

明 細 書

発明の名称：

ペリクル、ペリクルの製造方法及びペリクルを用いた露光方法

技術分野

[0001] 本発明は、フォトリソグラフィ工程に用いるペリクル、その製造方法及び露光方法に関する。特に、本発明は、極端紫外光（Extreme Ultraviolet：EUV）リソグラフィ用のペリクル、その製造方法及びそのペリクルを用いた露光方法に関する。

背景技術

[0002] フォトリソグラフィ工程では、マスク或いはレチクル上に塵埃等が付着するのを防止するために、マスクパターンを囲う大きさの枠の一端にペリクル膜を張架したペリクルが使用されている。このようなペリクルがマスク上に装着された状態では、ペリクル内部は極めて気密性が高く、気圧変化や温度変化によって、薄膜のペリクル膜がたるんだり、或いは膨らんだりする状態になる場合がある。このようにペリクル膜が平滑性を失った場合には、ペリクル膜の光学的特性を変化させるだけでなく、凹凸の程度が激しい場合には、ペリクル膜がマスクに接触したり、ペリクルを収納するケースの蓋に当たったりしてペリクル膜が損傷することがある。

[0003] このような問題を解決するものとして、例えば、特許文献1には、ペリクル枠に少なくとも一つの通気孔が形成され、通気孔には塵埃等の通過を阻止するフィルタ部材が枠部材、マスク基板及びペリクル膜で囲まれた空間内に脱落しないように設けられたペリクルが記載されている。特許文献2には、ペリクル枠側面の少なくとも一部に開口部を設け、その内面を粘着状にしたペリクルが記載されている。また、特許文献3には、枠内部に空洞を設け、通気ガス中の異物を捕捉するペリクルが記載されている。

[0004] 一方、フィルタを設けたペリクルでは、微小な塵埃等を確実に捕捉するためにはフィルタの目を細かくしなければならず、このためフィルタのガス透過

速度が遅く、圧力差が緩和されるまで時間がかかるという問題があった。これを解決するため、特許文献4には、ペリクル枠を内側部材と外側部材とに分割し、内側部材を耐光性に優れる自然発色アルマイト化アルミニウム又はセラミックで構成し、外側部材を耐力の大きいアルミニウム合金7075-T6で構成し、ペリクル枠の内部に3箇所の屈曲部を有する2つの通気孔を設け、通気孔の内表面にダストを吸着するための粘着層を設けたペリクルが記載されている。

[0005] ところで、リソグラフィの波長は短波長化が進み、次世代のリソグラフィ技術として、EUVリソグラフィの開発が進められている。EUV光は、軟X線領域又は真空紫外線領域の波長の光を指し、 $13.5\text{ nm} \pm 0.3\text{ nm}$ 程度の光線を指す。フォトリソグラフィでは、パターンの解像限界は露光波長の $1/2$ 程度であり、液浸法を用いても露光波長の $1/4$ 程度と言われており、ArFレーザ（波長： 193 nm ）の液浸法を用いても、その露光波長は 45 nm 程度が限界と予想されている。したがって、EUVリソグラフィは、従来のリソグラフィから大幅な微細化が可能な革新的な技術として期待されている。

[0006] 一方、EUV光は、あらゆる物質に対して吸収されやすく、したがって、EUVリソグラフィでは、露光装置内を真空にして露光する必要がある。また、あらゆる物質に対してEUV光の屈折率が1に近くなるため、従来の可視光又は紫外光を用いたフォトリソグラフィのように、レンズと透過型フォトマスクを用いる屈折光学系を使用できない。このため、EUVリソグラフィでは、反射型フォトマスクとミラーとを用いる反射光学系での露光が必要となる。反射型フォトマスクは、例えば、特許文献5に記載されているように、基板上にMo層とSi層とが交互に複数回積層された多層反射膜を有し、反射層上にEUV光を吸収する吸収層が形成された構造を有する。

