

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-517440
(P2025-517440A)

(43)公表日 令和7年6月5日(2025.6.5)

(51)国際特許分類

F I

H 0 1 J 65/04 (2006.01)

H 0 1 J 65/04 Z

H 0 1 J 61/30 (2006.01)

H 0 1 J 61/30 P

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全21頁)			
(21)出願番号	特願2024-568881(P2024-568881)	(71)出願人	500049141
(86)(22)出願日	令和5年5月15日(2023.5.15)		ケーエルエー コーポレーション
(85)翻訳文提出日	令和7年1月17日(2025.1.17)		アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ
(86)国際出願番号	PCT/US2023/022197		タス ワン テクノロジー ドライブ
(87)国際公開番号	WO2023/224891	(71)出願人	000102212
(87)国際公開日	令和5年11月23日(2023.11.23)		ウシオ電機株式会社
(31)優先権主張番号	63/344,412		東京都千代田区丸の内一丁目6番5号
(32)優先日	令和4年5月20日(2022.5.20)	(74)代理人	110001210
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		弁理士法人Y K I 国際特許事務所
(31)優先権主張番号	17/890,813	(72)発明者	クマール スミート
(32)優先日	令和4年8月18日(2022.8.18)		アメリカ合衆国 カリフォルニア サン
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(72)発明者	ノゼ カス ドライブ 3 6 8 4
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ		ウィッテンバーグ ジョシュア
	最終頁に続く		アメリカ合衆国 カリフォルニア フリー
			モント ランチョ アロヨ パークウェイ
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 円錐形ポケットレーザ維持プラズマランプ

(57)【要約】

検査ツールの広帯域プラズマ源で使用するプラズマランプが開示される。プラズマランプは、プラズマバルブ200内にガスを封入しプラズマを生成するように構成されている、プラズマバルブ200を含む。プラズマバルブは、ポンプレーザからの照明およびプラズマによって放射される広帯域放射の少なくとも一部に対して少なくとも部分的に透過性を有する材料から形成される。プラズマバルブ200は、円錐形ポケット202を含む。円錐形ポケット202は、プラズマから上昇するブルームを攪乱するように構成されている。

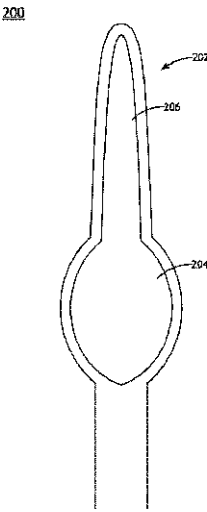


FIG. 2A

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマランプであって、

プラズマバルブ内にガスを封入しプラズマを生成するように構成されている前記プラズマバルブであって、ポンプレーザからの照明および前記プラズマから放射される広帯域放射の少なくとも一部に対して少なくとも部分的に透過性を有する材料から形成されている、前記プラズマバルブ

を備え、

前記プラズマバルブが、円錐形ポケットを備え、前記円錐形ポケットが、収束するセクションまたは拡開する円錐形セクションのうちの少なくとも一方を含むことを特徴とするプラズマランプ。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記円錐形ポケットが、前記プラズマから上昇するブルームを攪乱するように構成されていることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記円錐形ポケットが、前記プラズマから前記プラズマバルブの 1 つ以上の壁への熱移動を阻止することを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記プラズマバルブが、本体を備えることを特徴とするプラズマランプ。

20

【請求項 5】

請求項 4 に記載のプラズマランプであって、前記円錐形ポケットが、前記プラズマが前記プラズマバルブの頂部に衝突する前に前記プラズマから上昇する前記ブルームを攪乱するように、前記本体と一体化されることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 6】

請求項 4 に記載のプラズマランプであって、前記本体が、楕円形セクションを備えることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 7】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記円錐形セクションが、不均一な形状を有することを特徴とするプラズマランプ。

30

【請求項 8】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記円錐形セクションの壁が、不均一であることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 9】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記円錐形セクションが、狭まっていく円錐形セクションと一体化した直線状セクションを備えることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記円錐形セクションが、狭まっていく円錐形セクションと一体化した、広がっていく円錐形セクションを備えることを特徴とするプラズマランプ。

40

【請求項 11】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、1 本以上の金属棒を更に備えることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 12】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、前記バルブが、無電極であることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項 13】

請求項 1 に記載のプラズマランプであって、

50

前記バルブ内に配設されている１つ以上の電極であって、前記バルブ内でプラズマ生成を開始するように構成されている、１つ以上の電極を更に備えることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項１４】

請求項１に記載のプラズマランプであって、ガス封入構造体内に封入されているガスは、少なくとも１種のXe、Ar、Ne、Kr、He、N₂、H₂O、O₂、H₂、D₂、F₂、CF₆、または２種以上のXe、Ar、Ne、Kr、He、N₂、H₂O、O₂、H₂、D₂、F₂、もしくはCF₆の混合物を含むことを特徴とするプラズマランプ。

【請求項１５】

請求項１に記載のプラズマランプであって、前記プラズマバルブのガラス材料が、溶融シリカガラス材料を含むことを特徴とするプラズマランプ。

【請求項１６】

プラズマランプであって、
プラズマバルブ内にガスを封入しプラズマを生成するように構成されている前記プラズマバルブであって、ポンプレーザからの照明および前記プラズマから放射される広帯域放射の少なくとも一部に対して少なくとも部分的に透過性を有する材料から形成されている、前記プラズマバルブを備え、

前記プラズマバルブが、多段のテーパしたポケットを備え、前記多段のテーパしたポケットが、一連の狭くなる階段状セクションを含むことを特徴とするプラズマランプ。

【請求項１７】

請求項１６に記載のプラズマランプであって、前記多段のテーパしたポケットが、前記プラズマから上昇するブルームを攪乱するように構成されていることを特徴とするプラズマランプ。

【請求項１８】

ある体積のガスを封入するように構成されているプラズマバルブと、
前記プラズマバルブ内のプラズマを維持するための光ポンプを生成するように構成されているレーザポンプ源と、

前記プラズマから放射される広帯域光の少なくとも一部を集光するように構成されている集光器要素と、を備え、前記プラズマバルブが、ポンプレーザからの照明および前記プラズマから放射される前記広帯域光の少なくとも一部に対して少なくとも部分的に透過性を有する材料から形成されており、前記プラズマバルブが、円錐形ポケットを備え、前記円錐形ポケットが、収束するセクションまたは拡開する円錐形セクションのうちの少なくとも一方を含むことを特徴とするレーザ維持プラズマ光源。

【請求項１９】

請求項１８に記載のレーザ維持プラズマ光源であって、前記円錐形ポケットが、前記プラズマから上昇するブルームを攪乱するように構成されていることを特徴とするレーザ維持プラズマ光源。

【請求項２０】

特性評価システムであって、
レーザ維持光源であって、

ある体積のガスを封入するように構成されているプラズマバルブ、
前記プラズマバルブ内のプラズマを維持するための光ポンプを生成するように構成されているレーザポンプ源、

前記プラズマから放射される広帯域光の少なくとも一部を集光するように構成されている集光器要素、を備え、前記プラズマバルブが、ポンプレーザからの照明および前記プラズマによって放射される前記広帯域光の少なくとも一部に対して少なくとも部分的に透過性を有する材料から形成されており、前記プラズマバルブが、円錐形ポケットを備え、前記円錐形ポケットが、収束するセクションまたは拡開する円錐形セクションのうちの少なくとも一方を含む、レーザ維持光源と、

前記レーザ維持光源からの広帯域光を1つ以上のサンプルに導くように構成されている照明光学系の組と、

前記1つ以上のサンプルから発せられる光を集光するように構成されている集光光学系の組と、

検出器アセンブリと、

を備えることを特徴とする特性評価システム。

【請求項21】

請求項20に記載の特性評価システムであって、前記円錐形ポケットが、前記プラズマから上昇するブルームを攪乱するように構成されていることを特徴とする特性評価システム。

