



MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, 添付公開書類:
TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, — 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

明 細 書

発明の名称：光源装置

技術分野

[0001] 本発明は、光源装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、発光ガスを封入した発光封体の筐体内にレーザ光を照射し、発生したプラズマを利用する光源装置がある（例えば特許文献 1，2 を参照）。例えば特許文献 1 に記載の光源装置では、ガラス製の筐体内に配置した対向電極間に給電することで電極間の放電によるプラズマを発生させ、当該プラズマにレーザ光を継続して照射することでプラズマ発光であるレーザ支持光を点灯・維持している。また、例えば特許文献 2 に記載の光源装置では、キセノンランプ内に配置された電子放出金属にパルスレーザ光を照射することでパルス状のプラズマ発光を点灯させている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献 1：特表 2009-532829 号公報

特許文献 2：特開平 4-144053 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、例えば特許文献 1 に記載の光源装置では、対向電極間でプラズマが発生し続けることによって対向電極がスパッタリングされ、対向電極の消耗によって発光封体の寿命が短くなるおそれがあった。また、スパッタリングされた物質が筐体の内壁に付着することでレーザ光の入射やレーザ支持光の取出しが阻害されるため、レーザ支持光の発光強度が徐々に低下していき、発光封体としての寿命が短くなるおそれがあった。

[0005] また、例えば特許文献 2 に記載の光源装置に対して、パルス状のプラズマ発光を連続光とするためには、パルスレーザ光に代えて連続レーザ光を用い

ることが考えられる。しかしながら、連続レーザ光を電子放出金属に照射し続けた場合、電子放出金属が連続レーザ光によってスパッタリングされ、電子放出金属の消耗によって発光封体の寿命が短くなるおそれがあった。また、スパッタリングされた物質が筐体の内壁に付着することでレーザ光の入射やレーザ支持光の取出しが阻害されるため、レーザ支持光の発光強度が徐々に低下していき、発光封体の寿命が短くなるおそれがあった。

[0006] 本発明は、上記課題の解決のためになされたものであり、筐体内でのスパッタリングを抑制し、十分な長寿命化が図られる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

[0007] 上記課題の解決のため、本発明に係る光源装置は、レーザ光を出射するレーザ部と、内部空間に発光ガスが封入された発光封体、及び、内部空間に点灯開始領域を有する光源と、レーザ光を内部空間に導光する光学系と、点灯開始領域におけるレーザ光のエネルギー密度を制御する制御部と、を備え、光源は、内部空間において、レーザ部からのレーザ光の照射によって点灯する発光ガスのプラズマ発光であるレーザ支持光を、レーザ部からのレーザ光の照射によって維持し、制御部は、レーザ支持光維持時の点灯開始領域におけるレーザ光のエネルギー密度を、レーザ支持光点灯時の点灯開始領域におけるレーザ光のエネルギー密度に対して低くする。

[0008] この光源装置では、制御部は、レーザ支持光維持時の点灯開始領域におけるレーザ光のエネルギー密度をレーザ支持光点灯時の点灯開始領域におけるレーザ光のエネルギー密度に対して低くしている。そのため、レーザ支持光維持時には、スパッタリングが生じない程度のエネルギー密度で点灯開始領域にレーザ光が照射される。したがって、この光源装置では、発光封体内でのスパッタリングを抑制できるため、十分な長寿命化が図られる。

[0009] 光源は、内部空間に配置され、レーザ光の照射によって電子を放射する易電子放射物質を含有する電子放射構造体を更に有していてもよい。この場合、電子放射構造体のスパッタリングを抑制できる。

- [0010] 光源は、点灯開始領域を挟むように互いに対向する対向電極を更に有していてもよい。この場合、対向電極間におけるプラズマの発生をスパッタリングが生じない程度に抑制できる。
- [0011] 制御部は、レーザ支持光維持時のレーザ光の集光位置をレーザ支持光点灯時のレーザ光の集光位置に対して点灯開始領域から離間する方向に移動させる集光位置移動部を有していることが好ましい。この場合、レーザ支持光維持時には、レーザ光の集光位置が点灯開始領域から離間しているため、発光封体内でのスパッタリングを確実に抑制できる。
- [0012] 集光位置移動部は、レーザ光の集光位置をレーザ光の光軸方向に移動させることが好ましい。この場合、レーザ支持光維持時にレーザ光の集光位置を容易に点灯開始領域から離間させることができる。
- [0013] 集光位置移動部は、レーザ光の内部空間における光路長を調整する光路長調整部を有していることが好ましい。この場合、光路長調整部によって、レーザ支持光点灯時にはレーザ光の集光位置を適切な位置に保ちつつ、レーザ支持光維持時にはレーザ光の集光位置を容易に点灯開始領域から離間させることができる。
- [0014] 集光位置移動部は、レーザ支持光維持時の光学系の位置をレーザ支持光点灯時の光学系の位置に対して移動させる光学系移動部を有していることが好ましい。この場合、光学系を移動させることで、レーザ光の集光位置を容易に点灯開始領域から離間させることができる。
- [0015] 集光位置移動部は、レーザ支持光維持時の発光封体の位置をレーザ支持光点灯時の発光封体の位置に対して移動させる発光封体移動部を有していることが好ましい。この場合、発光封体を移動させることで、レーザ光の集光位置を容易に点灯開始領域から離間させることができる。
- [0016] 光学系は、レーザ支持光点灯時及び維持時のいずれにおいても、レーザ光を点灯開始領域から離間した位置に集光させることが好ましい。この場合、最もエネルギー密度の高いレーザ光の集光位置が常に点灯開始領域以外の位置にあるため、発光封体内でのスパッタリングを抑制できる。したがって、

光源装置の十分な長寿命化が図られる。

- [0017] 制御部は、レーザ支持光維持時のレーザ部からのレーザ光の出射エネルギーをレーザ支持光点灯時のレーザ部からのレーザ光の出射エネルギーに対して低くすることが好ましい。この場合、レーザ光の集光位置を機械的に移動させる必要がないため、レーザ光の集光位置を適切な位置に保つことができる。
- [0018] 光源が電子放射構造体を更に有する場合、制御部は、レーザ支持光維持時のレーザ光の集光位置をレーザ支持光点灯時のレーザ光の集光位置に対して電子放射構造体から離間する方向に移動させる集光位置移動部を有していることが好ましい。この場合、レーザ支持光維持時には、レーザ光の集光位置が電子放射構造体から離間しているため、電子放射構造体がスパッタリングされることを確実に抑制できる。
- [0019] 光源が電子放射構造体を更に有する場合、集光位置移動部は、レーザ支持光維持時の電子放射構造体の位置をレーザ支持光点灯時の電子放射構造体の位置に対して移動させる電子放射構造体移動部を有していることが好ましい。この場合、電子放射構造体を移動させることで、レーザ光の集光位置を容易に電子放射構造体から離間させることができる。
- [0020] 光源が電子放射構造体を更に有する場合、集光位置移動部は、レーザ支持光維持時のレーザ光の内部空間における光路長をレーザ支持光点灯時のレーザ光の内部空間における光路長に対して短くする光路長調整部を有していることが好ましい。この場合、光路長調整部によって、レーザ支持光点灯時にはレーザ光の集光位置を適切な位置に保ちつつ、レーザ支持光維持時にはレーザ光の集光位置を容易に電子放射構造体から離間させることができる。
- [0021] 光源が電子放射構造体を更に有する場合、集光位置移動部は、レーザ光の集光位置をレーザ光の光軸方向と交わる方向に移動させることが好ましい。この場合、レーザ支持光維持時にレーザ光の集光位置を容易に電子放射構造体から離間させることができる。
- [0022] 光源が電子放射構造体を更に有する場合、集光位置移動部は、レーザ支持

光維持時の光学系の位置をレーザ支持光点灯時の光学系の位置に対して移動させる光学系移動部を有していることが好ましい。この場合、光学系を移動させることで、レーザ光の集光位置を容易に電子放射構造体から離間させることができる。

[0023] 光源が電子放射構造体を更に有する場合、集光位置移動部は、レーザ支持光維持時の発光封体の位置をレーザ支持光点灯時の発光封体の位置に対して移動させる発光封体移動部を有していることが好ましい。この場合、発光封体を移動させることで、レーザ光の集光位置を容易に電子放射構造体から離間させることができる。

[0024] 光源が電子放射構造体を更に有する場合、電子放射構造体には、レーザ支持光点灯時にレーザ光の集光位置が位置する面が、レーザ光の光軸に対して傾斜して形成されていることが好ましい。この構成により、光学系を厳密に調整しなくとも、レーザ光の集光位置を電子放射構造体の表面に位置させることができる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、筐体内でのスパッタリングを抑制し、十分な長寿命化が図られる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の第1実施形態に係る光源装置を示す図である。

[図2]図1に示した光源装置が備える光学部材（光路長調整部）の一例を示す図である。

[図3]図2に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯前における状態を示す図である。

[図4]図2に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図5]図2に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯後（維持時）における状態を示す図である。

[図6]第1実施形態の変形例に係る光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光

点灯時における状態を示す図である。

[図7]図6に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯後（維持時）における状態を示す図である。

[図8]第1実施形態の他の変形例に係る光学部材（光路長調整部）を構成する透明媒体を示す図である。

[図9]本発明の第2実施形態に係る光源装置のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図10]図9に示した光源装置のレーザ支持光点灯後（維持時）における状態を示す図である。

[図11]本発明の第3実施形態に係る光源装置のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図12]図11に示した光源装置のレーザ支持光点灯後（維持時）における状態を示す図である。

[図13]本発明の第4実施形態に係る光源装置を構成する発光封体のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図14]図13に示した発光封体のレーザ支持光点灯後（維持時）における状態を示す図である。

[図15]第4実施形態の変形例に係る光源装置を構成する発光封体を示す図であり、（a）はレーザ支持光点灯時、（b）はレーザ支持光点灯後（維持時）を示す。

[図16]本発明の第5実施形態に係る光源装置を示す図である。

[図17]図16に示した光源装置の作用を示す図であり、（a）はレーザ支持光点灯時、（b）はレーザ支持光点灯後（維持時）を示す。

[図18]本発明の第6実施形態に係る光源装置のレーザ支持光点灯前における状態を示す図である。

[図19]図18に示した光源装置のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図20]図18に示した光源装置のレーザ支持光点灯後（維持時）における状

態を示す図である。

[図21]第6実施形態の変形例に係る光源装置を構成する金属構造体（電子放射構造体）を示す要部拡大図である。

[図22]図21に示した金属構造体（電子放射構造体）の作用を示す要部拡大図である。

[図23]本発明の第7実施形態に係る光源装置を示す図である。

[図24]図23に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図25]図23に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯後における状態を示す図である。

[図26]図23に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯時における他の態様を示す図である。

[図27]図23に示した光学部材（光路長調整部）のレーザ支持光点灯後における他の態様を示す図である。

[図28]本発明の第8実施形態に係る光源装置のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図29]図28に示した光源装置のレーザ支持光点灯後における状態を示す図である。

[図30]本発明の第9実施形態に係る光源装置のレーザ支持光点灯時における状態を示す図である。

[図31]図30に示した光源装置のレーザ支持光点灯後における状態を示す図である。

[図32]本発明の第10実施形態に係る光源装置を示す図である。

[図33]図32に示した光源装置の作用を示す図であり、（a）はレーザ支持光点灯時、（b）はレーザ支持光点灯後を示す。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、図面を参照しながら、本発明に係る光源装置の好適な実施形態について詳細に説明する。

[0028] [第1実施形態]

図1は、本発明の第1実施形態に係る光源装置を示す概略図である。同図に示すように、光源装置1は、連続レーザ光を出射するレーザ部2と、レーザ部2からの連続レーザ光Lを導光する光学系3と、連続レーザ光Lの照射によって電子を放射する易電子放射物質を含有する金属構造体（電子放射構造体）13及び発光ガスGを収容する発光封体11（光源7）とを含んで構成されている。この光源装置1では、金属構造体13に連続レーザ光Lを照射すると、金属構造体13の近傍における連続レーザ光Lの照射領域に、発光ガスGによるプラズマが発生する。なお、プラズマは、連続レーザ光Lの照射によって金属構造体13から放射された電子が発光ガスGをイオン化し、イオン化された発光ガスGに連続レーザ光Lが照射されることで発生していると推測される。そして、発生したプラズマに連続レーザ光Lを継続的に照射する（プラズマに対して継続的にレーザエネルギーを供給する）ことで、光源7である発光封体11において、連続レーザ光Lの集光位置Fを含む所定の発光領域（点灯開始領域RS）を有するプラズマ発光である高輝度のレーザ支持光を点灯・維持させることができる。レーザ支持光は、例えば半導体検査用の光源や分光計測用の光として使用される。

[0029] レーザ部2は、例えばレーザダイオードである。レーザ部2からは、発光ガスGの吸収スペクトルに合わせた波長、例えば波長980nmの連続レーザ光Lが出射する。なお、レーザ部2からは、パルスレーザ光が出射していてもよい。連続レーザ光Lの出力は、例えば60W程度となっている。レーザ部2から出射した連続レーザ光Lは、光ファイバ4によって光学系3に導光される。光学系3は、レーザ部2からの連続レーザ光Lを発光封体11に向けて集光する光学系である。光学系3は、例えば2つのレンズ5、6によって構成されている。光ファイバ4のヘッド4aから出射した連続レーザ光Lは、レンズ5によって平行光化した後、レンズ6によって光軸LAをもって発光封体11に向けて集光する。集光された連続レーザ光Lの直径は、例えば直径120 μ m程度である。

[0030] 発光封体 11 は、より具体的には、内部空間 S に発光ガス G が高压に封入されたバルブ（筐体） 12 と、連続レーザ光 L の照射によって電子を放射する易電子放射物質を含有する金属構造体 13 とによって構成されている。

[0031] バルブ 12 は、例えばガラスによって中空に形成されており、金属構造体 13 が位置すると共に球状の外径及び球状の内部空間 S を有する球状部分（本体部） 12a と、球状部分 12a の一部から円柱状に突出する突出部分（突出部） 12b とを有している。バルブ 12 の内部空間 S には、発光ガス G として例えばキセノンガスが高压で封入されている。本実施形態では、球状部分 12a のうち、突出部分 12b と反対側に位置する頂部 12c が連続レーザ光 L の入射部分（レーザ入射窓部 LW）となっている。なお、レーザ入射窓部 LW は、後述する金属構造体 13 における連続レーザ光 L の入射部に臨んでいればよく、球状部分 12a の頂部 12c 以外の部分に位置していてもよい。

[0032] 金属構造体 13 は、例えばタングステンといった高融点金属によって形成され、易電子放射物質として例えばバリウムを含有する電子放射部 13a と、電子放射部 13a を支持する支持部 13b とを有している。連続レーザ光 L が照射される電子放射部 13a は、図 1 に示すように、例えば細径の円柱状に形成され、連続レーザ光 L の入射部となる先端 13c がバルブ 12 の頂部 12c（レーザ入射窓部 LW）を向くようにして球状部分 12a の内部に配置されている。なお、連続レーザ光 L の入射部は、先端 13c に限られず、電子放射部 13a の側面部であってもよい。

[0033] 一方、支持部 13b は、例えばモリブデンといった高融点金属によって円柱状に形成された棒状部材 15 を有している。支持部 13b の先端側には、電子放射部 13a（先端 13c）が球状部分 12a 内の内部空間 S の所望の位置に配置されるように支持されており、支持部 13b の基端側は、突出部分 12b 内の内部空間 S に配置されている。なお、電子放射部 13a と支持部 13b とは、必ずしも構成材料を変える必要はなく、電子放射部 13a に用いる材料で支持部 13b を一体に形成してもよい。また、同一の金属で基

体を一体に形成し、電子放射部 13a に相当する部分にのみ易電子放射物質を含有させてもよい。また、電子放射部 13a や金属構造体 13 の全体が易電子放射物質自体で構成されていてもよい。さらに、電子放射構造体は、タングステンやモリブデンといった金属（導電物）の基体から構成された金属構造体に限られず、セラミック等の絶縁物の基体から構成されていてもよい。

[0034] 以上のように、発光封体 11 では、発光ガス G が封入されたバルブ 12 内に易電子放射物質を含有する金属構造体 13 が収容されている。金属構造体 13 を用いることにより、この発光封体 11 では、金属構造体 13 への連続レーザ光 L の照射によってプラズマを発生させると共に、プラズマに連続レーザ光 L を継続して照射させることで高輝度のレーザ支持光を点灯開始領域 RS に点灯・維持することができる。なお、発光封体 11 からプラズマ発光を取り出す際には、連続レーザ光 L の光軸 LA と交差する方向から取り出すことが好ましく、直交する方向から取り出すことがより好ましい。

[0035] また、光源装置 1 は、集光位置移動部として、連続レーザ光 L の光路長を調整するための光路長調整部 51 を備えている。より詳細には、光路長調整部 51 は、バルブ 12 の内部空間 S における、レーザ入射窓部 LW から集光位置 F までの連続レーザ光 L の光軸 LA の長さである光路長 LL を調整する。光路長調整部 51 としては、例えば図 2 に示すような光学部材 8 を用いる。光学部材 8 は、板状の透明媒体 9 と、透明媒体 9 を支持する棒状の回転アクチュエータ 10 とによって構成されている。透明媒体 9 は、回転アクチュエータ 10 によって、回転アクチュエータ 10 の軸方向に対して回転可能となっている。光源装置 1 では、光学部材 8 は、透明媒体 9 が光学系 3 と発光封体 11 との間に介在可能なように配置されている。

[0036] 透明媒体 9 は、例えば合成石英ガラスといった空気（発光封体 11 外部のレーザ光照射雰囲気）よりも高い屈折率を有する材料によって形成されている。また、透明媒体 9 は、図 2 に示すように 3/4 円形の平面形状をなしており、1/4 円ごとに連続レーザ光 L の光軸 LA 方向の厚さ（連続レーザ光

Lが透過する長さ）が異なる。具体的には、透明媒体9は、例えば2 mm程度の厚さを有する1／4円形の平面形状をなす第1の領域R1と、第1の領域R1に隣接し、例えば4 mm程度の厚さを有する1／4円形の平面形状をなす第2の領域R2と、第2の領域R2に隣接し、例えば2 mm程度の厚さを有する1／4円形の平面形状をなす第3の領域R3とによって構成されている。なお、便宜的に、第1の領域R1と第3の領域R3とに挟まれた透明媒体9が存在しない領域を第4の領域R4とよぶ。

[0037] 図3～5は、それぞれ光学部材8（光路長調整部51）の作用を示す切断端面図である。まず、図3に示すように、レーザ支持光点灯前には、光学系3と発光封体11との間に透明媒体9の第1の領域R1を介在させる。これにより、連続レーザ光Lは透明媒体9によって屈折し、連続レーザ光Lの集光位置Fは電子放射部13a（金属構造体13）とレーザ入射窓部LW側の間の空間領域に位置する。このときの電子放射部13a（金属構造体13）の表面（点灯開始領域RS）における連続レーザ光Lのエネルギー密度は、例えば260 kW/cm²程度となっている。

[0038] 続いて、図4に示すように、レーザ支持光LS点灯時には、図3の状態から透明媒体9を回転アクチュエータ10によって回転させることで、光学系3と発光封体11との間に透明媒体9の第2の領域R2を介在させる。この場合、透明媒体9の第2の領域R2は第1の領域R1よりも厚いため、連続レーザ光Lの集光位置Fはレーザ支持光LS点灯前の連続レーザ光Lの集光位置Fに対して金属構造体13側に移動することとなる。これにより、レーザ支持光LS点灯時には、例えば連続レーザ光Lは電子放射部13a（金属構造体13）の略表面で集光しており、電子放射部13a（金属構造体13）の表面（点灯開始領域RS）における連続レーザ光Lのエネルギー密度は、例えば530 kW/cm²程度となっている。