先行技術文献

特許文献

[0007] 特許文献1：実公昭63-39703号公報

特許文献2：特開平5－113658号公報

特許文献3：特開平5－107747号公報

特許文献4：特開2003－107678号公報

特許文献5：特開2014－160752号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] 上述したように、EUVリソグラフィは、従来のリソグラフィとは異なり、真空下での露光となるため、フォトマスクへのペリクルの装着は必須ではないと考えられていた。しかし、従来にない微細プロセスであるため、フォトマスクへのペリクルの装着が必須であることが明らかとなってきた。しかし、EUV光は、あらゆる物質に対して吸収されやすいため、ペリクルに配置するペリクル膜も従来にないナノメートルオーダーの膜である必要がある。
- [0009] また、当初、フォトマスクへのペリクルの装着は必須ではないと考えられていたため、現在開発されているEUV露光装置には、フォトマスクへペリクルを装着するための空間が2.5mmの高さしか存在していない。しかし、5mm以上の高さを有する従来のペリクルを装着するための空間を露光装置内に確保するには、光学系の設計変更が必要となり、EUVリソグラフィの開発に遅延をきたすこととなる。
- [0010] 真空下での露光であるため、ペリクル膜がたるんだり、或いは膨らんだりすることが想定されるが、ペリクルの設置空間に大幅に制限されるため、ナノメートルオーダーのペリクル膜の損傷を防ぐには、ペリクルの枠体に配置した通気孔を介した十分な通気を確保する必要がある。通気孔にはフィルタを配置する必要があるが、ペリクルの設置空間に大幅に制限されるため、枠体に許容される高さも大幅に制限されるため、枠体へのフィルタの配置も従来にない設計が要求される。
- [0011] 本発明は、上述の問題を解決するもので、極端紫外光リソグラフィ用のペリクル、その製造方法及び露光方法を提供することを目的とする。
- [0012] また、極端紫外光リソグラフィ用のペリクルは、非常に薄いペリクル膜を枠

体に貼り付けているため、フォトマスクに貼り付ける際に、従来のように枠体の上から力を掛けて貼付けを行うとペリクル膜が破損する危険がある。このため、極端紫外光リソグラフィ用のペリクルは、専用の貼付け装置を用いて、非接触でのフォトマスクへの貼付けが必要となる。ここでいう非接触とは、枠体の上から強い力を掛けないという意味であり、強い力の目安は、従来のフォトマスク貼付け時に荷重される 1 k g f 程度以上である。本発明は、上記課題に加えて、非接触でのフォトマスクへの貼付けが可能な極端紫外光リソグラフィ用のペリクル、その製造方法も提供する。

課題を解決するための手段

- [0013] 本発明の一実施形態によると、ペリクル膜を配置した第 1 の枠体と、前記第 1 の枠体を支持する第 2 の枠体と、前記第 1 の枠体を貫通する貫通孔と、前記第 1 の枠体の前記ペリクル膜が配置された面側で前記貫通孔を覆うフィルタと、を備えるペリクルが提供される。
- [0014] 前記ペリクルにおいて、前記貫通孔は、前記ペリクル膜を貫通し、前記フィルタは、前記ペリクル膜上に配置されてもよい。
- [0015] 前記ペリクルにおいて、前記フィルタが前記ペリクル膜に隣接して、前記第 1 の枠体上に配置されてもよい。
- [0016] 前記ペリクルにおいて、前記フィルタの上面が前記ペリクル膜と同一面になるように、前記フィルタが前記第 1 の枠体上に配置されもよい。
- [0017] 前記ペリクルにおいて、前記第 1 の枠体は、前記第 2 の枠体と対向する面に、前記貫通孔に接続する溝部を有し、前記溝部は、前記第 2 の枠体との結合により、前記貫通孔に接続する孔を形成し、前記孔は、前記第 1 の枠体の内側の面に開口を有してもよい。
- [0018] 前記ペリクルにおいて、前記第 2 の枠体は、前記第 1 の枠体と対向する面に配置した第 1 の開口と、前記第 2 の枠体の内側の面に配置した第 2 の開口とを有し、2つの前記開口は、前記第 2 の枠体の内部に配置された孔で接続され、前記第 1 の開口が前記貫通孔に接続してもよい。
- [0019] 前記ペリクルにおいて、前記第 2 の枠体は、前記第 1 の枠体と対向する面に

、前記貫通孔に接続する溝部を有し、前記溝部は、前記第 1 の枠体との結合により、前記貫通孔に接続する孔を形成し、前記孔は、前記第 2 の枠体の内側の面に開口を有してもよい。

[0020] 前記ペリクルにおいて、前記ペリクル膜は 5 nm 以上 30 nm 以下の波長の光に 90.0% 以上の透過率を有し、膜厚が 20 nm 以上 50 nm 以下であってもよい。

