(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7556587号
(P7556587)

(45)発行日　令和6年9月26日(2024.9.26)

(24)登録日　令和6年9月17日(2024.9.17)

(51)国際特許分類

Ｈ０１Ｊ　63/08　(2006.01)	Ｈ０１Ｊ	63/08	
Ｈ０１Ｊ　35/00　(2006.01)	Ｈ０１Ｊ	35/00	Ｚ
Ｈ０１Ｊ　35/06　(2006.01)	Ｈ０１Ｊ	35/06	Ｂ
Ｇ０３Ｆ　7/20　(2006.01)	Ｇ０３Ｆ	7/20	５０３
Ｈ０５Ｈ　1/24　(2006.01)	Ｇ０３Ｆ	7/20	５２１

ＦＩ

請求項の数　8　（全10頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2022-555071(P2022-555071)
(86)(22)出願日　令和3年3月11日(2021.3.11)
(65)公表番号　特表2023-518016(P2023-518016A)
(43)公表日　令和5年4月27日(2023.4.27)
(86)国際出願番号　PCT/KR2021/003021
(87)国際公開番号　WO2021/182887
(87)国際公開日　令和3年9月16日(2021.9.16)
審査請求日　令和4年9月13日(2022.9.13)
(31)優先権主張番号　10-2020-0031395
(32)優先日　令和2年3月13日(2020.3.13)
(33)優先権主張国・地域又は機関
韓国(KR)
前置審査

(73)特許権者　524243310
ワールドビーム ソリューション カンパニー リミテッド
WORLDBEAM SOLUTION CO., LTD.
大韓民国 ソウル トンデムン‐ク キョンヒデ‐ロ ２６ カレッジ・オブ・サイエンス ドングァン ４０２‐ホ （ヘギ‐ドン キョンヒ・ユニヴァーシティ）
（HOEGI‐DONG, KYUNG HEE UNIVERSITY） ４０２‐HO DONGGUAN, COLLEGE OF SCIENCE, ２６ KYUNGHEEDAE‐RO, DONG DAEMUN‐GU, SEOUL, R
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　電子ビームを用いた極紫外線光源装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

内部を真空に保持する放電チャンバと、

前記放電チャンバの内部に位置し、電子ビームを生成する電子ビーム放出部と、

前記放電チャンバの内部に位置し、前記電子ビームによってイオン化される金属放射体とを含み、

前記金属放射体から発生したプラズマで極紫外線放射が行われ、

前記電子ビーム放出部は、カソード電極と、カソード電極上に位置し、カーボン系物質を含む複数のエミッタと、複数のエミッタと距離をおいて複数のエミッタ上に位置し、パルス電圧が印加されるゲート電極とを含み、