10

【請求項22】

ポンプ照明を生成することと、

プラズマバルブの本体内でプラズマが維持されるように、前記ポンプ照明の一部を前記プラズマバルブ内へと導くことと、

前記プラズマから前記プラズマバルブの1つ以上の壁への熱移動を低減するために、前記プラズマから上昇するブルームの一部を、収束するセクションまたは拡開する円錐形セクションのうちの少なくとも一方を含む円錐形ポケットによって攪乱することと、

前記プラズマから放射された広帯域光の一部を集光し、前記広帯域光の一部を1つ以上の下流の用途へと導くことと、
を含むことを特徴とする方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、一般に、広帯域プラズマランプに関し、より詳細には、プラズマバルブ内の対流環境を制御するための円錐形ポケットを有するプラズマバルブを備えた広帯域プラズマランプに関する。

【背景技術】

【0002】

関連出願の相互参照

本出願は、その全体を本願に引用して援用する、2022年5月20日に出願された「TAPERED POCKET LASER-SUSTAINED PLASMA LAMP」と題する米国仮出願第63/344,412号の、米国特許法第119条(e)の下での利益を主張する。

30

【0003】

非常に小さいデバイスフィーチャを有する集積回路の需要が高まり続けるにつれ、それら非常に小さいデバイスの検査に使用される照明源の改善の必要性が高まっている。そのような照明源の1つとして、高出力の広帯域光を生成することができるレーザ維持広帯域プラズマ(BBP)源が挙げられる。レーザ維持BBP光源は、ガス封入容器内に収容されているある体積のガス、例えばアルゴンまたはキセノン中にレーザ放射を集束させ、そのガスをプラズマ状態へと励起し、続いてこのプラズマが広帯域の光を放出することで動作する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】米国特許出願公開第2021/0321508号

【特許文献2】米国特許出願公開第2016/0163516号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

BBP光源の高温プラズマから発生するブルームは摂氏数千度の温度を有する。相対的

50

に密度の低い高温のブルームはガス中を上昇し、加速し、ランプの内面に衝突する。通常、高温のブルームは上昇の結果、ランプの放電チャンバの上面に直接衝突する。このプラズマ対流ブルーム現象は、十分に冷却することの困難な局所的なホットスポット領域を作り出す。プラズマランプは一般に溶融シリカで形成されるが、溶融シリカは熱導体としての機能には劣る。その結果、溶融シリカで形成されたプラズマランプは熱を効果的に分散させず、熱管理が困難になる。したがって、従来の手法の欠点を克服するプラズマランプの設計を提供することが有利であろう。

【課題を解決するための手段】

【0006】

プラズマランプが開示される。実施形態において、プラズマランプは、プラズマバルブ内にガスを封入しプラズマを発生させるように構成されている、プラズマバルブを含む。実施形態において、プラズマバルブは、ポンプレザからの照明およびプラズマによって放射される広帯域放射の少なくとも一部に対して少なくとも部分的に透過性を有する材料から形成される。実施形態において、プラズマバルブは、円錐形ポケットを備え、円錐形ポケットは、収束するセクションまたは拡開する円錐形セクションのうちの少なくとも一方を含み、プラズマから上昇するブルームを攪乱するように構成されている。実施形態において、プラズマランプは、レーザ維持プラズマ（LSP）広帯域光源に組み込まれている。実施形態において、LSP広帯域光源は、限定するものではないが検査システムや計測システムなどの、特性評価システム（characterization system）に組み込まれる。

【0007】

LSP広帯域光源におけるプラズマとプラズマバルブとの間の熱移動を低減する方法が開示される。実施形態において、方法は、ポンプ照明を生成することを含む。実施形態において、方法は、プラズマバルブの本体内でプラズマが維持されるように、ポンプ照明の一部をプラズマバルブ内へと導くことを含む。実施形態において、方法は、プラズマからプラズマバルブの1つ以上の壁への熱移動を低減するために、プラズマから上昇するブルームの一部を、プラズマバルブの円錐形ポケットによって攪乱することを含む。実施形態において、方法は、プラズマから放射された広帯域光の一部を集光し、広帯域光の一部を1つ以上の下流の用途へと導くことを含む。

【0008】

上記の一般的説明および以下の詳細な説明の両方は例示的かつ説明的なものに過ぎず、本開示を必ずしも制約するものではないことが理解されるべきである。本開示に組み込まれてその一部を構成する添付の図面によって、本開示の主題が説明される。その説明と図面とが一体となって、本開示の原理を説明する役割を果たす。

【0009】

本開示の多数の利点は、添付の図面を参照することで、当業者によりよく理解され得る。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本開示の1つ以上の実施形態による、円錐形ポケットプラズマランプを備えるLSP広帯域光源100の概略図である。

【図2A】本開示の1つ以上の実施形態による、円錐形ポケットを有するプラズマバルブの一連の簡略化した概略図である。

【図2B】本開示の1つ以上の実施形態による、円錐形ポケットを有するプラズマバルブの一連の簡略化した概略図である。

【図2C】本開示の1つ以上の実施形態による、円錐形ポケットを有するプラズマバルブの一連の簡略化した概略図である。

【図2D】本開示の1つ以上の実施形態による、円錐形ポケットを有するプラズマバルブの一連の簡略化した概略図である。

【図2E】本開示の1つ以上の実施形態による、多段のテーパしたポケットを有するプラ

ズマバルブの簡略化した概略図である。

【図 3】本開示の 1 つ以上の実施形態による、1 つ以上の電極を有するプラズマバルブの簡略化した概略図である。

【図 4 A】本開示の 1 つ以上の実施形態による、プラズマランプのプラズマバルブの様々なタイプの形状の断面図である。

【図 4 B】本開示の 1 つ以上の実施形態による、図 4 A に描かれているプラズマバルブの垂直距離に沿って取得した一連の内面温度曲線を描いたグラフである。

【図 5】本開示の 1 つ以上の実施形態による、図 1 ～図 4 B のいずれかに図示されている L S P 広帯域光源を実装する光特性評価システムの簡略化した概略図である。

【図 6】本開示の 1 つ以上の実施形態による、図 1 ～図 4 B のいずれかに図示されている L S P 広帯域光源を実装する光特性評価システムの簡略化した概略図である。

【図 7】本開示の 1 つ以上の実施形態による、レーザ維持プラズマ源におけるプラズマとプラズマバルブとの間の熱移動を低減する方法を描いたフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下では、添付の図面に示されている開示される主題を詳細に参照する。本開示を、特定の実施形態およびその詳細な特徴に関して具体的に示し説明してきた。本明細書に明記されている実施形態は、限定的なものではなく例示的なものとして解釈される。本開示の精神および範囲から逸脱することなく形態および詳細の様々な変更および修正を行い得ることが、当業者には容易に明らかであろう。

【0012】

本開示の実施形態は、広帯域プラズマ検査ツールの光源内で利用されるプラズマランプ内の対流環境を制御するのに適したプラズマバルブ設計を有する、プラズマランプに向けられている。対流制御は、プラズマの改善された対流プルームによって、プラズマバルブの放電チャンバの壁を過度の加熱から保護する。この制御は、排出チャンバの上部を、ガス流の侵入を可能にするための広い首部を有する円錐形ポケットの形状（例えば、収束および／または拡開する円錐形セクションを有するポケット形状）に成形することによって達成される。本開示の実施形態は、プルームがプラズマバルブの内面に接触する領域を更に広げるプラズマバルブ設計に向けられている。例えば、深いポケットの円錐形状によって、プラズマとプラズマバルブの壁との間に距離が追加され、バルブ壁に接触する前に流れが分解され無秩序になることが保証される。流れは拡散し、プルームとバルブ壁との間の接触の領域を小さくして壁への熱移動を低減させ、その結果壁の動作温度を低下させる。