[0021] 前記ペリクルにおいて、高さが 2 mm 以下であってもよい。

[0022] また、本発明の一実施形態によると、基板上にペリクル膜を形成し、所定の位置の前記ペリクル膜を除去して前記基板を露出させ、前記基板の一部を除去して、前記ペリクル膜を露出させて第 1 の枠体を形成し、前記所定の位置に前記第 1 の枠体を貫通する貫通孔を形成し、前記第 1 の枠体の前記ペリクル膜が配置された面側に、前記貫通孔を覆うフィルタを配置し、前記第 1 の枠体側の前記貫通孔が開口するように、接着層を介して前記第 1 の枠体を第 2 の枠体に固定するペリクルの製造方法が提供される。

[0023] 前記ペリクルの製造方法において、前記貫通孔は、前記所定の位置に前記ペリクル膜を貫通して形成し、前記ペリクル膜上に、前記貫通孔を覆うフィルタを配置してもよい。

[0024] 前記ペリクルの製造方法において、前記ペリクル膜に隣接して、前記第 1 の枠体上に前記フィルタを配置してもよい。

[0025] 前記ペリクルの製造方法において、前記フィルタの上面が前記ペリクル膜と同一面になるように、前記第 1 の枠体上に前記フィルタを配置してもよい。

[0026] 前記ペリクルの製造方法において、前記第 1 の枠体の前記第 2 の枠体と対向する面に、前記貫通孔に接続する溝部を形成し、接着層を介して前記第 1 の枠体を第 2 の枠体に固定して、前記貫通孔に接続し、且つ、前記第 1 の枠体の内側の面に開口を有する孔を形成してもよい。

[0027] 前記ペリクルの製造方法において、前記第 2 の枠体の前記第 1 の枠体と対向する面に第 1 の開口を形成し、前記第 2 の枠体の内側の面に第 2 の開口を形成し、前記第 2 の枠体の内部に 2 つの前記開口を接続する孔を形成し、前記

第 1 の開口を前記貫通孔に接続してもよい。

[0028] 前記ペリクルの製造方法において、前記第 2 の枠体の前記第 1 の枠体と対向する面に、前記貫通孔に接続する溝部を形成し、接着層を介して前記第 1 の枠体を第 2 の枠体に固定して、前記貫通孔に接続し、且つ、前記第 2 の枠体の内側の面に開口を有する孔を形成してもよい。

[0029] 前記ペリクルの製造方法において、膜厚が 20 nm 以上 50 nm 以下となる前記ペリクル膜を前記基板上に形成し、前記ペリクル膜は 5 nm 以上 30 nm 以下の波長の光に 90.0% 以上の透過率を有してもよい。

[0030] 前記ペリクルの製造方法において、高さを 2 mm 以下としてもよい。

[0031] 前記何れかのペリクルをフォトマスクのレチクル面に配置し、前記フォトマスクを露光装置の所定の位置に配置して、前記レチクル面から 3 mm 以下の距離を有する空隙に前記ペリクルを収容し、真空下で、前記ペリクルを配置した前記フォトマスクに 5 nm 以上 30 nm 以下の光を照射し、前記ペリクルを配置した前記フォトマスクの前記レチクル面から出射した光をレジスト層が形成された基材に照射する露光方法。

発明の効果

[0032] 本発明によると、極端紫外光リソグラフィ用のペリクル、その製造方法及び露光方法が提供される。また、非接触でのフォトマスクへの貼付けが可能な極端紫外光リソグラフィ用のペリクル、その製造方法を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0033] [図1]一実施形態に係るペリクル 100 の模式図（斜視図）ある。

