

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-290906
(P2004-290906A)

(43) 公開日 平成16年10月21日(2004.10.21)

(51) Int. Cl.⁷

B08B 7/00
H01L 21/027
// B01J 19/12

F I

B08B 7/00
H01L 21/30 515D
H01L 21/30 503G
B01J 19/12 C

テーマコード(参考)

3B116
4G075
5F046

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2003-89662 (P2003-89662)
(22) 出願日 平成15年3月28日(2003.3.28)

(71) 出願人 000004112
株式会社ニコン
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(72) 発明者 成澤 孝司
東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

Fターム(参考) 3B116 AA47 AB23 BC01
4G075 AA30 AA37 BA04 CA33 CA62
DA02 DA18 EB01 EB31 FB02
FB04 FB06 FB12
5F046 CB01

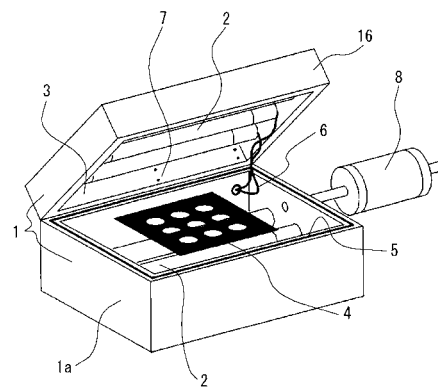
(54) 【発明の名称】 光洗浄方法および光洗浄装置

(57) 【要約】

【課題】 ステッパ用光学部品を光洗浄する際の透過率低下現象を解決する。

【解決手段】 洗浄槽に被洗浄物を収める工程と、前記洗浄槽に酸素を含有するガスを導入する工程と、紫外光源から前記被洗浄物に紫外線を照射する工程とを有する光洗浄方法において、被洗浄物を収めた空間を占めるガスに含まれる総有機物量をヘキサデカン換算で $20 \mu\text{g} / \text{m}^3$ 以下とする。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

洗浄槽に被洗浄物を収める工程と、前記洗浄槽に酸素を含有するガスを導入する工程と、紫外光源から前記被洗浄物に紫外線を照射する工程とを有し、前記洗浄槽の被洗浄物を収めた空間を占めるガスに含まれる総有機物量がヘキサデカン換算で $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下である光洗浄方法。

【請求項 2】

前記酸素を含有するガスに含まれる総有機物量が、ヘキサデカン換算で $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下であることを特徴とする請求項 1 記載の光洗浄方法。

【請求項 3】

被洗浄物を収める洗浄槽と、該洗浄槽内に収められた前記被洗浄物に紫外線を照射する紫外光源と、前記洗浄槽に酸素を含有するガスを導入するガス導入系とを備える光洗浄装置において、

前記被洗浄物を収めた空間に接する部材は、ステンレス鋼、金メッキされたステンレス鋼、アルミニウム、アルミニウム合金、アルマイト加工されたアルミニウムまたはアルミニウム合金、セラミックス、ガラス、フッ素樹脂、フッ素エラストマーのうちから選ばれた 1 以上の材質のみからなることを特徴とする光洗浄装置。

【請求項 4】

前記被洗浄物を収めた空間に接する部材が、中性洗剤および水、中性洗剤および有機溶剤、中性洗剤および水および有機溶剤のいずれかにより洗浄されたものであることを特徴とする請求項 3 記載の光洗浄装置。

【請求項 5】

前記フッ素エラストマーからなる部材が、 200 以上 300 以下の温度で加熱脱ガス処理されたものであることを特徴とする、請求項 3 または請求項 4 記載の光洗浄装置。

【請求項 6】

前記ガス導入系に有機物を除去するフィルタを備えることを特徴とする、請求項 3 ないし請求項 5 記載の光洗浄装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【発明の属する技術分野】**

本発明は光洗浄装置、特に紫外用光学部品の洗浄に使用する光洗浄装置および光洗浄方法に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

