

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5108367号
(P5108367)

(45) 発行日 平成24年12月26日(2012.12.26)

(24) 登録日 平成24年10月12日(2012.10.12)

(51) Int.Cl. F I
 H O 1 L 21/027 (2006.01) H O 1 L 21/30 5 3 1 S
 H O 5 G 2/00 (2006.01) H O 5 G 1/00 K

請求項の数 7 (全 15 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2007-118168 (P2007-118168)</p> <p>(22) 出願日 平成19年4月27日(2007.4.27)</p> <p>(65) 公開番号 特開2008-277481 (P2008-277481A)</p> <p>(43) 公開日 平成20年11月13日(2008.11.13)</p> <p>審査請求日 平成22年4月8日(2010.4.8)</p> <p>(出願人による申告)平成17年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「極端紫外線(EUV)露光システムの基盤開発」委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願</p>	<p>(73) 特許権者 300073919 ギガフォトン株式会社 栃木県小山市大字横倉新田400番地</p> <p>(74) 代理人 100110777 弁理士 宇都宮 正明</p> <p>(74) 代理人 100100413 弁理士 渡部 温</p> <p>(74) 代理人 100110858 弁理士 柳瀬 睦肇</p> <p>(72) 発明者 中野 真生 神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 研究本部内</p> <p>(72) 発明者 遠藤 彰 神奈川県平塚市万田1200 ギガフォトン株式会社 平塚事業所内</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 極端紫外光源装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

金属ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外光を発生させる極端紫外光源装置であって、

前記レーザービームが照射された前記金属ターゲットから発生する金属デブリを帯電させる帯電部と、帯電した該金属デブリを捕集電極により捕集する捕集部とを有して、前記金属デブリを帯電させて捕集する静電除塵装置と、

前記捕集部で捕集した前記金属デブリを該捕集部から離脱させるデブリ離脱部と、離脱させた前記金属デブリを回収する回収ポッドとを有して、前記捕集部で捕集した前記金属デブリを離脱させて回収するデブリ回収機構と、

を備えて、前記レーザービームが照射された前記金属ターゲットから発生する前記金属デブリを捕集して回収する除塵装置、

を具備する極端紫外光源装置。

【請求項2】

前記帯電部は、マイクロ波を照射して電子サイクロトロン共鳴により金属デブリを帯電させるマイクロ波源を備える、請求項1記載の極端紫外光源装置。

【請求項3】

前記帯電部は、電子シャワーを吹きかけて金属デブリを帯電させる電子銃を備える、請求項1または2記載の極端紫外光源装置。

【請求項4】

前記帯電部は、コロナ放電により金属デブリを帯電させる帯電電極を備える、請求項 1 記載の極端紫外光源装置。

【請求項 5】

前記デブリ離脱部は、捕集した前記金属デブリを前記捕集部から離脱させるためのブローガスを供給するブローノズルを具備する、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の極端紫外光源装置。

【請求項 6】

前記デブリ離脱部は、前記ブローガスを供給するときに前記捕集部を振動させる振動素子をさらに備える、請求項 5 記載の極端紫外光源装置。

【請求項 7】

前記デブリ離脱部は、捕集した前記金属デブリを前記捕集部から離脱させるために該金属デブリを加熱する加熱装置を具備する、請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の極端紫外光源装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置の光源として用いられる極端紫外（EUV：extreme ultra violet）光源装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、半導体プロセスの微細化に伴って光リソグラフィにおける微細化が急速に進展しており、次世代においては、100nm～70nmの微細加工、更には50nm以下の微細加工が要求されるようになる。そのため、例えば、50nm以下の微細加工の要求に応えるべく、波長13nm程度のEUV光源と縮小投影反射光学系（reduced projection reflective optics）とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

【0003】

EUV光源としては、ターゲットにレーザービームを照射することによって生成されるプラズマを用いたLPP（laser produced plasma：レーザー励起プラズマ）光源（以下において、「LPP式EUV光源装置」ともいう）と、放電によって生成されるプラズマを用いたDPP（discharge produced plasma）光源と、軌道放射光を用いたSR（synchrotron radiation）光源との3種類がある。これらの内でも、LPP光源は、プラズマ密度をかなり大きくできるので黒体放射に近い極めて高い輝度が得られ、ターゲット物質を選択することにより必要な波長帯のみの発光が可能であり、ほぼ等方的な角度分布を持つ点光源であるので光源の周囲に電極等の構造材がなく、2steradianという極めて大きな捕集立体角の確保が可能であること等の利点から、数十ワット以上のパワーが要求されるEUVリソグラフィ用の光源として有力であると考えられている。

【0004】

ここで、LPP方式によるEUV光の生成原理について説明する。真空チャンバ内に供給されるターゲット物質に対してレーザービームを照射することにより、ターゲット物質が励起してプラズマ化する。このプラズマから、EUV光を含む様々な波長成分が放射される。そこで、所望の波長成分（例えば、13.5nmの波長を有する成分）を選択的に反射する集光ミラーを用いてEUV光が反射集光され、露光器に出力される。

【0005】

このようなLPP式EUV光源装置においては、特にレーザービームをターゲットに照射することによってプラズマを生成する際に、プラズマから放出される中性粒子やイオンによる影響が問題となっている。特に、集光ミラーはプラズマ近傍に設置されるので、プラズマから放出される中性粒子やイオンによる影響が問題となる。なお、中性粒子やイオンを含むプラズマからの飛散物やターゲット物質の残骸は、デブリ（debris）と呼ばれている。

【0006】

10

20

30

40

50

従来のLPP方式EUV光源装置においても、プラズマ生成時に発生するデブリから重要コンポーネントである集光ミラーを防御するために、フォイルトラップ方式、ガスカーテン方式、バッファガス方式、電磁石又は永久磁石による磁場方式、及び、静電界による電場方式等の様々な方式が試みられている。