前記電子ビーム放出部は、前記ゲート電極と距離をおいて前記ゲート電極上に位置し、電子ビーム通過のための開口を具備したアノード電極をさらに含み、

前記アノード電極には１０ｋＶ以上の電圧が印加され、

前記カソード電極と前記複数のエミッタおよび前記ゲート電極が電子ビームモジュールを構成し、

前記電子ビーム放出部は、回転板をさらに含み、

前記回転板上に複数の電子ビームモジュールが互いに距離をおいて円をなして配置される、極紫外線光源装置。

【請求項２】

前記複数のエミッタは、先の尖ったエミッタチップから構成され、カーボンナノチュー

ブを含む、請求項１に記載の極紫外線光源装置。
【請求項３】
前記ゲート電極のうち前記複数のエミッタと向かい合う部分は、金属網または多孔板から構成され、
前記複数のエミッタの周囲に前記カソード電極と前記ゲート電極との間に前記複数のエミッタそれぞれの高さより大きい厚さを有する絶縁層が位置する、請求項２に記載の極紫外線光源装置。
【請求項４】
前記電子ビーム放出部は、前記ゲート電極と前記アノード電極との間に位置し、マイナス電圧が印加される少なくとも１つの集束電極をさらに含む、請求項１に記載の極紫外線光源装置。
【請求項５】
前記集束電極は、第１集束電極と、前記第１集束電極より前記アノード電極により近く位置する第２集束電極とを含む、請求項４に記載の極紫外線光源装置。
【請求項６】
前記第１および第２集束電極は、それぞれの開口を具備し、
前記第２集束電極の開口は、前記第１集束電極の開口より小さく、
前記アノード電極の開口は、前記第２集束電極の開口より小さい、請求項５に記載の極紫外線光源装置。
【請求項７】
前記複数の電子ビームモジュールのいずれか１つの電子ビームモジュールが前記アノード電極の開口と向かい合うように整列され、前記回転板の回転時、他の１つの電子ビームモジュールが前記アノード電極の開口と向かい合うように整列される、請求項１に記載の極紫外線光源装置。
【請求項８】
前記金属放射体は、注入装置によって前記プラズマ領域に落下するスズ液滴と、回転体から構成された固体スズとのいずれか１つからなる、請求項１～７のいずれか１項に記載の極紫外線光源装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電子ビームを用いた極紫外線光源装置に関し、より詳しくは、大面積化に有利な極紫外線光源装置の構造に関する。
【背景技術】
【０００２】
極紫外線（ＥＵＶ、ｅｘｔｒｅｍｅ　ｕｌｔｒａｖｉｏｌｅｔ）は、Ｘ線と深紫外線（ＤＵＶ、ｄｅｅｐ　ｕｌｔｒａｖｉｏｌｅｔ）領域との間である約１０ｎｍから１００ｎｍに至る波長帯域の電磁波である。最近、リソグラフィまたはナノスケールイメージングのような極紫外線領域を扱う応用分野のために、コンパクトな極紫外線光源の開発に多くの努力が集中している。
【０００３】
例えば、半導体製造のためのナノメートルサイズの微細パターン工程に極紫外線リソグラフィ装置が用いられている。現在、極紫外線リソグラフィ装置は、高出力のレーザをベースとし、完全に輸入に依存している。このような極紫外線リソグラフィ装置は、非常に高価で、内部構造が複雑であり、大きな体積を占めている。
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００４】
本発明は、内部構造が単純で、コンパクトな大きさを有し、製造費用を低減できる極紫外線光源装置を提供しようとする。

【課題を解決するための手段】
【０００５】
本発明の一実施例による極紫外線光源装置は、内部を真空に保持する放電チャンバと、放電チャンバの内部に位置し、電子ビームを生成する電子ビーム放出部と、放電チャンバの内部に位置し、電子ビームによってイオン化される金属放射体とを含む。金属放射体から発生したプラズマで極紫外線放射が行われる。電子ビーム放出部は、カソード電極と、カソード電極上に位置し、カーボン系物質を含む複数のエミッタと、複数のエミッタと距離をおいて複数のエミッタ上に位置し、パルス電圧が印加されるゲート電極とを含む。
【０００６】
複数のエミッタは、先の尖ったエミッタチップから構成され、カーボンナノチューブを含むことができる。ゲート電極のうち複数のエミッタと向かい合う部分は、金属網または多孔板から構成され、複数のエミッタの周囲にカソード電極と支持体との間に複数のエミッタそれぞれの高さより大きい厚さを有する絶縁層が位置することができる。
【０００７】
電子ビーム放出部は、ゲート電極と距離をおいてゲート電極上に位置し、電子ビーム通過のための開口を具備したアノード電極をさらに含むことができる。アノード電極には１０ｋＶ以上の電圧が印加される。
【０００８】
電子ビーム放出部は、マイナス電圧が印加される少なくとも１つの集束電極をさらに含むことができる。集束電極は、ゲート電極とアノード電極との間に位置することができる。
【０００９】
集束電極は、第１集束電極と、第１集束電極よりアノード電極により近く位置する第２集束電極とを含むことができる。第１および第２集束電極は、それぞれの開口を具備することができる。第２集束電極の開口は、第１集束電極の開口より小さく、アノード電極の開口は、第２集束電極の開口より小さい。
【００１０】
カソード電極と複数のエミッタおよびゲート電極が電子ビームモジュールを構成することができる。電子ビーム放出部は、回転板をさらに含むことができ、回転板上に複数の電子ビームモジュールが互いに距離をおいて円をなして配置される。
【００１１】
複数の電子ビームモジュールのいずれか１つの電子ビームモジュールがアノード電極の開口と向かい合うように整列され、回転板の回転時、他の１つの電子ビームモジュールがアノード電極の開口と向かい合うように整列される。
【００１２】
金属放射体は、注入装置によってプラズマ領域に落下するスズ液滴と、回転体から構成された固体スズとのいずれか１つからなってもよい。
【発明の効果】
【００１３】
実施例による極紫外線光源装置は、レーザ装置の代わりに、カーボン系エミッタベースの電子ビーム放出部を備えることにより、内部構造を単純化し、コンパクトな大きさを有し、製造費用を低減することができる。実施例による極紫外線光源装置は、半導体製造のための微細パターン工程においてリソグラフィ装置として使用できる。
【図面の簡単な説明】
【００１４】
【図１】本発明の第１実施例による極紫外線光源装置の構成図である。
【図２】図１に示した極紫外線光源装置のうち電子ビーム放出部の拡大図である。
【図３】本発明の第２実施例による極紫外線光源装置の構成図である。
【図４】図３に示した極紫外線光源装置のうち電子ビーム放出部の斜視図である。
【図５】本発明の第３実施例による極紫外線光源装置の構成図である。
【図６】本発明の第４実施例による極紫外線光源装置のうち電子ビーム放出部の斜視図で