近年、液体洗浄剤を使用しない乾式洗浄法として、紫外光の光エネルギーを利用する方法や、さらに紫外光とオゾン、励起酸素原子等の活性酸素の酸化力を組み合わせた方法などが実用化されている。これらの紫外光を利用する洗浄方法（以下、光洗浄法という）の原理は、一般的に次のように考えられている。

【0003】

紫外光源として低圧水銀ランプを用いた場合は、低圧水銀ランプからは波長 185nm と 254nm の二つの波長の紫外光が放射される。 185nm の紫外光が酸素に吸収されるとオゾンを生じ、このオゾンが 254nm の紫外光を吸収して活性酸素を生成する。一方、これらのガスに吸収されなかった紫外光は被洗浄物表面に到達し、前記表面に付着している汚染物である有機分子の結合を切断する。その結果生じた前記有機分子のフラグメントが、前記活性酸素と反応することで更に酸化、分解、気化されて表面から除去されるのである。

【0004】

光洗浄法に用いられる紫外光源としては、低圧水銀ランプの他にエキシマランプも知られている。キセノンガスを用いた波長 172nm のエキシマランプ光は、酸素に吸収されて活性酸素を直接生成する他、 185nm の光と同様にオゾンを經由しても活性酸素を生成

10

20

30

40

50

する。以後の洗浄メカニズムは低圧水銀ランプを用いた場合と同一である。

光洗浄装置の主な構成要素は、被洗浄物を収める洗浄槽と、洗浄槽内の被洗浄物に紫外線を照射する紫外光源である。洗浄槽内部には被洗浄物を保持するホルダが設けられるが、紫外線照射量の均一化等を目的として、ホルダに揺動機構・回転機構等が付加される場合もある。光洗浄法には酸素供給が必要であるため、酸素を含有するガスを洗浄槽に供給する、ガス導入系が設けられる。ガス導入系から酸素を含有するガスを導入して紫外線を照射すると、洗浄槽内でオゾン・活性酸素が発生し、洗浄槽に収められた被洗浄物表面に付着した有機物が分解・除去される。

【0005】

近年、半導体製造用縮小投影露光装置（ステッパ）の高解像化の要求が高まっており、解像度向上のために露光光源波長の短波長化が進んでいる。特に最近では水銀ランプよりも短波長の光を発生でき、かつ高出力が得られるエキシマレーザを光源としたステッパの実用化が始まっている。ArFレーザ（波長193nm）、F₂レーザ（波長157nm）などの短波長領域では、レンズやミラーなど光学部品表面に付着した有機物が光を吸収してしまうため、これらの光学部品を洗浄して表面から有機物を除去する必要がある。光洗浄法は、有機溶剤等を用いる従来の湿式洗浄法に比べて表面の残留有機物量を著しく低減することが可能であるため、特に有機物による吸収が問題となる紫外光用光学部品の洗浄に適用されている（特許文献1参照）。

10

【0006】

【特許文献1】

特開平11-169806号公報

20

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

光洗浄法は光学部品の洗浄に適した方法であるため、従来からレンズ等の洗浄に広く用いられているが、波長200nm以下の光を光源とするステッパ用の光学部品に用いると当該光源波長における光透過率が向上せず、場合によっては却って低下してしまうという問題があった。この透過率低下量はステッパ以外の一般的な光学部品に関しては無視できる程度の小さなものであるが、極めて高い透過率を要求される上記ステッパ用光学部品の場合は無視し得ないレベルであった。さらに光洗浄装置の個体差や洗浄ロットによって洗浄能力が変動し、ステッパ用光学部品を安定して生産できないという問題があった。