【0007】

フォイルトラップ方式は、プラズマ生成点と集光ミラーとの間に棧状のトラップを設け、EUV光を透過しつつプラズマからのデブリのみをトラップする。ガスカーテン方式は、プラズマ生成点と集光ミラーの間にガスのカーテンを生成するようにガス流を流し、デブリが集光ミラーに到達する前にデブリを集光ミラーの周辺から排除する。ガスバッファ方式は、チャンバ全体に低圧のガスを導入し、デブリとガス分子との衝突により、デブリの集光ミラーへの到達を抑制する。磁場方式は、電磁石又は永久磁石によって集光ミラー周辺に磁場を形成することにより、特にデブリがイオンである場合に、ローレンツ力によってデブリをトラップして集光ミラー周辺から排除する。電場方式は、例えば、集光ミラーとプラズマ生成点とを挟む位置に設置された対向電極の間に電圧を印加することにより、イオンのデブリを対向電極側にトラップして、集光ミラーのデブリ汚染を防止する。

10

【0008】

特許文献1は、フォイルトラップ方式について開示する。特許文献2-3は、ガスカーテン方式について開示する。特許文献4は、電場方式について開示する。特許文献5は、磁場方式について開示する。特許文献6は、ガスバッファ方式について開示する。

【特許文献1】特開2004-165639号公報

20

【特許文献2】米国特許第6493423号明細書

【特許文献3】国際公開WO2001/49086号パンフレット

【特許文献4】米国特許第6377651号明細書

【特許文献5】特開2005-197456号公報

【特許文献6】特開昭63-292553号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

従来から用いられているデブリ防御技術は、プラズマから飛来するデブリの付着やデブリによるスパッタにより、集光ミラー等の主要光学コンポーネントの性能が劣化するのを防ぐことを意図としている。従って、集光ミラー等の主要光学コンポーネントへのデブリの到達を防ぐことができたとしても、デブリ自身はチャンバ内に滞留して徐々に蓄積し、蓄積したデブリがチャンバ内を汚染する。

30

【0010】

従って、蓄積したデブリが主要光学コンポーネントに堆積し、主要光学コンポーネントの反射率又は透過率を低下させて、主要光学コンポーネントの性能を劣化させたり、チャンバ内に徐々に滞留するデブリの増加によってレーザー光やEUV光が散乱されて、効率の良いEUV光の生成と集光が阻害されたりするという問題がある。さらに、滞留するデブリが、チャンバの真空排気のために取り付けられたポンプ内に進入し、ポンプの排気能力を著しく低下させ、ポンプのメンテナンスのために装置の稼働時間が短くなるという問題も発生する。実用化後の稼働状態におけるデブリの滞留量を見積もると、年間で数十kgのデブリがチャンバ内に滞留して堆積するとの予測もある。いずれにせよ、チャンバ内に拡散し長期にわたって滞留するデブリによって、LPP方式EUV光源装置の長期動作安定性が損なわれるので、これらの問題の解決が課題となっていた。

40

【0011】

本発明は、上記のような事情を考慮してなされたものであり、チャンバ内に滞留して蓄積したデブリが、チャンバを汚染したり、集光ミラー等の主要光学コンポーネントの性能を低下させたり、真空給排気装置の性能を低下させたりすることを防止し、長期間安定に極端紫外光を発生することが可能な極端紫外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】

50

【 0 0 1 2 】

上記課題を解決するため、本発明の1つの観点に係る極端紫外光源装置は、金属ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外光を発生させる極端紫外光源装置であって、レーザービームが照射された金属ターゲットから発生する金属デブリを帯電させる帯電部と、帯電した金属デブリを捕集電極により捕集する捕集部とを有して、金属デブリを帯電させて捕集する静電除塵装置と、捕集部で捕集した金属デブリを捕集部から離脱させるデブリ離脱部と、離脱させた金属デブリを回収する回収ポットとを有して、捕集部で捕集した金属デブリを離脱させて回収するデブリ回収機構と、を備えて、レーザービームが照射された金属ターゲットから発生する金属デブリを捕集して回収する除塵装置を具備する。

10

【 発明の効果 】

【 0 0 1 3 】

本発明によれば、極端紫外光源装置に静電除塵装置を設け、チャンバ内に滞留して蓄積した金属デブリを捕集し、捕集した金属デブリを回収することにより、金属デブリがチャンバ内に堆積して集光ミラー等の重要光学コンポーネントの性能が低下したり、真空給排気装置の性能を低下させたりすることを防止し、長期間安定に極端紫外光を発生することが可能な極端紫外光源装置を提供することができる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

20

【 0 0 1 4 】

以下、本発明の基本概念及び実施形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1は、本発明の基本概念を説明するための図である。図1に示すEUV光源装置は、レーザービームをターゲット物質に照射して励起させることによりEUV光を生成するレーザー励起プラズマ(LPP)方式を採用している。

【 0 0 1 5 】

図1に示すように、このEUV光源装置は、EUV光の生成が行われるチャンバ8と、チャンバ8内の所定の位置にターゲット1を供給するターゲット供給装置(図示せず)と、ターゲット1に照射される励起用レーザービーム2を生成するドライバレーザ5と、ドライバレーザ5によって生成される励起用レーザービーム2を集光するレーザー集光光学系6と、ターゲット1に励起用レーザービーム2が照射されることによって発生するプラズマ3から放出されるEUV光4を集光して出射する集光ミラー10とを備えている。

30

【 0 0 1 6 】

このEUV光源装置においては、例えば、ターゲット1として、金属(液体又は固体の錫(Sn)、又は、リチウム(Li)等)が用いられ、ドライバレーザ5として、比較的波長の長い光を生成することができるCO₂レーザが用いられる。しかしながら、本発明において、ターゲット材料及びレーザ光源の種類はこれらに限定されることがなく、様々な種類のターゲット材料及びレーザ光源を用いることができる。

【 0 0 1 7 】

40

レーザー集光光学系6は、少なくとも1つのレンズ及び/又は少なくとも1つのミラーで構成される。レーザー集光光学系6は、図1に示すように、真空チャンバ8の外側に配置しても良く、あるいは、真空チャンバ8の内側に配置しても良い。

【 0 0 1 8 】

集光ミラー10は、プラズマ3から放射される様々な波長成分の内から、所定の波長成分(例えば、13.5nm付近のEUV光)を選択的に反射することにより集光する集光光学系である。集光ミラー10は凹状の反射面を有しており、この反射面には、例えば、波長が13.5nm付近のEUV光を選択的に反射するためのモリブデン(Mo)及びシリコン(Si)の多層膜が形成されている。