【0013】

図 1 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、L S P 広帯域光源 100 の概略図を示す。L S P 源 100 はプラズマランプ 102 を含む。プラズマランプ 102 は、プラズマバルブ 104 内にガスを封入しプラズマ 106 を生成するように構成されている、プラズマバルブ 104 を含む。実施形態において、プラズマバルブ 104 は円錐形ポケット 108 を含む。円錐形ポケット 108 はプラズマ 106 から上昇するプルームを攪乱するように構成されている。プラズマバルブ 104 は、ポンプ源 110 からの照明 109 およびプラズマ 106 によって放射される広帯域放射 112 に対して少なくとも部分的に透過性を有する材料から形成される。

【0014】

ポンプ源 110 は、プラズマバルブ 104 内のプラズマ 106 を維持するための光ポンプとして機能する、照明 109 を生成するように構成されている。例えば、ポンプ源 110 は、プラズマ 106 をポンピングするのに適したレーザ照明のビームを放射することができる。実施形態において、集光器要素 114 は、光ポンプ 109 の一部をプラズマバルブ 104 内に封入されているガスへと導いて、プラズマ 106 に点火および／またはプラズマ 106 を維持するように構成されている。ポンプ源 110 は、プラズマに点火および／またはプラズマを維持するのに適した、当技術分野で知られている任意のポンプ源を含

み得る。例えば、ポンプ源 110 は、1 つ以上のレーザ（例えばポンプレーザ）を含み得る。ポンプビームは、可視放射、IR 放射、NIR 放射、および／または UV 放射を含むがこれらに限定されない、当技術分野で知られている任意の波長または波長範囲の放射を含み得る。集光器要素 114（例えば楕円面鏡）は、プラズマ 106 から放射される広帯域放射 112 の一部を集光するように構成されている。プラズマ 106 から放射された広帯域放射 112 を、1 つ以上の下流の用途（例えば、検査、計測、またはリソグラフィ）で使用するために、1 つ以上の追加の光学系（例えばコールドミラー 116）を介して集光することができる。LSP 光源 100 は、1 つ以上の下流の用途の前に広帯域放射 112 を調整するための任意の数の追加の光学要素、例えば限定するものではないがフィルタ 118 またはホモジナイザ 120 を含み得る。集光器要素 114 は、プラズマ 106 によって放射された可視放射、NUV 放射、UV 放射、DUV 放射、および／または VUV 放射のうちの 1 つ以上を集光し、広帯域光 112 を 1 つ以上の下流の光学要素に導くことができる。例えば、集光器要素 114 は、赤外放射、可視放射、NUV 放射、UV 放射、DUV 放射、および／または VUV 放射を、当技術分野で知られている任意の光学特性評価システムの下流の光学要素に、例えば限定するものではないが検査ツール、計測ツール、またはリソグラフィツールなどに、供給することができる。この点に関して、広帯域光 112 は、検査ツール、計測ツール、またはリソグラフィツールの照明光学系に結合され得る。

10

【0015】

図 2A～図 2D は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、プラズマランプ 102 のプラズマバルブ 104 で使用するための一連の円錐形ポケット設計を示す。図 2A～図 2D に示すように、本開示の円錐形ポケットは、プラズマから上昇するプルームの崩壊を提供するために、収束する円錐形セクション、または収束する円錐形セクションと拡開する円錐形セクションとの組み合わせによって形成され得る。

20

【0016】

図 2A は、円錐形ポケット 202 を有する円錐形ポケットプラズマバルブ 200 を示す。円錐形ポケットプラズマバルブ 200 は本体 204 も含む。例えば、本体 204 は楕円形のセクションを含み得る。実施形態において、円錐形ポケット 202 は、プラズマがプラズマバルブ 200 の頂部に衝突する前にプラズマから上昇するプルームを攪乱するように、本体 204 と一体化される。この実施形態では、円錐形ポケット 202 は、不均一な形状（例えば、ポケットの直径が垂直位置の関数として変化する）を有する、円錐形セクション 206 を含む。プラズマバルブの形状は、円錐形状に厳密に限定されるものではないことに留意されたい。むしろ形状は、図 2A に示すように、完全な円錐形セクションからわずかに逸脱し、所望に応じて内向きおよび／または外向きの湾曲を含んでいてもよい。代替の実施形態では、図 2B に示すように、円錐形ポケットバルブ 210 は円錐形ポケット 212 を含んでもよく、円錐形ポケット 212 を形成するプラズマバルブ 210 の部分の壁 214 は、不均一な厚さを有してもよい（例えば、壁の厚さは垂直位置の関数として変化する）。代替の実施形態では、図 2C に示すように、円錐形ポケットバルブ 220 は、狭くなる円錐形セクション 226（例えば、収束する円錐形セクション）と一体化された直線状セクション 224 から形成された、円錐形ポケット 222 を含み得る。代替の実施形態では、図 2D に示すように、円錐形ポケットバルブ 230 は、狭くなる円錐形セクション 236（例えば、収束する円錐形セクション）と一体化された広くなるセクション 234 から形成された、円錐形ポケット 232 を含み得る。代替の実施形態では、図 2E に示すように、バルブは多段のテーパしたポケット 240 を含んでもよく、一連の段差 244 から形成されたテーパしたポケット 242 を含んでもよい。段差 244 は、連続する各セクションがその下のセクションよりも小さい直径を有する、一連の直線状セクションから形成されてもよい。

30

40

【0017】

プラズマバルブ 200～240 は電極なしで示されている。この説明が本開示の範囲を限定するものと解釈されるべきではないことに留意すべきである。むしろ、実施形態にお

50

いて、プラズマバルブ 200～240 の各々は、電極を有して作製されても電極なしで作製されてもよい。図 3 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、電極 302 を含む円錐形ポケットプラズマバルブ 300 を示す。実施形態において、円錐形ポケットプラズマバルブ 300 は、1 つの電極または複数の電極（例えば、頂部電極および底部電極）を含み得る。1 つ以上の電極が金属棒を構成し得る。

【0018】

図 2 A～図 3 を全体に参照すると、プラズマバルブ 102、200、210、220、230、240、および 300 の透過部分は、プラズマ 106 および／またはポンプ光 109 によって生成される広帯域光 112 に対して少なくとも部分的に透過性を有する、当技術分野で知られている任意の材料から形成され得る。実施形態において、プラズマバルブの 1 つ以上の透過部分は、プラズマバルブ 104 内で生成される VUV 放射、DUV 放射、UV 放射、NUV 放射、および／または可視光に対して少なくとも部分的に透過性を有する、当技術分野で知られている任意の材料から形成され得る。更に、プラズマバルブの 1 つ以上の透過部分は、ポンプ源 110 からの IR 放射、可視光、および／または UV 光に対して少なくとも部分的に透過性を有する、当技術分野で知られている任意の材料から形成され得る。実施形態において、プラズマバルブの 1 つ以上の透過部分は、ポンプ源 110（例えば IR 源）からの放射線ならびにプラズマ 106 によって放射される放射（例えば、VUV 放射、DUV 放射、UV 放射、NUV 放射および／または可視光）の両方に対して透過性を有する、当技術分野で知られている任意の材料から形成され得る。例えば、本明細書に記載するプラズマバルブのうちの 1 つ以上は、溶融シリカガラスから形成され得る。

