(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6209602号
(P6209602)
(45)発行日　平成29年10月4日(2017.10.4)　(24)登録日　平成29年9月15日(2017.9.15)

(51)Int.Cl.　　F I
G03F 7/20 (2006.01)　　G03F 7/20 503
H01L 21/02 (2006.01)　　H01L 21/02 Z

請求項の数 15　(全 12 頁)

(21)出願番号　特願2015-516529(P2015-516529)
(86)(22)出願日　平成25年5月16日(2013.5.16)
(65)公表番号　特表2015-530605(P2015-530605A)
(43)公表日　平成27年10月15日(2015.10.15)
(86)国際出願番号　PCT/EP2013/060146
(87)国際公開番号　WO2013/186008
(87)国際公開日　平成25年12月19日(2013.12.19)
審査請求日　平成28年5月16日(2016.5.16)
(31)優先権主張番号　S2012/0277
(32)優先日　平成24年6月14日(2012.6.14)
(33)優先権主張国　アイルランド(IE)

(73)特許権者　501339171
ユニバーシティ・カレッジ・ダブリン，ナショナル・ユニバーシティ・オブ・アイルランド，ダブリン
アイルランド国ダブリン　４，ベルフィールド
(74)代理人　100147485
弁理士　杉村　憲司
(74)代理人　100161148
弁理士　福尾　誠
(74)代理人　100198568
弁理士　君塚　絵美

最終頁に続く

(54)【発明の名称】自己洗浄式光学系

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
処理領域へ及び／又は前記処理領域からの光（２２）を透過又は反射する自己洗浄式光学系であって、
使用中に液体を収容するよう配置された槽（１６）と、光学部品の下部が使用中に前記槽に収容された液体を通って連続して回転するように、非垂直軸（１４）の周りを連続回転するよう配置された透明又は反射性の光学部品（１０）とを備え、
前記光学部品が前記槽から出てくると、前記光学部品の上に前記槽の液の被膜（２０）がとどまり、前記被膜が、前記光学部品の少なくとも一部（Ｑ２）の上に実質的に均一の透過膜を形成し、前記光学部品は、前記光が透過膜を通って透過する、又は前記光が前記透過膜で反射する、自己洗浄式光学系。
【請求項２】
前記光学部品は真空ハウジング（２４）内に収容され、　前記真空ハウジングは、処理が行われる真空チャンバーにおける嵌合開口部に真空封止可能な開口部（２６）を有し、
前記真空ハウジングの外壁は、透明の窓（３０）を有し、前記窓は、前記光が、使用中に、途中で前記窓を通って、前記実質的に均一の透過膜を有する前記光学部品の一部を通る、又は前記光学部品の一部から通るように配置されている、請求項１に記載の光学系。
【請求項３】
前記光学部品は、真空ハウジングの外壁を形成し、前記真空ハウジングは、処理が行われる真空チャンバーにおける嵌合開口部を真空封止可能な開口部を有する、請求項１に記

載の光学系。
【請求項４】
前記光学部品は、円対称であり、回転する前記軸は前記円対称性の中心を通り、前記光学部品の中心は、前記光学部品を回転させるスピンドル（１２）に取り付けられる、請求項１に記載の光学系。
【請求項５】
前記光学部品は、該部品の縁部で回転する、請求項１に記載の光学系。
【請求項６】
前記槽は、前記槽内の前記液体が、使用中に前記光学部品の片面のみを被覆するか、又は両面を被覆するよう構成された、請求項１に記載の光学系。
【請求項７】
前記光学部品は、平坦な透明円板、レンズ（１００）、ミラー（２００）、及び透明円筒（３００）のうちの１つを備える、請求項１に記載の光学系。
【請求項８】
前記槽内の液体を冷却及び／又は加熱する手段を、さらに備える、請求項１に記載の光学系。
【請求項９】
前記光は、レーザー光を含み、前記処理は真空処理である、請求項１に記載の光学系。
【請求項１０】
前記液体は２，０００センチストーク未満の動粘度を有するオイルである、請求項１に記載の光学系。
【請求項１１】
前記光学部品に入射する光を生成するパルスレーザーＥＵＶ光源を、さらに備える、請求項１に記載の光学系。
【請求項１２】
前記被膜の厚さを制御するための追加の機構を、さらに備える、請求項１に記載の光学系。
【請求項１３】
前記光学系は前記窓の法線に対して少なくとも１つの角度で前記光学系を通過する少なくとも１つの波長光に対して少なくとも部分的な反射防止被膜が生成されるように、前記液体の被膜の厚さを維持するよう構成される、請求項２に記載の光学系。
【請求項１４】
前記槽内の前記液体の表面の下に少なくとも一部が配置され、前記光学部品から、該光学部品に付着したすべての微粒子を除去するために、前記光学部品の表面に適用するよう配置される機構を、さらに備える、請求項１に記載の光学系。
【請求項１５】
請求項１に記載の光学系を内蔵している、パルスレーザー蒸着システム、レーザー加工システム、プラズマ蒸着システム、プラズマエッチングシステム、又は成膜装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、主として、プラズマ処理で役に立たなくなりがちな真空システムに用いる光学系に関するが、これに限定されるものではない。しかし、本発明は、より一般的には、処理に由来するデブリが、光に対する透明性が重要である窓に影響を及ぼす、任意の物理的、化学的、又は他の処理（荷電粒子や中性粒子、及び光子、特にＸ線を伴う真空処理を含む）処理に適用し得る。本発明の文脈において、「光」は、ＵＶ及びＩＲ波長のほかに可視波長も含み、「光学」及び「透明」といったような用語は適宜解釈されるべきである。
【背景技術】
【０００２】