30

【0008】

【課題を解決するための手段】

発明者はこれらの問題を生じる原因について研究を続けた結果、被洗浄物を収めた空間に接する部材が発する有機物が同空間内を拡散して被洗浄物表面に付着し、特に波長200nm以下の光に対する透過率を低下させていたことを見出した。さらに同空間を占めるガスに含まれる総有機物量と被洗浄物の汚染状況とを比較検討した結果、前記ガスに含まれる総有機物量が20μg/m³以下であれば被洗浄物の汚染を防ぐことを見出した。そこで本発明は、

「洗浄槽に被洗浄物を収める工程と、前記洗浄槽に酸素を含有するガスを導入する工程と、紫外光源から前記被洗浄物に紫外線を照射する工程とを有し、前記洗浄槽の被洗浄物を収めた空間を占めるガスに含まれる総有機物量がヘキサデカン換算で20μg/m³以下である光洗浄方法（請求項1）」

40

を提供する。

【0009】

実際の光洗浄工程においては、オゾン源として、酸素を含有するガスを外部から導入しなければならない。当該ガスは洗浄剤として機能するものであるから、必ず被洗浄物と同一の空間に導入される。したがって当該ガスに当初から含まれる総有機物量も20μg/m³以下である必要がある。そこで本発明は、

「前記酸素を含有するガスに含まれる総有機物量が、ヘキサデカン換算で20μg/m³以下であることを特徴とする請求項1記載の光洗浄方法（請求項2）」

50

を提供する。

【0010】

さらに本発明は、上記発明を具体的に達成可能な手段として、

「被洗浄物を収める洗浄槽と、該洗浄槽内に収められた前記被洗浄物に紫外線を照射する紫外光源と、前記洗浄槽に酸素を含有するガスを導入するガス導入系とを備える光洗浄装置において、

前記被洗浄物を収めた空間に接する部材は、ステンレス鋼、金メッキされたステンレス鋼、アルミニウム、アルミニウム合金、アルマイト加工されたアルミニウムまたはアルミニウム合金、セラミックス、ガラス、フッ素樹脂、フッ素エラストマーのうちから選ばれた1以上の材質のみからなることを特徴とする光洗浄装置（請求項3）」を提供する。

また、部材が上記の材質のみから構成される場合であっても、部材の表面が有機物で汚染されている場合には同様の問題を生じる。そこで本発明は、

「前記被洗浄物を収めた空間に接する部材が、中性洗剤および水、中性洗剤および有機溶剤、中性洗剤および水および有機溶剤のいずれかにより洗浄されたものであることを特徴とする請求項3記載の光洗浄装置（請求項4）」を提供する。さらに前記フッ素エラストマーからなる部材は、表面だけでなく内部にも揮発性有機物を含有する場合があります、これを解決するため本発明は、

「前記フッ素エラストマーからなる部材が、200 以上300 以下の温度で加熱脱ガス処理されたものであることを特徴とする、請求項3または請求項4記載の光洗浄装置（請求項5）」を提供する。

【0011】

上記の手段により光洗浄装置に起因する有機物を除去することが可能になるが、光洗浄装置にはオゾン源となる酸素を含むガスを外部から導入する必要があり、該ガスに有機物が含有されている場合は新たな汚染源となる。そこで本発明は「前記ガス導入系に有機物を吸着するフィルタを備えることを特徴とする、請求項3ないし請求項5記載の光洗浄装置（請求項6）」

を提供する。

【0012】

さらに本発明は上記の光洗浄装置を用いる光洗浄方法として、

「請求項3ないし請求項6の何れか一項に記載した光洗浄装置を用いる、請求項1または請求項2記載の光洗浄方法（請求項7）」

を提供する。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明に係る光洗浄方法の特徴は、洗浄槽内の、被洗浄物を収めた空間を占めるガスの総有機物量を、ヘキサデカン換算で $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下にする点にある。ガスに含まれる総有機物量を測定するにはGC-MS（ガスクロマトグラフ質量分析計）を用いるのが一般的である。以下、GC-MSによる分析手順を示す。