[0039] 続いて、レーザ支持光LS点灯後（レーザ支持光LS維持時）には、図4の状態から透明媒体9を回転アクチュエータ10によって回転させることで、図5に示すように、光学系3と発光封体11との間に第4の領域R4を介

在させる。この場合、第4の領域R4には透明媒体が存在しないため、連続レーザ光Lの集光位置Fはレーザ支持光LS点灯前（図3）及びレーザ支持光LS点灯時（図4）の連続レーザ光Lの集光位置Fに対して、連続レーザ光Lの光軸LA方向において金属構造体13（点灯開始領域RS）からより離間する位置（レーザ入射窓部LWにより近い位置）の空間領域に移動している。このときの電子放射部13a（金属構造体13）の表面（点灯開始領域RS）における連続レーザ光Lのエネルギー密度は、例えば 260 kW/cm^2 以下となっている。

[0040] このように、光学系3と発光封体11との間に介在する透明媒体9の厚さを調整することによって内部空間Sにおける連続レーザ光Lの光路長LLを調整し、連続レーザ光Lの集光位置Fを移動させる。これにより、電子放射部13a（金属構造体13）の表面（点灯開始領域RS）における連続レーザ光Lのエネルギー密度を、レーザ支持光LS点灯前、点灯時、及び点灯後（維持時）の各状態に適したエネルギー密度とすることが可能となる。より具体的には、レーザ支持光LS点灯前には、スパッタリングが生じない程度のエネルギー密度で連続レーザ光Lを電子放射部13a（金属構造体13）に照射することで、電子放射部13a（金属構造体13）を加熱することが可能となる。そのため、後続のレーザ支持光LS点灯時において電子放射部13a（金属構造体13）から電子を放出させやすくすることができ、レーザ支持光LSを点灯させることが容易となる。また、レーザ支持光LS点灯時には、レーザ支持光LSの点灯に十分なエネルギー密度で連続レーザ光Lを電子放射部13a（金属構造体13）の適切な位置に対して照射できるため、レーザ支持光LSを点灯開始領域RSで確実に点灯させることができる。そして、レーザ支持光LS点灯後（レーザ支持光LS維持時）には、レーザ支持光LSを維持すると共に、金属構造体13においてスパッタリングが生じない程度のエネルギー密度とすることができる。また、連続レーザ光Lの集光位置Fが電子放射部13a（金属構造体13（点灯開始領域RS））から離間するのに伴って、プラズマ発光であるレーザ支持光LSも電子放射

部 1 3 a (金属構造体 1 3 (点灯開始領域 R S)) から離間するため、レーザ支持光 L S による金属構造体 1 3 のスパッタリングも抑制できる。よって、スパッタリングによる金属構造体 1 3 の劣化及びバルブ 1 2 の内壁の汚れを抑制して発光封体 1 1 (光源 7) の長寿命化を実現できるため、光源装置として十分な長寿命化が図られる。

[0041] なお、レーザ支持光 L S 点灯後に、光学系 3 と発光封体 1 1 との間に介在させる領域を第 2 の領域 R 2 から第 4 の領域 R 4 に変える途中に、第 2 の領域 R 2 と第 4 の領域 R 4 との中間の厚さを有する第 3 の領域 R 3 を介在させる。これにより、連続レーザ光 L の集光位置 F を段階的に金属構造体 1 3 から離間するように移動させることができるため、レーザ支持光 L S の発光領域も段階的に金属構造体 1 3 (点灯開始領域 R S) から離間するように移動させることができる。したがって、連続レーザ光 L の集光位置 F の移動前後における発光領域の一部同士が重なりやすくなることによりプラズマの維持が容易となるため、レーザ支持光 L S を維持することが容易となる。一方、光学系 3 と発光封体 1 1 との間に介在させる領域を第 2 の領域 R 2 から第 4 の領域 R 4 に一挙に変える場合、連続レーザ光 L の集光位置 F も一挙に移動することとなり、プラズマが集光位置 F の移動に追従できない場合がある。そのため、プラズマの維持が困難となり、レーザ支持光 L S が消灯してしまう可能性がある。

[0042] 光学部材 8 (光路長調整部 5 1) の構成は、他の態様をとり得る。光学部材 8 は、例えば空間光変調素子といった光変調素子によって構成されていてもよい。また、光学部材 8 は、例えば図 6, 7 に示すように、連続レーザ光 L の光軸 L A 方向の厚さ (連続レーザ光 L が透過する長さ) が略均一な板状の透明媒体 2 9 と、透明媒体 2 9 を保持するアクチュエータ 3 0 とによって構成される光学部材 2 8 であってもよい。アクチュエータ 3 0 に保持された透明媒体 2 9 は、レーザ支持光 L S 点灯時及び点灯後 (維持時) の状態に応じて連続レーザ光 L の光軸 L A と略直交する方向に移動する。

[0043] すなわち、レーザ支持光 L S 点灯時には、図 6 に示すように、光学系 3 と

発光封体 11 との間に透明媒体 29 を介在させる。このとき、上記第 1 実施形態のレーザ支持光 L S 点灯時と同様に、連続レーザ光 L は、例えば電子放射部 13 a（金属構造体 13）の略表面（点灯開始領域 R S）で集光している。一方、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、図 7 に示すように、透明媒体 29 はアクチュエータ 30 によって光学系 3 と発光封体 11 との間に介在しないように移動される。この場合、上記第 1 実施形態のレーザ支持光 L S 点灯後と同様に、連続レーザ光 L の集光位置 F は、レーザ支持光 L S 点灯時の連続レーザ光 L の集光位置 F に対して連続レーザ光 L の光軸 L A 方向の金属構造体 13（点灯開始領域 R S）から離間する位置に移動することとなる。したがって、この場合でも、上記第 1 実施形態と同様に、金属構造体 13 のスパッタリングを抑制できる。

[0044] また、透明媒体 29 に代えて、例えば図 8（a）に示すような透明媒体 39 を用いることもできる。透明媒体 39 は、一面が他面に対して傾斜していることで、連続レーザ光 L の光軸 L A 方向の厚さ（連続レーザ光 L が透過する長さ）が連続的に変化する板状をなしており、透明媒体 29 と同様にアクチュエータ 30 に保持された状態で用いられる。

[0045] 透明媒体 39 を用いる場合、レーザ支持光 L S 点灯時には、例えば連続レーザ光 L が電子放射部 13 a（金属構造体 13）の略表面（点灯開始領域 R S）で集光するように光学系 3 と発光封体 11 との間に透明媒体 39 を介在させる。続いて、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、透明媒体 39 は、アクチュエータ 30 によって光学系 3 と発光封体 11 との間に介在しないように移動される。このとき、透明媒体 39 の一面が他面に対して傾斜しているため、透明媒体 39 の移動に伴って徐々に連続レーザ光 L の集光位置 F も金属構造体 13（点灯開始領域 R S）から離間するように連続的に移動していく。これにより、レーザ支持光 L S の発光領域も徐々に金属構造体 13（点灯開始領域 R S）から離間するように移動させることができる。したがって、連続レーザ光 L の集光位置 F の移動前後における発光領域の一部同士が重なることによりプラズマの維持が容易となるため、レーザ支持光 L S を

維持することが容易となる。

[0046] また、透明媒体 29 に代えて、例えば図 8 (b) に示すような透明媒体 49 を用いることもできる。透明媒体 49 は、連続レーザ光 L の光軸 L A 方向の厚さ（連続レーザ光 L が透過する長さ）が異なる 2 つの部材が接合されており、例えば 4 mm 程度の厚さを有する第 1 の透明媒体 49 a と、例えば 2 mm 程度の厚さを有する第 2 の透明媒体 49 b とが互いの端面同士で接合した構成となっている。

[0047] 透明媒体 49 を用いる場合、レーザ支持光 L S 点灯時には、例えば連続レーザ光 L が電子放射部 13 a（金属構造体 13）の略表面（点灯開始領域 R S）で集光するように光学系 3 と発光封体 11 との間に第 1 の透明媒体 49 a を介在させる。続いて、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、透明媒体 49 は、アクチュエータ 30 によって光学系 3 と発光封体 11 との間に介在しないように移動される。このとき、透明媒体 49 が厚さの異なる透明媒体 49 a、49 b から構成されているため、透明媒体 49 の移動に伴って段階的に連続レーザ光 L の集光位置 F も金属構造体 13（点灯開始領域 R S）から離間するように移動していく。これにより、レーザ支持光 L S の発光領域も段階的に金属構造体 13（点灯開始領域 R S）から離間するように移動させることができる。したがって、連続レーザ光 L の集光位置 F の移動前後における発光領域の一部同士が重なりやすくなることによりプラズマの維持が容易となるため、レーザ支持光 L S を維持することが容易となる。

[0048] [第 2 実施形態]

図 9, 10 は、それぞれ本発明の第 2 実施形態に係る光源装置を示す図である。以下では、第 2 実施形態に係る光源装置について説明するが、第 1 実施形態と重複する説明は省略する。図 9, 10 に示すように、光源装置 21 では、例えば光学系 3 と光ファイバ 4 のヘッド 4 a とが筐体 17 に収容されている。筐体 17 は、集光位置移動部としてのアクチュエータ 18（光学系移動部 52）に保持されており、レーザ支持光 L S 点灯時及び点灯後（維持時）の状態に応じて、アクチュエータ 18（光学系移動部 52）によって連

続レーザ光Lの光軸LA方向に移動される。

[0049] すなわち、図9に示すように、レーザ支持光LS点灯時には、筐体17は、例えば連続レーザ光Lが電子放射部13a（金属構造体13）の略表面（点灯開始領域RS）で集光するような位置で保持されている。一方、図10に示すように、レーザ支持光LS点灯後（維持時）には、筐体17は、連続レーザ光Lの集光位置Fがレーザ支持光LS点灯時の集光位置Fに対して金属構造体13（点灯開始領域RS）から離間するように、アクチュエータ18によって例えば連続レーザ光Lの光軸LAに沿って移動される。

[0050] このように、光学系3を含む筐体17をアクチュエータ18（光学系移動部52）によって移動させるという簡易な構成で、連続レーザ光Lの集光位置Fを容易に金属構造体13（点灯開始領域RS）から離間させることができる。

[0051] 上記第2実施形態では、筐体17はアクチュエータ18によって連続レーザ光Lの光軸LA方向に移動していたが、レーザ支持光LS点灯後（維持時）の連続レーザ光Lの集光位置Fがレーザ支持光LS点灯時の連続レーザ光Lの集光位置Fに対して金属構造体13（点灯開始領域RS）から離間する位置となるのであれば、筐体17の移動方向は連続レーザ光Lの光軸LA方向とは異なる方向（例えば連続レーザ光Lの光軸LAと交わる方向）であってもよい。

[0052] [第3実施形態]

図11, 12は、それぞれ本発明の第3実施形態に係る光源装置を示す図である。以下では、第3実施形態に係る光源装置について説明するが、第1, 2実施形態と重複する説明は省略する。図11, 12に示すように、光源装置31では、発光封体11は、アクチュエータ18（発光封体移動部53）に保持されており、レーザ支持光LS点灯時及び点灯後（維持時）の状態に応じて、集光位置移動部としてのアクチュエータ18（発光封体移動部53）によって連続レーザ光Lの光軸LA方向に移動される。

[0053] すなわち、図11に示すように、レーザ支持光LS点灯時には、発光封体

11は、例えば連続レーザ光Lが電子放射部13a（金属構造体13）の略表面（点灯開始領域RS）で集光するような位置で保持されている。一方、図12に示すように、レーザ支持光LS点灯後（維持時）には、発光封体11は、連続レーザ光Lの集光位置Fがレーザ支持光LS点灯時の集光位置Fに対して金属構造体13（点灯開始領域RS）から離間するように、アクチュエータ18によって例えば連続レーザ光Lの光軸LAに沿って移動される。

[0054] このように、発光封体11をアクチュエータ18（発光封体移動部53）によって移動させるという簡易な構成で、連続レーザ光Lの集光位置Fを容易に金属構造体13（点灯開始領域RS）から離間させることができる。

[0055] 上記第3実施形態では、発光封体11はアクチュエータ18によって連続レーザ光Lの光軸LA方向に移動していたが、レーザ支持光LS点灯後（維持時）の連続レーザ光Lの集光位置Fがレーザ支持光LS点灯時の連続レーザ光Lの集光位置Fに対して金属構造体13（点灯開始領域RS）から離間する位置となるのであれば、発光封体11の移動方向は連続レーザ光Lの光軸LA方向とは異なる方向（例えば連続レーザ光Lの光軸LAと交わる方向）であってもよい。

[0056] [第4実施形態]

図13、14は、それぞれ本発明の第4実施形態に係る光源装置を構成する発光封体を示す図である。以下では、第4実施形態に係る光源装置を構成する発光封体について説明するが、第1～3実施形態と重複する説明は省略する。

[0057] 図13、14に示すように、発光封体61（光源7）は、支持部13bである棒状部材15を把持する小径部16を有している。小径部16は、突出部分12bの内壁の一部を用いて設けられ、棒状部材15に当接するように突出部分12bの内径が他の部分よりも縮径された状態となっている。なお、小径部16は、棒状部材15の周面に接触しているだけであり、棒状部材15への融着はなされていない。また、小径部16は、図13、14に例示

した位置よりも基端寄り（図面下側）に設けてもよく、先端側（図面上側）寄りに設けてもよい。さらに、小径部 1 6 を複数設けてもよい。

[0058] また、金属構造体 1 3（電子放射構造体）には、小径部 1 6 に通された棒状部材 1 5 の端部において小径部 1 6 に当接可能となるように設けられた大径部 1 3 d が設けられている。さらに、大径部 1 3 d の位置に対応するように突出部分 1 2 b の外壁側に、集光位置移動部として、コイル 1 4（電子放射構造体移動部 5 4）が設けられている。コイル 1 4（電子放射構造体移動部 5 4）は、棒状部材 1 5 側の大径部 1 3 d が突出部分 1 2 b 側の小径部 1 6 に当接するように棒状部材 1 5 に磁力を付与することによって、レーザ支持光 L S 点灯時及び点灯後（維持時）の状態に応じて金属構造体 1 3 を連続レーザ光 L の光軸 L A 方向に移動させる。

[0059] すなわち、図 1 3 に示すように、レーザ支持光 L S 点灯時には、金属構造体 1 3 は、コイル 1 4（電子放射構造体移動部 5 4）から付与される磁力によって例えば連続レーザ光 L が電子放射部 1 3 a（金属構造体 1 3）の略表面（点灯開始領域 R S）で集光するような位置で保持されている。一方、図 1 4 に示すように、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、コイル 1 4 からの磁力付与を休止することで、金属構造体 1 3 は、連続レーザ光 L の集光位置 F がレーザ支持光 L S 点灯時の集光位置 F に対して金属構造体 1 3（点灯開始領域 R S）から離間するように、連続レーザ光 L の光軸 L A に沿って移動することとなる。

[0060] このように、発光封体 6 1 を用いると、金属構造体 1 3 をコイル 1 4（電子放射構造体移動部 5 4）によって移動させることで、連続レーザ光 L の集光位置 F を容易に金属構造体 1 3（点灯開始領域 R S）から離間させることができる。さらにこの場合、連続レーザ光 L の集光位置 F の移動は、光学系 3 及びバルブ 1 2 の移動や調整を要さないため、連続レーザ光 L の照射経路における光学的条件を一定に保つことができ、連続レーザ光 L の集光位置を適切な位置に保つことができる。

[0061] 発光封体 6 1 は、他の態様をとり得る。例えば図 1 5 に示す発光封体 7 1

（光源 7）では、棒状部材 15 が挿通するように突出部分 12 b の内壁に嵌合するスペーサ部材 19 と、スペーサ部材 19 に通された棒状部材 15 の端部において小径部 16 に当接可能となるように設けられた大径部 13 d とが設けられている。この場合においても、コイル 14（電子放射構造体移動部 54）は、大径部 13 d の位置に対応するように突出部分 12 b の外壁側に設けられ、棒状部材 15 側の大径部 13 d がスペーサ部材 19 に当接するように棒状部材 15 に磁力を付与する。

[0062] この場合も上記第 4 実施形態と同様に、コイル 14（電子放射構造体移動部 54）が、棒状部材 15 に磁力を付与することによって、レーザ支持光 L S 点灯時（図 15（a））及び点灯後（維持時）（図 15（b））の状態に応じて金属構造体 13 を連続レーザ光 L の光軸 L A 方向に移動する。

[0063] [第 5 実施形態]

図 16 は、本発明の第 5 実施形態に係る光源装置を示す図である。以下では、第 5 実施形態に係る光源装置について説明するが、第 1～4 実施形態と重複する説明は省略する。図 16 に示すように、光源装置 41 は、レーザ部 2 からの出射する連続レーザ光 L の出射エネルギーを調整する制御部 55 を備えている。また、光源装置 41 では、光学系 3 は、連続レーザ光 L を電子放射部 13 a（金属構造体 13）の表面（点灯開始領域 R S）から離間した位置で集光させている。つまり、電子放射部 13 a（金属構造体 13）の表面（点灯開始領域 R S）には、常にデフォーカス状態の連続レーザ光 L が照射される。

[0064] 図 17 は、制御部 55 の作用を示す図である。図 17（a）に示すように、レーザ支持光 L S 点灯時には、制御部 55 は、連続レーザ光 L の集光位置 F を電子放射部 13 a（金属構造体 13）の表面（点灯開始領域 R S）から離間した位置に設定しつつ、電子放射部 13 a（金属構造体 13）の表面（点灯開始領域 R S）における連続レーザ光 L のエネルギー密度がレーザ支持光 L S 点灯可能な程度（例えば 530 kW/cm^2 程度）となるように、レーザ部 2 から出射する連続レーザ光 L の出射エネルギーを設定する。これによ

り、電子放射部 13a（金属構造体 13）の表面（点灯開始領域 RS）に照射される連続レーザ光 L は、デフォーカス状態でありながら、レーザ支持光 LS を点灯することができる。

[0065] 一方、図 17（b）に示すように、レーザ支持光 LS 点灯後（維持時）には、制御部 55 は、連続レーザ光 L の集光位置 F をレーザ支持光 LS 点灯時の位置（図 17（a）の位置）に保ったまま、レーザ部 2 から出射する連続レーザ光 L の出射エネルギーをレーザ支持光 LS 点灯時の連続レーザ光 L の出射エネルギーに対して低く設定する。具体的には、制御部 55 は、電子放射部 13a（金属構造体 13）の表面（点灯開始領域 RS）における連続レーザ光 L のエネルギー密度を、例えばレーザ支持光 LS 点灯時の 530 kW/cm^2 程度から 260 kW/cm^2 程度とする。これにより、レーザ支持光 LS を維持可能なエネルギーを持つ領域を連続レーザ光 L の集光位置 F 近傍のみとすることができるため、レーザ支持光 LS を金属構造体 13（点灯開始領域 RS）から離間した位置で維持することが可能となる。

[0066] このように、光源装置 41 では、レーザ部 2 から出射する連続レーザ光 L を金属構造体 13 の表面（点灯開始領域 RS）から離間した位置に集光させつつ、連続レーザ光 L の出射エネルギーを制御部 55 によって調整する。つまり、光源装置 41 では、金属構造体 13 の表面（点灯開始領域 RS）には常にデフォーカス状態の連続レーザ光 L を照射し、さらにはレーザ支持光 LS 維持時の電子放射部 13a（金属構造体 13）の表面における連続レーザ光 L のエネルギー密度をレーザ支持光 LS 点灯時の連続レーザ光 L のエネルギー密度に対して低くするため、金属構造体 13 の表面が局所的にスパッタリングされることを抑制できる。したがって、金属構造体 13 の長寿命化が図られる。また、光源装置 41 では、連続レーザ光 L の集光位置 F を機械的に移動させる必要がないため、連続レーザ光 L の集光位置を適切な位置に保つことができると共に、光学系 3 や発光封体 11 を移動させるための装置が不要となるため、光源装置の小型化が図られる。なお、連続レーザ光 L は、上述したように連続レーザ光 L の光軸 LA と金属構造体 13 の延在方向の軸