このような状況においては、通常、窓は、あまりにも汚れると取り換えられる。さもなければ、何らかの代用窓か、回転窓、及びガスカーテンが用いられたりする。米国特許第7501145号では、パルスレーザー堆積（ＰＬＤ）法にて、窓を経てチャンバー内に入るレーザー出力をモニタして、徐々に不透明になってくる窓に当たる入射レーザーのエネルギーを調整し、スパッタすべきターゲット材料に同一のエネルギーを与えるようにしている。これには、最終的に、窓を通るレーザーの損失が補償するにはあまりにも大きくなりすぎる不都合がある。このようなことは、堆積速度が速いシステムではより迅速に起こる。

【０００３】

国際公開公報WO2005/0075700号及び米国特許第4784491号では、ＰＬＤ法による逸脱物質（”errant material”）をレーザー入力窓から徐々に逸らすためにガスカーテンを用いている。しかし、ガスカーテンの場合、ガスカーテンを生成するために、システム内にガスを導入する必要がある。これは、システムの真空作動圧力を制限し、処理パラメータをあまり変えずに、デブリを効果的にブロックするためにガス注入を十分にする必要があるため、システム設計が複雑になる。また、ガスカーテンはそれでも、パルスレーザー堆積（ＰＬＤ）や、極端紫外線（ＥＵＶ）及び他のプラズマ処理システムにおいて、典型的な真空圧で平均自由行程を所与のものとすれば、窓被膜の一部とすることができる。

【０００４】

別のアプローチでは、回転するガラス窓を、その透明度が所定のレベルを下回るまで用い、窓の新しい部分をレーザーの前に回転させる（例えば、www.pvdproducts.com/products/intelligent_windows.aspx参照）。しかし、ガラス窓の一部を回転させることは、ガラス窓の直径をどんなにしても窓の表面積を増やすには限度がある。ガラス窓には、デブリの薄い層ができ、それがより大きな面積に広がる。

【０００５】

米国特許第5490912号は、ＰＬＤシステムにおけるレーザープラズマプルームとレーザー入射窓との間に圧延される透明テープのロールを用いることを開示している。ロール状の透明テープは、回転するガラス窓より遥かに大きい表面積を有するという利点があるが、プラスチック膜は、通常、特にデブリが堆積し始め、レーザーカップリングがより強くなると、レーザーによって損傷又は破壊されるという不都合がある。したがって、テープは迅速に動かさなければならず、ロールはかなり長くしなければならならず、それに付属するあらゆるメカ的な問題を伴う。また、高温の処理環境で使用する場合、プラスチックテープは歪んでしまうために適していない。

【０００６】

光学部品の表面を覆って保護するためにオイルを用いることが提案されている。

【０００７】

Chraplyvyは１９７７年９月発行のApplied Optics, Vol.16, No.9に掲載された「Liquid Surface Coating For Optical Components Used In High Power Laser Applications」において、粘性のあるパラフィンオイルを用いることを提案し、垂直面を保護するも、オイルが流れ落ちるのを防ぐためにオイルがジェル状になるまでその粘性を高くすることを論じている。オイルは、槽からは補充されていない。

【０００８】

Kesslerは、１９８９年９月にイタリアのプグノチューソで開催された「International Symposium on Plasma Chemistry」にて発表した論文「Direct a-Si:H and a SiC:HPhotoCVD Deposition with a D2 Lamp and Dielectric Barrier Discharge Lamp」において、ＭｇＦ２の窓に膜が堆積しないようフォンブリン（ソルベイ　ソレクシス　ソチエタベルアチオニ社　登録商標）オイルの被膜を用いることを開示している。

