導波路13の後段に、位置分布を均一化させるインテグレータ光学系71と投影光学系72及びマスク73を備え、必要に応じて投影レンズ74を備える。投影光学系72によって投影される位置にマスク73を設置し、マスク73の後段にマスク73のパターン像を焼き付ける対象となる感光性基板75を設置する。なお、インテグレータ光学系71には、例えばロッドインテグレータやフライアイレンズのような、入射した光の位置分布の均一性を向上させて出射する光学系が用いられる。

【0072】

この状態で、光導波路13から光が出射されると、インテグレータ光学系71によって位置分布が均一化されて、投影光学系72に照射される。投影光学系72は、この光を、マスク73のパターン像を直接又は投影レンズ74を介して感光性基板75上に投影する。

【0073】

露光装置70は、上記各実施形態で説明した露光用光源装置1を備えることで、半導体レーザ光源を用いて、放電ランプを用いた光源装置から出射される光の角度分布に近い光を露光することができる。

【0074】

〔別実施形態〕

以下、別実施形態について説明する。

【0075】

〈1〉 図5は、露光用光源装置の別実施形態の構成例を模式的に示す図面である。図5が示すように、集光光学系12の入射面20において、楕円形状を呈する光線束22の長軸22Lが、光軸15側を向く楕円形状を呈している。

【0076】

このような構成によれば、上述のように、集光光学系12の入射面20において、それぞれの光線束22は、光軸15を中心に回転させたときに、径方向30に沿うように長軸22L方向が揃うため、隣接する光線束22同士が重なりやすく、短軸22S方向でそろえる場合に比較して、隣接する光線束22を離間させることができる。従って、図1に示すような、隣接する半導体レーザ光源10や、隣接するコリメート光学系11をより疎に配置することができる。半導体レーザ光源10やコリメート光学系11が疎に配置できれば、それぞれの配置の自由度が高くなり、より配線しやすい構成等を採用することができる。

【0077】

〈2〉 図4Aに示すように、本発明の構成は集光光学系12の入射面20において、光軸15を中心に回転させて、同一の径方向30に向かって並べたときに、隣接する光線束22の一部が重なっており、光軸15からの距離が同一である光線束群に属する光線束の数が、光軸15からの距離が同一の光線束群に属する数が、光軸15から離れるにつれて逓減していればよく、半導体レーザ光源10とコリメート光学系11の配置は、上記実

10

20

30

40

50

施形態には限られない。

【0078】

例えば、露光用光源装置の一つの実施形態としては、半導体レーザ光源10から出射され、コリメート光学系11によって略平行光に変換された光線束22が入射する光ファイバを備えていてもよい。集光光学系12に入射した光線束22が、集光光学系12の入射面20上において、光軸15を中心に回転させて、同一の径方向30に向かって並べたときに、隣接する光線束22の一部が重なり、光軸15からの距離が同一の光線束群に属する数が、光軸15から離れるにつれて逓減するように、当該光ファイバの出射面が配置された構成であってもよい。

【0079】

〈3〉 上記実施形態では、半導体レーザ光源10に含まれる半導体レーザチップは、図8を参照して説明した各半導体レーザチップ200と同様の、いわゆる「端面発光型」の構造である場合を想定して説明した。しかし、本発明は、各半導体レーザチップが、半導体層の積層方向に光が取り出される、いわゆる「面発光型」の構造であっても、同様に適用可能である。ただし、この場合には、集光光学系12の入射面20上に入射される光線束は、ほぼ真円形状を呈する。

【符号の説明】

【0080】

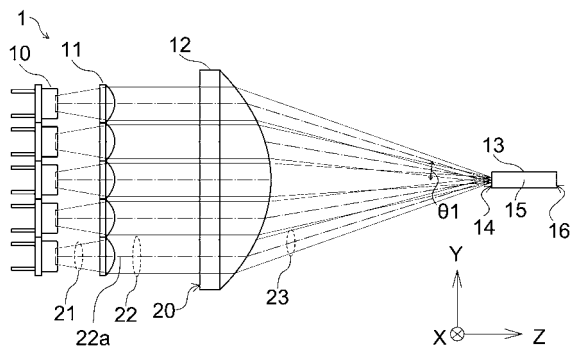
1	:	光源装置	
10, 10p, 10m	:	半導体レーザ光源	20
11, 11p, 11m	:	コリメート光学系	
12	:	集光光学系	
13	:	光導波路	
14	:	光導波路入射面	
15	:	光軸	
16	:	光導波路出射面	
20	:	集光光学系入射面	
21	:	光線束	
22, 22p, 22m	:	光線束	
22a	:	主光線	30
22L	:	光線束の長軸	
22S	:	光線束の短軸	
23	:	光線束	
24	:	光線束	
25	:	光線束	
30	:	径方向	
40	:	ミラー	
70	:	露光装置	
71	:	インテグレート光学系	
72	:	投影光学系	40
73	:	マスク	
74	:	投影レンズ	
75	:	感光性基板	
100	:	半導体レーザ光源	
101	:	コリメートレンズ	
102	:	集光レンズ	
103	:	集光レンズ入射面	
104	:	ロッドインテグレート	
105	:	ロッドインテグレート入射面	
106	:	ロッドインテグレート出射面	50