とが互いに同軸となるような方向から照射されてもよく、連続レーザ光Lの光軸LAと金属構造体13の延在方向の軸とが互いに交わるような方向から照射されてもよい。

[0067] [第6実施形態]

図18～20は、それぞれ本発明の第6実施形態に係る光源装置を示す図である。以下では、第6実施形態に係る光源装置について説明するが、第1～5実施形態と重複する説明は省略する。

[0068] 図18～20に示すように、光源装置81では、連続レーザ光Lは、発光封体91（光源7）に対して、連続レーザ光Lの光軸LAと金属構造体13の延在方向の軸とが互いに交わるような方向から照射されている。より具体的には、連続レーザ光Lは、連続レーザ光Lの光軸LAと金属構造体13の延在方向の軸とが互いに略直交するような方向から照射されており、バルブ12（特に球状部分12a）のうち、金属構造体13の延在方向の軸に対して側方に位置する側方部12dが連続レーザ光Lの入射部分（レーザ入射窓部LW）となっている。また、光源装置81では、光学系3は、連続レーザ光Lの集光位置Fの光軸LA方向における位置が電子放射部13aの略表面（点灯開始領域RS）となるように、連続レーザ光Lを集光させている。また、金属構造体13の棒状部材15（支持部13b）の先端側には、電子放射部13aを保持する保持部13fと、保持部13fよりも基端側に、保持部13f、及び棒状部材15（支持部13b）の基端側（基端部13g）に比してくびれるように縮径した縮径部13eとが形成されている。縮径部13eは、バルブ12の突出部分12bにおける球状部分12a側の端部に対応する位置に設けられている。

[0069] 本実施形態では、例えば光学系3と光ファイバ4のヘッド4aとが収容された筐体17は、集光位置移動部としてのアクチュエータ18（光学系移動部52）に保持されており、レーザ支持光LS点灯前、点灯時及び点灯後（維持時）の状態に応じて、アクチュエータ18（光学系移動部52）によって連続レーザ光Lの光軸LA方向と略直交する方向（金属構造体13の延在

方向の軸に沿った方向)に移動される。

[0070] すなわち、レーザ支持光L S点灯前には、図18に示すように、筐体17は、例えば連続レーザ光Lが棒状部材15(支持部13b)の保持部13fに照射されるような位置で保持されている。このとき、保持部13fは電子放射部13aよりも大径であるので、保持部13fの表面が電子放射部13aの表面よりもレーザ入射窓部LW側に位置することから、保持部13fに照射される連続レーザ光Lは、見かけ上、保持部13fの内部の仮想の集光位置F'で集光され、保持部13fの略表面においてはスパッタリングが生じない程度のエネルギー密度にデフォーカスした状態で照射される。レーザ支持光L S点灯時には、図19に示すように、筐体17は、連続レーザ光Lが電子放射部13aに照射されるような位置に移動される。このとき、連続レーザ光Lの集光位置Fは、電子放射部13aの略表面(点灯開始領域RS)に位置している。レーザ支持光L S点灯後(維持時)には、図20に示すように、筐体17は、連続レーザ光Lの集光位置Fがレーザ支持光L S点灯時の集光位置Fに対して電子放射部13a(金属構造体13(点灯開始領域RS))から離間し、内部空間Sの空間領域に位置するように移動され、保持される。その結果、レーザ支持光L S点灯後(維持時)には、電子放射部13a(金属構造体13(点灯開始領域RS))とレーザ支持光L Sとが互いに離間するとともに、連続レーザ光Lの電子放射部13a(金属構造体13(点灯開始領域RS))への照射を避けることができる。つまり、レーザ支持光L S維持時の電子放射部13a(金属構造体13)の表面(点灯開始領域RS)における連続レーザ光Lのエネルギー密度を、レーザ支持光L S点灯時の電子放射部13a(金属構造体13)の表面(点灯開始領域RS)における連続レーザ光Lのエネルギー密度に対して低くすることができる。

[0071] このように、光源装置81では、光学系3を含む筐体17をアクチュエータ18(光学系移動部52)によって移動させるという簡易な構成で、連続レーザ光Lの集光位置Fを容易に金属構造体13(点灯開始領域RS)から連続レーザ光Lの光軸LA方向と交わる方向(金属構造体13の延在方向の

軸に沿った方向）に離間させることができる。これにより、電子放射部 1 3 a（金属構造体 1 3）の表面（点灯開始領域 R S）における連続レーザ光 L のエネルギー密度を、レーザ支持光 L S 点灯前、点灯時、及び点灯後（維持時）の各状態に適したエネルギー密度とすることが可能となる。

[0072] 本実施形態では、レーザ支持光 L S 点灯前に、連続レーザ光 L をスパッタリングが生じない程度のエネルギー密度でデフォーカスした状態で棒状部材 1 5（支持部 1 3 b）の保持部 1 3 f に照射していることで、保持部 1 3 f がスパッタリングされることなく加熱され、それに伴って電子放射部 1 3 a（金属構造体 1 3）の温度も上昇する。さらに、縮径部 1 3 e が形成されていることによって、保持部 1 3 f から基端部 1 3 g 側への熱伝導経路が制限されているので、連続レーザ光 L の照射による電子放射部 1 3 a（金属構造体 1 3）の加熱をより効率良く行うことができる。また、棒状部材 1 5（支持部 1 3 b）の一部を縮径することで、縮径部 1 3 e の表面がバルブ 1 2 の内壁面から離間するため、縮径部 1 3 e からバルブ 1 2 への熱の逃げも抑制できる。そのため、後続のレーザ支持光 L S 点灯時において電子放射部 1 3 a（金属構造体 1 3）から電子を放出させやすくすることができ、レーザ支持光 L S を点灯させることが容易となる。なお、本実施形態では、連続レーザ光 L の照射による加熱を行うために、棒状部材 1 5（支持部 1 3 b）は、加熱に耐え得るモリブデンやタングステンといった高融点金属からなるのが特に好ましい。

[0073] また、レーザ支持光 L S 点灯時には、レーザ支持光 L S の点灯に十分なエネルギー密度で連続レーザ光 L を電子放射部 1 3 a の表面（点灯開始領域 R S）に対して照射できるため、レーザ支持光 L S を確実に点灯させることができる。そして、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、金属構造体 1 3（点灯開始領域 R S）から離間した内部空間 S の空間領域に移動させたレーザ支持光 L S に対して連続レーザ光 L を照射することでレーザ支持光 L S を維持する。そのため、レーザ支持光 L S による金属構造体 1 3 のスパッタリングを抑制できる一方で、金属構造体 1 3 に対しては連続レーザ光 L も照射

されないため、連続レーザ光Lによる金属構造体13のスパッタリングをも抑制できる。よって、スパッタリングによる金属構造体13の劣化及びバルブ12の内壁の汚れを抑制して発光封体11（光源7）の長寿命化を実現できるため、光源装置として十分な長寿命化が図られる。

[0074] 上記第6実施形態では、縮径部13eはバルブ12の突出部分12bにおける球状部分12a側の端部に対応する位置に設けられていたが、縮径部13eは、球状部分12aに入り込むように形成されていてもよく、また、縮径部13eは、棒状部材15（支持部13b）の基端側まで連続して延在していてもよい。また、上記第6実施形態では、電子放射部13aは例えば細径の円柱状に形成されていたが、図21に示すように、電子放射部23aは、例えば棒状部材15（支持部13b）の延在する軸方向に延びる細径の円柱部24と、円柱部24の先端側に設けられた傾斜部25とを有していてもよい。傾斜部25には、円柱部24の延在方向の軸に対して傾斜した傾斜面25aが形成されており、この傾斜面25aは、連続レーザ光Lの光軸LAに対して傾斜している。

[0075] 図22は、電子放射部23a（金属構造体23）の作用を示す要部拡大図である。通常、レーザ支持光LSを点灯させる際には、連続レーザ光Lの集光位置Fを、電子放射部23aの略表面に位置するように集光させるのが好ましいが、そのためには光学系3の厳密な調整を要する場合がある。なお、連続レーザ光Lの集光位置Fが電子放射部23aの略表面でなくとも、電子放射部23aの略表面における連続レーザ光Lのエネルギー密度が十分に高ければレーザ支持光LSの点灯は可能だが、そのためにはより大出力のレーザが必要になる。これに対して、本実施形態においては、レーザの出力を変更することなく、連続レーザ光Lの集光位置Fの光軸LA方向における位置精度に余裕を持たせることが可能となる。まず、図22（a）に示すように、電子放射部23aにおける連続レーザ光Lの集光位置Fを、光軸LA方向における円柱部24の内部に確実に収まる程度の位置精度で仮想の集光位置F'として位置決めする。次いで、円柱部24の延在方向の軸に沿った方向

に、連続レーザ光Lの仮想の集光位置F'が棒状部材15（支持部13b）側から傾斜部25側へ移動するように、アクチュエータ18によって筐体17を移動させる。その結果、図22（b）に示すように、連続レーザ光Lの集光位置Fを、電子放射部23aの傾斜部25における傾斜面25aの略表面上のいずれかの位置に確実に位置させることができるので、レーザ支持光LSを点灯することができる。

[0076] このように、電子放射部23aには、レーザ支持光LS点灯時に連続レーザ光Lを移動させることで、電子放射部23aの略表面のいずれかの位置に連続レーザ光Lの集光位置Fを位置させるための傾斜面25aが形成されている。このため、光学系3を厳密に調整しなくとも、仮想の集光位置F'が円柱部24の内部に位置する限りにおいては、連続レーザ光Lの集光位置Fを傾斜面25aの略表面上のいずれかの位置に確実に位置させることができるので、レーザ支持光LSを点灯できる。なお、本実施形態においては、連続レーザ光Lが円柱部24に照射されているとき（図22（a））の円柱部24の表面における連続レーザ光Lは、スパッタリングが生じない程度のエネルギー密度でデフォーカスされた状態であるため、連続レーザ光Lの円柱部24への照射によって、電子放射部23aを加熱することとなり、後続する連続レーザ光Lの傾斜面25aへの照射時におけるレーザ支持光LSの点灯を容易にする効果を奏する。

[0077] 上記第6実施形態では、アクチュエータ18（光学系移動部52）によって連続レーザ光Lの集光位置Fを移動させていたが、光学系3の調整によって連続レーザ光Lの集光位置Fを移動させてもよい。また、上記第3実施形態で説明した発光封体移動部53を適用することによって連続レーザ光Lの集光位置Fを移動させてもよく、上記第4実施形態で説明した電子放射構造体移動部54を適用することによって連続レーザ光Lの集光位置Fを移動させてもよい。これらの場合でも上記第6実施形態と同様に、スパッタリングによる金属構造体13の劣化及びバルブ12の内壁の汚れを抑制して発光封体11（光源7）の長寿命化を実現できるため、光源装置として十分な長寿

命化が図られる。

[0078] 上述した実施形態においては、いずれもレーザ支持光 L S を、点灯時における連続レーザ光 L の光軸 L A 上又は連続レーザ光 L の移動方向軸上に移動させて維持していたが、内部空間 S の空間領域における任意の位置に移動させて維持してもよい。この場合、金属構造体に対するレーザ支持光 L S の影響をさらに低減できるような位置を選択したり、外部の光学系等に合わせて、レーザ支持光 L S を光源 7 から取り出すのに適した位置を選択することができる。また、縮径部 $13e$ を第6実施形態以外の実施形態に採用した場合でも、電子放射部 $13a$ （金属構造体 13 ）の加熱効率を向上させ、電子放射部 $13a$ （金属構造体 13 ）から電子を放出させやすくすることができる。

[0079] [第7実施形態]

図23は、本発明の第7実施形態に係る光源装置を示す概略図である。同図に示すように、光源装置 101 は、レーザ光を出射するレーザ部 102 と、レーザ部 102 からのレーザ光 L を導光する光学系 103 と、互いに対向する対向電極 113 、 113 を収容する発光封体 111 （光源 107 ）とを含んで構成されている。この光源装置 101 では、対向電極 113 、 113 の間に放電を発生させ、その放電領域にレーザ光を照射することで、光源 107 である発光封体 111 内において、レーザ光 L の集光位置 F を含む所定の発光領域（点灯開始領域 RS ）を有するプラズマ発光である高輝度のレーザ支持光を発生させることができる。レーザ支持光は、例えば半導体検査用の光源や分光計測用の光として使用される。

[0080] レーザ部 102 は、例えばレーザダイオードである。また、レーザ部 102 としては、連続レーザ及びパルスレーザのいずれを用いてもよいが、本実施形態においては連続レーザを用いる。レーザ部 102 からは、発光ガス G の吸収スペクトルに合わせた波長、例えば波長 980nm のレーザ光 L が出射する。レーザ光 L の出力は、例えば 30W 程度となっている。レーザ部 102 から出射したレーザ光 L は、光ファイバ 104 によって光学系 103 に

導光される。光学系103は、レーザ部102からのレーザ光Lを対向電極113, 113間に導光する光学系である。光学系103は、例えば2つのレンズ105, 106によって構成されている。光ファイバ104のヘッド104aから出射したレーザ光Lは、レンズ105によって平行光化した後、レンズ106によって光軸LAをもって発光封体111に向けて集光する。集光されたレーザ光Lの直径は、例えば直径120 μ m程度である。

[0081] 発光封体111は、より具体的には、内部空間Sに発光ガスGが高圧に封入されたバルブ（筐体）112と、内部空間S内で互いに対向する対向電極113, 113とを含んで構成されている。バルブ112は、例えばガラスによって中空に形成されている。バルブ112の内部空間Sには、発光ガスGとして例えばキセノンガスが高圧で封入されている。

[0082] 対向電極113, 113は、例えばタングステン等の高融点金属によって棒状に形成されており、その先端側で互いに対向している。対向電極113の基端側は、バルブ112の壁部を貫通してバルブ112の外部に引き出され、図示しない電源部に接続された給電部材114にそれぞれ接続されることで、電極間放電のための電力が対向電極113, 113に供給されている。なお、対向電極113, 113が直接バルブ112の壁部を貫通するのではなく、対向電極113, 113と電氣的に接続された導電部材がバルブ112の壁部を貫通してバルブ112の外部に引き出され、給電部材114にそれぞれ接続されていてもよい。

[0083] 以上のような光源装置101では、給電部材114を介して対向電極113, 113の間に高電圧を付加することにより、対向電極113, 113に放電領域が形成され、放電によって内部空間S内の発光ガスGがイオン化及びプラズマ化される。この放電領域にレーザ光Lが照射されることで、高輝度のレーザ支持光が点灯開始領域RSで点灯し、レーザ支持光へのレーザ光Lの照射を継続させることで、対向電極113, 113への電力供給が停止されても、レーザ光Lによるエネルギー供給を受けてレーザ支持光が維持される。なお、予めレーザ光Lを放電領域に集光させておき、その後、対向電

極 1 1 3, 1 1 3 間で放電領域を形成してもよい。さらに、レーザ支持光の点灯後は、対向電極 1 1 3, 1 1 3 への給電を停止してもよく、給電を継続してもよい。

[0084] また、光源装置 1 0 1 は、集光位置移動部として、レーザ光 L の光路長を調整するための光路長調整部 1 5 1 を備えている。より詳細には、光路長調整部 1 5 1 は、バルブ 1 1 2 の内部空間 S における、バルブ 1 1 2 の内壁から集光位置 F までのレーザ光 L の光軸 L A の長さである光路長 L L を調整する。光路長調整部 1 5 1 としては、例えば図 2 3 に示すような光学部材 1 0 8 を用いる。光学部材 1 0 8 は、レーザ光 L の光軸 L A 方向の厚さ（レーザ光 L が透過する長さ）が略均一な板状の透明媒体 1 0 9 と、透明媒体 1 0 9 を保持するアクチュエータ 1 1 0 とによって構成されている。透明媒体 1 0 9 は、例えば合成石英ガラスといった空気（発光封体 1 1 1 外部のレーザ光照射雰囲気）よりも高い屈折率を有する材料によって形成されている。アクチュエータ 1 1 0 に保持された透明媒体 1 0 9 は、レーザ支持光 L S 点灯時（図 2 4）及び点灯後（維持時）（図 2 5）のそれぞれに応じてレーザ光 L の光軸 L A と略直交する方向に移動する。

[0085] すなわち、まず、図 2 4 に示すように、透明媒体 1 0 9 は、光学系 1 0 3 と発光封体 1 1 1 との間に介在し、レーザ光 L における断面方向の全領域が透明媒体 1 0 9 を通るように配置される。このとき、レーザ光 L は、例えば対向電極 1 1 3, 1 1 3 の尖頭部間を結ぶライン X 上、つまり対向電極 1 1 3, 1 1 3 間の放電領域の中でも、最も放電する可能性が高い放電経路に集光している。このときのライン X 上の集光位置 F（点灯開始領域 R S）におけるレーザ光 L のエネルギー密度は、例えば 260 kW/cm^2 程度となっている。これにより、対向電極 1 1 3, 1 1 3 間の放電領域（点灯開始領域 R S）において発生したプラズマにレーザ光 L を照射して、レーザ支持光 L S が点灯する。

[0086] 続いてレーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、図 2 5 に示すように、透明媒体 1 0 9 は、アクチュエータ 1 1 0 によって光学系 1 0 3 と発光封体 1

11との間に介在しないように移動される。このとき、レーザ光Lの集光位置Fは、レーザ支持光LS点灯時のレーザ光Lの集光位置Fに対して光軸LA方向の手前側（図25の上方側）に移動することとなるため、ラインX上（点灯開始領域RS）におけるレーザ光Lのエネルギー密度は、レーザ支持光LS点灯時（維持時）（図24）のラインX上（点灯開始領域RS）におけるレーザ光Lのエネルギー密度に対して低下している。

[0087] また、レーザ光Lの集光位置Fが対向電極113, 113（点灯開始領域RS）から離間するのに伴って、プラズマ発光であるレーザ支持光LSも対向電極113, 113（点灯開始領域RS）から離間するため、レーザ支持光LSによる対向電極113, 113のスパッタリングを抑制できる。以上より、スパッタリングによる対向電極113, 113の劣化や、それに伴ってスパッタリングされた物質がバルブ112の内壁に堆積していくことによるレーザ光Lの入射及びレーザ支持光LSの取出しの阻害を抑制できる。そのため、レーザ支持光LSの発光強度の低下を抑制でき、発光封体111及び光源装置101の十分な長寿命化が図られる。

[0088] さらに、集光位置Fにおけるレーザ光Lのエネルギー密度を、レーザ支持光LS点灯時よりもレーザ支持光LSを維持可能な程度に小さくしたり、対向電極113, 113への電力供給を停止することで、対向電極113, 113のスパッタリングを更に抑制できる。したがって、発光封体111および光源装置101の十分な長寿命化が図られる。

[0089] 光学部材108（光路長調整部151）の構成は、他の態様をとり得る。光学部材108は、例えば空間光変調素子といった光変調素子によって構成されていてもよい。また、透明媒体109に代えて、例えば図8（a）に示すような透明媒体39を用いることもできる。透明媒体39は、一面が他面に対して傾斜していることで、レーザ光Lの光軸LA方向の厚さ（レーザ光Lが透過する長さ）が連続的に変化する板状をなしており、透明媒体109と同様にアクチュエータ110に保持された状態で用いられる。

[0090] 透明媒体39を用いる場合、まず、透明媒体39をレーザ光Lにおける断

面方向の全領域が透明媒体 39 を通るように光学系 103 と発光封体 111 との間に介在させ、例えばレーザ光 L を対向電極 113, 113 の尖頭部間を結ぶライン X 上（点灯開始領域 R S）で集光させる。これにより、対向電極 113, 113 間の放電領域（点灯開始領域 R S）においてレーザ支持光 L S が点灯する。