【0019】

プラズマバルブは、ポンプ照明の吸収時にプラズマを生成するのに適した、当技術分野で知られている任意の選択されたガス（例えば、アルゴン、キセノン、水銀など）を封入し得る。実施形態において、ある体積のガス中へのポンプ源 110 からのポンプ照明 109 の集束によって、ガス封入構造内のガスまたはプラズマによる（例えば、1 つ以上の選択された吸収線を介した）エネルギーの吸収が引き起こされ、このことによってプラズマ 106 を生成および／または維持するためのガス種の「ポンピング」が行われる。光源 100 は、様々なガス環境においてプラズマ 106 を開始および／または維持するために利用され得る。実施形態において、プラズマ 106 を開始および／または維持するために使用されるガスは、不活性ガス（例えば、希ガスもしくは非希ガス）または非不活性ガス（例えば水銀）を含み得る。実施形態において、プラズマ 106 を開始および／または維持するために使用されるガスは、ガスの混合物（例えば、複数種の不活性ガスの混合物、不活性ガスと非不活性ガスとの混合物、または複数種の非不活性ガスの混合物）を含み得る。例えば、光源 100 での実装に適したガスとしては、Xe、Ar、Ne、Kr、He、N₂、H₂O、O₂、H₂、D₂、F₂、CH₄、CF₆、1 種以上の金属ハロゲン化物、ハロゲン、Hg、Cd、Zn、Sn、Ga、Fe、Li、Na、Ar:Xe、ArHg、KrHg、XeHg、およびそれらの任意の混合物を挙げることができるが、これらに限定されない。本開示は、プラズマバルブ内でプラズマを維持するのに適した任意のガスに及ぶものと解釈されるべきである。

【0020】

図 4 A は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、プラズマランプのプラズマバルブの様々なタイプの形状の断面図を示す。様々な形状によって、プルームの流れを促進しプラズマからの熱エネルギーをプラズマバルブの内面面積のより大きい部分にわたって混合し拡散させるポケットの進展が描かれている。プラズマバルブ 402 はポケットを含まず、ベースラインの「対照」プラズマバルブを表す。

【0021】

プラズマバルブ 404 および 406 は、狭い首部および広い首部をそれぞれ有する、円筒形ポケットを含む。計算流体力学（CFD）シミュレーションは、ポケットの「首部（neck）」の内径が、所定のポケットの長さに対するポケット内部のプルーム流の運動

力学に重要な役割を果たすことを示している。バルブ 404 の狭い首部は、ポケットの入口付近でブルーム流を攪乱し、以ってブルームを放散させ分解させる。対照的に、406 の広い首部は、高温のブルームが、ポケットの頂部に達するまでポケットの長さの大部分にわたって攪乱されることなく上昇することを可能にする。プラズマバルブ 408 は、プラズマバルブ 406 と同じ広い首部を有する円錐形ポケットを含む。プラズマバルブ 408 のポケットの円錐形状によって、バルブの最上面に到達する前にブルームが確実に分解される。円錐形状はまたより良好な流線形を有して、プラズマバルブ 408 の上方からの強制噴流による冷却をより効果的にしている。

【0022】

図 4B は、バルブ 402 ~ 408 の垂直距離にそれぞれ沿って取得した一連の内面温度曲線 412 ~ 418 を描いたグラフ 410 を示す。バルブの内部温度は、垂直距離の関数として、バルブの垂直軸に沿って円周方向において平均化されていることに留意されたい。ポケットを有さない制御バルブ 402 が最も高い内部ガラス温度を示すが、その理由は、ブルームが通常は頂面に衝突し、領域 I において局所的なホットスポットを生み出すためである。

【0023】

深いポケットを有するプラズマバルブは、ブルーム流の運動力学の結果として最も高温の領域が上方に移動している温度分布を示す。狭い首部を有する円筒形ポケットを有するプラズマバルブ 404 の場合、ブルームは領域 I においてポケットの境界と相互作用するが、曲線 414 に示されている温度の大きさは、曲線 412 に示されている対照プラズマバルブ 402 と比較して、はるかに小さい。ただし、プラズマバルブ 404 の場合の熱エネルギーは小さな表面積にわたって放散されるため、外部の強制的な対流によって効果的に冷却することがより困難であることに留意されたい。広い首部を有するプラズマバルブ 406 の場合、ブルームはポケットの長さを移動するが、更に領域 II において最上部の表面にホットスポット領域を形成する。最上部の湾曲した表面における通常のブルーム衝突のために、曲線 416 に示されているプラズマバルブ 406 の高温領域温度は、曲線 414 に示されているプラズマバルブ 404 よりも高い。円錐形ポケットを有するプラズマバルブ 408 の場合、広い首部は攪乱されていないブルームのポケット内への取り込みを可能にし、円錐形状は、温度曲線 418 が裏付けているように、領域 II の下方の流れを分解し放散させる。

【0024】

プラズマバルブ 408 の円錐形状の深いポケットの設計によってプラズマバルブ内における最も効果的な対流制御が実現し、他の設計と比較してバルブ壁への対流熱移動が低減され、ランプ動作にとって最も安全な条件が可能になる。本開示の範囲は、図 4A の円錐形状のプラズマバルブ 408 に限定されないことに留意されたい。むしろ、本明細書で既に検討したように、円錐形プラズマバルブ 408 は、円錐形プラズマ設計の例を示す。本開示の様々な円錐形設計は、本明細書で先に概説した円錐形状の設計と同じまたは類似の利点を提供し得ることが、本明細書において認識される。

【0025】

図 1 ~ 図 4B を全体に参照すると、ポンプ源 110 は、プラズマを維持するための光ポンプとして機能することのできる、当技術分野で知られている任意のレーザシステムを含み得る。例えば、ポンプ源 110 は、電磁スペクトルの赤外、可視、および／または紫外部分において放射線を放射することのできる、当技術分野で知られている任意のレーザシステムを含み得る。

【0026】

実施形態において、ポンプ源 110 は、連続波 (CW) レーザ放射を放射するように構成されているレーザシステムを含み得る。例えば、ポンプ源 110 は、1 つ以上の CW 赤外レーザ源を含み得る。実施形態において、ポンプ源 110 は、プラズマ 106 に実質的に一定の出力でレーザ光を提供するように構成されている、1 つ以上のレーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源 110 は、プラズマ 106 に変調されたレーザ光を提供す

10

20

30

40

50

るように構成されている、1つ以上の変調されたレーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源110は、プラズマにパルスレーザ光を提供するように構成されている、1つ以上のパルスレーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源110は1つ以上のダイオードレーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源110はイオンレーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源110は1つ以上の周波数変換式のレーザシステムを含み得る。実施形態において、ポンプ源110はディスクレーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源110はファイバレーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源110は広帯域レーザを含み得る。実施形態において、ポンプ源110は1つ以上の非レーザ光源を含み得る。

【0027】

実施形態において、ポンプ源110は2つ以上の光源を含み得る。実施形態において、ポンプ源110は2つ以上のレーザを含み得る。例えば、ポンプ源110（または「複数のポンプ源」）は、複数のダイオードレーザを含み得る。実施形態において、2つ以上のレーザの各々は、ポンプ源100内のガスまたはプラズマの異なる吸収線に合わせて調整されたレーザ放射を放射することができる。

【0028】

集光器要素114は、プラズマ生成の技術分野で知られている任意の集光器要素を含み得る。例えば、集光器要素114は、1つ以上の楕円面反射器、1つ以上の球面反射器、および／または1つ以上の放物面反射器を含み得る。集光器要素114は、プラズマ106から、プラズマベースの広帯域光源の技術分野で知られている任意の波長の広帯域光を集光するように構成され得る。例えば、集光器要素114は、プラズマ106から、赤外光、可視光、紫外光、NUV光、VUV光、および／またはDUV光を集光するように構成され得る。

【0029】

図5は、本開示の1つ以上の実施形態による、図1～図4Bのいずれか（またはそれらの任意の組合せ）に図示されているLSP広帯域光源100を実装する光特性評価システム500の概略図である。

【0030】

本明細書において、システム500は、当技術分野で知られている任意の画像化、検査、計測、リソグラフィ、または他の特性評価／製造のシステムを備え得ることに留意されたい。この点に関して、システム500は、サンプル507に対して検査、光学計測、リソグラフィ、および／または画像化を実行するように構成され得る。サンプル507としては、ウエハ、レチクル／フォトマスクなどを含むがこれらに限定されない、当技術分野で知られている任意のサンプルを挙げることができる。システム500には、本開示を通じて説明されるLSP広帯域光源100の様々な実施形態のうちの1つ以上が組み込まれ得ることに留意されたい。