[図2]一実施形態に係るペリクル 100 の図 1 の線分 AA' における断面図である。

[図3]一実施形態に係るペリクル 100 の製造工程を示す図である。

[図4]一実施形態に係るペリクル 100 の製造工程を示す図である。

[図5]一実施形態に係るペリクル 200 の図 1 の線分 AA' における断面図である。

[図6]一実施形態に係るペリクル200の製造工程を示す図である。

[図7]一実施形態に係るペリクル200の製造工程を示す図である。

[図8]一実施形態に係るペリクル300の図1の線分AA'における断面図である。

[図9]一実施形態に係るペリクル300の製造工程を示す模式図である。

[図10]一実施形態に係るペリクル400の図1の線分AA'における断面図である。

[図11]一実施形態に係るペリクル400の製造工程を示す模式図である。

[図12]一実施形態に係るペリクル400の製造工程を示す模式図である。

[図13]一実施形態に係るペリクル500の図1の線分AA'における断面図である。

[図14]一実施形態に係るペリクル500の製造工程を示す模式図である。

[図15]一実施形態に係るペリクル600の図1の線分AA'における断面図である。

[図16]一実施形態に係るペリクル600の製造工程を示す模式図である。

[図17]一実施形態に係るペリクル700の図1の線分AA'における断面図である。

[図18]一実施形態に係るペリクル700の製造工程を示す模式図である。

[図19]一実施形態に係るペリクル700の製造工程を示す模式図である。

[図20]一実施形態に係るペリクル800の図1の線分AA'における断面図である。

[図21]一実施形態に係るペリクル900の図1の線分AA'における断面図である。

[図22]一実施形態に係るペリクル1000の図1の線分AA'における断面図である。

[図23]一実施形態に係るペリクル1100に用いる第2の枠体1113の模式図である。

[図24]一実施形態に係る5000を概念的に示す断面図である。

[図25]一実施形態に係るフォトリソ装置6000を概念的に示す断面図である。

[図26]一実施形態に係るフォトリソ装置7000を概念的に示す断面図である。

[図27]実施形態の検討例を示す図であり、(a)はペリクル1800の断面図であり、(b)はペリクル1900の断面図である。

発明を実施するための形態

[0034] 本明細書において、EUV光とは、波長5 nm以上30 nm以下の光を指す。EUV光の波長は、5 nm～13.5 nm程度が好ましく、13.5±0.3 nmがより好ましい。EUV光は、あらゆる物質に対して吸収されやすいため、本発明において、ペリクル膜は、ナノメートルオーダーの膜である必要がある。本発明に係るペリクル膜は5 nm以上30 nm以下の波長の光に90.0%以上の透過率を有する。本発明に係るペリクル膜は、好ましくは、5 nm～13.5 nm程度の波長の光に対して、より好ましくは13.5±0.3 nmの波長の光に対して、90.0%以上の透過率を有する。このような透過率を得るため、本発明に係るペリクル膜の10 nm以上100 nm以下の膜厚であり、より好ましくは10 nm以上50 nm以下である。

[0035] ペリクル膜のEUV透過率Tは以下の式(1)で定義される。

[数1]

$$T \equiv \frac{I}{I_0} \dots (1)$$

式(1)中、Iは透過光強度、I₀は入射光強度を示す。透過光強度I及び入射光強度I₀、ペリクル膜の厚みd、密度ρ、及びペリクル膜の質量吸収係数μには、以下の式(2)で表される関係が成り立つ。

[数2]

$$I = I_0 \exp(-\mu \rho d) \quad \dots (2)$$

[0036] 式（２）における密度 ρ はペリクル膜を構成する物質固有の密度である。また、上記式（２）における質量吸収係数 μ は、以下のように求められる。光子のエネルギーがおよそ30 eVより大きく、なおかつ光子のエネルギーが原子の吸収端から十分に離れている場合、質量吸収係数 μ は原子同士の結合状態等に依存しない。波長13.5 nmの光子エネルギーは、92.5 eV付近であり、原子の吸収端からも十分に離れている。よって、上記質量吸収係数 μ は、ペリクル膜を構成する化合物の原子同士の結合状態に依存しない。そのため、ペリクル膜の質量吸収係数 μ は、ペリクル膜を構成する各元素（1, 2, ..., i）の質量吸収係数 μ_i と、各元素の質量分率 W_i とから、以下の式（３）で求められる。

[数3]

$$\mu = \mu_1 W_1 + \mu_2 W_2 + \dots \mu_i W_i \quad \dots (3)$$

上記 W_i は、 $W_i = n_i A_i / \sum n_i A_i$ で求められる値である。 A_i は各元素 i の原子量、 n_i は各元素 i の数である。

[0037] 上記式（３）における各元素の質量吸収係数 μ_i は、Henkeらによってまとめられている以下の参考文献の値を適用できる。（B. L. Henke, E. M. Gullikson, and J. C. Davis, "X-Ray Interactions: Photoabsorption, Scattering, Transmission, and Reflection at $E = 50-30,000$ eV, $Z = 1-92$," At. Data Nucl. Data Tables 54, 181 (1993) これらの数値の最新版はhttp://www.cxro.lbl.gov/optical_constants/に掲載されている。）