[0091] 続いて、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、透明媒体 39 は、アクチュエータ 110 によって光学系 103 と発光封体 111 との間に介在しないように移動される。このとき、透明媒体 39 の一面が他面に対して傾斜しているため、透明媒体 39 の移動に伴って透明媒体 39 のレーザ光 L が入射する領域における厚さも徐々に小さくなっていく。そのため、レーザ光 L の集光位置 F は、透明媒体 39 の移動に伴って徐々に光軸 L A 方向の手前側（図 24 の上方側）に移動していく。これにより、レーザ支持光 L S の維持に十分なエネルギー密度を有する領域が徐々に光軸 L A 方向の手前側に移動することとなる。したがって、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）にレーザ光 L の集光位置 F を光軸 L A 方向の手前側に移動させたとしても、レーザ光 L の集光位置 F の移動は連続的な移動となるため、レーザ支持光 L S の維持がより確実になされる。

[0092] また、透明媒体 109 に代えて、例えば図 8（b）に示すような透明媒体 49 を用いることもできる。透明媒体 49 は、レーザ光 L の光軸 L A 方向の厚さ（レーザ光 L が透過する長さ）が異なる 2 つの部材が接合されており、例えば 4 mm 程度の厚さを有する第 1 の透明媒体 49 a と、例えば 2 mm 程度の厚さを有する第 2 の透明媒体 49 b とが互いの端面同士で接合した構成となっている。

[0093] 透明媒体 49 を用いる場合、まず、透明媒体 49 をレーザ光 L における断面方向の全領域が第 1 の透明媒体 49 a を通るように光学系 103 と発光封体 111 との間に介在させ、例えばレーザ光 L を対向電極 113, 113 の尖頭部間を結ぶライン X 上（点灯開始領域 R S）で集光させる。これにより、対向電極 113, 113 間の放電領域（点灯開始領域 R S）においてレー

ザ支持光L Sが点灯する。

[0094] 続いて、レーザ支持光L S点灯後（維持時）には、透明媒体49は、アクチュエータ110によって光学系103と発光封体111との間に介在しないように移動される。このとき、透明媒体49が厚みの異なる透明媒体49a, 49bから構成されているため、透明媒体49の移動に伴って透明媒体49のレーザ光Lが入射する領域における厚さが段階的に小さくなっていく。そのため、レーザ光Lの集光位置Fは、透明媒体49の移動に伴って段階的に光軸LA方向の手前側（図24の上方側）に移動していく。これにより、レーザ支持光L Sの維持に十分なエネルギー密度を有する領域が段階的に光軸LA方向の手前側に移動することとなる。したがって、レーザ支持光L S点灯後（維持時）にレーザ光Lの集光位置Fを光軸LA方向の手前側に移動させたとしても、レーザ光Lの集光位置Fの移動は段階的な（小刻みな）移動となるため、レーザ支持光L Sの維持がより確実になされる。

[0095] また、上記第7実施形態では、レーザ支持光L S点灯後（維持時）のレーザ光Lの集光位置Fは対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX（点灯開始領域RS）よりも光軸LA方向の手前側（図23における上方側）の位置であったが、レーザ支持光L S点灯後（維持時）のレーザ光Lの集光位置Fは、対向電極113, 113の尖頭部を結ぶラインX（点灯開始領域RS）よりも光軸LA方向の奥側（図23における下方側）の位置であってもよい。

[0096] この場合、図26に示すように、レーザ光Lにおける断面方向の全領域が透明媒体109を通らないように光学系103と発光封体111との間から透明媒体109を退避させた状態で、例えばレーザ光Lを対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX上（点灯開始領域RS）で集光させる。一方、レーザ支持光L S点灯後（維持時）では、図27に示すように、レーザ光Lにおける断面方向の全領域が透明媒体109を通るように光学系103と発光封体111との間に透明媒体109を介在させる。このとき、レーザ光Lの集光位置Fはレーザ支持光L S点灯時のレーザ光Lの集光位置F（点

灯開始領域 R S) に対して光軸 L A 方向の奥側 (図 26 における下方側) に移動することとなる。したがって、この場合でも上記第 7 実施形態と同様に、対向電極 113 のスパッタリングを抑制できる。

[0097] [第 8 実施形態]

図 28, 29 は、それぞれ本発明の第 8 実施形態に係る光源装置を示す図である。以下では、第 8 実施形態に係る光源装置について説明するが、第 7 実施形態と重複する説明は省略する。図 28, 29 に示すように、光源装置 121 では、例えば光学系 103 と光ファイバ 104 のヘッド 104 a とが筐体 117 に收容されている。筐体 117 は、アクチュエータ 118 (光学系移動部 152) に保持されており、レーザ支持光 L S 点灯時 (図 28) 及び点灯後 (維持時) (図 29) それぞれに応じて光軸 L A 方向に移動する。

[0098] すなわち、まず、図 28 に示すように、筐体 117 は、例えばレーザ光 L が対向電極 113, 113 の尖頭部間を結ぶライン X 上 (点灯開始領域 R S) で集光するような位置で保持されている。これにより、対向電極 113, 113 間の放電領域においてレーザ支持光 L S が点灯する。続いてレーザ支持光 L S 点灯後 (維持時) には、図 29 に示すように、筐体 117 は光軸 L A 方向の手前側 (図 28 における上方側) に移動する。これにより、レーザ光 L の集光位置 F はレーザ支持光 L S 点灯時のレーザ光 L の集光位置 F に対して光軸 L A 方向の手前側 (図 28 における上方側) に移動するため、レーザ支持光 L S 点灯後 (維持時) の対向電極 113, 113 の尖頭部間を結ぶライン X 上 (点灯開始領域 R S) におけるレーザ光 L のエネルギー密度がレーザ支持光 L S 点灯時の対向電極 113, 113 の尖頭部間を結ぶライン X 上 (点灯開始領域 R S) におけるレーザ光 L のエネルギー密度に対して低下する。

[0099] このように、光学系 103 を含む筐体 117 をアクチュエータ 118 (光学系移動部 152) によって移動させるという簡易な構成で、レーザ光 L の集光位置 F を移動させる (対向電極 113, 113 間 (点灯開始領域 R S) から離間させる) ことで対向電極 113, 113 の尖頭部間を結ぶライン X

上（点灯開始領域 R S）におけるレーザ光 L のエネルギー密度を変化させることができる。そのため、対向電極 1 1 3 のスパッタリングを抑制でき、光源装置 1 2 1 の十分な長寿命化が図られる。

[0100] 上記第 8 実施形態では、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）のレーザ光 L の集光位置は対向電極 1 1 3，1 1 3 の尖頭部間を結ぶライン X（点灯開始領域 R S）よりも光軸 L A 方向の手前側（図 2 8 における上方側）の位置であったが、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）のレーザ光 L の集光位置は、対向電極 1 1 3，1 1 3 の尖頭部を結ぶライン X（点灯開始領域 R S）よりも光軸 L A 方向の奥側（図 2 8 における下方側）の位置であってもよい。すなわち、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）の筐体 1 1 7 の保持位置は、レーザ支持光 L S 点灯時の筐体 1 1 7 の保持位置に対して光軸 L A 方向の奥側（図 2 8 における下方側）であってもよい。

[0101] [第 9 実施形態]

図 3 0，3 1 は、それぞれ本発明の第 9 実施形態に係る光源装置を示す図である。以下では、第 9 実施形態に係る光源装置について説明するが、第 7，8 実施形態と重複する説明は省略する。図 3 0，3 1 に示すように、光源装置 1 3 1 では、発光封体 1 1 1 は、アクチュエータ 1 1 8（発光封体移動部 1 5 3）に保持されており、レーザ支持光 L S 点灯時（図 3 0）及び点灯後（維持時）（図 3 1）それぞれに応じて光軸 L A 方向に移動する。

[0102] すなわち、まず、図 3 0 に示すように、発光封体 1 1 1 は、例えばレーザ光 L が対向電極 1 1 3，1 1 3 の尖頭部間を結ぶライン X 上（点灯開始領域 R S）で集光するような位置で保持されている。これにより、対向電極 1 1 3，1 1 3 間の放電領域（点灯開始領域 R S）においてレーザ支持光 L S が点灯する。続いてレーザ支持光 L S 点灯後（維持時）には、図 3 1 に示すように、発光封体 1 1 1 は光軸 L A 方向の奥側（図 3 0 における右方側）に移動する。これにより、レーザ光 L の集光位置 F はレーザ支持光 L S 点灯時のレーザ光 L の集光位置 F に対して光軸 L A 方向の手前側（図 3 0 における左方側）に移動するため、レーザ支持光 L S 点灯後（維持時）の対向電極 1 1

3, 113の尖頭部間を結ぶラインX上（点灯開始領域RS）におけるレーザ光Lのエネルギー密度がレーザ支持光LS点灯時の対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX上（点灯開始領域RS）におけるレーザ光Lのエネルギー密度に対して低下する。

[0103] このように、発光封体111をアクチュエータ118（発光封体移動部153）によって移動させるという簡易な構成で、レーザ光Lの集光位置Fを移動させる（対向電極113, 113間（点灯開始領域RS）から離間させる）ことで対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX上（点灯開始領域RS）におけるレーザ光Lのエネルギー密度を変化させることができる。そのため、対向電極113のスパッタリングを抑制でき、光源装置131の十分な長寿命化が図られる。

[0104] 上記第9実施形態では、レーザ支持光LS点灯後（維持時）のレーザ光Lの集光位置Fは対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX（点灯開始領域RS）よりも光軸LA方向の手前側（図30における左方側）の位置であったが、レーザ支持光LS点灯後（維持時）のレーザ光Lの集光位置Fは、対向電極113, 113の尖頭部を結ぶラインX（点灯開始領域RS）よりも光軸LA方向の奥側（図30における右方側）の位置であってもよい。すなわち、レーザ支持光LS点灯後（維持時）の発光封体111の保持位置は、レーザ支持光LS点灯時の発光封体111の保持位置に対して光軸LA方向の手前側（図30における左方側）であってもよい。

[0105] [第10実施形態]

図32は、本発明の第10実施形態に係る光源装置を示す図である。以下では、第10実施形態に係る光源装置について説明するが、第7～9実施形態と重複する説明は省略する。図32に示すように、光源装置141は、レーザ部102から出射するレーザ光Lの出射エネルギーを調整する制御部154を備えている。また、光源装置141では、光学系103は、例えばレーザ光Lを対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX上よりも光軸LA方向の手前側（図32における上方側）の位置で集光させている。

- [0106] 図33は、制御部154の作用を示す図である。図33(a)に示すように、制御部154は、まず、レーザ光Lの集光位置Fを対向電極113, 113(点灯開始領域RS)から離間した位置に設定しつつ、対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX(点灯開始領域RS)におけるレーザ光Lのエネルギー密度がレーザ支持光LS点灯可能な程度(例えば 260 kW/cm^2 程度)となるように、レーザ部102から出射するレーザ光Lの出射エネルギーを設定する。これにより、対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX(点灯開始領域RS)におけるレーザ光Lは、デフォーカス状態でありながら、レーザ支持光LSを点灯することができる。
- [0107] 続いてレーザ支持光LS点灯後(維持時)では、図33(b)に示すように、制御部154は、レーザ光Lの集光位置Fをレーザ支持光LS点灯時の位置(図33(a)の位置)に保ったまま、レーザ部102から出射するレーザ光Lの出射エネルギーをレーザ支持光LS点灯時のレーザ光Lの出射エネルギーに対して低く設定する。これにより、レーザ支持光LSを維持可能なエネルギーを持つ領域をレーザ光Lの集光位置F近傍のみとすることができ、レーザ支持光LSを対向電極113, 113(点灯開始領域RS)から離間した位置で維持することが可能となる。
- [0108] このように、光源装置141では、レーザ光Lを常に対向電極113, 113間(点灯開始領域RS)から離間した位置に集光させつつ、レーザ部102から出射するレーザ光Lの出射エネルギーを制御部154によって調整することで、対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX上(点灯開始領域RS)におけるレーザ光Lのエネルギー密度を変化させることができる。したがって、最もエネルギー密度の高いレーザ光Lの集光位置Fが常に対向電極113, 113間(点灯開始領域RS)に位置することはないため、対向電極113のスパッタリングを抑制でき、光源装置141の十分な長寿命化が図られる。また、光源装置141では、レーザ光Lの集光位置Fを機械的に移動させる必要がないため、レーザ光Lの集光位置を適切な位置に保つことができると共に、光学系103や発光封体111を移動させるため

の装置が不要となるため、光源装置の小型化が図られる。

[0109] 上記第10実施形態では、光学系103はレーザ光Lを対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX上（点灯開始領域RS）よりも光軸LA方向の手前側（図32における上方側）で集光させていたが、光学系103は、レーザ光Lを対向電極113, 113の尖頭部間を結ぶラインX上（点灯開始領域RS）よりも光軸LA方向の奥側（図32における下方側）で集光させてもよい。この場合でも、上記第10実施形態と同様に、制御部154がレーザ部102から出射するレーザ光Lの出射エネルギーを調整することによって、対向電極113のスパッタリングを抑制できる。

[0110] さらに、上記いずれの実施形態においても、集光位置F（レーザ支持光LS）はレーザ光Lの光軸LA方向に移動していたが、レーザ支持光LS点灯後（維持時）のレーザ光Lの集光位置Fがレーザ支持光LS点灯時のレーザ光Lの集光位置Fに対して対向電極113（点灯開始領域RS）から離間する位置となるのであれば、レーザ光Lの光軸LA方向とは異なる方向（例えばレーザ光Lの光軸LAと交わる方向）に移動してもよい。

符号の説明

[0111] 1, 21, 31, 41, 81, 101, 121, 131, 141…光源装置、2, 102…レーザ部、3, 103…光学系、7, 107…光源、8, 28, 108…光学部材、9, 29, 39, 49, 109…透明媒体、11, 61, 71, 111…発光封体、13, 23…金属構造体（電子放射構造体）、14…コイル、18, 118…アクチュエータ、25a…傾斜面、51, 151…光路長調整部、52, 152…光学系移動部、53, 153…発光封体移動部、54…電子放射構造体移動部、55…制御部、113…対向電極、F…集光位置、G…発光ガス、L…（連続）レーザ光、LA…光軸、LS…レーザ支持光、RS…点灯開始領域、S…内部空間。

請求の範囲

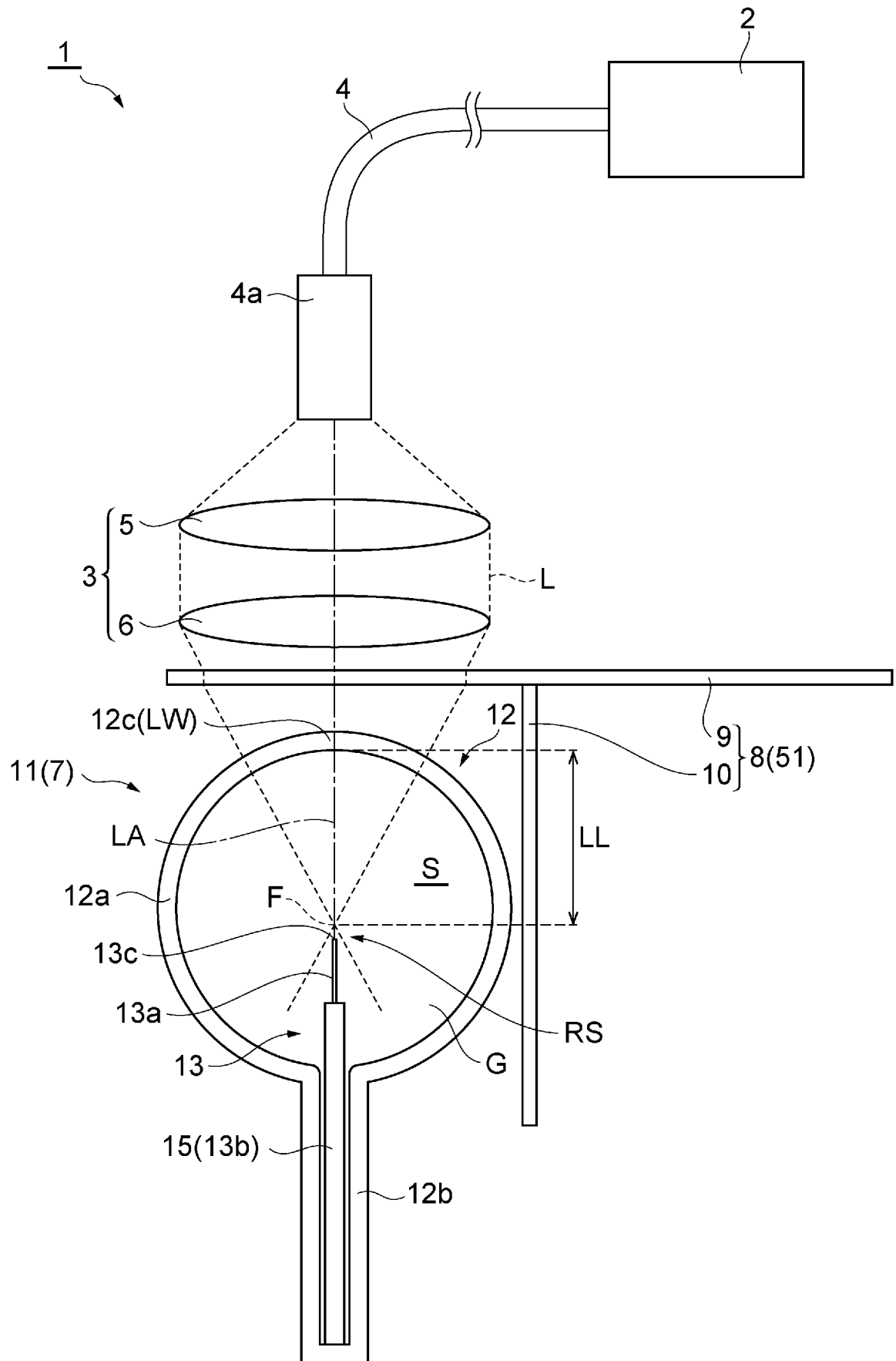
- [請求項1] レーザ光を出射するレーザ部と、
内部空間に発光ガスが封入された発光封体、及び、前記内部空間に点灯開始領域を有する光源と、
前記レーザ光を前記内部空間に導光する光学系と、
前記点灯開始領域における前記レーザ光のエネルギー密度を制御する制御部と、を備え、
前記光源は、前記内部空間において、前記レーザ部からの前記レーザ光の照射によって点灯する前記発光ガスのプラズマ発光であるレーザ支持光を、前記レーザ部からの前記レーザ光の照射によって維持し、
前記制御部は、前記レーザ支持光維持時の前記点灯開始領域における前記レーザ光のエネルギー密度を、前記レーザ支持光点灯時の前記点灯開始領域における前記レーザ光のエネルギー密度に対して低くする光源装置。
- [請求項2] 前記光源は、前記内部空間に配置され、前記レーザ光の照射によって電子を放射する易電子放射物質を含有する電子放射構造体を更に有している請求項1に記載の光源装置。
- [請求項3] 前記光源は、前記点灯開始領域を挟むように互いに対向する対向電極を更に有している請求項1に記載の光源装置。
- [請求項4] 前記制御部は、前記レーザ支持光維持時の前記レーザ光の集光位置を前記レーザ支持光点灯時の前記レーザ光の集光位置に対して前記点灯開始領域から離間する方向に移動させる集光位置移動部を有している請求項1～3のいずれか一項に記載の光源装置。
- [請求項5] 前記集光位置移動部は、前記レーザ光の集光位置を前記レーザ光の光軸方向に移動させる請求項4に記載の光源装置。
- [請求項6] 前記集光位置移動部は、前記レーザ光の前記内部空間における光路長を調整する光路長調整部を有している請求項4又は5に記載の光源