【０００９】

P. Pastorino, G. Morello及びS. Tamagnoは１９９５年６月に発行されたJournal De Physique IV "Colloque C5, supplement au Journal de Physique 11, Volume 5に掲載された「Amorphous Hydrogenated Silicon Nitride Deposited Mercury Photosensitization Chemical Vapour Deposition for Optoelectronic Applications」において、チャンバ

ーの石英窓にフォンブリン（ソルベイ　ソレクシス　ソチエタベル　アチオニ社　登録商標）オイルを用いることを開示している。

【００１０】

Kessler及びPastorino等による両論文では、フォンブリン（ソルベイ　ソレクシス　ソチエタベル　アチオニ社　登録商標）オイルは水平配置で用いられ、ＶＵＶ光子によってオイルが分離されると、オイルを交換しなければならず、さもなければ、窓は暗くなってしまう。オイル槽は用いられていない。

【発明の概要】

【００１１】

本発明によれば、処理領域へ及び／又は処理領域からの光を透過又は反射する自己洗浄式光学系であって、光学系は、液槽と、光学部品の下部が液槽を通って連続して回転するように、非垂直軸の周りを連続回転可能な透明又は反射性の光学部品とを備え、光学部品が液槽から出てくると、光学部品の上に液槽の液の被膜がとどまり、被膜が、光を透過又は反射する光学部品の少なくとも一部の上に実質的に均一の膜を形成する、自己洗浄式光学系が提供される。

【００１２】

光学部品は真空ハウジング内に収容され、真空ハウジングは、処理が行われる真空チャンバーにおける嵌合開口部に真空封止可能な開口部を有し、真空ハウジングの外壁は、光をその途中で、実質的に均一の膜を有する光学部品の一部に通す、又は光学部品の一部から通す、透明の窓を有する。

【００１３】

代替として、光学部品は、真空ハウジングの外壁を形成することができ、真空ハウジングは、処理が行われる真空チャンバーにおける嵌合開口部を真空密封できる開口部を有する。

【００１４】

好ましくは、光学部品は、円対称であり、回転軸は円対称の中心を通る。

【００１５】

一実施形態において、光学部品の中心は光学部品を回転させるスピンドルに取り付けられる。他の実施形態において、光学部品はその縁部で回転する。

【００１６】

槽内の液体は、光学部品の片面のみを被覆してもよいし、両面を被覆してもよい。

【００１７】

様々な実施形態において、光学部品は平坦な透明円板、レンズ、ミラー及び透明な円筒である。

【００１８】

本システムは、槽内の液体を冷却及び／又は加熱する手段を備える。

【００１９】

光はレーザー光とすることができ、処理は真空処理とすることができる。

【００２０】

一実施形態において、液体は、２，０００センチストーク未満の動粘度を有するオイルである。

【００２１】

本発明は、高出力レーザーがレーザープラズマからＥＵＶ光を生成するのに用いられるパルスレーザーＥＵＶ光源に適用することができる。また、レーザープラズマは、一部がレーザー光路に沿って戻り、レーザー入射窓を損ねる大量のデブリを生成する。オイル塗布された窓は、本システムの透明性を実質的に一定に維持する。

【００２２】

また、本発明は、ＥＵＶ光源と同様に、ＰＬＤレーザーが堆積に有用なプルームを生成する表面に収束させるパルスレーザー堆積に適用可能である。また、レーザー入射窓も、

ここでデブリに由来するダメージを受ける。

【００２３】

プラズマ蒸着及びエッチングシステムにおいて、処理窓によって、システムの性能を光学的にモニタすることができる。これは、典型的には、プラズマ処理からの光学放射のスペクトル、又はプラズマを通った光学吸収を観察したり、顕微鏡法、偏光解析法、又は基板に施された他の光学技術を用いたりすることによって、エッチング又は蒸着プロセスの進行をモニタすることである。この窓が損われた場合、光学プロセスのモニタリングの質が低減する。本発明によって、窓における処理チャンバーへの透明性を一定とすることができ、さもなけれ、窓はすぐに損われてしまう。

【００２４】

本発明の他の用途は、レーザーマッチングシステムである。このようなシステムにおいて、基板に形成する特徴を可能な限り最小とするため、基板の表面に可能な限り最小のレーザー焦点を形成するように小さいＦ値の光学部品を使うという利点がある。小さいＦ値の光学部品は、大きい光学直径、すなわち、通常、高額なビーム拡大光学部品を必要とする高レーザービーム直径を有する表面から離れるか、小さくて高額ではない光学部品及びビーム径を必要とする被加工物の表面の近くとするか、のいずれかでなければならない。被加工物に近いことの不都合は、光学部品に多くのデブリが蒸着し、急速にそれらを損なわせることである。本発明は、損なわれやすい光学部品を保護し、コスト効果が高く、光学部品の交換及び修復に伴うダウンタイムを少なくしたレーザーマッチングシステムにおいて、光学部品の正面で用いることができる。