ある。
【図７】本発明の第４実施例による極紫外線光源装置のうち電子ビーム放出部の断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１５】
以下、添付した図面を参照して、本発明の実施例について、本発明の属する技術分野における通常の知識を有する者が容易に実施できるように詳細に説明する。本発明は種々の異なる形態で実現可能であり、ここで説明する実施例に限定されない。
【００１６】
図１は、本発明の第１実施例による極紫外線光源装置の構成図であり、図２は、図１に示した極紫外線光源装置のうち電子ビーム放出部の拡大図である。
【００１７】
図１を参照すれば、第１実施例の極紫外線光源装置１００は、放電チャンバ１０と、放電チャンバ１０の内部に位置する電子ビーム放出部２０および金属放射体３０とを含む。電子ビーム放出部２０は、レーザベースではない、電界によって電子を放出するカーボン系エミッタをベースとする。
【００１８】
放電チャンバ１０は、内部を真空に保持し、金属放射体３０をイオン化してプラズマを発生させ、これを保持する。放電チャンバ１０の内部空間のうちプラズマの保持される領域を、便宜上、プラズマ領域という。
【００１９】
金属放射体３０は、電子ビームによって加熱されてイオン化され、金属放射体３０を取り囲むプラズマ領域で極紫外線放射が行われる。すなわち、金属放射体３０から発生したプラズマが極紫外線を生成する光源として機能する。金属放射体３０は、リチウム（Ｌｉ）、インジウム（Ｉｎ）、スズ（Ｓｎ）、アンチモン（Ｓｂ）、テルル（Ｔｅ）、およびアルミニウム（Ａｌ）のいずれか１つの金属、またはこれら金属の混合物を含むことができる。
【００２０】
金属放射体３０は、スズ液滴であってもよいし、放電チャンバ１０にはスズ液滴を落下させる注入装置４０が設けられる。注入装置４０は、予め設定された体積のスズ液滴を予め設定された時間周期に応じて落下させる構成からなってもよい。
【００２１】
電子ビーム放出部２０は、放電チャンバ１０の内部に位置し、金属放射体３０の側面から金属放射体３０に向けて電子ビームを照射することができる。電子ビーム放出部２０は、カソード電極２１と、カソード電極２１上に位置する複数のエミッタ２２と、複数のエミッタ２２と距離をおいて複数のエミッタ２２上に位置するゲート電極２３と、ゲート電極２３と距離をおいてゲート電極２３上に位置するアノード電極２４とを含む。
【００２２】
複数のエミッタ２２は、先の尖ったエミッタチップから構成されるか、平らなエミッタ層から構成されてもよい。図１と図２に前者の場合を例として示した。複数のエミッタ２２は、カーボン系物質、例えば、カーボンナノチューブを含むことができる。
【００２３】
ゲート電極２３のうち複数のエミッタ２２と向かい合う部分は、金属網または多孔板形状に構成される。金属網は、薄い金属線が互いに距離をおいて網（ｎｅｔ）形状に織り込まれた構成であり、多孔板は、金属板に複数の開口が形成された構成である。ゲート電極２３は、金属線間の空間または複数の開口を通して電子ビームを通過させる。
【００２４】
複数のエミッタ２２の周囲にカソード電極２１とゲート電極２３との間には、図示しない絶縁層（または絶縁スペーサ）が位置することができる。この時、絶縁層の厚さは、複数のエミッタ２２それぞれの高さより大きく作製されて、ゲート電極２３が複数のエミッ