【0031】

実施形態において、サンプル507は、サンプル507の移動を容易にするためのステージアセンブリ512上に配設される。ステージアセンブリ512は、X-Yステージ、R-θステージなどを含むがこれらに限定されない、当技術分野で知られている任意のステージアセンブリ512を含み得る。実施形態において、ステージアセンブリ512は、検査中または画像化中にサンプル507の高さを調整して、サンプル507への集束を維持することができる。

【0032】

実施形態において、照明光学系503の組は、広帯域光源100からの照明をサンプル507へと導くように構成されている。照明光学系503の組は、当技術分野で知られている任意の数およびタイプの光学構成要素を含み得る。実施形態において、照明光学系503の組は、限定するものではないが1つ以上のレンズ502、ビームスプリッタ504、および対物レンズ506などの、1つ以上の光学要素を含む。この点に関して、照明光学系503の組は、LSP広帯域光源100からの照明をサンプル507の表面上へと集

10

20

30

40

50

束させるように構成され得る。1つ以上の光学要素としては、1つ以上のミラー、1つ以上のレンズ、1つ以上の偏光器、1つ以上の格子、1つ以上のフィルタ、1つ以上のビームスプリッタなどを含むがこれらに限定されない、当技術分野で知られている任意の光学要素または光学要素の組合せを挙げることができる。

【0033】

実施形態において、集光光学系の組505は、サンプル507から反射、散乱、回折、および／または放射された光を集光するように構成される。実施形態において、集光光学系の組505、例えば限定するものではないが集束レンズ510は、サンプル507からの光を検出器アセンブリ514のセンサ516へと導く、および／または集束させることができる。なお、センサ516および検出器アセンブリ514は、当技術分野で知られている任意のセンサおよび検出器アセンブリを含み得る。例えば、センサ516としては、電荷結合デバイス（CCD）検出器、相補型金属酸化膜半導体（CMOS）検出器、時間遅延積分（TDI）検出器、光電子増倍管（PMT）、アバランシェフォトダイオード（APD）などを挙げることができるが、これらに限定されない。更に、センサ516としては、ラインセンサまたは電子線照射型ラインセンサを挙げることができるが、これらに限定されない。

10

【0034】

実施形態において、検出器アセンブリ514は、1つ以上のプロセッサ520およびメモリ媒体522を含む制御装置518に、通信可能に結合される。例えば、1つ以上のプロセッサ520はメモリ522に通信可能に結合されてもよく、その場合、1つ以上のプロセッサ520は、メモリ522に記憶されているプログラム命令のセットを実行するように構成される。実施形態において、1つ以上のプロセッサ520は、検出器アセンブリ514の出力を分析するように構成される。実施形態において、プログラム命令のセットは、1つ以上のプロセッサ520にサンプル507の1つ以上の特性を分析させるように構成される。実施形態において、プログラム命令のセットは、1つ以上のプロセッサ520に、サンプル507および／またはセンサ516上への集束を維持するために、システム500の1つ以上の特性を修正させるように構成されている。例えば、1つ以上のプロセッサ520は、LSP広帯域光源100からの照明をサンプル507の表面上に集束するために、対物レンズ506または1つ以上の光学要素502を調整するように構成され得る。別の例として、1つ以上のプロセッサ520は、サンプル507の表面からの照明を集光し、集光した照明をサンプル516上に集束させるために、対物レンズ506および／または1つ以上の光学要素502を調整するように構成され得る。

20

30

【0035】

システム500は、限定するものではないが暗視野構成、明視野構成などを含むがこれらに限定されない、当技術分野で知られている任意の光学的構成で構成され得ることに留意されたい。

【0036】

図6は、本開示の1つ以上の実施形態による、反射光測定用および／または偏光解析用の構成に配置されている光学特性評価システム600の、簡略化した概略的ブロック図を示す。図1～図5に関して説明した様々な実施形態および構成要素は図6のシステムにも拡張でき、またその逆も成り立つことに留意されたい。システム600は、当技術分野で知られている任意のタイプの計測システムを含み得る。

40

【0037】

実施形態において、システム600は、LSP広帯域光源100と、照明光学系の組616と、集光光学系の組618と、検出器アセンブリ628と、制御装置518と、を含む。

【0038】

この実施形態では、LSP広帯域光源100からの広帯域照明は、照明光学系の組616を介してサンプル607へと導かれる。実施形態において、システム600は、集光光学系の組618を介して、サンプル607から発せられる照明を集光する。照明光学系の

50

組 6 1 6 は、広帯域ビームの修正および／または調整に適した、1つ以上のビーム調整構成要素 6 2 0 を含み得る。例えば、1つ以上のビーム調整構成要素 6 2 0 としては、1つ以上の偏光器、1つ以上のフィルタ、1つ以上のビームスプリッタ、1つ以上の拡散器、1つ以上のホモジナイザ、1つ以上のアポダイザ、1つ以上のビーム整形器、または1つ以上のレンズを挙げることができるが、これらに限定されない。

【0039】

実施形態において、照明光学系の組 6 1 6 は、サンプルステージ 6 1 2 上に配設されたサンプル 6 0 7 上へとビームを集束させるおよび／または導くための、第 1 の集束要素 6 2 2 を利用し得る。実施形態において、集光光学系の組 6 1 8 は、サンプル 6 0 7 からの照明を集光するための、第 2 の集束要素 6 2 6 を含み得る。

10

【0040】

実施形態において、検出器アセンブリ 6 2 8 は、集光光学系の組 6 1 8 を介して、サンプル 6 0 7 から発せられる照明を捕捉するように構成される。例えば、検出器アセンブリ 6 2 8 は、サンプル 6 0 7 から（例えば、鏡面反射、拡散反射などによって）反射または散乱された照明を受けることができる。別の例として、検出器アセンブリ 6 2 8 は、サンプル 6 0 7 によって生成された照明（例えば、ビームの吸収に関連する発光など）を受けることができる。なお、検出器アセンブリ 6 2 8 は、当技術分野で知られている任意のセンサおよび検出器アセンブリを含み得る。例えば、センサとしては、CCD 検出器、CMOS 検出器、TDI 検出器、PMT、APDなどを挙げることができるが、これらに限定されない。

20

【0041】

集光光学系 6 1 8 の組は、1つ以上のレンズ、1つ以上のフィルタ、1つ以上の偏光器、または1つ以上の位相板を含むがこれらに限定されない、第 2 の集束要素 6 2 6 によって集光された照明を導くおよび／または修正するための、任意の数の集光ビーム調整要素 6 3 0 を更に含み得る。

【0042】

システム 6 0 0 は、当技術分野で知られている任意のタイプの計測ツール、例えば、限定するものではないが、1つ以上の照明角度を有する分光エリプソメータ、ミューラー行列の要素を測定するための分光エリプソメータ（例えば、回転補償器を使用する）、短波長エリプソメータ、角度分解エリプソメータ（例えば、ビームプロファイルエリプソメータ）、分光反射率計、単波長反射率計、角度分解反射率計（例えば、ビームプロファイル反射率計）、画像化システム、腫画像化システム、分光画像化システム、または散乱計として構成され得る。

30

【0043】

本開示の様々な実施形態での実装に適した検査／計測ツールの説明が、2011年6月7日に発行された「Split Field Inspection System Using Small Catadioptric Objectives」と題する米国特許第7,957,066号、2018年3月18日に発行された「Beam Delivery System for Laser Dark-Field Illumination in a Catadioptric Optical System」と題する米国特許第7,345,825号、1999年12月7日に発行された「Ultra-broadband UV Microscope Imaging System with Wide Range Zoom Capability」と題する米国特許第5,999,310号、2009年4月28日に発行された「Surface Inspection System Using Laser Line Illumination with Two Dimensional Imaging」と題する米国特許第7,525,649号、2016年1月5日に発行された「Dynamically Adjustable Semiconductor Metrology System」と題する米国特許第9,228,943号、1997年3月4日に発行されたピウォンカーコルルら（Piwonka-Corle et al.）による「Focu