【００２５】

概して、本発明は、光学スループットを維持するために、レーザー又は光路が大量のデブリから保護されることを必要とする任意の状況で用いることができる。本明細書で検討される実施形態は、ＥＵＶ光源（レーザープラズマ及びレーザー支援型放電プラズマ）及びパルスレーザー蒸着に関するが、一定の光学モニタリングで有益な他のプラズマ処理においても有益だろう。

【００２６】

また、本発明は、真空外であっても、観察窓及び光学モニタの窓が損傷しやすい任意のコーティング処理の光学的モニタリングに用いることができる。

【００２７】

ここで、本発明の実施形態は、添付の図面を参照して、例によって説明される。

【図面の簡単な説明】

【００２８】

【図１】図１（ａ）及び１（ｂ）は、本発明の第1の実施形態による自己洗浄式光学窓システムの概略側面及び端面図であり、図１（ｃ）は、図１（ａ）及び（ｂ）のシステムにおける不均一及び均一なオイル膜の４分円を示す図である。

【図２】本発明の第２の実施形態による自己洗浄式光学窓システムの概略側面図である。

【図３】本発明の第３の実施形態による自己洗浄式光学窓システムの概略側面図である。

【図４】本発明の第４の実施形態による自己洗浄式光学窓システムの概略側面図である。

【図５】本発明の第５の実施形態による自己洗浄式光学窓システムの概略側面図である。

【図６】本発明の第６の実施形態による自己洗浄式光学窓システムの概略側面図である。

【図７】図７（ａ）及び７（ｂ）は、本発明の第７の実施形態による自己洗浄式光学窓システムの概略側面及び端面図である。

【００２９】

図面の様々な図において、同一又は同等の構成要素には、同一の参照番号が付されている。

【発明を実施するための形態】

【００３０】

図１を参照するに、本発明の第１の実施形態は、光学的に平坦な円板状の透明なガラスプレート１０を備えている。プレート１０は、プレートの中心を通る水平軸１４の周りを

独自の平面内で回転するために、スピンドル１２に垂直に取り付けられている。プレート１０は、状況に応じてガラス、石英、CaF_2、MgF_2、ＬｉＦ、又は他の透明な材料で作ることができる。

【００３１】

プレート１０の下部は、透明オイルの槽１６内に浸漬する。動作時には、（不図示の）モータが矢印１８で示すようにスピンドル１２を連続回転させるため、プレート１０の下半分は絶えずオイルを通って回転する。用いることのできるオイルは、状況にもよるが、フルオロカーボンポリマーオイル、ポリヘキサフルオロポリプロピレンオキシドのフルオロカーボンポリマーオイル、低蒸気圧のポリフェニルエーテルオイル、及び他の低圧オイルである。

【００３２】

プレート１０が槽１６から出てくると、オイルの薄い被膜２０がガラスの上にとどまる。プレート１０がオイル槽１６を出た当初、被膜２０は、光学窓として用いるのに十分な均一の厚さを有しておらず、この部分は、概して、図１（ｃ）の四分円Ｑ１の位置におけるプレート１０の１／４に相当する。しかし、オイル被膜２０は、最初に四分円Ｑ１を占めていたプレート１０の部分が四分円Ｑ２の位置にまで回転するときまでに、光学窓として使用可能な実質的に均一な数十ミクロンの厚さの膜を形成するように平らになった。そのため、物理的及び／又は化学的処理が行われる領域（不図示であるが、図１（ａ）の右側に位置する領域）に透過される、及び／又は、そうした領域から受光される反射する光ビーム２２は、四分円Ｑ２におけるプレート１０の一部を通過するように導かれる。用途に応じて、光ビーム２２は、熱源からのレーザー光又はインコヒーレント光とするか、あるいは、任意の光源からの、窓を介して透過させる必要があり、かつプレート基板材料１０とオイル被膜２０の両方の透明範囲内へ入る任意の光子とすることができる。

【００３３】

オイル膜は、処理によるデブリから、下にあるガラスプレート１０を保護する。このデブリは、オイルに取り込まれ、プレートの回転によってオイル槽１６内に戻され、そこでオイルは希釈され（槽内のオイルを交換する場合には流され）る。