タ２２と接触しないようにする。ゲート電極２３は、絶縁層によってカソード電極２１および複数のエミッタ２２と絶縁状態を保持することができる。

【００２５】

アノード電極２４は、電子ビーム通過のための開口２４１が形成された金属板から構成される。開口２４１の中央は、複数のエミッタ２２の中央およびゲート電極２３の中央と一致することができる。エミッタ２２とゲート電極２３との間の距離は、ゲート電極２３とアノード電極２４との間の距離より小さい。

【００２６】

カソード電極２１は接地可能であり、ゲート電極２３にはパルス電圧が印加され、アノード電極２４には１０ｋＶ以上の高電圧が印加される。すると、カソード電極２１とゲート電極２３との電圧差によって複数のエミッタ２２の周囲に電界が形成され、この電界によって複数のエミッタ２２から電子ビームが放出され、放出された電子ビームはアノード電極２４の高電圧に導かれて加速される。

【００２７】

この時、ゲート電極２３のパルス電圧は、高い周波数または低いパルス幅を有する電圧であって、例えば、１００ｋＨｚ以上の高周波数特性を有することができる。このようなパルス電圧は、電子ビームの高速スイッチングを可能にし、駆動電力を低下させる効果につながる。

【００２８】

アノード電極２４に向けて加速された電子ビームのうちアノード電極２４の開口２４１を通過した電子ビームが金属放射体３０に照射されて金属放射体３０を加熱する。加熱によってイオン化された金属放射体３０から発生したプラズマで極紫外線放射が行われ、極紫外線は放電チャンバ１０の出力開口１１を通して放電チャンバ１０の外部に出力される。

【００２９】

この時、アノード電極２４と金属放射体３０との間には、出力開口１１に向けて極紫外線を集光する反射鏡１２が位置することができる。反射鏡１２は、電子ビーム通過のための開口を具備し、金属放射体３０に向けて凹んだ反射面を含む。反射鏡１２は、モリブデン（Ｍｏ）とシリコン（Ｓｉ）が交互に多層に積み重なったものを用いることができる。

【００３０】

第１実施例の極紫外線光源装置１００は、レーザ装置の代わりに、前述した電子ビーム放出部２０を備えることにより、内部構造を単純化し、コンパクトな大きさを有し、製造費用を低減することができる。第１実施例の極紫外線光源装置１００は、半導体製造のための微細パターン工程においてリソグラフィ装置として使用できる。

【００３１】

図３は、本発明の第２実施例による極紫外線光源装置の構成図であり、図４は、図３に示した極紫外線光源装置のうち電子ビーム放出部の斜視図である。

【００３２】

図３と図４を参照すれば、第２実施例の極紫外線光源装置１０１において、電子ビーム放出部２０の一部は、回転式で構成される。例えば、カソード電極２１と複数のエミッタ２２およびゲート電極２３が電子ビームモジュール５０を構成し、複数の電子ビームモジュール５０が回転板５１上で互いに距離をおいて円をなして配列される。

【００３３】

電子ビーム放出部２０は、回転板５１と、回転板５１に固定された回転軸５２と、回転軸５２に結合されて回転軸５２を回転させる駆動部５３とを含むことができる。回転板５１は、円板であってもよいし、駆動部５３は、ステップモータから構成されるが、このような例示に限定されない。回転軸５２の一部と駆動部５３は、放電チャンバ１０の外部に位置することができる。