装置。

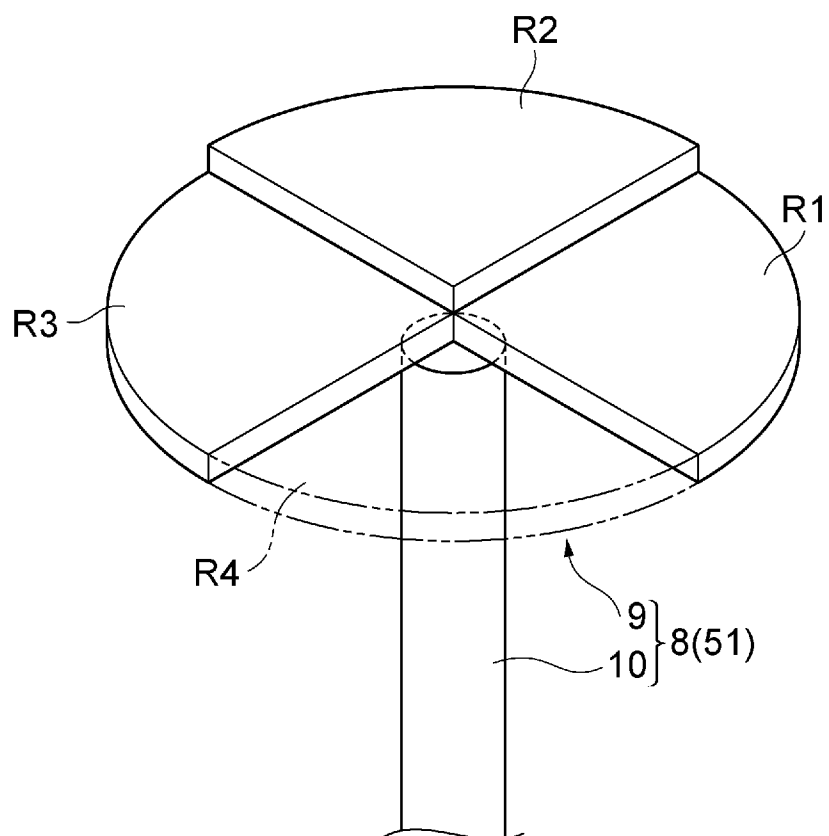
- [請求項7] 前記集光位置移動部は、前記レーザ支持光維持時の前記光学系の位置を前記レーザ支持光点灯時の前記光学系の位置に対して移動させる光学系移動部を有している請求項4～6のいずれか一項に記載の光源装置。
- [請求項8] 前記集光位置移動部は、前記レーザ支持光維持時の前記発光封体の位置を前記レーザ支持光点灯時の前記発光封体の位置に対して移動させる発光封体移動部を有している請求項4～7のいずれか一項に記載の光源装置。
- [請求項9] 前記光学系は、前記レーザ支持光点灯時及び維持時のいずれにおいても、前記レーザ光を前記点灯開始領域から離間した位置に集光させることを特徴とする請求項1～3のいずれか一項に記載の光源装置。
- [請求項10] 前記制御部は、前記レーザ支持光維持時の前記レーザ部からの前記レーザ光の出射エネルギーを前記レーザ支持光点灯時の前記光源からの前記レーザ光の出射エネルギーに対して低くすることを特徴とする請求項9に記載の光源装置。
- [請求項11] 前記制御部は、前記レーザ支持光維持時の前記レーザ光の集光位置を前記レーザ支持光点灯時の前記レーザ光の集光位置に対して前記電子放射構造体から離間する方向に移動させる集光位置移動部を有している請求項2に記載の光源装置。
- [請求項12] 前記集光位置移動部は、前記レーザ支持光維持時の前記電子放射構造体の位置を前記レーザ支持光点灯時の前記電子放射構造体の位置に対して移動させる電子放射構造体移動部を有している請求項11に記載の光源装置。
- [請求項13] 前記集光位置移動部は、前記レーザ支持光維持時の前記レーザ光の前記内部空間における光路長を前記レーザ支持光点灯時の前記レーザ光の前記内部空間における光路長に対して短くする光路長調整部を有している請求項11又は12に記載の光源装置。

- [請求項14] 前記集光位置移動部は、前記レーザ光の集光位置を前記レーザ光の光軸方向と交わる方向に移動させる請求項 1 1 又は 1 2 に記載の光源装置。
- [請求項15] 前記集光位置移動部は、前記レーザ支持光維持時の前記光学系の位置を前記レーザ支持光点灯時の前記光学系の位置に対して移動させる光学系移動部を有している請求項 1 1 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の光源装置。
- [請求項16] 前記集光位置移動部は、前記レーザ支持光維持時の前記発光封体の位置を前記レーザ支持光点灯時の前記発光封体の位置に対して移動させる発光封体移動部を有している請求項 1 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の光源装置。
- [請求項17] 前記電子放射構造体には、前記レーザ支持光点灯時に前記レーザ光の集光位置が位置する面が、前記レーザ光の光軸に対して傾斜して形成されている請求項 1 1 ～ 1 6 のいずれか一項に記載の光源装置。

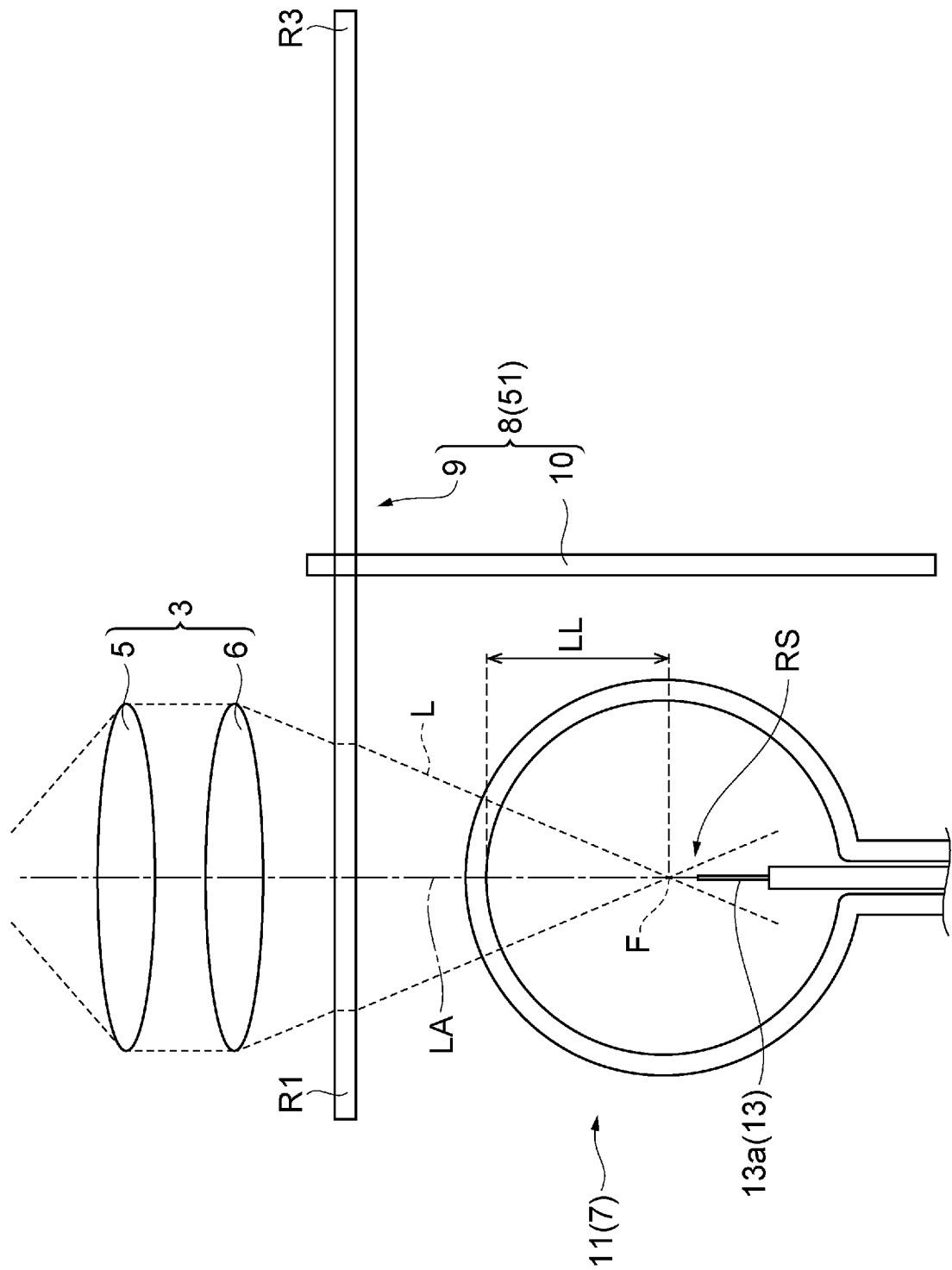
[図1]



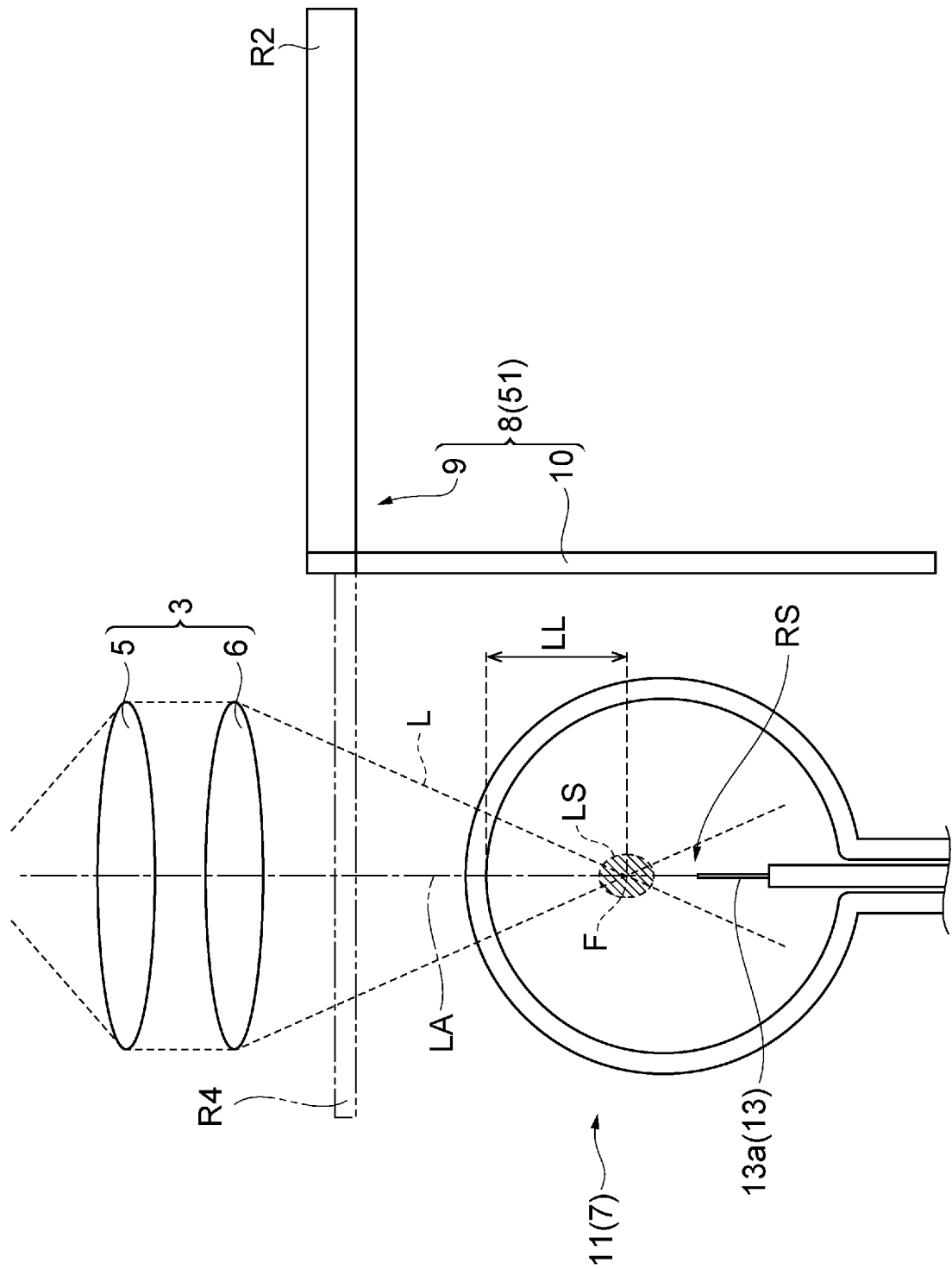
[図2]



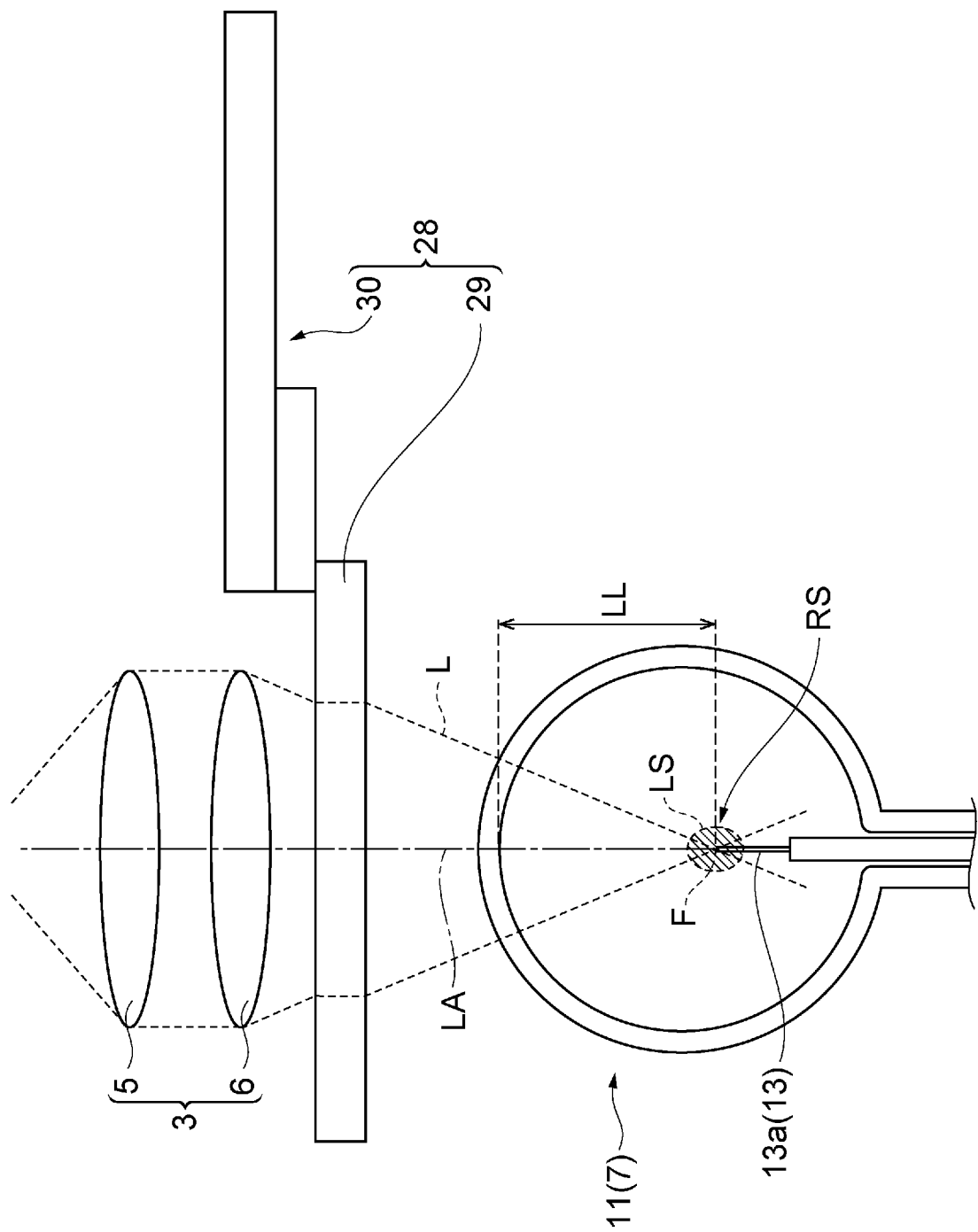
[図3]

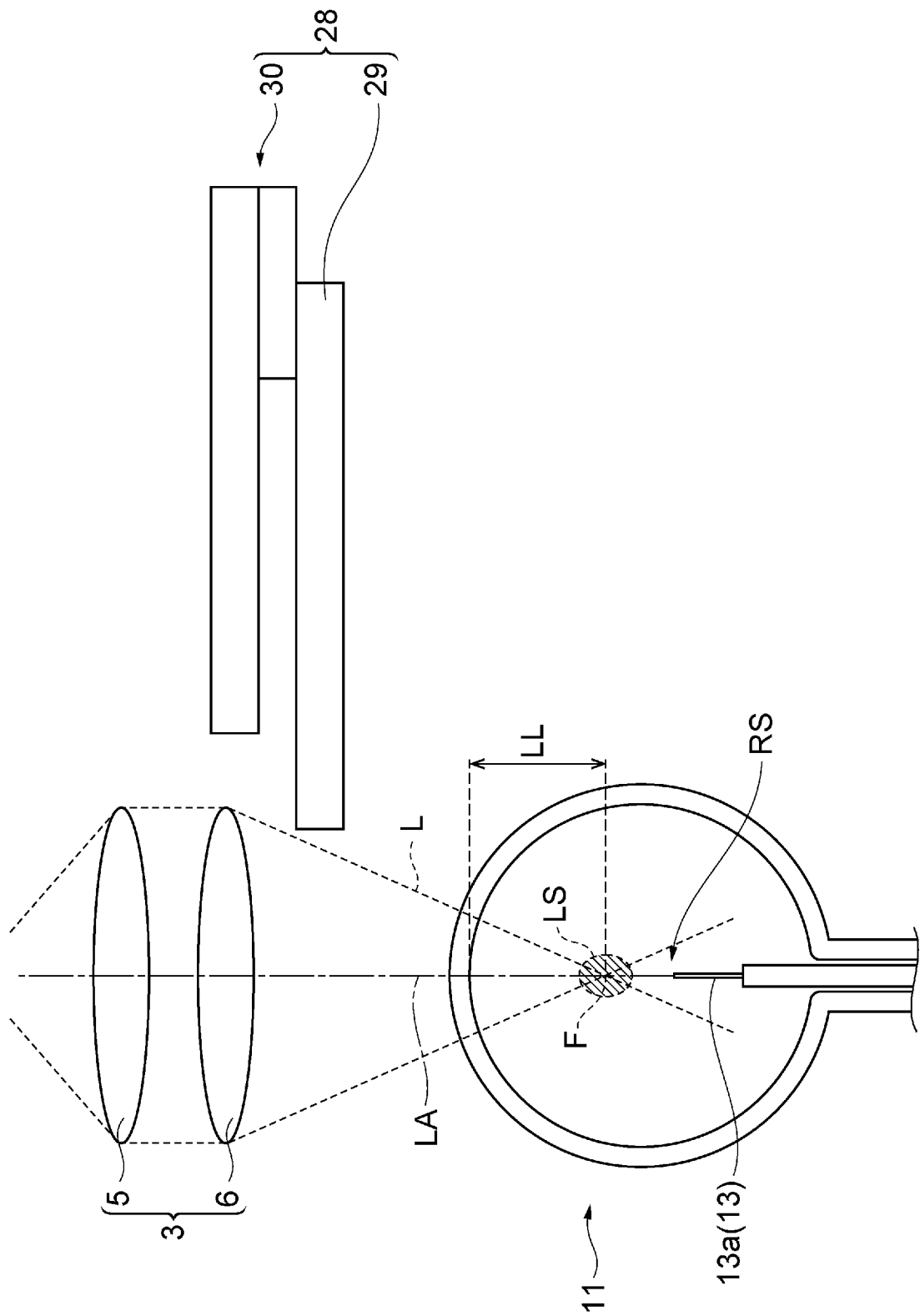


[図5]