【００３４】

デブリをオイル槽内に流すことによって、窓の有効寿命を数千倍に延ばすことができる。オイルを洗い流す、及び／又は、ろ過する場合には、この寿命をさらに長くすることができ、作業環境がかなり汚れても、例えばＰＬＤで、以前は試みることのできなかった処理を可能にし、汚れた処理領域の近くでのＦ値の低い光学部品でのレーザー加工処理を可能にし、以前は汚れすぎていた処理を光学的にモニタリングすることが可能になる。

【００３５】

レーザーは、オイルによって実質的に吸収されずに、回転窓を通過し、システムは、窓の交換や洗浄を一切行わずに数十時間、動作することができるのに対し、回転窓にオイルが被覆されていないと、システムは通常、１分も動作することができない。

【００３６】

重要なオイルパラメータは以下のとおりである。

Ｉ）窓の十分に大きな部分に有用な高品質の光透過性（すなわち、光学的に平坦な膜）を維持しつつ、オイルを補充した槽を通る窓の合理的な回転速度を維持し得るように最適化されたオイルの動的粘度。ほとんどの用途にとって、この動的粘度は、２，０００センチストーク以下とするべきである。窓に対する損傷過程は遅いから、補充速度を高くする必要がない状況では、より粘性のある透明なオイルを用いることができる。回転速度に関連して、一例では、１０６４ｎｍの波長、３ｋＨｚの反復速度で約７５ワットのレーザービームを、約２５ｍＪのパルスエネルギー、及び１０ナノ秒未満のパルス長で浸透させるように、直径１５０ｍｍの窓を約５ｒｐｍで回転させる。窓を通過するレーザービームは約２５ｍｍの直径を有し、これは、上述した四分円Ｑ２内の、ガラスプレートの縁から約２５～３０ｍｍの位置にレーザーパルスの中心が位置するように窓を通過する。これは、十分に高品質な透過を与え、３０ミクロン未満のプラズマ直径にわたって（この場合、１

２ｎｍ～１６ｎｍの）ＥＵＶ光子を放射するプラズマを生成するようにレーザーを収束させることができる。このようなシステムは、５０ｍｌのオイルが入っている槽で、窓の透明性を維持しながら、長時間稼働することができる。

【００３７】

ＩＩ）ガラスプレートの表面上のオイルが効率的に湿潤するように最適化された、オイルと、ガラスプレートと、処理ガス環境の相対的な表面エネルギー。実際に、我々は、２５℃で３５ミリニュートン／メートル（又はｄｙｎｅ／ｃｍ）未満の表面張力を有するオイルが、大気圧から高真空（10^{-7}ミリバール）までの圧力レベルで光学的に透明な材料の範囲で最高の湿潤を与えることを見出した。実際に、ＰＦＰＥ（ペルフルオロポリエーテル）オイルは、上述の自己回復窓に用いるのに適切な低蒸気圧オイルのうち最高の湿潤性を有する。いずれのレベルのフッ素汚染も許容されない用途では、シリコーンオイルが、十分に良好な湿潤性を有する代替の低蒸気圧オイルである。

【００３８】

ＩＩＩ）蒸気圧は、用途に応じて多かれ少なかれ重要なパラメータである。非常に低い蒸気圧の用途にとっては、ＰＦＰＥ（ペルフルオロポリエーテル）オイルを２５℃で10^{-11}ｍｂａｒ以下の蒸気圧で使用でき、このオイルの動粘度は２５℃で２０００センチストーク以下で、表面張力は、２５℃で３５ミリニュートン／メートル以下であり、このような非常に低い圧力で上記の自己洗浄窓システムを用いることができる。これは、本窓システムが、光学部品又は処理被膜のような他のシステム部品の汚染を最小限に抑えなければならない真空環境で用いられる場合に有利である。

【００３９】

（ＰＦＰＥ（ペルフルオロポリエーテル）のような）フッ素化ポリマーオイルは、本システムに理想的な低表面張力及び低粘度の特性を有し、蒸気圧も極めて低いため、システムをさほど汚染せず、反応速度が非常に低いため、反応種の存在下で容易に分解せず、また、中赤外域から真空紫外域までの広い波長範囲（１５０ｎｍ以下）にわたる光子を透過する。

【００４０】

図２の第２の実施形態では、プレート１０及び槽１６は、真空ハウジング２４内に収容されている。真空ハウジング２４は、真空処理が行われる（不図示の）真空チャンバーにおける開口部にフランジコネクタ２８を嵌合することによって真空封止することができる開口部２６を有する。この場合、真空ハウジング２４の外壁は、固定の透明窓３０を有し、光２２は途中で実質的に均一のオイル膜を有しているプレート１０の一部を通過、又はそこから通過し、光は開口部２６も通過する。