【００３４】

回転軸５２は、アノード電極２４の開口２４１と垂直方向にずれており、複数の電子ビームモジュール５０のいずれか１つの電子ビームモジュール５０がアノード電極２４の開

口２４１と向かい合うように整列される。アノード電極２４と向かい合うように整列された電子ビームモジュール５０が一定時間使用後に寿命が尽きると、駆動部５３が回転板５１を回転させて、他の電子ビームモジュール５０がアノード電極２４と向かい合うようにする。

【００３５】

このように回転板５１上に複数の電子ビームモジュール５０を配置し、回転板５１を回転させることにより、電子ビームモジュール５０を１つずつ順次に用いることができる。この場合、電子ビーム放出部２０の取替周期が伸びて保守を簡素化することができ、放電チャンバ１０の寿命も増大させることができる。

【００３６】

第２実施例の極紫外線光源装置１０１は、電子ビーム放出部２０が回転式で構成されることを除き、前述した第１実施例と同一または類似の構成からなる。

【００３７】

図５は、本発明の第３実施例による極紫外線光源装置の構成図である。

【００３８】

図５を参照すれば、第３実施例の極紫外線光源装置１０２において、放電チャンバ１０は、円筒形状であってもよい。金属放射体３０は、固体スズを含むことができ、回転体から構成される。回転体から構成された金属放射体３０は、使用寿命が長くて取替周期を伸ばすのに効果的であり、スズ液滴を落下させる注入装置に比べて構成が極めて単純である。

【００３９】

電子ビーム放出部２０は、金属放射体３０に向けて電子ビームを照射して金属放射体３０をイオン化することができ、金属放射体３０を取り囲むプラズマ領域で極紫外線放射が行われる。金属放射体３０を中心として金属放射体３０の一側に出力開口１１が位置することができ、反対側に反射鏡１３が位置することができる。反射鏡１３は、出力開口１１に向けて極紫外線を反射させて出力開口１１を透過する極紫外線の強度を高める。

【００４０】

第３実施例の極紫外線光源装置１０２は、放電チャンバ１０の形状と金属放射体３０の構成を除き、前述した第１実施例と同一または類似の構成からなる。

【００４１】

図６と図７は、それぞれ本発明の第４実施例による極紫外線光源装置のうち電子ビーム放出部の斜視図と断面図である。

【００４２】

図６と図７を参照すれば、第４実施例の極紫外線光源装置において、電子ビーム放出部２０は、ゲート電極２３とアノード電極２４との間に位置する少なくとも１つの集束電極をさらに含む。集束電極は、ゲート電極２３上に位置する第１集束電極２６と、第１集束電極２６上に位置する第２集束電極２７とを含むことができる。

【００４３】

ゲート電極２３は、複数のエミッタ２２に対応する金属網２３１と、金属網２３１の端に固定されて金属網２３１を支持する支持体２３２とを含むことができる。そして、複数のエミッタ２２の周囲にカソード電極２１と支持体２３２との間に第１絶縁層２５１が位置することができる。

【００４４】

第２絶縁層２５２がゲート電極２３と第１集束電極２６との間に位置して、ゲート電極２３と第１集束電極２６とを絶縁させることができ、第３絶縁層２５３が第１集束電極２６と第２集束電極２７との間に位置して、第１集束電極２６と第２集束電極２７とを絶縁させることができる。そして、第４絶縁層２５４が第２集束電極２７とアノード電極２４との間に位置して、第２集束電極２７とアノード電極２４とを絶縁させることができる。

【００４５】

第２絶縁層２５２、第１集束電極２６、第３絶縁層２５３、第２集束電極２７、および第４絶縁層２５４は、電子ビーム通過のためのそれぞれの開口を具備する。第２絶縁層２

５２と第３絶縁層２５３および第４絶縁層２５４の開口は、同じ大きさに形成される。

【００４６】

第１集束電極２６の開口２６１の直径は、ゲート電極２３の金属網２３１より小さい大きさであってもよく、第２集束電極２７の開口２７１の直径は、第１集束電極２６の開口２６１の直径より小さい。アノード電極２４の開口２４１の直径は、第２集束電極２７の開口２７１の直径より小さい。すなわち、第１集束電極２６、第２集束電極２７、アノード電極２４の順に小さい大きさの開口を具備することができる。