【 0 0 1 9 】

50

真空チャンバ 8 には、励起用レーザービーム 2 を導入する導入窓 1 4 と、プラズマから放射される E U V 光を中間集光点 (I F) に導出する S P F (spectral purity filter) 1 7 とが設けられている。S P F (spectral purity filter) 1 7 は、プラズマから放射される光の内の不要な光 (E U V 光より波長が長い光、例えば、紫外線、可視光線、赤外線等) を除去して所望の E U V 光、例えば、波長 1 3 . 5 n m の光のみを透過させる。図 1 において、プラズマ 3 から発生した E U V 光は、集光ミラー 1 0 によって右方向に反射され、E U V 中間集光点に集光された後、露光器に出力される。

【 0 0 2 0 】

また、この E U V 光源装置は、プラズマ 3 から発生するデブリを捕集して、捕集されたデブリを排出する除塵装置 2 3 を有している。除塵装置 2 3 は、デブリを捕集する効率を高めるために、チャンバ 8 内に設置することが望ましいが、チャンバ 8 内に設置スペースがない場合には、除塵装置 2 3 をチャンバ 8 外に設置しても良い。除塵装置 2 3 によってデブリがチャンバ 8 外に排出されると、チャンバ 8 内に拡散するデブリが少なくなるので、デブリによるチャンバ 8 内の 2 次汚染を防止でき、E U V 光出力の長期安定化を図ることができる。

10

【 0 0 2 1 】

さらに、この E U V 光源装置は、プラズマ 3 から発生するデブリが集光ミラー 1 0 等の主要光学要素に付着したり主要光学要素をスパッタしたりすることによって光学性能が劣化することを防止するデブリ防御手段 1 9、及び / 又は、プラズマ 3 から発生するデブリの進行方向を制御してデブリを除塵装置 2 3 に誘導するデブリ進行方向制御手段 2 1 を有するようにしても良い。デブリ進行方向制御手段 2 1 は、デブリの進行方向を集光ミラー等の主要光学要素から離れた方向に制御することにより、デブリ防御手段 1 9 の機能を兼ね備えることもできる。

20

【 0 0 2 2 】

デブリ進行方向制御手段 2 1 は、プラズマ生成点から発生するデブリの流れの進行方向を制御し、その進行方向に置かれた除塵装置 2 3 が、デブリを捕集してチャンバ外に排出する。さらに、除塵装置 2 3 に捕集されたデブリを除塵装置 2 3 から排出して回収する際に、除塵装置 2 3 側からチャンバ 8 側へのデブリの逆流を防ぐために、除塵装置 2 3 と E U V チャンバ 8 との間にゲートバルブ 2 4 を設けることが望ましい。デブリを排出して回収する際に、ゲートバルブ 2 4 を閉じることによって、デブリの逆流を防止することができる。

30

【 0 0 2 3 】

図 1 においては、デブリ防御手段 1 9 及びデブリ進行方向制御手段 2 1 がチャンバ 8 内に図示されているが、デブリ防御手段 1 9 及びデブリ進行方向制御手段 2 1 のそれぞれを構成する具体的な装置の構成によって、デブリ防御手段 1 9 及びデブリ進行方向制御手段 2 1 がチャンバ 8 の内側に設けられる場合とチャンバ 8 の外側に設けられる場合とがある。また、図 2 以降においては、説明を簡単にするために、ドライバレーザ 5 及びレーザ集光光学系 6 の図示を省略している。

【 0 0 2 4 】

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態に係る E U V 光源装置の内部構造を示す。第 1 の実施形態においては、デブリ進行方向制御手段として、ダブルコイルの電磁石を含む磁場発生装置が用いられる。ここで、ダブルコイルの内で、デブリを主として排出する方向 (図 2 に示す方向 A) に位置するコイル 3 1 の直径が、デブリを主として排出する方向と反対の方向 (図 2 に示す方向 B) に位置するコイル 3 2 の直径よりも大きくされる。

40

【 0 0 2 5 】

磁力線は、コイル 3 2 から上側において広がった後に、コイル 3 1 に収縮する。プラズマ生成点から発生するデブリがイオンである場合に、ローレンツ力により、磁場の弱まる方向にイオンが進む。従って、図 2 に示す場合に、イオンの大部分は、第 1 の除塵装置 3 3 によって捕集されて排出される。ただし、極少量のイオンは、磁場との間で生じるローレンツ力を振り切って、方向 B に流出する。また、中性のデブリ (例えば、錫 (S n) は

50

常磁性)は、磁力線とのローレンツ力の影響を受けずに、初期の速度を維持しながら磁力線に沿って進んで行くので、方向Aと方向Bとに等しく流出する。そのため、方向Bに流れてきたイオン及び中性デブリは、第2の除塵装置34によって捕集されて排出される。

【0026】

また、図2に示すダブルコイルを含む磁場発生装置は、集光ミラー10のデブリ防御手段を兼ねている。プラズマ生成点より発生したデブリは、チャンバ8内に拡散する前に捕集されて排出されるので、チャンバ内の汚染が抑制され、長期にわたり安定的にEUV光を出力することができる。また、集光ミラー10のデブリ防御手段とデブリ進行方向制御手段とを兼用することにより、装置構成を簡単に行うことができる。

【0027】

図3は、本発明の第2の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す。第2の実施形態においては、図3に概念的に示されるマイクロ波源43から磁場中のデブリにマイクロ波を照射することにより、プラズマ生成点で発生する中性のデブリが、電子サイクロトロン共鳴(ECR : Electron Cyclotron Resonance)によってイオン化されて帯電する。