【００４１】

この構成によって、窓システムは、真空処理が行われる、より複雑な真空システムに容易に取り付けたり、取り外したりすることができる。代わりに、窓システム全体を真空処理が行われる真空システム内に収容することもできる。

【００４２】

図３の第３の実施形態では、プレート１０は、その周縁によって真空ハウジング２４内の円筒３２に取り付けられ、円筒３２は、（不図示の）モータにより軸１４周りを回転するようにリング軸受３４に取り付けられている。軸受３４の回転精度によって、プレート１０は、最少の揺れで回転することができ、レーザー及び／又は光ビーム２２は、長時間にわたって最少の空間変位でプレートに入射及び／又はプレートから出射することができる。当然、必要に応じてスピンドル１２を用いることができる。真空ハウジング２４と円筒３２との間のオイルシール３６はプレート１０の片側のみへのオイルの被覆を可能にする。これは、処理チャンバーに面する側の傷みやすいプレート１０の面にだけ保護被膜を生成するのに有利である。プレートの反対側はオイル被膜がなく、そのため、平坦で光透過性の反射防止被膜を含む良好な光学性能を有することができる。

【００４３】

軸受３４及び／又はオイルシール３６が真空シールを含む場合、又は（不図示の）別個

の真空シールを設ける場合には、真空ハウジング２４のプレート１０の左側の部分は、図４の実施形態で示されるように、省くことができる。これによっても、窓３０は不要になる。

【００４４】

本発明は、レンズを軸外しで用いることができ、それでも、適切な収束特性を提供することができる限り、レンズを含む、湾曲したガラス面にも適用することができる。軸外しの球面／非球面レンズの収束は、高品質のレーザースポットを実現することができ、レンズの少なくとも片側にオイルを塗布すれば、レンズをオイルによってデブリから直接保護することができる。レンズは、図１（ｃ）における窓の有用な４分円Ｑ２に似ている、有用な４分円の領域を有する。この典型的な実施形態が図５に示され、平坦なプレート１０は、レンズ１００と取って代わり、このレンズは光２２を処理領域内の点４０に収束させる（あるいは光２２は処理領域から入射することもある）。

【００４５】

また、本発明は、光学処理にミラーの一部しか必要としない限り、平坦なミラー及び湾曲ミラーのいずれにおいても、ミラーを保護して反射性を維持するのにも用いることもできる。本システムは、超短フェムト秒レーザーパルスを歪ませる反射光学部品を通る光路を増やさず、ビーム経路に数十ミクロンのオイル被膜を追加するだけであるため、フェムト秒レーザーパルスが、レーザー加工又はプラズマ処理に用いられるシステムに特に有利である。レーザービームは下にあるミラー材から反射し、オイルはデブリによりミラー材が傷むのを保護する。

【００４６】

図６に示される実施形態では、平坦なプレート１０の代わりにミラー２００が用いられる。ミラーは平坦、凸面、又は図示されるように凹面とすることができる。この場合、光２２はミラーで反射される。

【００４７】

図５及び図６のいずれにおいても、光学部品は槽１６を通って回転するので、光学部品（例えば、レンズ又はミラー）の上にオイルの被膜が残り、光２２はオイル被膜が均一となり、実質的に均一な厚さの膜を形成している位置で、透過又は反射される。

【００４８】

図５及び図６にいずれにおいても、光学部品１００又は２００は、スピンドルを介さなくても、その縁部によって回転させることができ、本システムは、図２，３及び４で示されたのと同様に真空ハウジング内に位置させることができる。

【００４９】

また、本発明は、窓が中空の透明な円筒である構成で用いることができ、光は、円筒の中空部内側の処理領域へ、又はその処理領域から円筒の湾曲面を通ってくる。これによって、スペースが重要となる用途にとっては、スペースの面でより経済的となるという利点を有するだろう。

【００５０】

一例が図７に示される。ここでは、光学窓は、軸１４と同軸であり、かつ（不図示の）モータによって軸１４の周りを回転できる透明なガラスの円筒３００の形状をしている。円筒３００は、槽１６を通って回転するので、オイル被膜２０が被覆され、光２２は、オイル被膜２０が一様の厚さになって、実質的に均一の厚さの膜を形成している位置で円筒３００を透過する。オイルは、円筒３００の内面及び外面のうち一方又は両方に塗布することができる（図７では、内面のみの塗布が示されている）。例えば、オイルを円筒３００の内面のみに塗布したい場合には、オイル槽を円筒そのもので形成し、その一部にオイルを充填させればよく、オイルは、摺動係合し、かつ円筒の少なくとも下部の両側にオイルシールされるセグメント壁を設けることによって、漏れないようにする。他の代替案は、円筒の両面に環状のリムを持たせ、リムの深さまでオイルを入れて、円筒の底部にオイルプールを形成して、円筒の内面にオイルを塗布する。図７では、処理領域は円筒内にあり、図示の例では、光２２は、検査中の物質のバー４２に収束する光２２が示されている