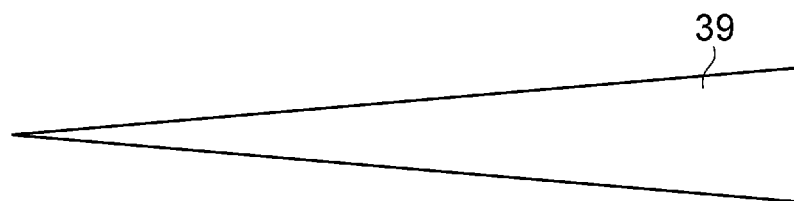
[図6]



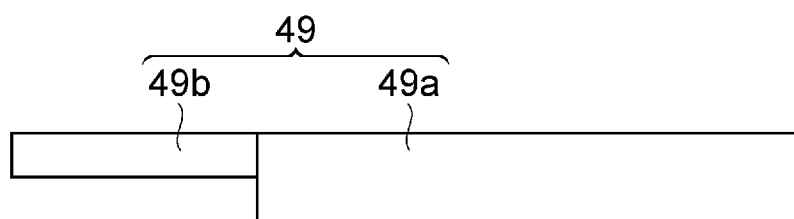


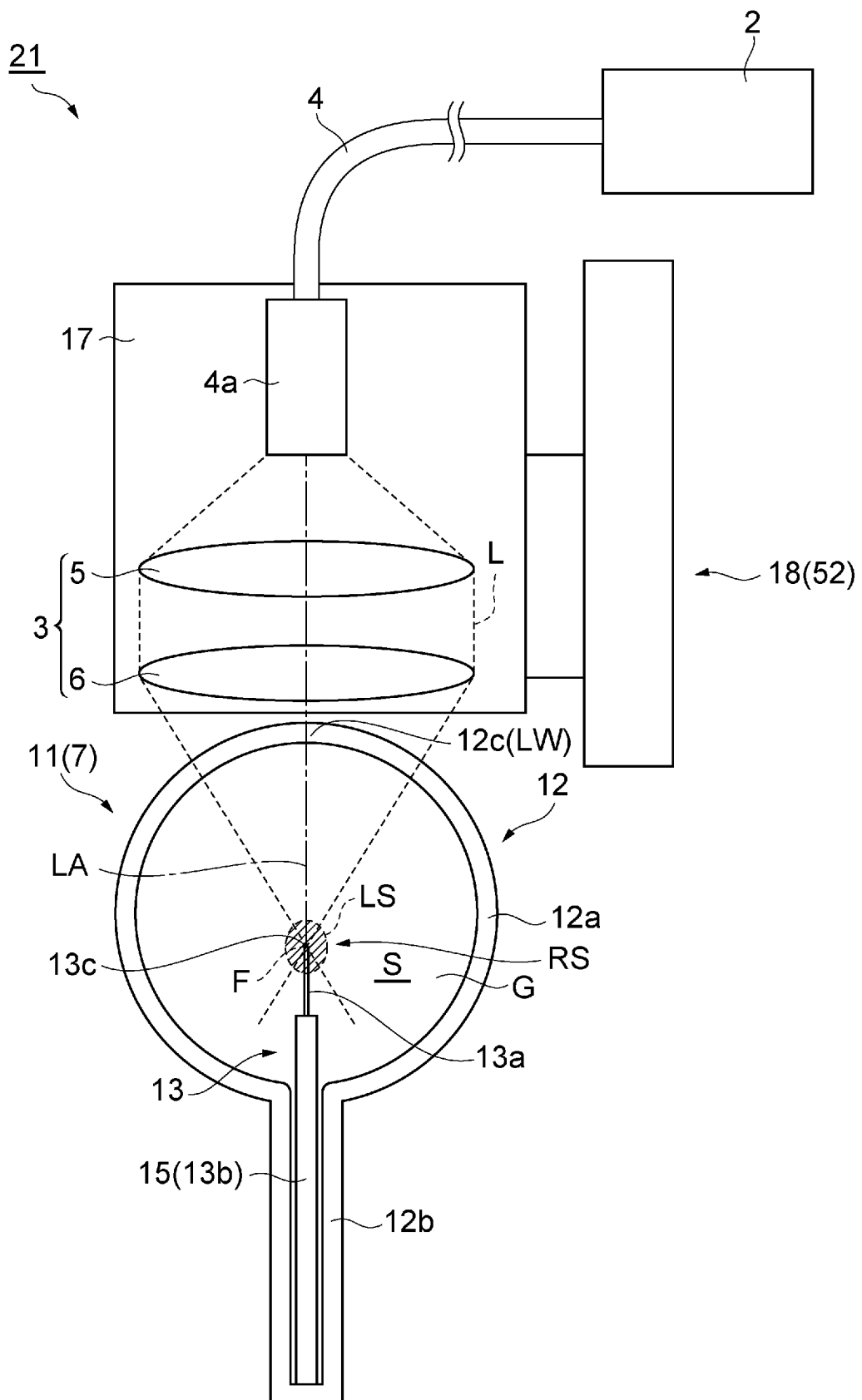
[図8]

(a)

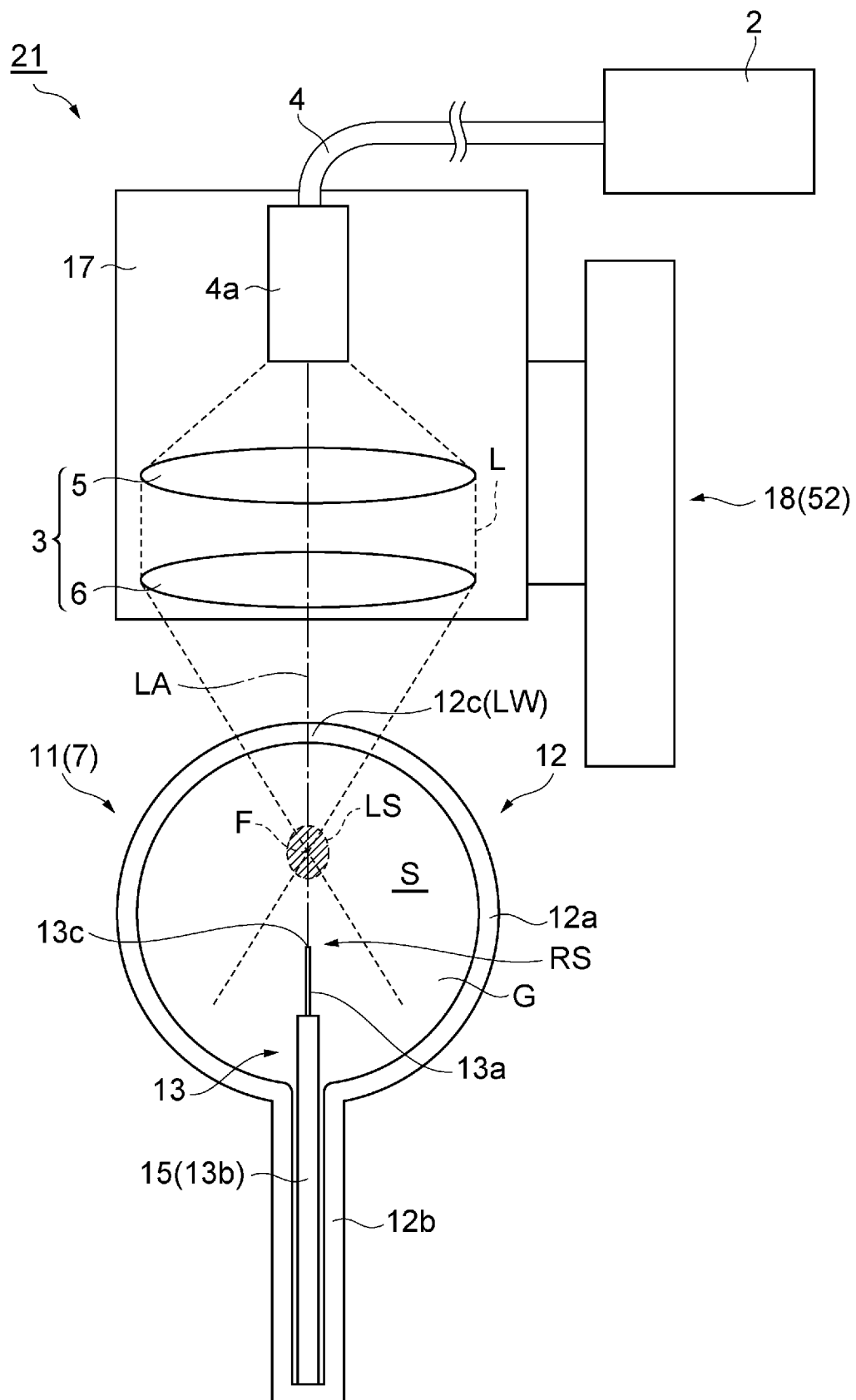


(b)

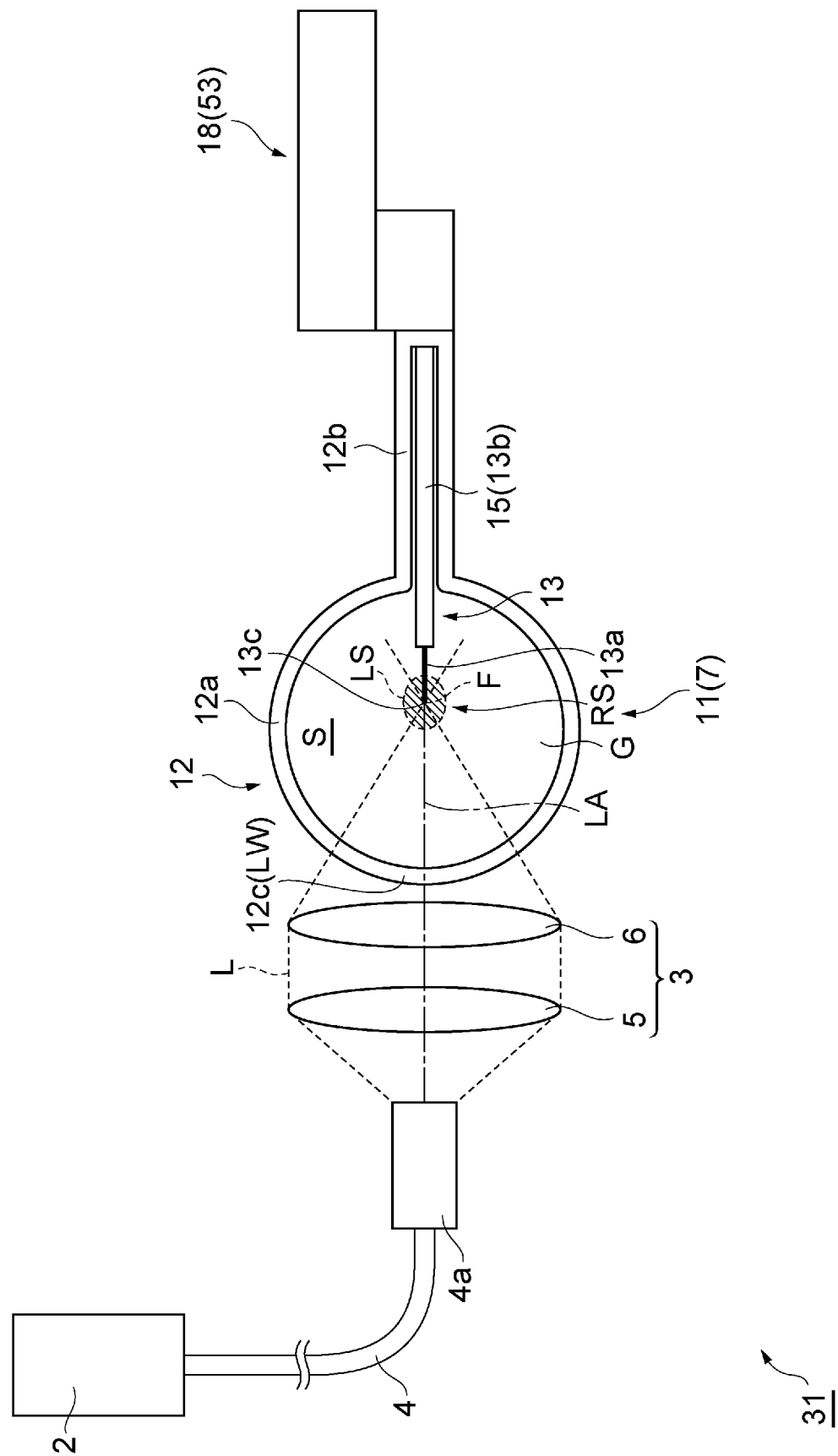




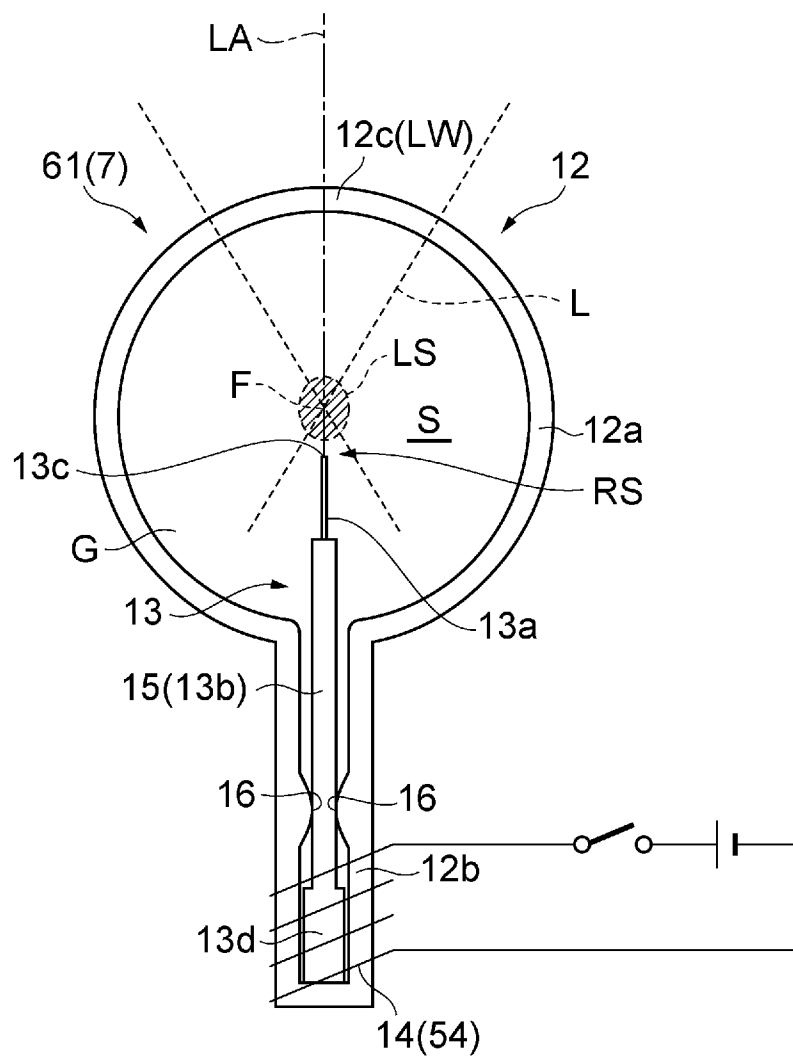
[図10]



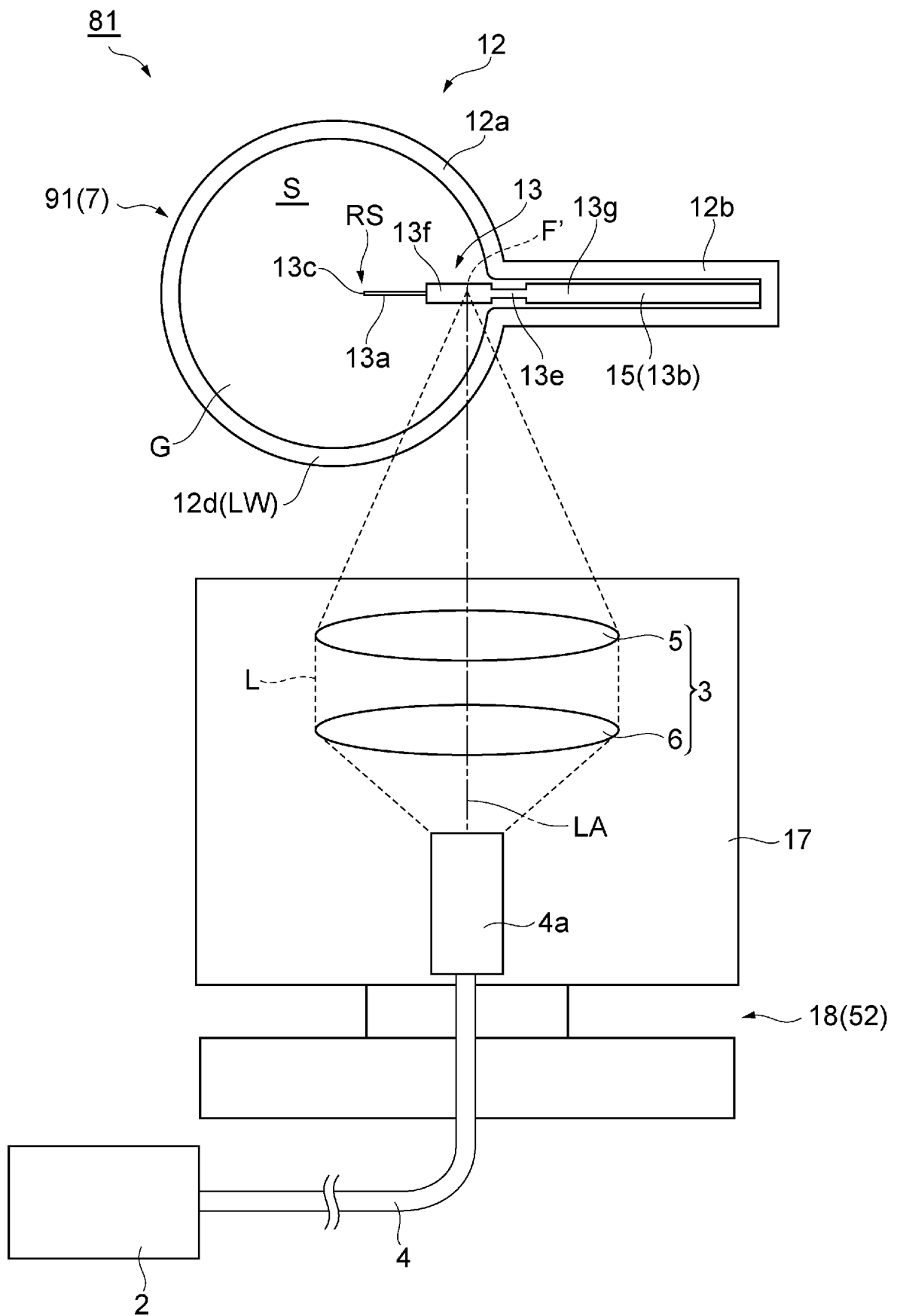
[図11]