【0014】

まず前記空間の適当な位置に吸入口を設置して、捕集管を通して一定量のガスを吸引し、ガス中の有機物を捕集管に吸着・捕集する。通常は洗浄槽内の被洗浄物近辺から試料を採取すればよく、洗浄槽が大型の場合には必要に応じて数ヶ所で試料を採取することが好ましい。本発明の要旨は、洗浄槽内で被洗浄物が有機物により汚染されることを防止する点にある。したがって光洗浄全工程のうち、被洗浄物が洗浄槽内に収められた後、洗浄が終了して取り出されるまでの工程において、前記空間の総有機物量を測定しなければならない。

捕集管に採取した有機物をGC-MSにより分析するにはパーリアントラップ装置を使用する。前記捕集管をパーリアントラップ装置に取り付け、所定温度で加熱すると、吸着されていた有機物が脱離・放出される。放出された有機物は液体窒素等で冷却されているトラップ部に導かれて再び凝縮し、保持される。捕集管に採取した有機物を全てトラッ

10

20

30

40

50

ブ部に移した後、トラップ部の温度を急激に上昇させ、トラップされていた有機物を一時に気化し、分析試料としてGC-MS装置のカラムに導入する。

【0015】

GC-MS装置では試料のクロマトグラムと各分離成分についての質量スペクトルが得られるが、総有機物量を定量する場合にはTIC(Total Ion Chromatogram)スペクトルを基にするのが一般的である。TICスペクトルは一定質量数範囲のイオン総量の時間スペクトルである。得られたTICスペクトルを時間軸で積分し総面積を求めれば、試料全体から生じた前記質量数範囲のフラグメントの総量を得ることができる。このようにして求めた試料のTICスペクトル面積と、標準試料のスペクトル面積との比から総有機物量を算出する。標準試料としてはヘキサデカンを用いることが多く、既知量のヘキサデカンに対するTICスペクトル面積を基準として、同一条件で測定した試料のTICスペクトル面積からヘキサデカン換算の総有機物量が求められる。

10

【0016】

次に本発明が提供する光洗浄装置の実施の形態を説明する。本発明に係る光洗浄装置は、その被洗浄物を収めた空間に接する部材がステンレス鋼、金メッキされたステンレス鋼、アルミニウム、アルミニウム合金、アルマイト加工されたアルミニウムまたはアルミニウム合金、セラミックス、ガラス、フッ素樹脂、フッ素エラストマーのうちから選ばれた1以上の材質のみからなることを特徴とする。これらの材質は適切な洗浄または加熱脱ガス処理を施すことで、有機物放出量を極めて小さくすることができる。

【0017】

図1は光洗浄装置の一例を示す概略図である。被洗浄物を収める洗浄槽1は、本体1aおよび開閉可能な蓋1bからなる。蓋はガスケット5により本体と密着し、密閉空間を形成する。本体1aおよび蓋1bの内部にはそれぞれ紫外光源2が配置される。紫外光源2はリード線6により外部の電源装置に接続されている。また洗浄槽内部には被洗浄物を保持するホルダ4が設けられる。被洗浄物への紫外線照射量を均一化するため、ホルダ4は適当な揺動機構等を備えるものであっても良い。紫外光源2の周囲には、紫外光を効率よく照射するための反射板3が配置される。これらの部材は組み立て用ネジ類7によって組み立てられる。

20

【0018】

洗浄槽1、反射板3およびホルダ4を金属で構成する場合は、ステンレス鋼、アルミニウム、アルミニウム合金、アルマイト加工されたアルミニウムまたはアルミニウム合金のいずれかを用いることができる。ステンレス鋼は強度が高く耐腐食性を有するため、洗浄槽を構成する材質として最も優れている。オーステナイト系、フェライト系、マルテンサイト系のいずれのステンレス鋼も使用可能である。アルミニウムは軽量で加工が容易という利点を有するが、紫外線照射時に発生するオゾンで酸化されアルミナ粉末を生じることがあるため、合金を用いるか、表面をアルマイト加工したものがより好ましい。アルミニウム合金としてはMg系、Mg-Si系などいずれの組成のものであっても特に制限なく使用することができる。洗浄槽全体が上記材質で構成されている必要は無く、被洗浄物を収める空間に接している部位のみが上記材質で構成されていれば足りることは言うまでもない。