40

50

sed Beam Spectroscopic Ellipsometry Method and System」と題する米国特許第5,608,526号、および2001年10月2日に発行された「Apparatus for Analyzing Multi-Layer Thin Film Stacks on Semiconductors」と題する米国特許第6,297,880号に提供されており、これらはいずれも参照によりその全体を本願に引用して援用する。

【0044】

図7は、本開示の1つ以上の実施形態による、レーザ維持プラズマ源におけるプラズマとプラズマバルブとの間の熱移動を低減する方法700を描いたフロー図を示す。ステップ702において、ポンプ照明が生成される。ステップ704において、プラズマバルブの本体内でプラズマが維持されるように、ポンプ照明の一部がプラズマバルブ内へと導かれる。ステップ706において、プラズマからプラズマバルブの1つ以上の壁への熱移動を低減するために、プラズマから上昇するプルームの一部が、プラズマバルブの円錐形ポケットによって攪乱される。ステップ708において、プラズマから放射された広帯域放射の一部が集光され、次いで1つ以上の下流の用途に向かう。

【0045】

上記した方法の実施形態の各々が、本明細書に記載する任意の他の方法の任意の他のステップを含み得ることが、更に企図される。更に、上記した方法の実施形態の各々は、本明細書に記載するシステムのいずれかによって実行され得る。

【0046】

本明細書に記載する構成要素、操作、デバイス、オブジェクト、およびこれらに付随する考察は、概念を明晰にするための例として使用されていること、ならびに、様々な構成の修正が企図されることを、当業者は認識するであろう。結果として、本明細書で使用する場合、明記されている特定の例および付随する考察は、それらのより一般的なクラスを代表するように意図されている。一般に、任意の特定の例の使用はそのクラスの代表となることを意図しており、特定の構成要素、操作、デバイス、およびオブジェクトを含めないことは、限定をもたらすものと解釈されるべきではない。

【0047】

本明細書における実質的にどの複数および／または単数の用語の使用に関しても、当業者は文脈および／または用途に適宜応じて、複数から単数へとおよび／または単数から複数へと読み替えることができる。様々な単数／複数の置換については、明晰にするために本明細書では明示的には記載していない。

【0048】

本明細書に記載する主題は場合によっては、他の構成要素内に含まれるかまたは他の構成要素と接続される様々な構成要素を例示する。描かれているそのような構成様式は単に例示的なものであること、および、実際には同じ機能性を達成する他の多くの構成様式を実装できることが、理解されるべきである。概念的な意味において、同じ機能性を達成するような構成要素の任意の構成は、所望の機能性が達成されるように効果的に「関連付けられて」いる。したがって、本明細書において特定の機能性を達成するように組み合わされている任意の2つの構成要素は、構成様式または介在する構成要素に関わらず、所望の機能性が達成されるように互いに「と関連付けられている」ものと見なすことができる。同様に、そのように関連付けられた任意の2つの構成要素は所望の機能性を達成するように互いに「接続されている」または「結合されている」ものと見なすこともでき、そのように関連付け可能な任意の2つの構成要素はまた、所望の機能性を達成するように互いに「結合可能」であるとも見なすこともできる。結合可能であることの具体的な例としては、物理的に接合可能なおよび／もしくは物理的に相互作用する構成要素、ならびに／または、ワイヤレスに相互作用可能なおよび／もしくはワイヤレスに相互作用する構成要素、ならびに／または、論理的に相互作用するおよび／もしくは論理的に相互作用可能な構成要素が挙げられるがこれらに限定されない。

【0049】

更に、本発明は付属の特許請求の範囲によって定義されることが理解されるべきである。一般に、本明細書で、特に付属の特許請求の範囲（例えば、付属の請求項の本体部分）で使用される用語は一般に「オープンな」用語として意図されていることが、当業者には理解されるであろう（例えば、用語「～を含んでいる（including）」は「～を含んでいるがそれに限定されない」として解釈すべきであり、用語「～を有する（having）」は「～を少なくとも有する」として解釈すべきであり、用語「～を含む（includes）」は「～を含むがそれに限定されない」と解釈すべきである、など）。導入される請求項の記述で特定の数が意図される場合、そのような意図は請求項において明示的に記述されることになり、そのような記述が存在しない場合にはそのような意図が存在しないことが、当業者には更に理解されるであろう。例えば、理解を助けるものとして、以下の付属の請求項は、請求項の記述事項を導入するための導入句「少なくとも1つの」および「1つ以上の」の使用を含んでいる場合がある。ただし、そのような句の使用は、不定冠詞「1つの（a）」または「1つの（an）」によって請求項の記述事項を導入することが、そのように導入された請求項の記述事項を含む任意の特定の請求項を、そのような記述事項を1つしか含まない発明に限定することを示唆するものと解釈されるべきではなく、このことは、同じ請求項が導入句「1つ以上の」または「少なくとも1つの」および不定冠詞、例えば「1つの（a）」または「1つの（an）」を含む場合にも当てはまる（例えば、「1つの（a）」および／または「1つの（an）」は通常、「少なくとも1つの」または「1つ以上の」を意味するように解釈されるべきである）。同じことが、請求項の記述を導入するために使用される定冠詞の使用にも当てはまる。更に、導入される請求項の記述事項が特定の個数であることが明示的に記述されている場合、そのような記述は通常、少なくとも記述された個数であることを意味するものと解釈されるべきであることを、当業者は認識するであろう（例えば、他の修飾語句のない「2つの記述事項」という最小限の記述は通常、少なくとも2つの記述事項、または2つ以上の記述事項を意味する）。更に、「A、B、およびCなどのうちの少なくとも1つ」に類似した慣習的表現が使用されるような場合、一般にそのような構造は、当業者がその慣習的表現を理解する場合の意味で意図されている（例えば、「A、B、およびCのうちの少なくとも1つを有するシステム」であれば、限定するものではないが、Aのみ、Bのみ、Cのみ、AとBをともに、AとCをともに、BとCをともに、ならびに／またはA、B、およびCをともに、などを有するシステムを含むであろう）。「A、B、またはCなどのうちの少なくとも1つ」に類似した慣習的表現が使用されるような場合、一般にそのような構造は、当業者がその慣習的表現を理解する場合の意味で意図されている（例えば、「A、B、またはCのうちの少なくとも1つを有するシステム」であれば、限定するものではないが、Aのみ、Bのみ、Cのみ、AとBをともに、AとCをともに、BとCをともに、ならびに／またはA、B、およびCをともに、などを有するシステムを含むであろう）。2つ以上の択一的な用語を提示する選言的な単語および／または句は事実上いずれも、明細書、特許請求の範囲、または図面を問わず、それらの用語のうちの1つ、それらの用語のうちのいずれか、または両方の用語を含む可能性を想定していると理解すべきであることを、当業者は更に理解するであろう。例えば、「AまたはB」という句は、「A」または「B」または「AおよびB」の可能性を含むものと理解されるであろう。