【0028】

電子サイクロトロン共鳴(ECR)とは、磁場中にマイクロ波を供給してプラズマを発生させる現象をいう。プラズマ中で発生した電子が、サイクロトロン共鳴周波数で回転運動して中性原子に衝突することにより、その中性原子から電子をたたき出してイオン化する。ここで、サイクロトロン共鳴周波数は、 $2f = eB/m$ (f : サイクロトロン共鳴周波数、 e : 電子の電荷、 B : 磁場の磁束密度、 m : 電子の質量) で表される。マイクロ波の周波数は、磁束密度(B)との関係に基づいて、サイクロトロン共鳴周波数となるような周波数を選択することが望ましい。ECRプラズマ生成には初期電子が必要なので、図4に示すように初期電子を供給する初期電子供給源44として電子銃又は希薄ガス供給装置を設け、電子銃による電子供給や希薄ガス供給装置による希薄ガスの注入を行っても良い。

【0029】

これにより、中性デブリがイオン化するので、プラズマ生成時に発生したデブリが帯電され、ローレンツ力によって方向Aに向かって流れて行く。このデブリが、第1の除塵装置33で捕集されて排出される。第1の実施形態と比較すると、デブリのイオン化される割合が高くなるので、磁場によりデブリを拘束する効率が高まり、第1の除塵装置33における捕集効率を上げることが可能となる。また、方向Bへのデブリの流出が、第1の実施形態と比べて少なくなり、第2の除塵装置34を小型化若しくは省略することが可能となる。

【0030】

図5は、本発明の第3の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す。第3の実施形態においては、デブリ進行方向制御手段として、ガス流51を供給するガス供給装置(ガスノズル52)が用いられる。このガス流51は、集光ミラー10をデブリから遮蔽するガスカートン流となるので、ガス供給装置は、集光ミラー10のデブリ防御手段を兼ねて使用される。プラズマ3から発生したデブリは、ガスノズル52から供給されるガス流51に乗って除塵装置23に運ばれ、捕集されて排出される。ガス流を利用する方法は、磁場を利用する方法よりも、簡便かつ安価なシステムでデブリを回収することを可能とする。

【0031】

図6は、本発明の第4の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す。第4の実施形態においては、集光ミラー10のデブリ防御を兼ねて、除塵のためにバッファガス61が導入される。バッファガス61は、バッファガス供給装置(バッファガスノズル62)によって供給される。プラズマ3から発生するデブリは、チャンバ8内でバッファガス中に拡散する。ポンプ又はプロペラ63又は64によって、このデブリを含むバッファガスを除塵装置65の方向に集めるようにバッファガス及びデブリの流れが生成され、バッファガス及びデブリが、除塵装置65によって捕集されて排出される。これにより、集光ミ

10

20

30

40

50

ラーの表面をデブリから防護することもできる。

【0032】

ポンプ又はプロペラ63又は64は、除塵装置65の前後のいずれかに配置されていても良く、除塵装置65の前後の両方に配置されても良い。また、複数の除塵装置を、チャンバ8の複数箇所に設けても良い。バッファガスの種類は、EUV光に対する透過率及び経済性を考慮して選定され、例えば、希ガスのアルゴンガス(Ar)又はヘリウム(He)が使用される。本実施形態においては、チャンバ8に導入されたバッファガス61中に拡散したデブリを、ポンプ等による圧力差で除塵装置65側に引き込むので、本発明の第2～第3の実施形態と比較して、除塵装置65を取り付ける場所を選定する幅が広くなり、より簡便にデブリの排出を行うことができる。

10

【0033】

図7は、本発明の第5の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す。第5の実施形態においては、複数の除塵装置64～69を、レーザー光やEUV光の経路を遮断しない領域において、かつ、デブリを生成するプラズマの周囲の領域に配置する。除塵装置64～69の先端には、ゲートバルブ71～76がそれぞれ設けられている。本実施形態によれば、複数の除塵装置64～69がプラズマ3の周囲の領域に配置されるので、チャンバ8の壁に除塵装置が取り付けられた場合に必要となるデブリ進行方向制御手段が不要となり、簡便かつ効率的にデブリを捕集して排出することが可能となる。

【0034】

また、複数の除塵装置を、導入窓14、SPF17、及び、その他の重要光学コンポーネントの近くに配置し、2次汚染を抑制するようにしても良い。さらに、集光ミラー10に対するデブリ防御手段20として、フォイルトラップ、ガスカーテンを発生させるガス供給装置、磁場発生装置、又は、電場発生装置等を使用しても良い。

20

【0035】

図8は、本発明の第6の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す。第6の実施形態においては、重力によって沈降するデブリが、チャンバ8の下部、望ましくは底面に設置された除塵装置81によって、捕集されて排出される。本実施形態によれば、デブリが重力によって沈降するのを利用して、除塵装置81によりデブリを捕集して排出するので、装置の構成が簡易である。このように重力によるデブリの沈降を利用する方法においては、チャンバ内にガスが存在すると、デブリの沈降を妨げてしまう。ガスを使用するガスカーテン法やバッファガス法は、重力に逆らってデブリを舞い上げるので、図8に示すデブリ防御手段83として使用するの好ましくなく、フォイルトラップ、磁場発生装置、又は、電場発生装置等を適用するのが好ましい。

30

【0036】

図9は、本発明の第7の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す。第7の実施形態は、第2の実施形態において、ターゲット91として固体の錫(Sn)を使用し、レーザーとして炭酸ガス(CO₂)レーザー95を使用したものである。ターゲット91となる固体の錫(Sn)としては、ワイヤー形状のものが使用される。本願発明者は、研究開発の過程で、固体の錫(Sn)のターゲットと炭酸ガス(CO₂)レーザーとの組み合わせで発生するデブリのほとんどが、ナノ粒子と呼ばれる粒子径が数ナノメートル以下の微粒子であることを発見した。第7の実施形態によれば、プラズマから発生するデブリが、固体の錫(Sn)のターゲットと炭酸ガス(CO₂)レーザーとの組み合わせ以外で発生するサブミクロンからミクロンオーダのサイズのデブリと比べて小さくなるため、デブリがローレンツ力によって動かされ易くなり、除塵装置への回収効率を高めることができる。また、このような固体の錫(Sn)のターゲットと炭酸ガス(CO₂)レーザーとの組み合わせを、本発明の第3～6の実施形態において使用しても良い。

40

【0037】

図10は、本発明の第8の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す。第8の実施形態においては、除塵装置101としてコロナ放電を利用した静電除塵装置が使用される。除塵装置101は、デブリを帯電するための帯電電極103及び帯