1 1 0 a, 1 1 0 b, 1 1 0 c	:	主光線
1 1 1 a, 1 1 1 b, 1 1 1 c	:	主光線
1 2 1, 1 2 1 a, 1 2 1 b, 1 2 1 c	:	光線束
1 2 2 a, 1 2 2 b, 1 2 2 c	:	光線束
1 2 3 a, 1 2 3 b, 1 2 3 c	:	光線束
1 3 0	:	領域
1 4 0	:	光軸
1 5 0	:	焦点位置
2 0 0	:	半導体レーザチップ
2 0 1	:	エミッタ
$\theta 1$	:	入射角
$\theta 2$	:	出射角
$\alpha 1, \alpha 2$	:	入射角
R 1	:	第一半径
R 2	:	第二半径
R 3	:	第三半径
R 4	:	第四半径
L 1	:	照射重複領域
L 2	:	照射領域
S 1, S 2	:	面積

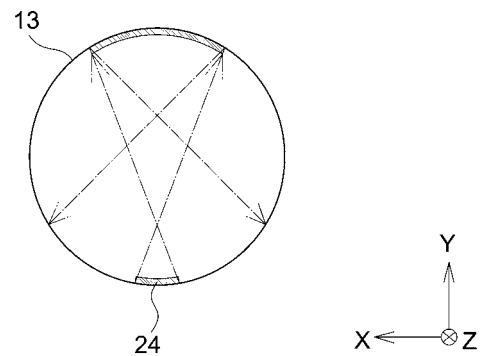
10

20

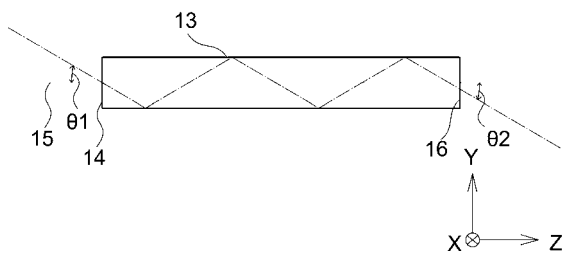
【図 1】



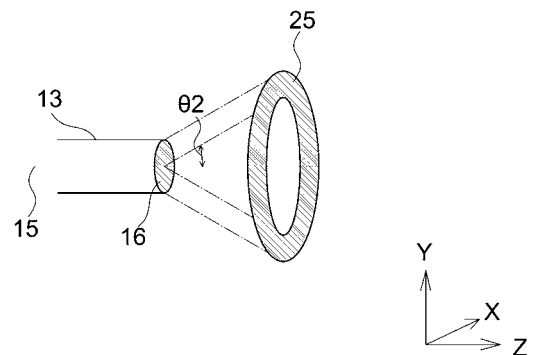
【図 2 B】



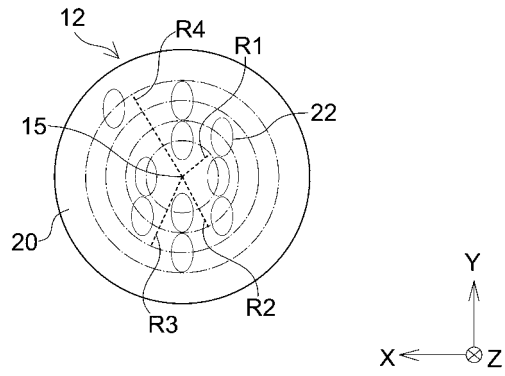
【図 2 A】



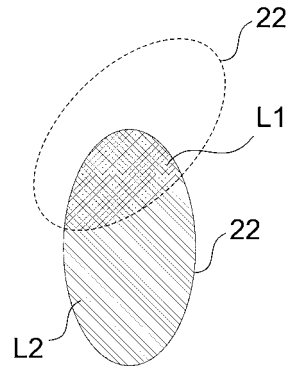
【図 2 C】



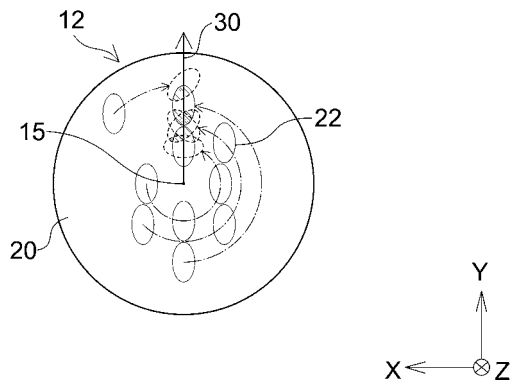
【図 3 A】



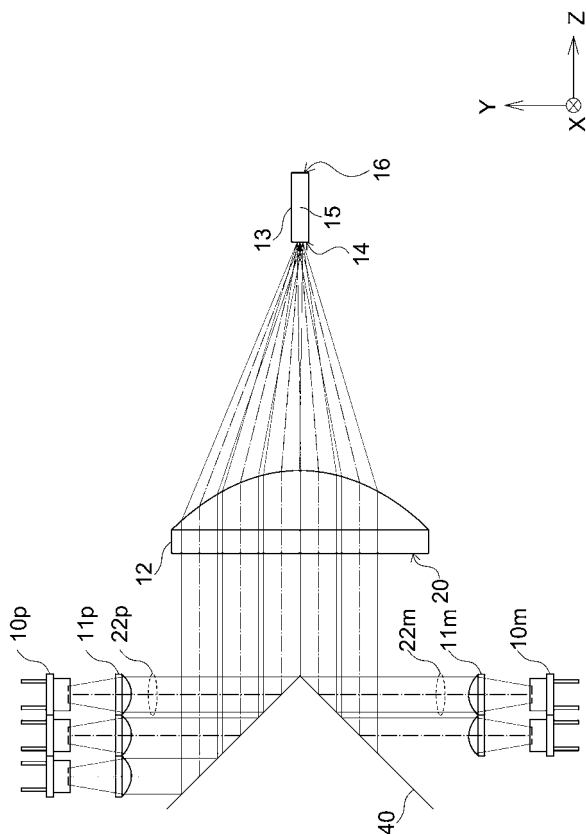
【図 3 C】