30

【0019】

紫外光源2は一般に水銀放電ランプが用いられるが、ランプ本体は紫外線を透過させるため石英ガラスまたは透光性セラミックスで製作されており、また口金部についても絶縁性を保つためセラミック材料で構成されることが多く、通常は市販のランプをそのまま用いることができる。ランプの一部が本発明に係る材質以外の材質で構成される場合にあっては、ランプの当該部分を被洗浄物を収めた空間から隔離し、紫外光のみを導入する構造とすればよい。水銀放電ランプではなくエキシマランプを使用する場合も同様である。

洗浄槽には被洗浄物を出し入れするため、あるいは各種配線等を通すための開口部が存在する。紫外線照射中に発生するオゾンの漏出を防止するため、開口部はガスケット5により密閉される。ガスケットの材質としては、ガス吸着量が少なくオゾンに接触しても安定

40

50

で、新たな有機物汚染を生じる恐れがないフッ素エラストマーを用いる。従来から多く用いられている発泡シリコン樹脂等は、気孔率が高く有機物を大量に放出するため被洗浄物を汚染し、ガスケットに使用することは不適當である。フッ素エラストマーにはバイトン（登録商標）等各種の製品が存在するが、本発明においては特に制限なく市販の製品を用いることができる。

【0020】

フッ素エラストマーはガス吸着量が少ないとはいえ、エラストマーである以上、残留モノマーや少量のガス吸着を完全に防ぐことはできず、製品ロットや保管状況によっては有機物放出量が無視し得ない場合がある。このような場合には当該部材を加熱脱ガス処理することによって、放出有機物量を低減させることが可能である。具体的には当該部材を200以上300以下の温度に一定時間保持し、吸着している有機物を脱離させればよい。200以下では十分な脱ガス効果が得られず、また300以上に加熱すると劣化が始まり、弾性が失われたりクラックが発生したりすることによりガスケットとしての機能が低下する。加熱は大気中で行っても良いが、真空排気しながら加熱すれば更に良好な脱ガス効果が得られる。

10

【0021】

リード線6には絶縁体の被覆が施される。該被覆が被洗浄物を収めた空間に接する場合には、該被覆は本発明に係る材質で構成されなければならない。リード線6の被覆材質としてはフッ素樹脂が好適である。フッ素樹脂は十分な絶縁耐圧を有し、またガス吸着量が少なく、オゾンに接触しても安定で新たな有機物汚染を生じる恐れがない。さらに一定程度の可撓性を有するため可動部においても用いることができる。フッ素樹脂にはPTFE、PFA、ETFE、PFEF、PVDF、等各種の樹脂が存在するが、使用部位に求められる耐電圧や可撓性に応じて適宜選択すればよい。

20

組み立て用ネジ類7の材質としては、金メッキしたステンレス鋼が最も適當である。前述のとおりステンレス鋼は高い強度および耐食性を有するが、ステンレス鋼製部材を同じくステンレス鋼製のネジ類により結合した場合、いわゆる「かじり」を起こしやすく、組み立て・保守に支障をきたすという弱点がある。この傾向は表面を清浄に洗浄した場合に極めて顕著である。通常「かじり」を防ぐ目的で二硫化モリブデン等を主成分とする潤滑剤を用いるが、潤滑剤は有機物放出源となるため、本発明に係る光洗浄装置では用いることができない。そこで本発明においては組み立て用ネジ類として金メッキしたステンレス鋼を用いる。金メッキによりステンレス鋼同士が接触することを避け、「かじり」を防止することができる。金メッキは紫外線照射およびオゾン暴露に対して安定であり、有機物放出源となることもない。金メッキはネジ類以外にも前記揺動機構の摺動部など、ステンレス鋼同士が接触する部分に使用することができる。