50

電電極（GND側）104を有する帯電部105と、デブリの流れに沿って帯電部105よりも下流に設置され、デブリを捕集する捕集正電極106及び捕集電極（GND側）107及び108を有する捕集部109とを含んでいる。デブリがガス流により移動する場合（例えば、本発明の第3及び第4の実施形態）には、帯電電極103に、例えば、数kVの正電圧を印加すると、帯電電極103と帯電電極104との間にコロナ放電が起こり、正のコロナが発生する。ガス中の中性デブリは、コロナ放電領域を通過する際に、正に帯電する。

【0038】

帯電部105の下流側に設置された捕集部109は、対向電極を有し、例えば、一方の捕集正電極106に正の高電圧が印加され、他方の捕集電極107及び108は接地電位とされる。図10に示すように、点線の向きに電界が形成されるので、正に帯電したデブリは、捕集電極107及び108に捕集される。本実施形態によれば、コロナ放電を介して中性デブリを帯電するので、効率の良い中性デブリの帯電が可能となり、捕集電極によってデブリを効率良く捕集することができる。また、プラズマ生成時には、中性デブリ以外に正イオンのデブリも発生するが、それらの正イオンのデブリも、捕集電極によって捕集される。なお、コロナ放電を用いた静電除塵装置には、上記のように帯電と捕集を別々の電界で行う方式のほか、同一電界内で帯電と捕集を行うコットレル式と呼ばれるタイプのものもある。本発明の第8の実施形態に、このコットレル方式の静電除塵装置を適用しても良い。

【0039】

図11は、本発明の第9の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す。第9の実施形態においては、電子による帯電を利用した静電除塵方式の除塵装置111が使用される。除塵装置111は、デブリを帯電するための電子銃113を有する帯電部115と、デブリの流れに沿って帯電部115よりも下流に設置され、デブリを捕集する捕集正電極106及び捕集電極（GND側）107及び108を有する捕集部119とを含んでいる。本発明の第9の実施形態は、第8の実施形態と異なり、デブリの誘導にガス流を使用しない本発明の第1、第2、第5～第7の実施形態に適用される。

【0040】

除塵装置内に流入する中性デブリに、電子銃113が、電子シャワー114を吹きかける。対象物質が、例えば、錫（Sn）である場合に、電子の加速電圧が小さい（100eV以下）ときには、中性デブリに電子が付着してデブリが負に帯電し、電子の加速電圧が十分に大きい（100eV以上）ときには、電子シャワーにより中性原子からの2次電子放出によってデブリが正に帯電する。本実施形態においては、プラズマ生成時に中性デブリと共に発生するイオンのデブリが正イオンであることを考慮して、電子銃113から射出される電子の加速電圧を十分に大きくすることにより、帯電部115が中性デブリを正に帯電させる。

【0041】

帯電部115の下流側に設置された捕集正電極106と捕集電極107及び108とは対向電極となっており、例えば、捕集正電極106に正の高電圧が印加され、捕集電極107及び108は接地電位とされる。図11においては、点線の向きに電界が形成されるので、正帯電したデブリは、捕集電極107及び108に捕集される。本実施形態によれば、電子シャワーにより中性デブリを直接帯電するので、効率の良い帯電を行うことが可能となり、捕集電極でデブリを効率良く捕集することができる。なお、デブリが除塵装置到達前に十分に帯電している場合（例えば、第3の実施形態）には、電子銃による帯電を行わずに、捕集正電極106と捕集電極107及び108とによって直接デブリを捕集しても良い。

【0042】

図12は、本発明の第10の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す。第10の実施形態において、除塵装置121は、捕集されたデブリを回収するデブリ回収機構を有する。本実施形態において、捕集電極に捕集されたデブリを回収及び

10

20

30

40

50

排出する方法について説明する。

【0043】

デブリ回収機構としては、例えば、ブローガスを供給するブローノズル125が用いられる。デブリの回収作業を開始する際に、デブリのチャンバ8への逆流を防止するために、チャンバ8と除塵装置121の間のゲートバルブ122を閉じる。次に、ブローノズル125からブロー用ガスを、捕集電極(GND側)107と捕集電極(GND側)108との間に流す。ブロー用ガスとしては、不活性ガスを用いるのが一般的である。捕集電極107及び108上に堆積されたデブリは、ブローガスにより、捕集電極107及び108から離脱し、浮遊移動して、回収ポッド130に回収される。

【0044】

デブリ回収機構として、捕集電極107及び108にランジュバン型超音波振動子等の振動素子127及び128をそれぞれ取り付け、ガスブロー時に捕集電極107及び108を振動させることによって、捕集電極107及び108に堆積したデブリの離脱を促進しても良い。あるいは、デブリ回収機構として、捕集電極107又は108を機械的にハンマー126等でたたくことにより振動を与える構造を用いても良い。

【0045】

本実施形態によれば、除塵装置121からデブリを定期的に排出することによって除塵装置121の性能を常に一定レベルに維持することが可能となり、ひいては、チャンバ内の滞留デブリを長期にわたって低減し、安定的にEUV光を出力することができる。また、金属デブリを単体金属のまま回収するので、それをターゲット材料として再利用することができる。

【0046】

図13は、本発明の第11の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す。第11の実施形態において、除塵装置121は、デブリが捕集された捕集電極(GND側)107及び108を加熱することにより、捕集されたデブリを回収するデブリ回収機構を有する。本実施形態において、捕集電極に捕集されたデブリを回収及び排出する方法について説明する。

【0047】

捕集電極107及び108には、ヒータ138及び139がそれぞれ取り付けられている。例えば、ターゲット物質が錫(Sn)である場合に、錫(Sn)の熔融温度(232)以上に捕集電極107及び108を加熱する。加熱された捕集電極107及び108上で、錫(Sn)デブリが熔融して液化し、重力に従って、捕集電極の下方に設置された回収ポッド140に回収される。

【0048】

捕集電極107及び108を加熱するために、ヒータ138及び139を用いる替わりに、捕集電極107及び108自体に電流を通電し、捕集電極そのものを抵抗加熱しても良い。このとき、電極材料としては、タングステンやモリブデン等の高抵抗で耐熱性のある金属を使用することが望ましい。