。他の実施形態では、光２２は処理領域から来る。必要に応じ、図７に示されるシステムは、真空ハウジング内に配置することができる。

【００５１】

ふたたびオイルの特性について考察するに、レーザーの用途にとって有用な動粘度の範囲は２０００ｃＳｔ未満である。この粘度によって、十分に高い回転速度で、レーザーがオイル膜を変形して光学品質を落とさないような膜厚及び安定性が決まる。粘度が高すぎる場合、回転速度が上昇すると、半回転するまでに表面を平坦にするのに要する時間がない。低温では粘度が高すぎて有用でないオイルを温めることによって、粘度を低くすることができる。熱いオイルがレーザーに対して透明のままであり、有用な温度でのオイルの蒸気圧が許容できる程度に低く、オイルの表面張力及びガラスプレートの表面エネルギーが、この高温度での均一な湿潤と互換性を保つことができるとすれば高い、周囲温度の粘度を有するオイルを用いることができる。

【００５２】

したがって、オイルは、適切な粘度／湿潤特性を有するのに十分に高くて（フルオロポリマーオイルでは、室温）、オイルが真空又は処理チャンバー内にあるときはいつもアウトガスせず、損なわれないほどに十分に低い温度（フルオロポリマーオイルでは、約５０℃）に維持しなければならない。

【００５３】

オイルの温度を、オイルとプレートの表面に特有の特定の温度範囲に保つ必要があり、使用中に、プレートが熱を放散するレーザー又はプラズマの熱負荷を有するとすれば、オイルを温度制御する（おそらく、加熱及び冷却の両方）必要がある。特定の処理パラメータに対する、オイルの冷却は、以下に概説するように策定することができる。

【００５４】

（ａ）ある長さの水冷金属管にオイルを通す。

（ｂ）外気への熱伝導が行われるように、金属の真空ハウジング２４を形成することにより大気冷却を可能にする。

（ｃ）上記（ｂ）に、金属壁の外面に水冷ループを取り付けて補足する。

【００５５】

また、必要な温度を維持するために、槽を通る冷却オイルの流れを有することも可能であろうし、オイルの流れによってオイルのろ過が容易になり、絶えずきれいなオイルを追加して、窓の透明性を長期間、維持することができる。

【００５６】

上記においては、洗浄槽内の液体としてオイルを用いたが、所定の用途にとっては、的確な湿潤／蒸気圧／粘度パラメータを有する任意の適切な液体を用いることができる。例えば、水は、いくつかの処理に対して、室温で比較的低い蒸気圧を有し、いくつかの基板を適度に湿潤させ、有効な波長の範囲にわたり透明性が高い。

【００５７】

特定の実施形態では、オイル膜の厚さは、必要に応じて（不図示の）ローラ又はブレードによってさらに制御することができる。

【００５８】

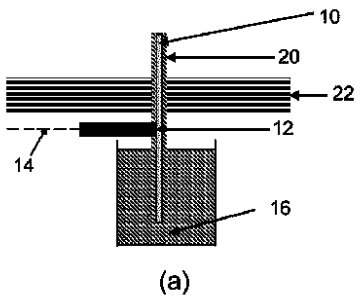
特定の実施形態では、オイル膜の厚さは、窓の法線に対して少なくとも１つの角度で本光学系を通過する少なくとも１つの波長の光にとって、干渉性の反射防止被膜又は部分的な反射防止被膜が生成されるように、制御することができる。このため、通常、オイル膜の厚さは、反射防止特性が要求される光の１／４波長のほぼ奇数倍とする必要がある。

【００５９】

特定の実施形態では、上記のローラ又はブレードに加えるか代替として、回転している基板に付着した微粒子又はデブリを取り除き、オイル容積にそれらを含めるために、液体の下に完全に水没した位置で（不図示の）ブレード又はブラシを透明な光学部品の表面に適用することができ、窓システムの光学品質を低減させることなく、デブリをろ過、又は槽の底に沈殿させることができる。

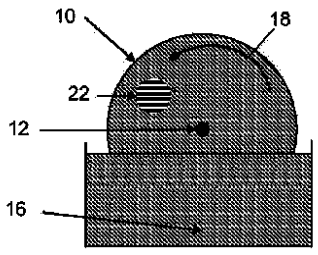
【００６０】
本発明は、ここで記載された実施形態に限定されず、発明の範囲から逸脱することなく修正又は変更することが可能である。