30

【0022】

上に示した光洗浄装置の構成要素と部材の材質との関係はあくまで例示であって、たとえば洗浄槽がガラスで構成されていても良く、またホルダがフッ素樹脂で構成されていても構わない。さらに金属部材表面をガラスやフッ素樹脂で被覆したもの等の複合素材であっても、被洗浄物を収めた空間に接する部位が本発明に係る材質で構成されている限りにおいて使用可能である。

40

【0023】

本発明に係る材質のみを使用した場合であっても、なお被洗浄物が汚染されることがある。これは光洗浄装置が実際に洗浄工程で使用される時点において、被洗浄物を収める空間に接する部材の表面に、汚染源となる有機物が付着していることが原因である。かかる事態を防止するためには当該部材をあらかじめ洗浄し、部材表面から汚染源となる有機物を除去しておく必要がある。

【0024】

当該部材の洗浄には、中性洗剤および水、中性洗剤および有機溶剤、中性洗剤および水および有機溶剤のいずれかを用いる。通常機械部品の洗浄に用いられる有機溶剤による脱脂のみでは洗浄能力が不足する。また酸性またはアルカリ性の洗浄液を使用した場合には、

50

部材表面を侵食することがあり、反応生成物としての金属塩類が粉末となって飛散するなどの不具合を生じるため、中性の洗剤を使用する必要がある。中性洗剤としては香料等の余分な添加物が含まれないものが望ましく、具体的にはヤシノミ洗剤（登録商標）などが好適である。中性洗剤により洗浄した後は、水もしくは有機溶剤またはこれらの両方を用いて表面に残存する可溶性の汚染物を除去する。有機溶剤としては各種アルコール類、ケトン類、トルエン・ヘキサン等の炭化水素類など一般的な溶剤を用いることができるが、溶剤自体の部材表面への残留量を少なく抑えるためには、低分子量で蒸気圧の高い物質を使うことが好ましい。具体的にはメタノール、エタノール、アセトン等が好適である。

【0025】

具体的な洗浄方法は一般的な機械部品の洗浄工程に準ずる。一例を挙げれば、中性洗剤に浸漬 超音波照射 水洗 加熱乾燥、あるいは中性洗剤に浸漬 加温 水洗 有機溶剤浸漬 蒸気洗浄 乾燥、等の工程である。各工程条件や順序は洗浄すべき部材の材質や形状によって適宜変更することが可能である。洗浄終了後の部材は再び有機物で汚染されることのないよう、清浄な場所に保管することが好ましい。

10

【0026】

本発明の効果を得るためには、オゾン源として光洗浄装置に導入される酸素含有ガスについても総有機物量を $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ に抑える必要がある。通常は酸素含有ガスとして光洗浄装置が設置されている場所の外気をそのまま導入することが行われる。空気には21%の酸素が含まれるため、オゾン源として簡便に用いることができるからである。ある程度設置環境に依存するものの、通常の外気には大量の有機物が含まれており、そのまま洗浄槽に導入されれば被洗浄物を強度に汚染する。このような場合に有機物総量を $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下にするためには、ガス導入系に有機物除去フィルタ8を挿入することが必要となる。有機物除去フィルタには活性炭を主成分とするものや活性アルミナを用いるものなどがあるが、導入ガスの種類、流量、含有有機物量等により適宜選択すればよい。予め高度に精製して総有機物量を $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 以下にしたガスを使用する場合には、有機物除去フィルタを挿入する必要はなく、直接洗浄槽に導入することができる。なお本発明においてガス導入系とは、ガスポンペや流量制御手段を備える高度なものに限られず、単に送風ファンで洗浄槽内に外気を引き込むだけの単純な構造のもの等も含まれる。