【0049】

本実施形態によれば、除塵装置121からデブリを定期的に排出することによって、除塵装置121の性能を常に一定レベルに維持することが可能になり、ひいては、チャンバ内の滞留デブリを長期にわたって低減し、安定的にEUV光を出力することができる。また、捕集電極107及び108上の金属デブリを単体金属のまま回収するので、それをターゲット材料として再利用することができる。さらに、本発明の第11の実施形態においては、第10の実施形態と異なり、デブリ回収時にガスによるデブリの巻上げや逆流がないので、ゲートバルブ132を閉じる必要がなく、EUV光が出力されている間に回収作業を行うことが可能である。従って、メンテナンスのためにチャンバを休止する時間(ダウンタイム)を、第10の実施形態と比べてはるかに短くすることができる。

【産業上の利用可能性】

【0050】

本発明は、露光装置の光源として用いられる極端紫外光源装置において利用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】本発明の基本概念を説明するための図である。

【図2】本発明の第1の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す図である。

【図3】本発明の第2の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す図である。

【図4】本発明の第2の実施形態に係るEUV光源装置の変形例の内部構造を示す図である。

【図5】本発明の第3の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す図である。

10

【図6】本発明の第4の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す図である。

【図7】本発明の第5の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す図である。

【図8】本発明の第6の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す図である。

【図9】本発明の第7の実施形態に係るEUV光源装置の内部構造を示す図である。

【図10】本発明の第8の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す図である。

【図11】本発明の第9の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す図である。

【図12】本発明の第10の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す図である。

20

【図13】本発明の第11の実施形態に係るEUV光源装置における除塵装置の内部構造を示す図である。

【符号の説明】

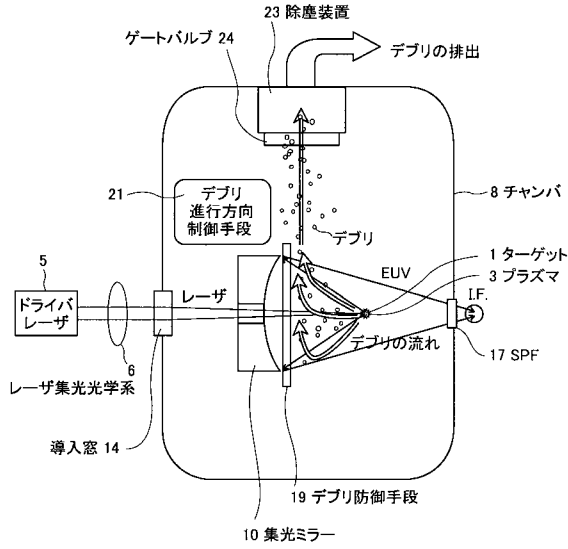
【0052】

1...ターゲット、2...レーザビーム、3...プラズマ、4...EUV光、5...ドライバレーザ、6...レーザ集光光学系、8...真空チャンバ、10...集光ミラー、14...導入窓、17...SPF、19、20...デブリ防御手段、21...デブリ進行方向制御手段、23...除塵装置、24...ゲートバルブ、31、32...コイル、33...第1の除塵装置、34...第2の除塵装置、35、36...ゲートバルブ、41、42...コイル、43...マイクロ波源、44初期電子源、52...ガスノズル、61...バッファガス、62...バッファガスノズル、64~69...除塵装置、71~76...ゲートバルブ、81...除塵装置、82...ゲートバルブ、83...デブリ防御手段、91...固体の錫ターゲット、93...プラズマ、95...炭酸ガスレーザ、101...除塵装置、102...ゲートバルブ、103...帯電電極、104...帯電電極、105...帯電部、106...捕集正電極、107、108...捕集電極、109...捕集部、111...除塵装置、112...ゲートバルブ、113...電子銃、114...電子シャワー、115...帯電部、119...捕集部、121...除塵装置、122...ゲートバルブ、123...電子銃、124...帯電部、125...ブローノズル、126...ハンマー、127、128...振動素子、129...捕集部、130...回収ポッド、131...除塵装置、132...ゲートバルブ、133...電子銃、134...帯電部、138、139...ヒータ、130、140...回収ポッド