【００４７】

第１および第２集束電極２６、２７にはマイナス（－）電圧が印加される。すると、ゲート電極２３の金属網２３１を通過した電子ビームが、第１集束電極２６の開口２６１と第２集束電極２７の開口２７１を順次に経て、第１および第２集束電極２６、２７が加える斥力によって集束される。

【００４８】

第１および第２集束電極２６、２７を備えた電子ビーム放出部２０は、電子ビームを集束して金属放射体３０に到達する電子ビームの大きさを減少させることができ、その結果、金属残渣（Ｄｅｂｒｉｓ）の生成を低減して金属放射体３０の使用寿命を伸ばすことができる。

【００４９】

第４実施例の極紫外線光源装置は、電子ビーム放出部２０の構成を除き、前述した第１実施例および第３実施例のいずれか１つの実施例と同一または類似の構成からなる。

【００５０】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、特許請求の範囲と発明の詳細な説明および添付した図面の範囲内で多様に変形して実施することが可能であり、これも本発明の範囲に属することは当然である。

【産業上の利用可能性】

【００５１】

本発明の実施例による極紫外線光源装置は、レーザ装置の代わりに、カーボン系エミッタベースの電子ビーム放出部を備えることにより、内部構造を単純化し、コンパクトな大きさを有し、製造費用を低減することができる。本発明の実施例による極紫外線光源装置は、半導体製造のための微細パターン工程においてリソグラフィ装置として使用できる。

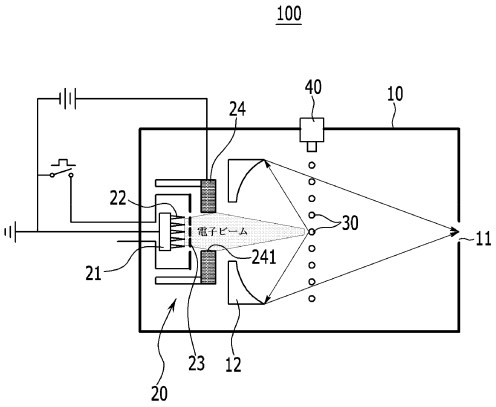
【符号の説明】

【００５２】

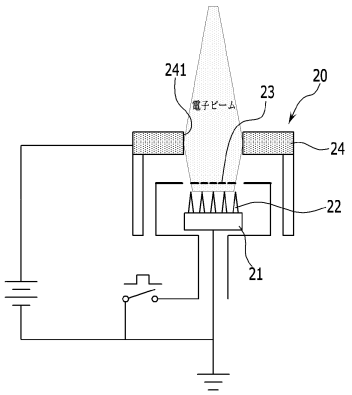
１００、１０１、１０２　極紫外線光源装置
１０　放電チャンバ
１１　出力開口
１２、１３　反射鏡
２０　電子ビーム放出部
２１　カソード電極
２２　エミッタ
２３　ゲート電極
２４　アノード電極
２６　第１集束電極
２７　第２集束電極
３０　金属放射体
４０　注入装置
５０　電子ビームモジュール
５１　回転板
５２　回転軸
５３　駆動部