20

【0027】

図1には上下両面に紫外光源を備えた光洗浄装置の例を示したが、本発明に係る光洗浄装置は部材の材質および表面処理に主な特徴を有するものである。したがって光源の配置や被洗浄物を保持する方式や開閉部の構造、さらにガス導入口や排気口の位置など、光洗浄装置の機械的構造に関係なく適用することが可能である。紫外光源は片面にあっても良く、ガス導入口に適当な形状のノズルを付加したり、ガス流を均一化するための整流板を備えるものであっても良く、これらの機械的構造の異同は本発明の範囲を何ら制限するものではない。

30

【0028】

【実施例】

（実施例1）

本実施例にかかる光洗浄装置の概略構造は図1に示すものと同一である。各部材（組み立て用ネジ類を除く）の材質を表1に示す。全ての組み立て用ネジ類には金メッキしたステンレスを使用した。

40

【0029】

洗浄槽、被洗浄物を保持するホルダはSUS316L、反射板はアルマイト処理したアルミニウム合金A5052である。紫外光源は低圧水銀ランプで、被洗浄物を収める空間に接する部位は石英ガラスおよびセラミックスで構成されている。開口部のガスケットには250で脱ガス処理したパイトンを、前記空間内の配線にはPTFEで被覆されたリード線を使用した。以上の部材は全て組み立て前にヤシノミ洗剤で超音波洗浄し、更に超純水で洗浄した後加熱乾燥して用いた。オゾン源として高純度酸素を2%混合した高純度酸素ガスを外部から供給し、活性炭を主成分とする有機物吸着フィルタを通して前記洗浄槽

50

に導入した。

【0030】

上記光洗浄装置を使用して、両面を光学研磨した合成石英ガラス板（板厚3mm）の光洗浄を行った。光洗浄後の前記合成石英ガラスの波長193nmにおける光透過率は90.80%であり、十分な洗浄効果が得られた。このとき、上記合成石英ガラス板を洗浄槽に収めた後、洗浄を終了して取り出すまでの間に前記空間から試料ガスを採取してGC-M Sにより総有機物量を測定した。測定条件は表2のとおりである。測定の結果、ヘキサデカン換算の総有機物は $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。

（実施例2）

本実施例にかかる光洗浄装置の概略構造は実施例1と同一である。各部材（組み立て用ネジ類を除く）の材質を表1に示す。全ての組み立て用ネジ類には金メッキしたステンレスを使用した。

10

【0031】

洗浄槽はSUS304で構成される。被洗浄物を保持するホルダおよび反射板には、アルミニウム合金A5052の表面にアルマイト加工を施したものを使用した。開口部のガスケットには200で真空脱ガス処理したバイトンを、前記空間内の配線にはETFEで被覆されたリード線を用いた。以上の部材は全て組み立て前にヤシノミ洗剤で超音波洗浄し、更に超純水、イソプロパノールでリンスした後イソプロパノール蒸気により洗浄・乾燥した。紫外光源は実施例1と同一の低圧水銀ランプとし、実施例1と同一の工程により洗浄した。オゾン源として光洗浄装置設置場所の外気を使用し、送風ファンにより洗浄槽内に導入した。送風ファンと洗浄槽間の送風経路上には活性炭およびアルミナを主成分とする有機物除去フィルタと、パーティクル除去のためのHEPAフィルタを直列に挿入した。

20

【0032】

上記光洗浄装置を使用して、実施例1と同様に合成石英ガラス板（板厚3mm）の洗浄を行った。実施例1と同様に測定した洗浄工程中の前記空間のヘキサデカン換算の総有機物は $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ であった。また光洗浄後の前記合成石英ガラスの波長193nmにおける光透過率は90.80%であり、十分な洗浄効果が得られた。