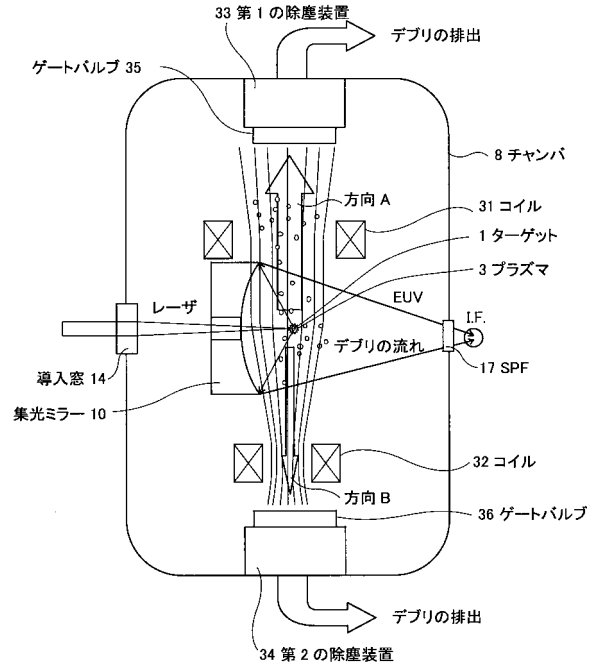
30

40

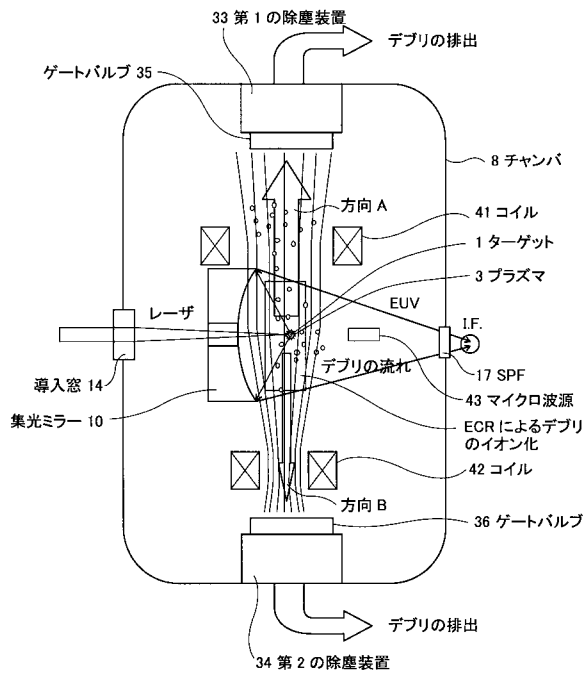
【 図 1 】



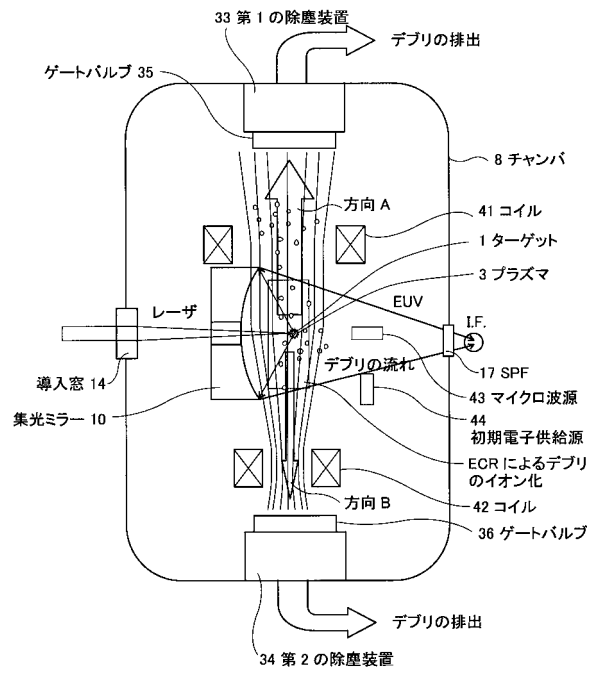
【 図 2 】



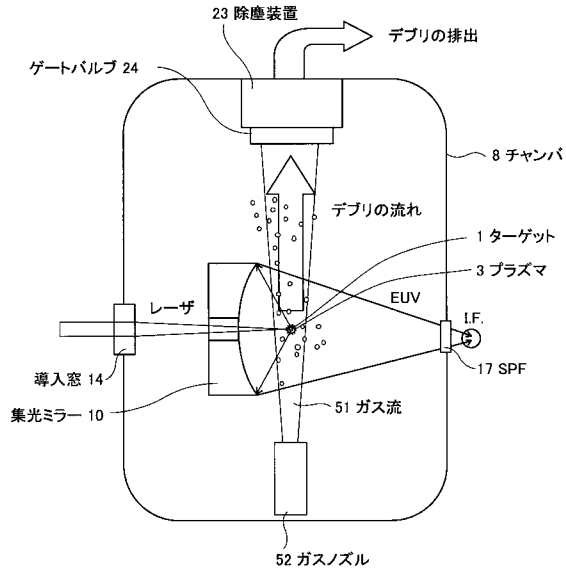
【 図 3 】



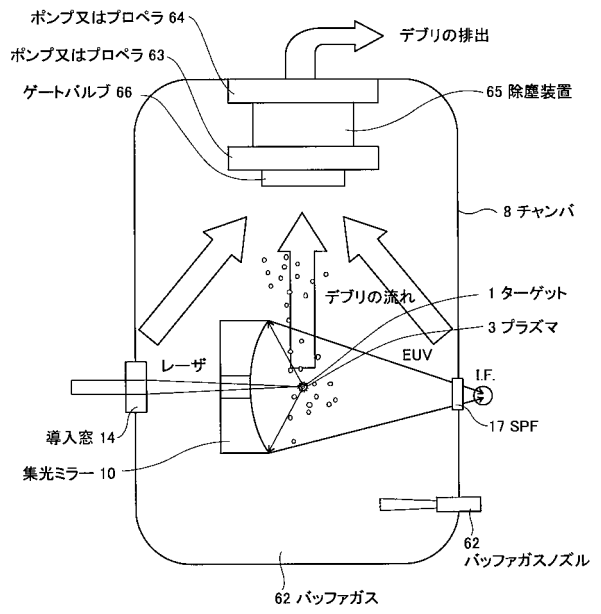
【 図 4 】



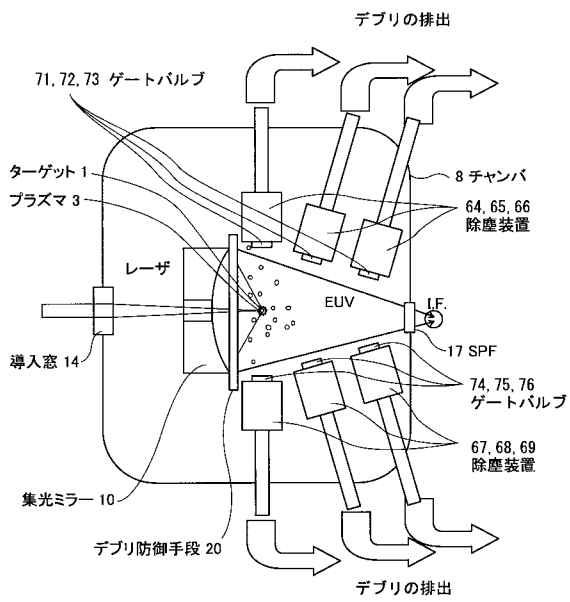
【図5】



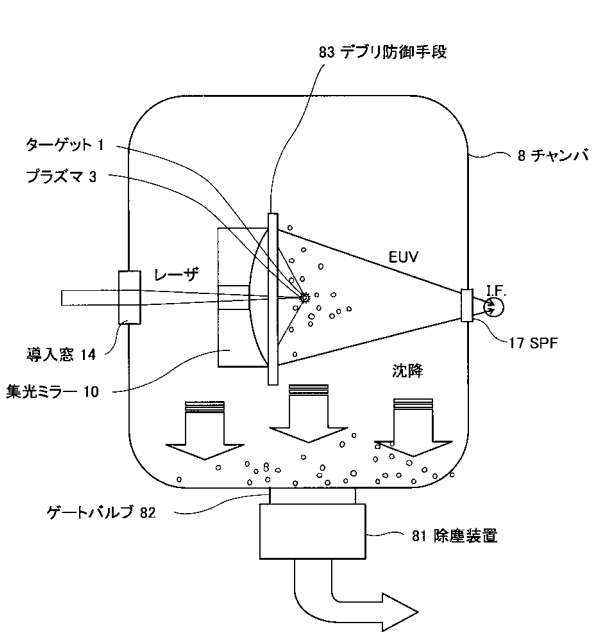
【図6】



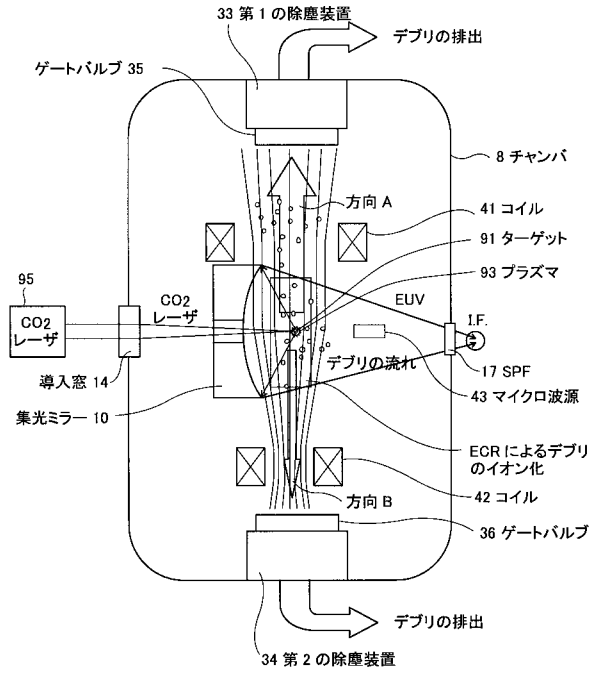
【図7】



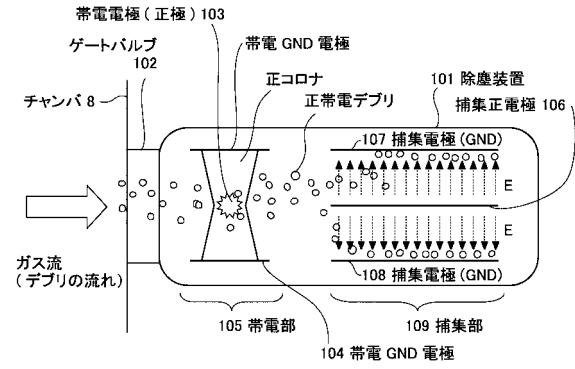
【図8】



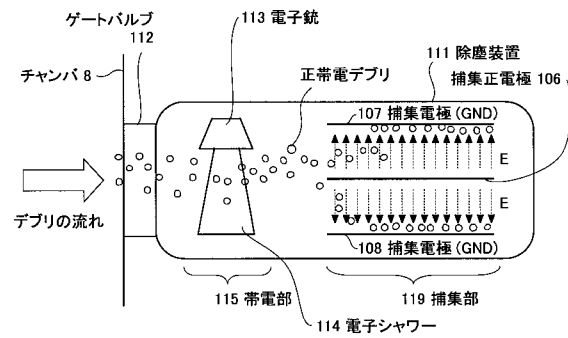
【図 9】



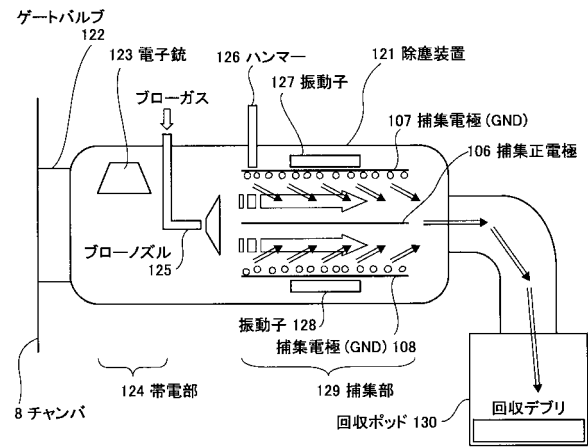
【図 10】