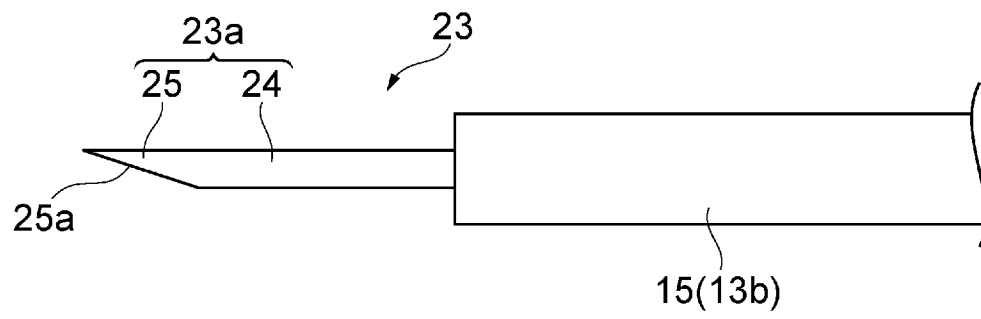
[図14]



[図18]

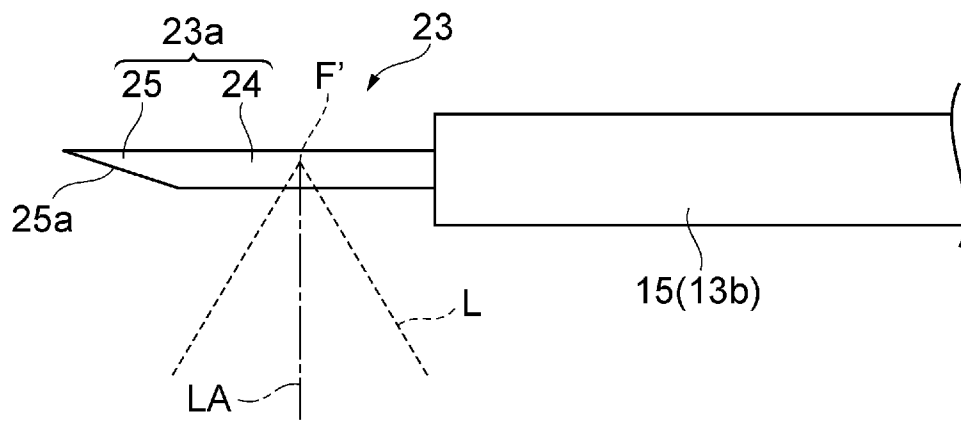


[図21]

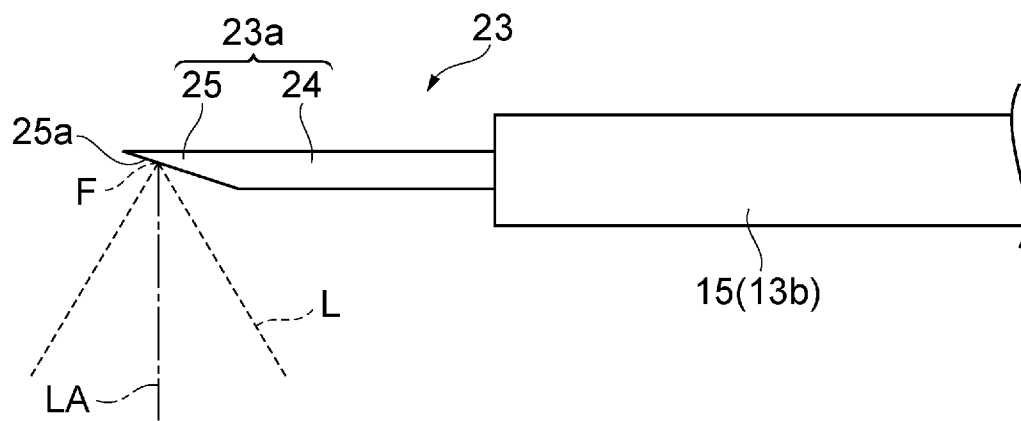


[図22]

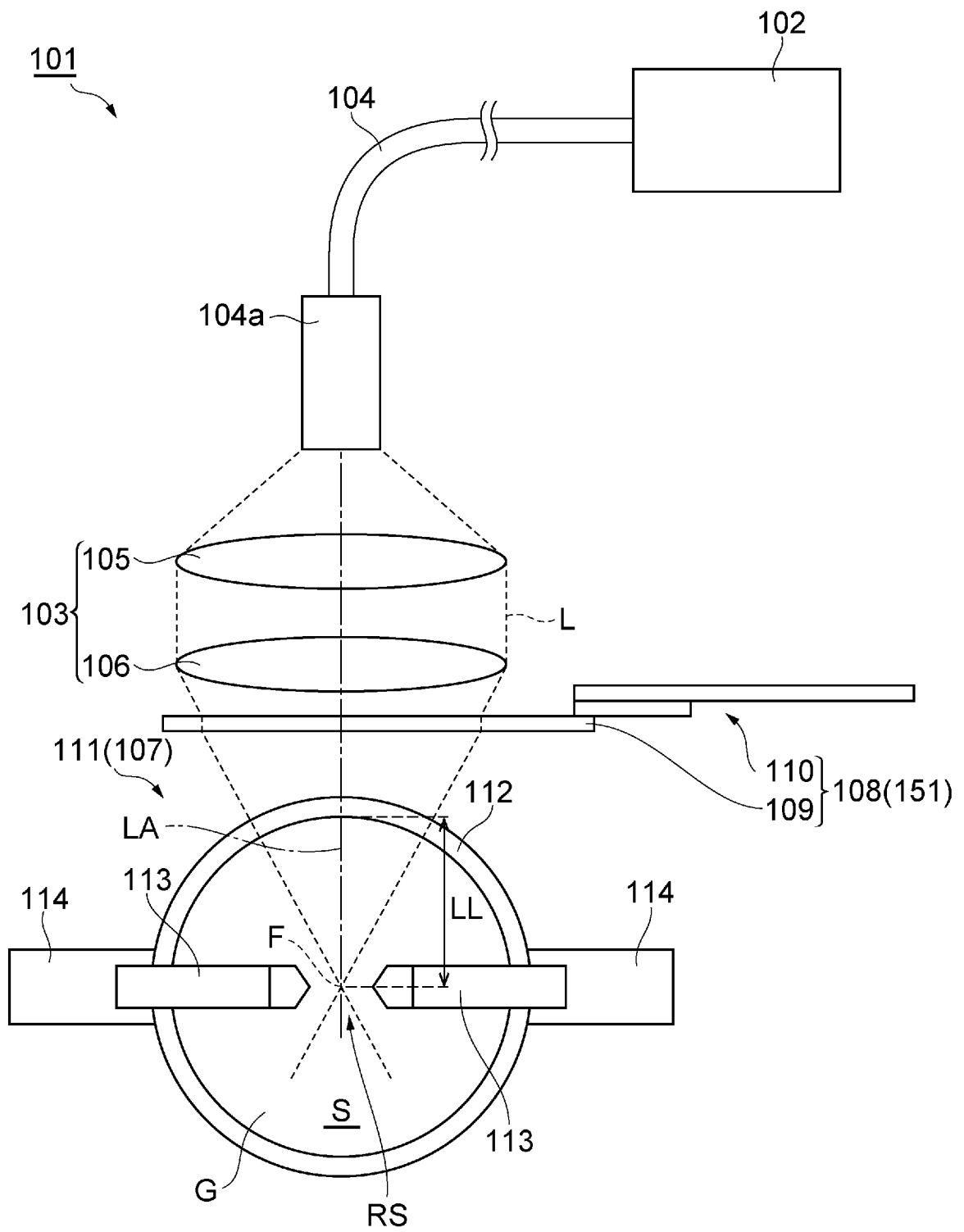
(a)



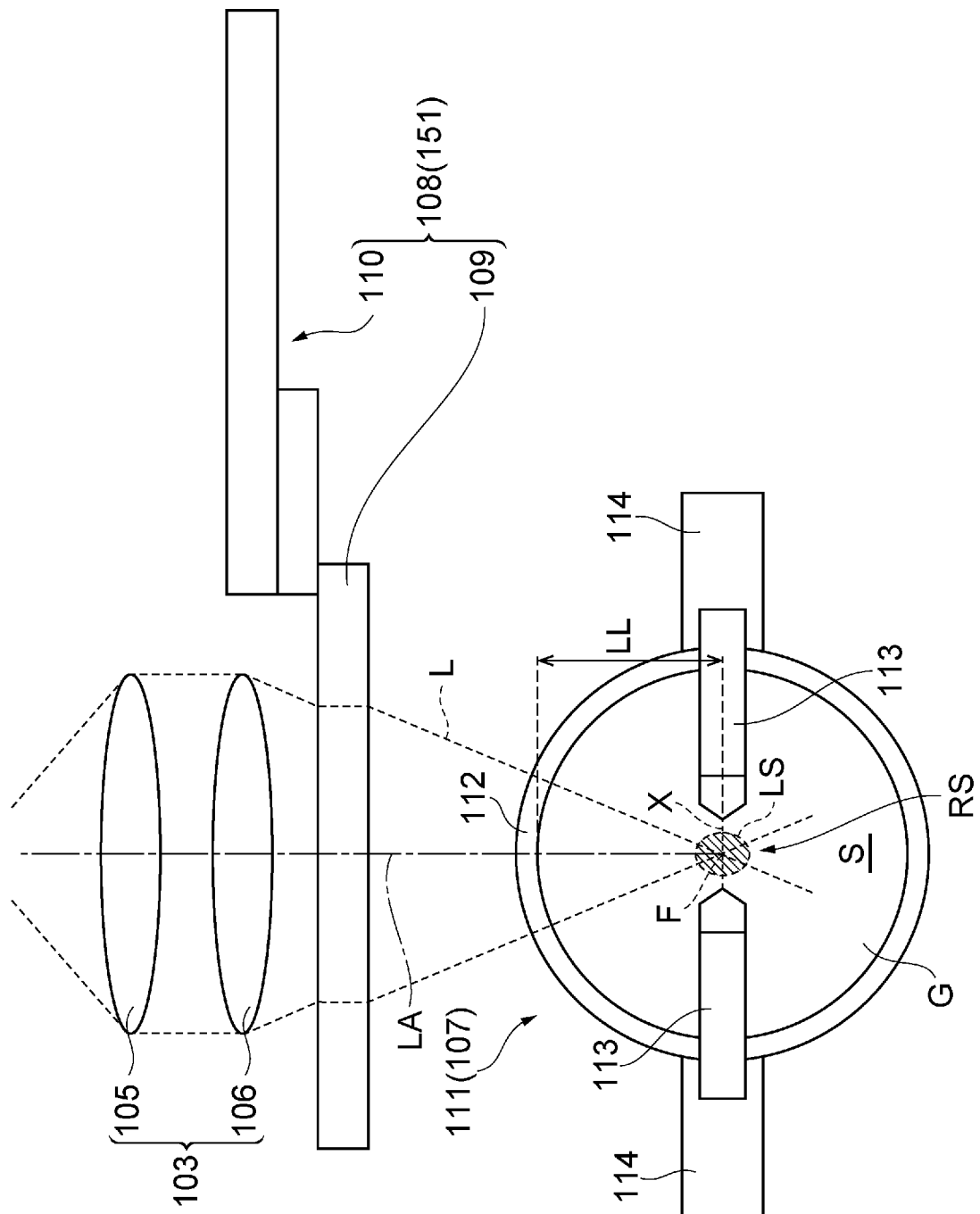
(b)

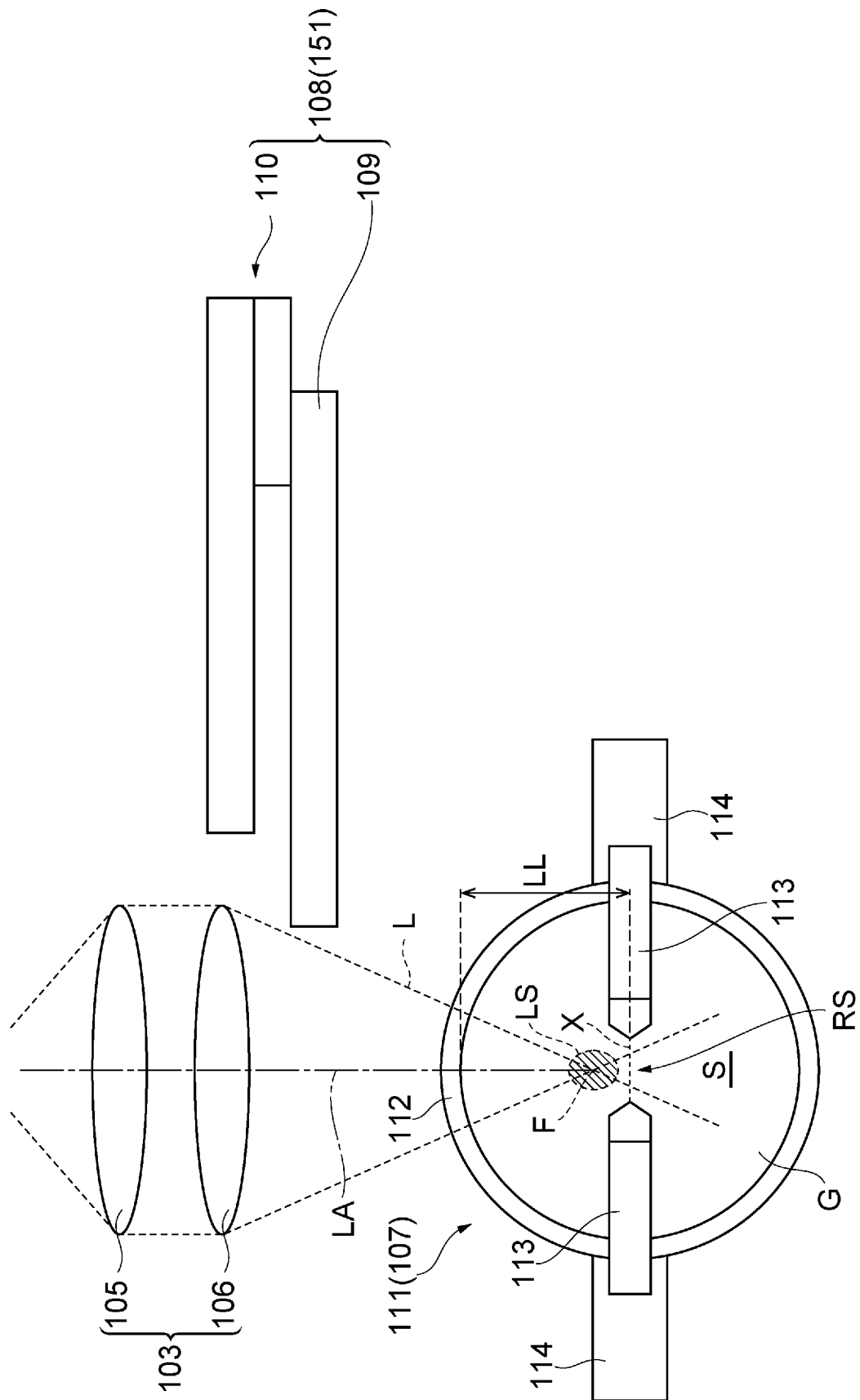


[図23]

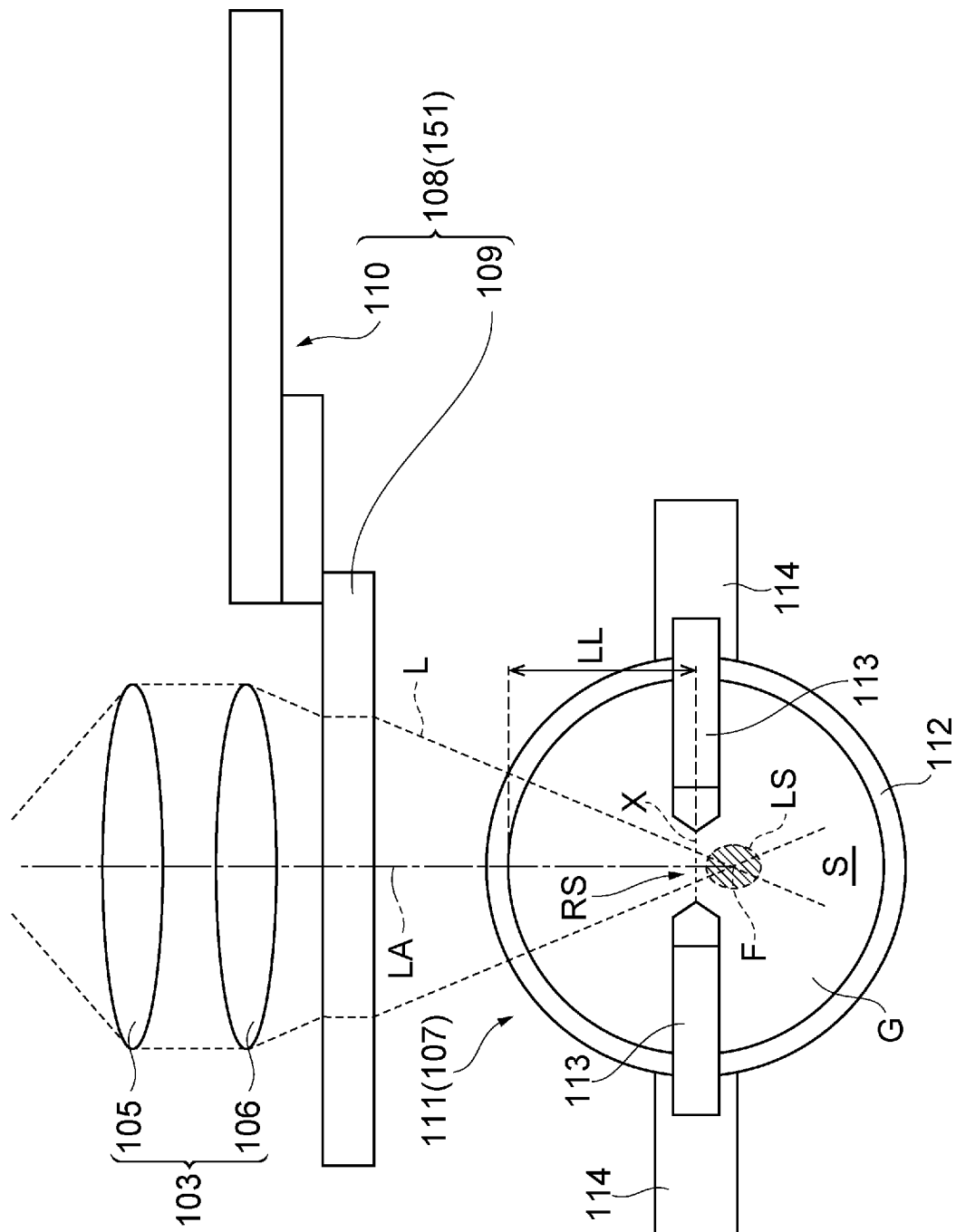


[図24]