【図面】

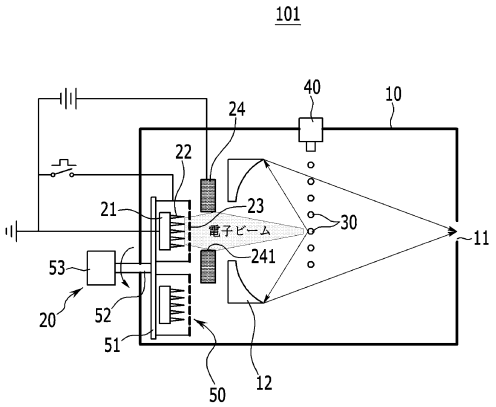
【図１】



【図２】

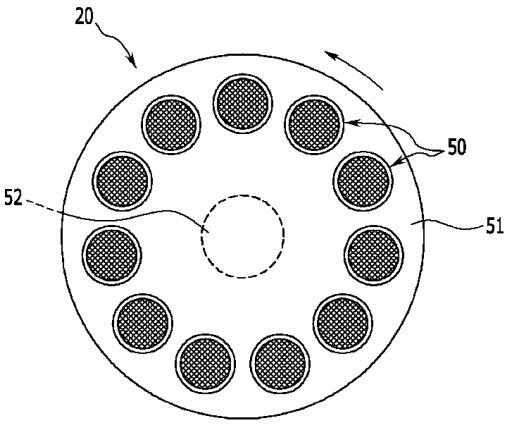


【図３】

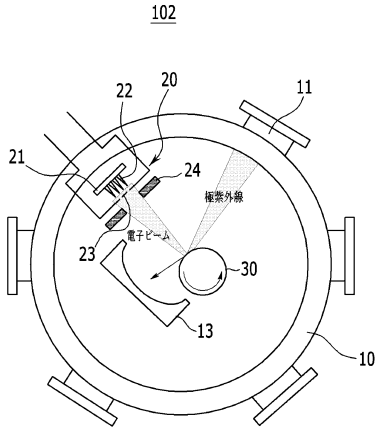


【図４】

[도4]

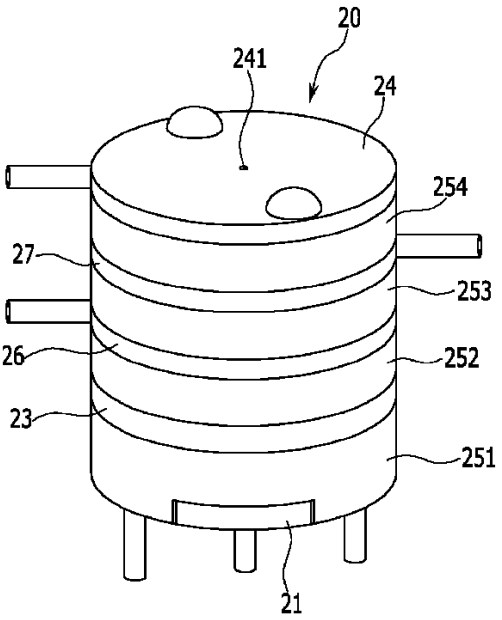


【図５】


102
22
20
11
21
24
極紫外線
電子ビーム
23
30
13
10

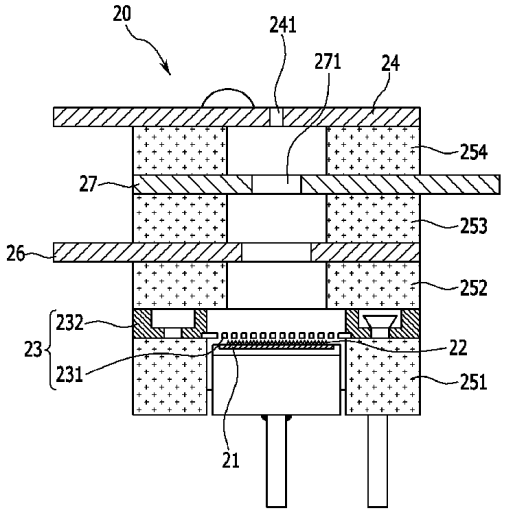
【図６】

[도6]


20
241
24
254
27
253
26
252
23
251
21

【図７】

[도7]


20
241
271
24
254
27
253
26
252
232
23
231
22
251
21

フロントページの続き

(51)国際特許分類　　FI
H05G 2/00 (2006.01)　　H05H 1/24
H05G 2/00 K

EPUBLIC OF KOREA

(74)代理人　110001818
弁理士法人R&C
(72)発明者　パク，キュ・チャン
大韓民国 ０６２６９ ソウル カンナム‐ク ナムブスンファン‐ロ・３６５‐ギル ３３ １０１‐１２０１

審査官　後藤 慎平

(56)参考文献
特開２００７－０１２６０３（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１５／０３３２８８７（ＵＳ，Ａ１）
国際公開第２０１９／０２２２８２（WO，Ａ１）
国際公開第２０１９／２４４８７４（WO，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｊ　６３／０８
Ｈ０１Ｊ　３５／００
Ｈ０１Ｊ　３５／０６
Ｇ０３Ｆ　７／２０
Ｈ０５Ｈ　１／２４
Ｈ０５Ｇ　２／００