10

20

30

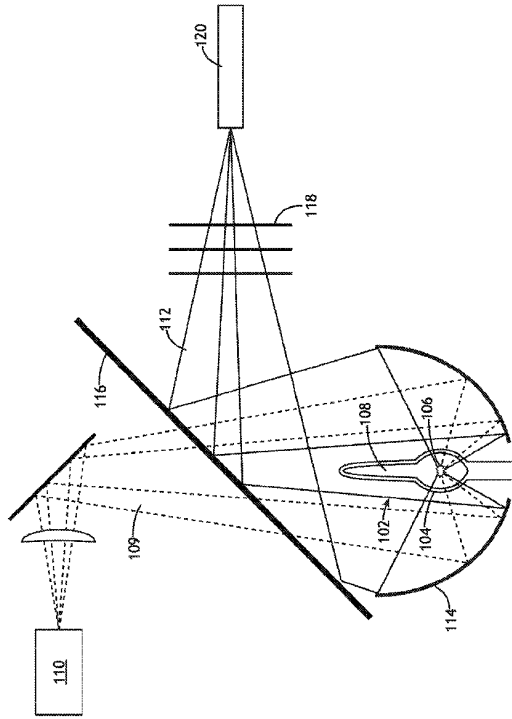
40

【0050】

本開示およびその付随する利点の多くが上記の説明によって理解されるものと考えられ、また、開示される主題から逸脱することなくまたはその利点の全てを犠牲にすることなく、構成要素の形態、構造、および構成に様々な変更を行い得ることが明らかであろう。記載されている形態は単に説明のためのものであり、以下の特許請求の範囲にはそのような変更が包摂され含まれることが意図されている。更に、本発明は付属の特許請求の範囲によって定義されることが理解されるべきである。

50

【図面】
【図 1】



100

【図 2 A】

200

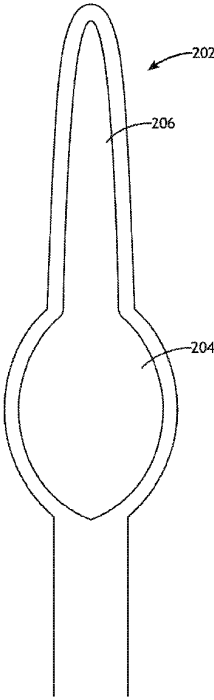


FIG.2A

10

20

30

40

50

【図 2 B】

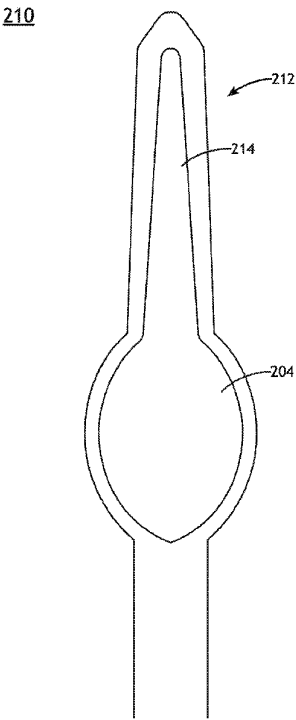


FIG.2B

【図 2 C】

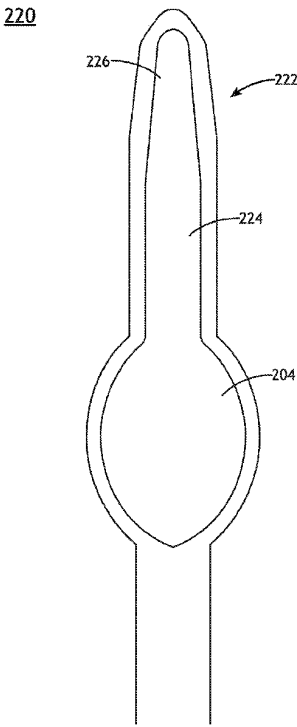


FIG.2C

【図 2 D】

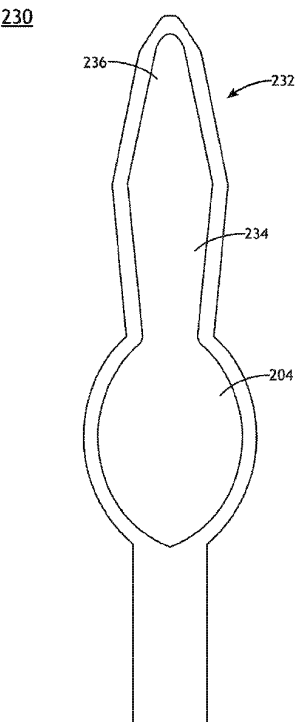


FIG.2D

【図 2 E】

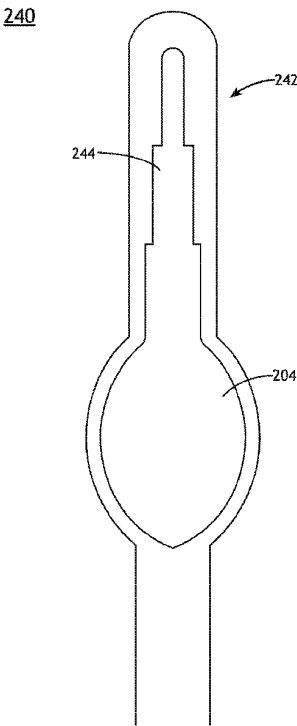


FIG.2E

10

20

30

40

50

【図 3】

300

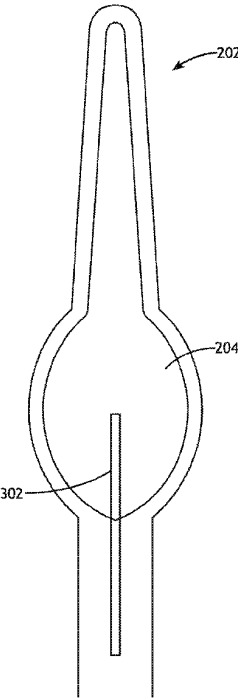
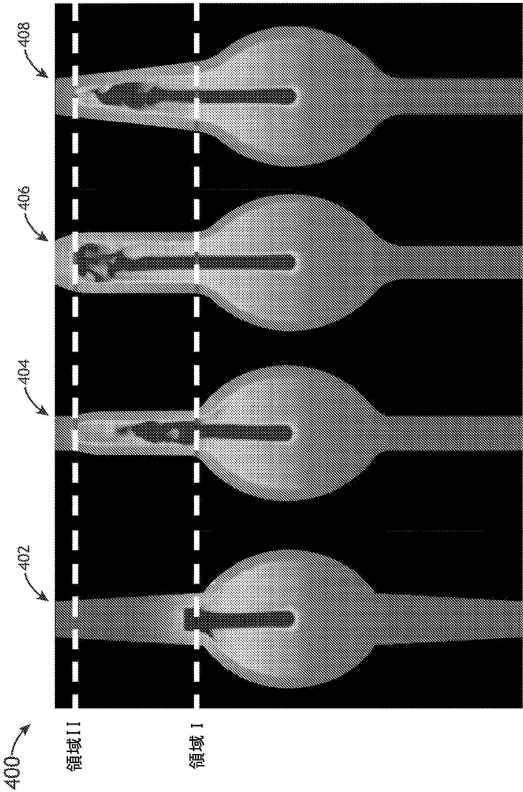
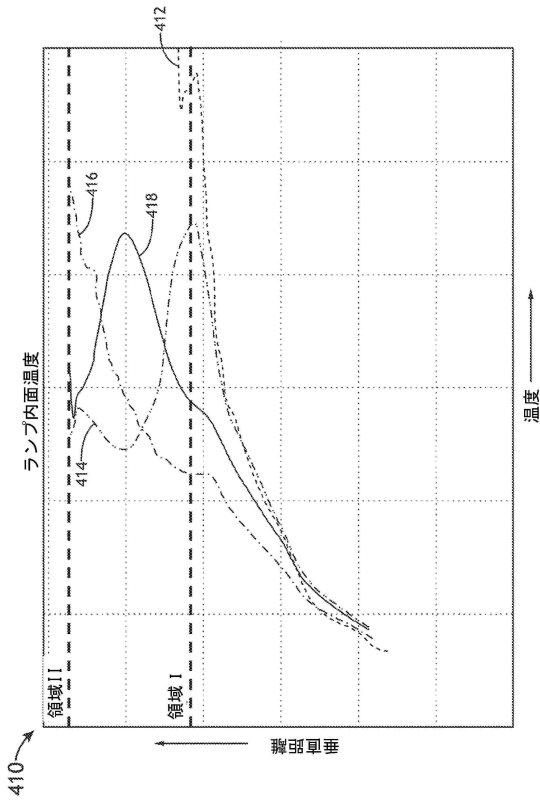