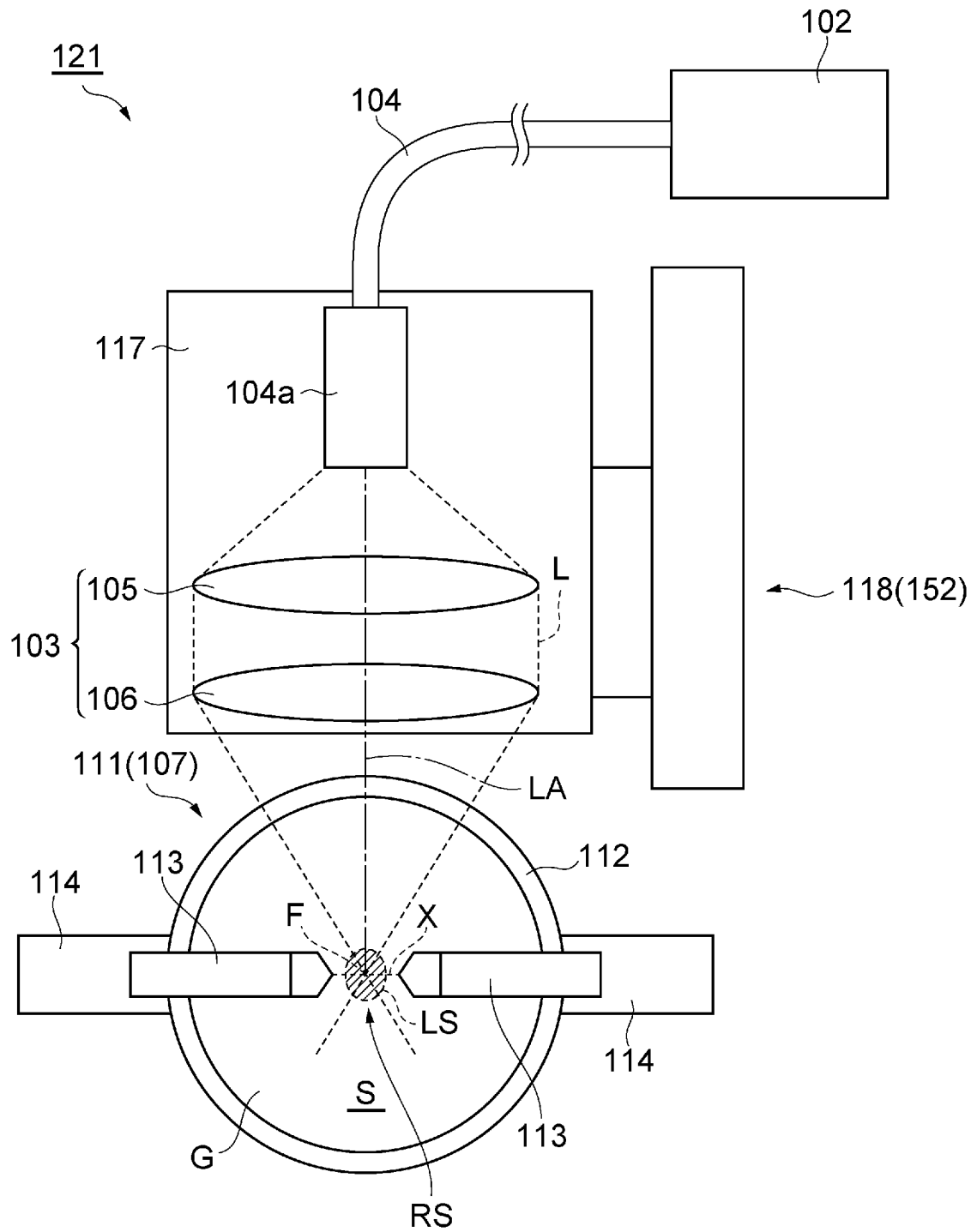




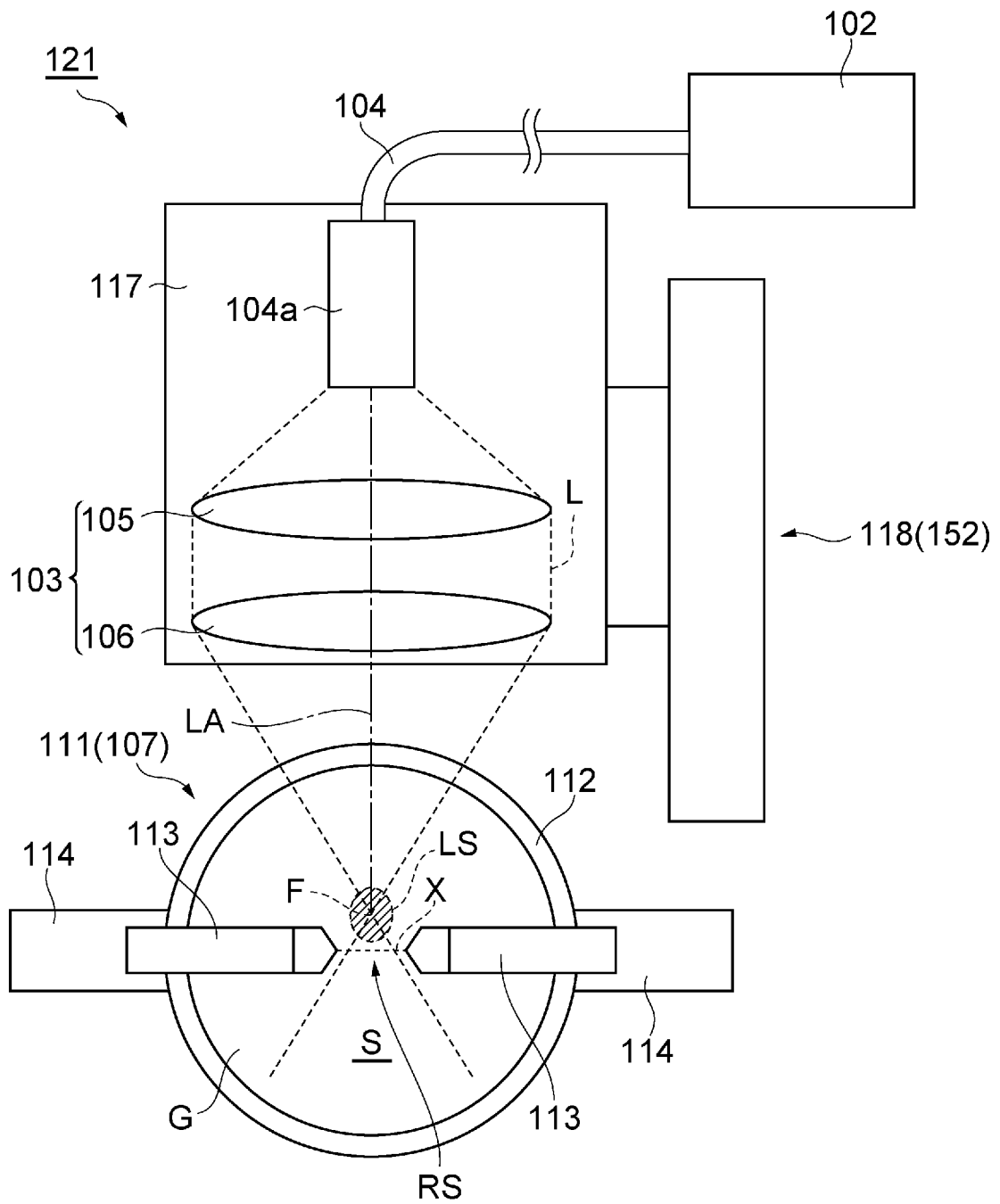
[図27]



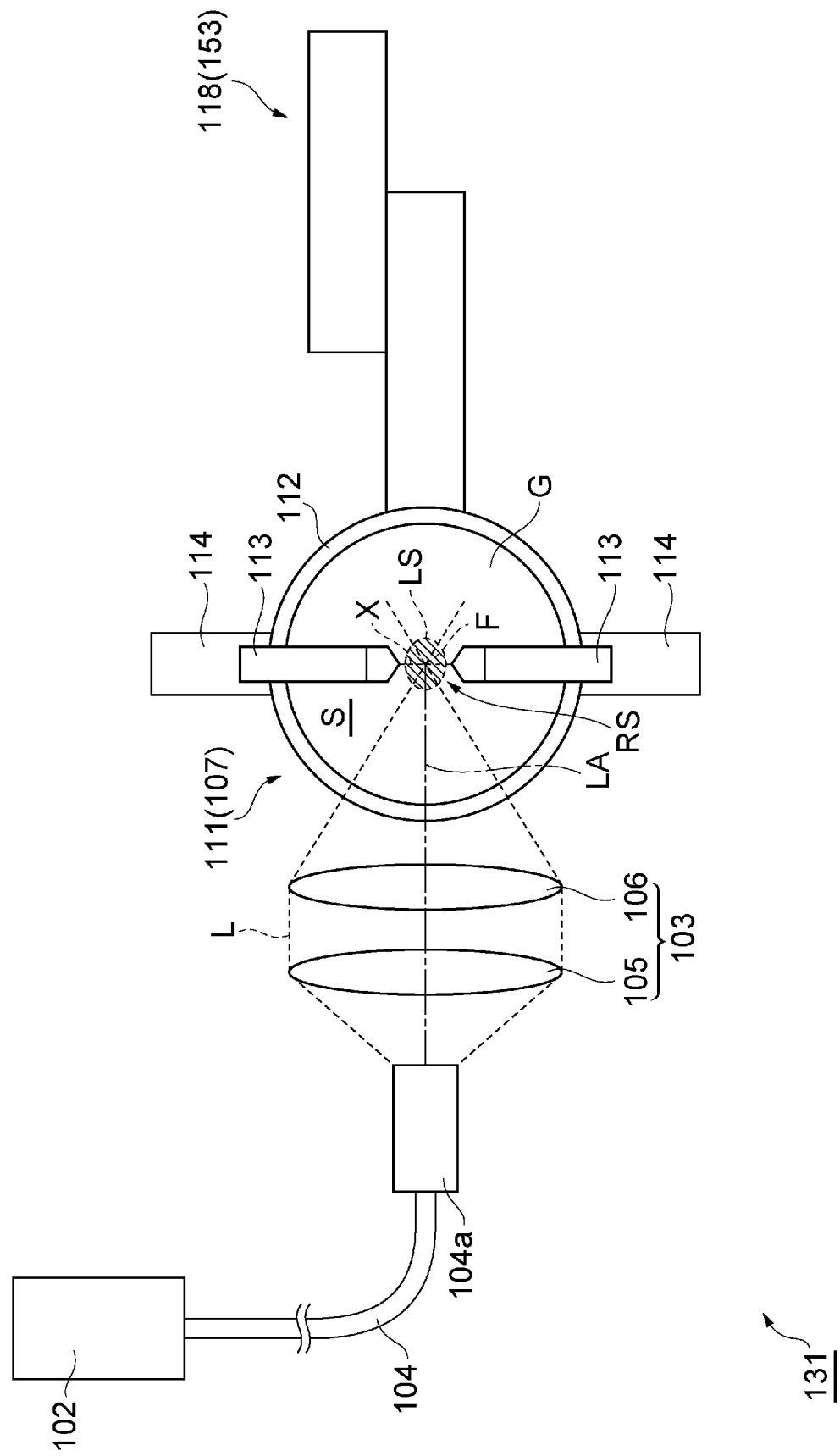
[図28]



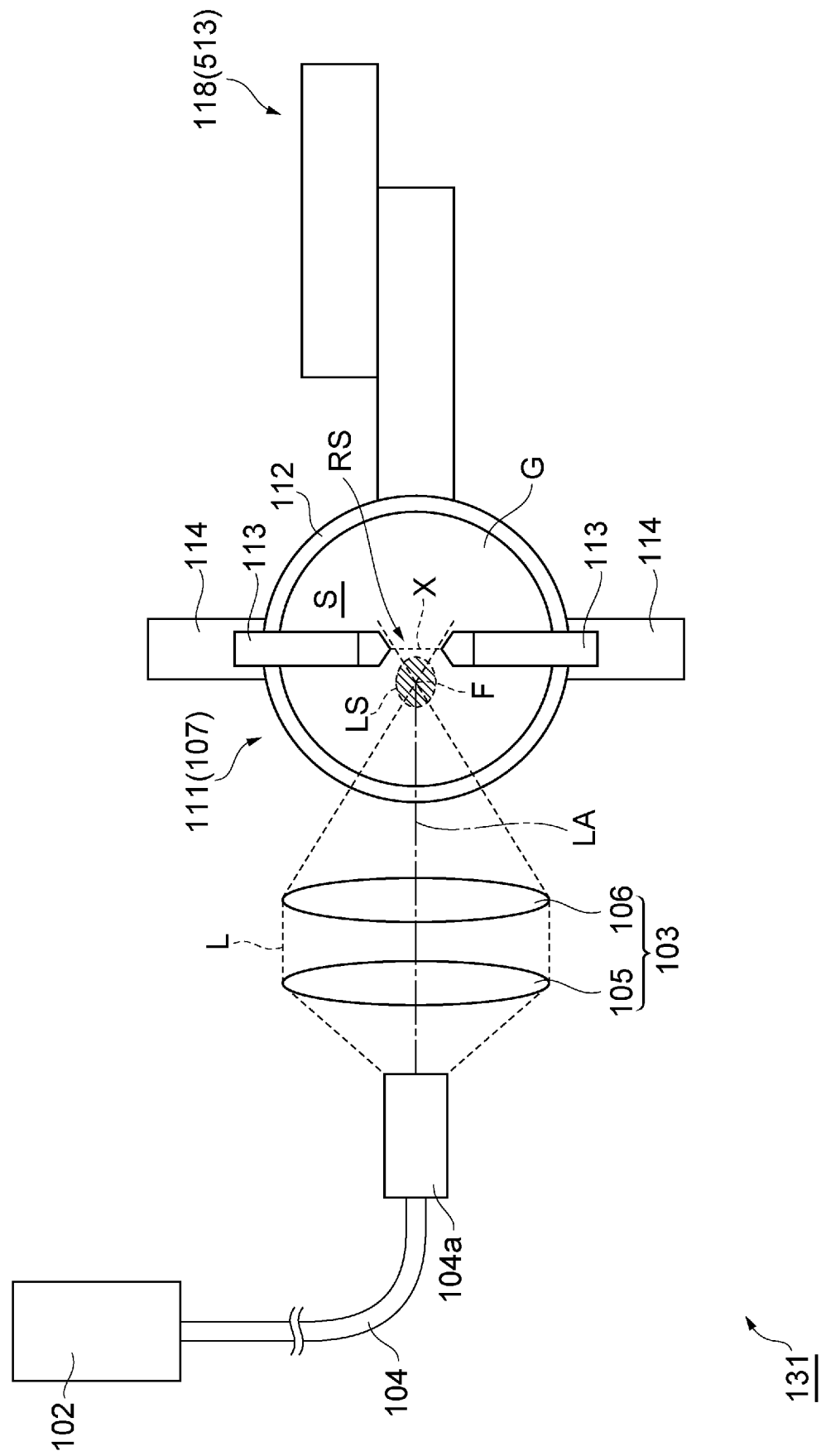
[図29]



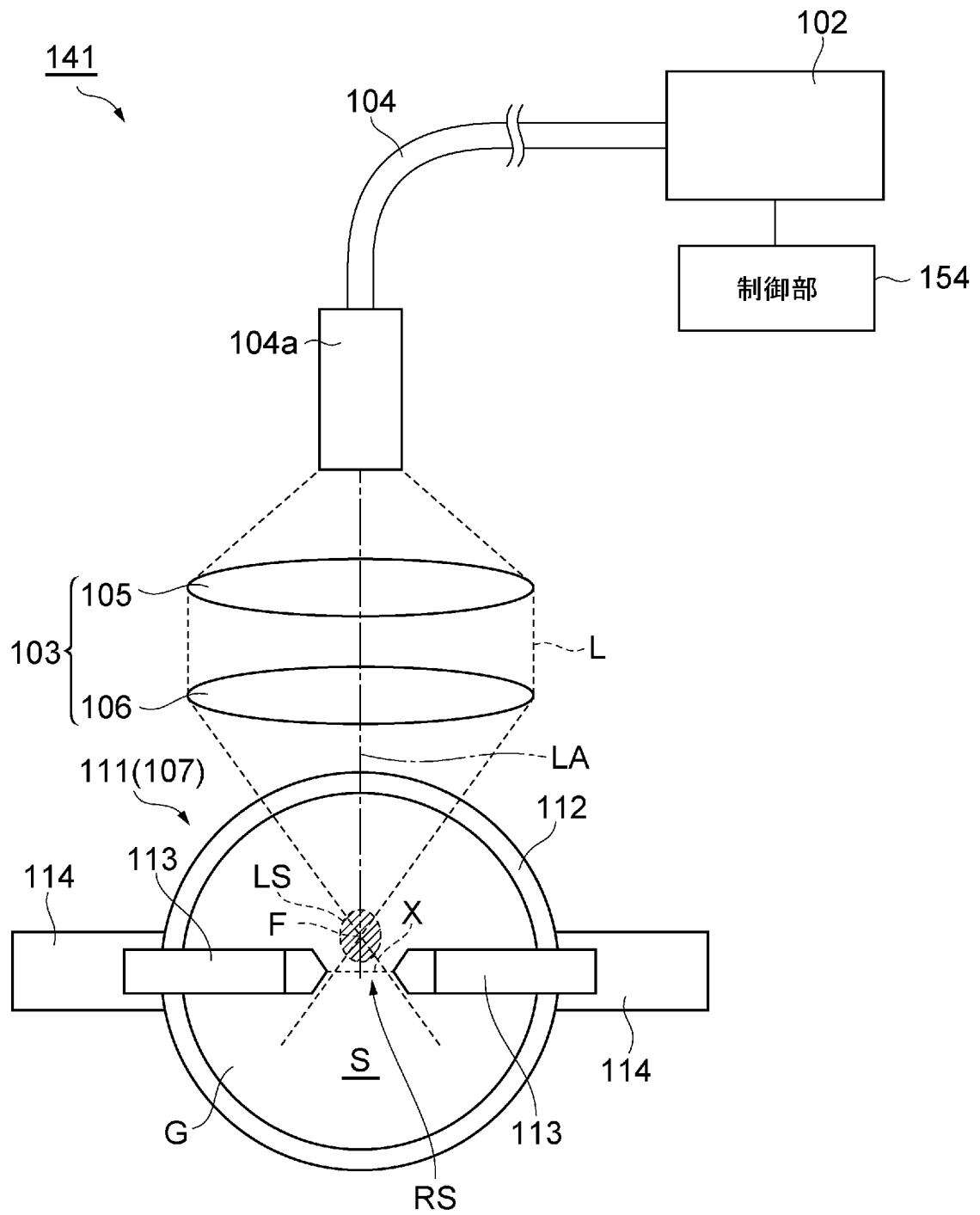
[図30]



[図31]



[図32]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/080345

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01J65/04(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01J65/00-65/08, H01L21/027, F21S2/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y A	JP 2011-35039 A (Ushio Inc.), 17 February 2011 (17.02.2011), paragraphs [0014] to [0019]; fig. 2 to 3 & US 2011/0026547 A1 & EP 2280408 A2 & CN 101989048 A & KR 10-2011-0013226 A & TW 201130014 A	1 3 2, 4-17
Y	JP 2013-45537 A (Ushio Inc.), 04 March 2013 (04.03.2013), paragraphs [0031] to [0035]; fig. 1 (Family: none)	3

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
27 January 2015 (27.01.15)

Date of mailing of the international search report
03 February 2015 (03.02.15)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/080345

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-532829 A (Energetiq Technology, Inc.), 10 September 2009 (10.09.2009), entire text; all drawings & JP 2012-230924 A & US 2007/0228288 A1 & US 2007/0228300 A1 & US 2009/0032740 A1 & US 2011/0181191 A1 & GB 2450045 A & WO 2007/120521 A2 & DE 112007000821 T & KR 10-2008-0108111 A	1-17

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J65/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01J65/00-65/08, H01L21/027, F21S2/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X Y A	JP 2011-35039 A（ウシオ電機株式会社）2011.02.17, 【0014】－【0019】，図2－図3 & US 2011/0026547 A1 & EP 2280408 A2 & CN 101989048 A & KR 10-2011-0013226 A & TW 201130014 A	1 3 2, 4-17
Y	JP 2013-45537 A（ウシオ電機株式会社）2013.03.04, 【0031】－【0035】，図1（ファミリーなし）	3

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 7 . 0 1 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

0 3 . 0 2 . 2 0 1 5

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

小野 健二

2 G

5 0 6 1

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 2 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-532829 A (エナジェティック・テクノロジー・インコーポ レーテッド) 2009.09.10, 全文全図 & JP 2012-230924 A & US 2007/0228288 A1 & US 2007/0228300 A1 & US 2009/0032740 A1 & US 2011/0181191 A1 & GB 2450045 A & WO 2007/120521 A2 & DE 112007000821 T & KR 10-2008-0108111 A	1-17