（比較例）

本比較例にかかる光洗浄装置の概略構造は実施例と同一である。各部材（組み立て用ネジ類を除く）の材質を表1に示す。全ての組み立て用ネジ類にはステンレスを使用した。洗浄槽にはSUS304を、反射板にはアルミニウム合金A5052を、被洗浄物を保持するホルダにはりん青銅C5191を使用した。紫外光源は実施例と同一の低圧水銀ランプである。開口部のガスケットにはシリコンゴムを用い、またリード線として塩化ビニル被覆電線を使用した。以上の部材のうち金属製部材についてはアセトンによる脱脂のみを行い、その他の部材は洗浄せずにそのまま用いた。

30

【0033】

オゾン源として光洗浄装置設置場所の外気を使用し、送風ファンにより洗浄槽内に導入した。送風ファンと洗浄槽間の送風経路上にはパーティクル除去のためのHEPAフィルタのみを挿入した。

40

【0034】

上記光洗浄装置を使用して合成石英ガラス板（板厚3mm）の洗浄を行った。実施例と同様に測定した前記空間のヘキサデカン換算の総有機物は、 $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ と極めて高いレベルであった。また洗浄後の前記合成石英ガラスの波長193nmにおける光透過率は90.70%と低く、特にステッパ用光学部品の洗浄には不適當であった。

【0035】

【表1】

サンプリング条件	サンプルガス量	20L
	捕集剤	Tenax GR (Buchem BV.)
パージアンドトラップ 条件	使用装置	CP4020 TCT (ジーエルサイエンス)
	オープン温度	240°C
	クーラント温度	-130°C
	キャリアHe流量	10ml/min
	サンプリング時間	10min
GC-MS分析条件	使用装置	AUTOMASS 150 (日本電子)
	使用カラム	HP-1 (0.25mm 60m)
	キャリアガス	He
	初期オープン温度	50°C
	初期温度保持時間	2min
	昇温速度	20°C/min
	最終温度	300°C
	最終温度保持時間	4min
	測定質量範囲	29~500

10

20

30

【 0 0 3 6 】

【 表 2 】

	部材	材質	総有機物量	洗浄後透過率 (193nm)	
実施例1	洗浄槽	SUS316L	$19 \mu\text{g}/\text{m}^3$	90.80%	10
	反射板	A5052+アルマイト			
	ホルダ	SUS316L			
	紫外光源	石英ガラス+セラミックス			
	ガスケット	バイトン			
	リード線	PTFE			
	導入ガス	高純度N ₂ +高純度O ₂ 2%			
	フィルタ	活性炭			
実施例2	洗浄槽	SUS304	$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$	90.80%	20
	反射板	A5052+アルマイト			
	ホルダ	A5052+アルマイト			
	紫外光源	石英ガラス+セラミックス			
	ガスケット	バイトン			
	リード線	ETFE			
	導入ガス	外気			
	フィルタ	活性炭+アルミナ+HEPA			
比較例	洗浄槽	SUS304	$200 \mu\text{g}/\text{m}^3$	90.70%	30
	反射板	A5052			
	ホルダ	C5191			
	紫外光源	石英ガラス+セラミックス			
	ガスケット	シリコンゴム			
	リード線	塩化ビニル			
	導入ガス	外気			
	フィルタ	HEPA			

【0037】

【発明の効果】

本発明に係る光洗浄方法によれば、被洗浄物の表面を有機物で汚染することなく光洗浄を行うことができ、特に光学部品を洗浄する場合において波長200nm以下の光に対する透過率を向上させる効果がある。また本発明に係る光洗浄装置を用いれば、装置自身または外部から導入するガスに由来する有機物を減少させることができ、本発明に係る光洗浄方法を実現することが可能になる。さらに有機物量の変動に伴う洗浄能力のばらつきを防止する効果があり、ステッパ用光学部品の安定生産を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】光洗浄装置の構造例を示す概略図である。

【符号の説明】

1：洗浄槽、2：紫外光源、3：反射板、4：ホルダ、5：ガスケット、6：リード線、7：ネジ類、8：有機物除去フィルタ

【 図 1 】