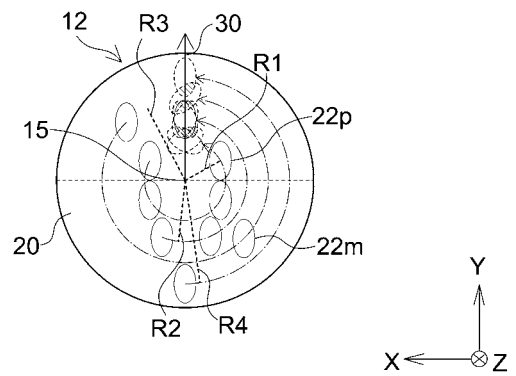
【図 3 B】



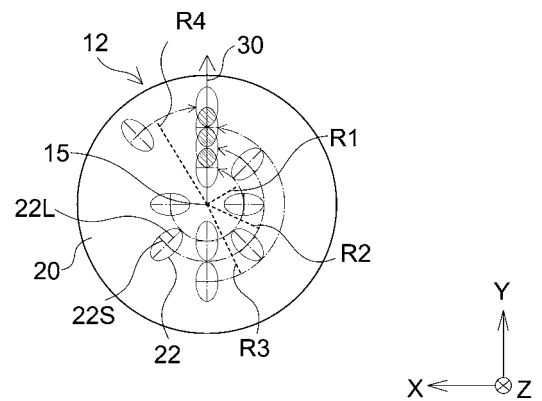
【図 4 A】



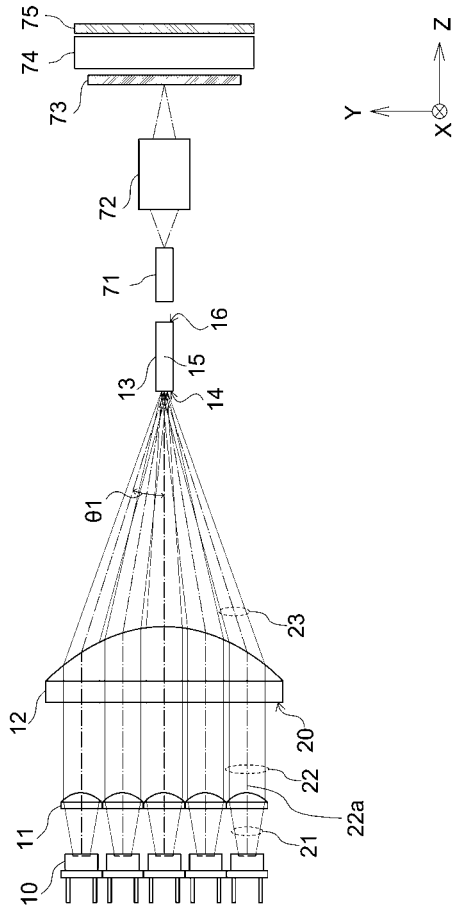
【図 4 B】



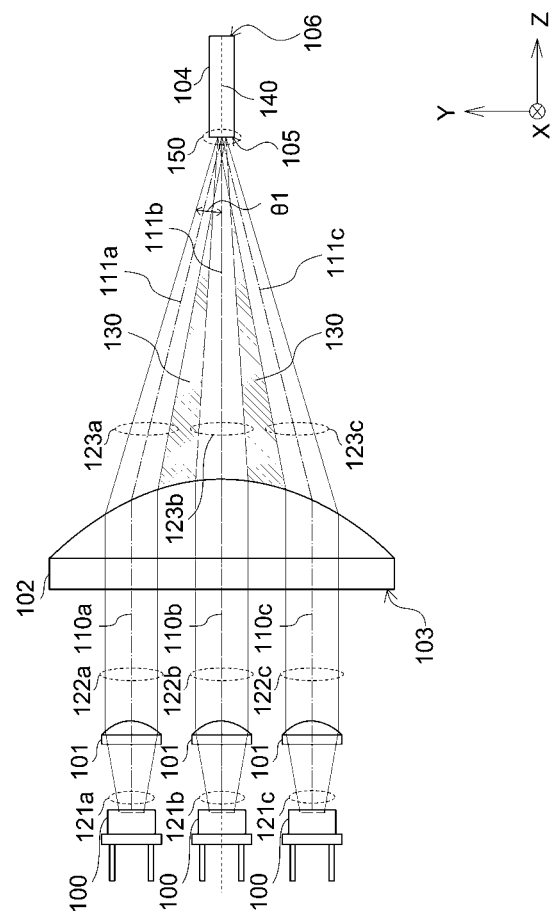
【図 5】



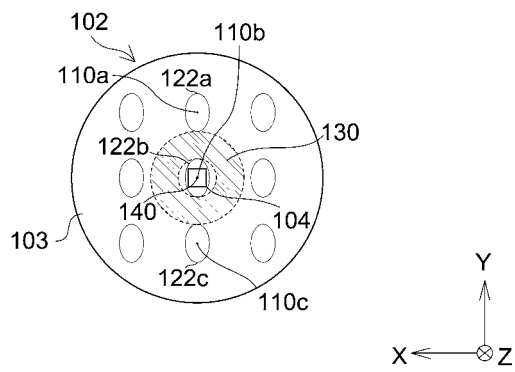
【図 6】



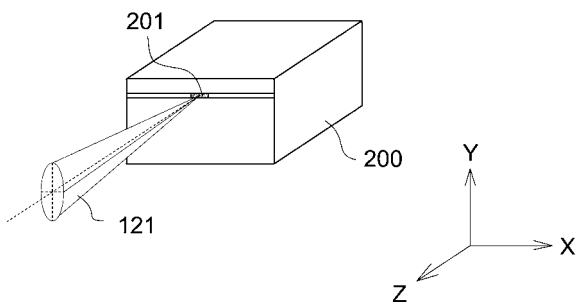
【図 7 A】



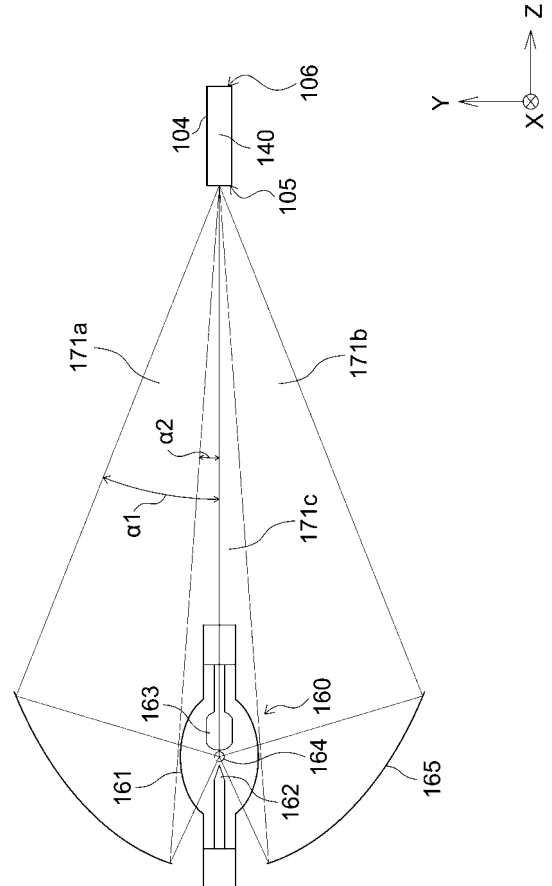
【図 7 B】



【図 8】



【図 9】



【図 10】