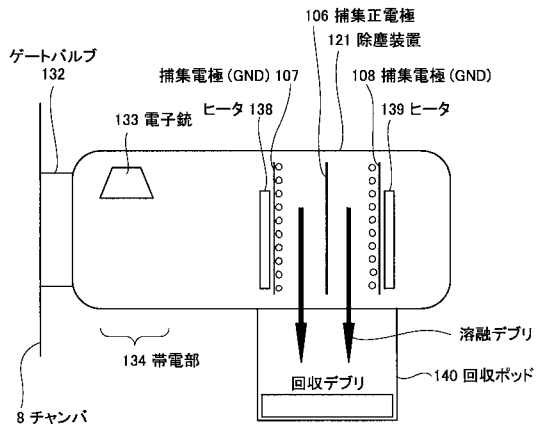
【図 11】



【図 12】



【図13】



フロントページの続き

- (72)発明者 植野 能史
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 研究本部内
- (72)発明者 小森 浩
神奈川県平塚市万田1200 株式会社小松製作所 研究本部内

審査官 赤尾 隼人

- (56)参考文献 特開平10-221499(JP,A)
特開平8-017371(JP,A)
特開2004-327213(JP,A)
特開2007-035660(JP,A)
特開2005-197456(JP,A)
特開2004-311814(JP,A)
特開2006-080255(JP,A)
特開平09-245992(JP,A)
特開平09-007795(JP,A)
特開平02-151021(JP,A)
特開2006-202671(JP,A)
特開2003-297737(JP,A)
特開平07-227737(JP,A)
特開2004-275834(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
H05G 1/00-1/70; 2/00