【図１（ａ）】



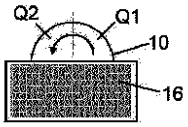
(a)

【図１（ｂ）】



(b)

【図１（ｃ）】



(c)

【図２】

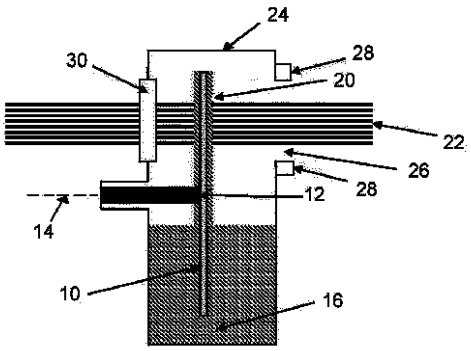


Fig. 2

【図３】

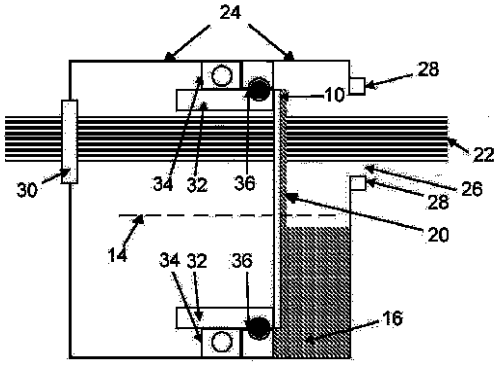


Fig. 3

【図４】

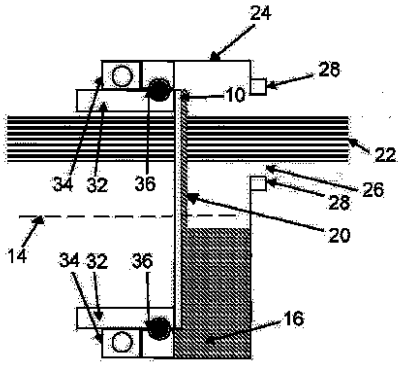


Fig. 4

【図５】

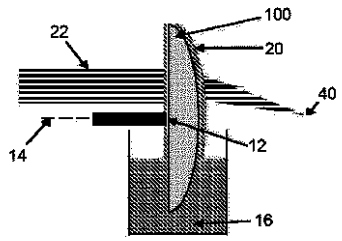


Fig. 5

【図６】

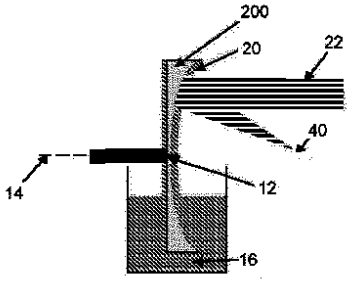
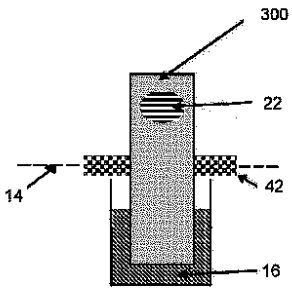


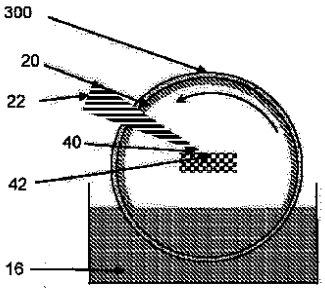
Fig. 6

【図７（ａ）】



(a)

【図７（ｂ）】



(b)

フロントページの続き

(72)発明者 ファーガル オライリー
アイルランド国 ダブリン 6ダブリュー ハロルズ クロス マウント アーガス パーク 2
2
(72)発明者 ケネス フェイ
アイルランド国 ダブリン １２ ホワイトホール ロード マナー グローブ プライオリー
ウェイ ５２
(72)発明者 ポール シェリダン
アイルランド国 ダブリン ９ サントリー シャンバーナ ロード １５

審査官 今井 彰

(56)参考文献 特開昭５６－１６９４７５（ＪＰ，Ａ）
特表２０１１－５１３９８７（ＪＰ，Ａ）
特開平０５－３３２９２６（ＪＰ，Ａ）
米国特許出願公開第２０１０／００７１１５０（ＵＳ，Ａ１）
米国特許第０７１４５１４５（ＵＳ，Ｂ２）
英国特許出願公開第００７９３９５１（ＧＢ，Ａ）
米国特許第０５６９９１８９（ＵＳ，Ａ）
米国特許第０５４９０９１２（ＵＳ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ２１／０２７、２１／３０
Ｇ０３Ｆ ７／２０－７／２４、９／００－９／０２