FIG.3

【図 4 A】



【図 4 B】



【図 5】

500

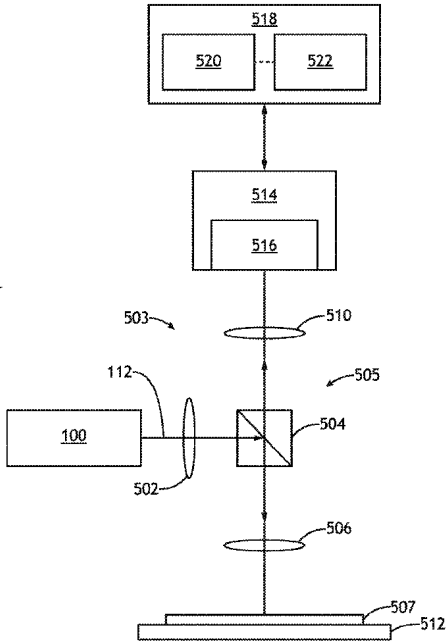
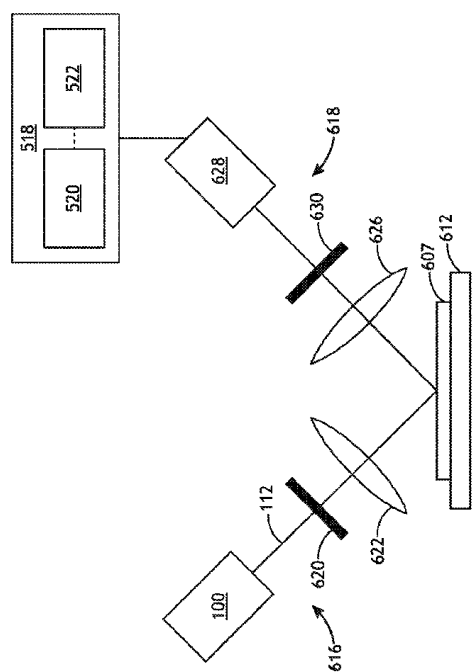


FIG.5

【図 6】



600

【図 7】

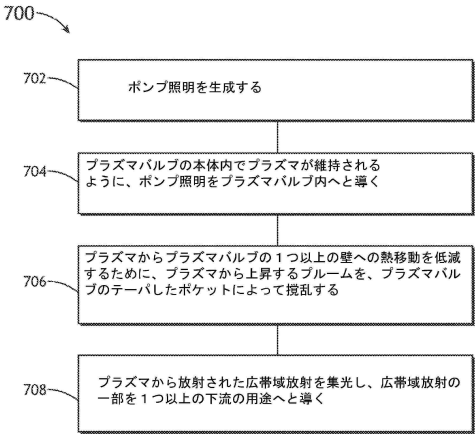


FIG.6

10

20

30

40

50

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US2023/022197
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H01J 65/04(2006.01); G01N 21/21(2006.01); H01J 61/02(2006.01) 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) H01J 65/04(2006.01); H01J 37/32(2006.01); H01J 61/28(2006.01); H01J 61/52(2006.01); H05H 1/24(2006.01); H05H 1/46(2006.01) Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Korean utility models and applications for utility models Japanese utility models and applications for utility models Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) eKOMPASS(KIPO internal) & Keywords: plasma lamp, plasma bulb, broadband radiation, pump laser, conical pocket, converging section, diverging section		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2021-0321508 A1 (KLA CORPORATION) 14 October 2021 (2021-10-14) See paragraphs [0029]-[0064], claim 29 and figures 1, 8, 12.	1-5,7-15,18-22
Y		6,16-17
Y	US 2016-0163516 A1 (KLA-TENCOR CORPORATION) 09 June 2016 (2016-06-09) See paragraphs [0038]-[0039] and figures 1H-1I.	6,16-17
A	US 2013-0106275 A1 (KLA-TENCOR CORPORATION) 02 May 2013 (2013-05-02) See paragraphs [0028]-[0039] and figure 1.	1-22
A	US 2016-0322211 A1 (KLA-TENCOR CORPORATION) 03 November 2016 (2016-11-03) See paragraphs [0018]-[0068] and figures 1A-3.	1-22
A	US 2021-0092826 A1 (KLA CORPORATION) 25 March 2021 (2021-03-25) See paragraphs [0022]-[0072] and figures 2A-9.	1-22
☐ 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 01 September 2023		Date of mailing of the international search report 01 September 2023
Name and mailing address of the ISA/KR Korean Intellectual Property Office 189 Cheongsa-ro, Seo-gu, Daejeon 35208, Republic of Korea Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer LEE, KANG HA Telephone No. +82-42-481-5003

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 2022)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/US2023/022197

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2021-0321508	A1	14 October 2021	CN	115380361	A	22 November 2022
				IL	296968	A	01 December 2022
				JP	2023-520921	A	22 May 2023
				KR	10-2022-0166288	A	16 December 2022
				TW	202211295	A	16 March 2022
				US	11690162	B2	27 June 2023
				WO	2021-211478	A1	21 October 2021
US	2016-0163516	A1	09 June 2016	DE	112015001498	T5	05 January 2017
				JP	2017-514271	A	01 June 2017
				JP	2019-145518	A	29 August 2019
				JP	6517231	B2	22 May 2019
				JP	6727371	B2	22 July 2020
				KR	10-2016-0138241	A	02 December 2016
				KR	10-2021-0149892	A	09 December 2021
				KR	10-2381585	B1	04 April 2022
				KR	10-2402287	B1	26 May 2022
				US	2015-0279628	A1	01 October 2015
				US	9263238	B2	16 February 2016
				US	9721761	B2	01 August 2017
US	2013-0106275	A1	02 May 2013	WO	2015-149022	A1	01 October 2015
				EP	2766919	A2	20 August 2014
				JP	2014-528641	A	27 October 2014
				JP	2017-228545	A	28 December 2017
				JP	2019-165023	A	26 September 2019
				JP	6224599	B2	01 November 2017
				JP	6553146	B2	31 July 2019
				JP	6864717	B2	28 April 2021
				US	9318311	B2	19 April 2016
				WO	2013-066576	A2	10 May 2013
				WO	2013-066576	A3	18 July 2013
US	2016-0322211	A1	03 November 2016	DE	112014001747	B4	28 July 2022
				DE	112014001747	T5	17 December 2015
				JP	2016-520955	A	14 July 2016
				JP	6410794	B2	24 October 2018
				TW	201448678	A	16 December 2014
				TW	I613936	B	01 February 2018
				US	2014-0291546	A1	02 October 2014
				US	9390902	B2	12 July 2016
				US	9887076	B2	06 February 2018
				WO	2014-160981	A1	02 October 2014
US	2021-0092826	A1	25 March 2021	CN	114365261	A	15 April 2022
				IL	290859	A	01 April 2022
				JP	2022-549283	A	24 November 2022
				KR	10-2022-0064989	A	19 May 2022
				TW	202127507	A	16 July 2021
				US	11596048	B2	28 February 2023
				WO	2021-061583	A1	01 April 2021

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 2022)

10

20

30

40

50

フロントページの続き

,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,D
E,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,S
M,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,
AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,
ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,L
A,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MU,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,P
H,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,
UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

4 0 5 ナンバー 1 4

- (72)発明者 ワン マーク エス
アメリカ合衆国 カリフォルニア サン ラモン サテンリーフ ウェイ 5 5 4 5
- (72)発明者 シン ラジェシャル
アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピタス ワン テクノロジー ドライブ
- (72)発明者 カゲバヤシ ヨシオ
アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピタス ワン テクノロジー ドライブ
- (72)発明者 ノザキ シンイチロウ
アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピタス ワン テクノロジー ドライブ