[0038] ペリクル膜の質量吸収係数 μ 、ペリクル膜の密度 ρ 、及びペリクル膜の厚み d が特定できれば、式（１）及び式（２）に基づき、ペリクル膜の波長13

、5 nmの光の透過率を算出できる。なお、上記透過率は、ローレンスバークレー国立研究所のX線光学センターの光学定数ウェブサイトでも計算できる。

[0039] 膜厚を厚くし、かつ透過率を高めるためには、上記ペリクル膜の材質として吸収係数の低い材質を用いることが望ましい。具体的には水素の質量吸収係数 μ_i を1として相対的に表すとき、100以下の元素からなる材質を用いることが望ましい。特に、H, Be, B, C, N, O, Si, P, S, Cl, K, Ca, Sc, Br, Rb, Sr, Y, Zr, Nb, Mo, Tc, Ru, などの元素を用いることが望ましい。

[0040] ペリクル膜を構成する具体的な化合物としてはフッ素系ポリマー、ポリオレフィン、ポリイミドなどの高分子化合物や、ルテニウム、ニッケル、ジルコニウム、チタン、モリブデン、ニオブ、などの金属、結晶シリコン（例えば、単結晶シリコン、多結晶シリコン、等）、アモルファスシリコン、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）、グラファイト、アモルファスカーボン、グラフェン、炭化ケイ素、窒化ケイ素、等が挙げられる。

[0041] また、ペリクル膜は、酸化防止膜や放熱膜を含んでいてもよい。酸化防止膜は、 SiO_x ($x \leq 2$)、 Si_xN_y (x/y は0.7~1.5)、 SiON 、 SiC 、 Y_2O_3 、 YN 、 Mo 、 Ru 又は Rh からなる膜等でありうる。

[0042] 放熱膜は、熱輻射率が高い材料や熱伝導性が高い材料からなる膜であることが好ましい。具体的には、酸化防止膜と同様の材料からなる膜や、Rb、Sr、Y、Zr、Nb、グラファイト、グラフェンからなる膜等であり得る。酸化防止膜及び放熱膜は、ペリクル膜の一方の面に形成してもよく、両面に形成してもよい。ペリクル膜は、上記元素及び化合物を1種単独で含んでいてもよいし、2種以上を含んでいてもよい。

[0043] 従来のArFリソグラフィ用のペリクルでは、アルミニウムやセラミクス等で構成された枠体を用い、接着層を介してペリクル膜を枠体に接着していた。しかし、EUVリソグラフィ用の本発明に係るペリクル膜は、20 nm以上50 nm以下の非常に薄い膜厚であるため、接着による枠体への固定は困

難である。したがって、半導体製造プロセスを用いて、例えば、蒸着により基板にペリクル膜を形成し、基板を枠形状にバックエッチングすることにより、ペリクル膜を露出させ、ペリクル膜を配置した枠体を得ることができる。本発明に係る基板としては、例えば、シリコン基板、サファイア基板、炭化ケイ素基板等を用いることができる。これらに限定されるものではないが、基板としては、シリコン基板、サファイア基板、炭化ケイ素基板が好ましく、シリコン基板がより好ましい。

[0044] 上述したように、フォトリソにペリクルを装着するための空間が2.5 mmの高さしか存在していないため、ペリクル膜の破損を防ぐために、ペリクルの高さは2 mm以下であることが好ましい。上述したような方法で非常に薄いペリクル膜を形成した場合、枠体の側面に通気口として貫通孔を形成するのは困難である。このため、ペリクル膜を配置した第1の枠体と、側面に貫通孔を形成した第2の枠体を別に形成し、接着層を介して接着する方法が考えられる。第1の枠体はペリクル膜の形成及びハンドリングの観点から、厚さを1 mm以下とすることが好ましいが、100 μ m以下にするのは困難である。また、第1の枠体と第2の枠体との接着層、及び、ペリクルとマスクとの接着層を備えているため、貫通孔を配置する第2の枠体に許容される高さは、1～1.5 mmとなる。しかし、防塵のため貫通孔をフィルタで覆う場合、1.5 mm以下のフィルタを第2の枠体の側面に配置するのは接着性やハンドリングの観点から困難である。

[0045] このため、接着層を介して接着した第1の枠体及び第2の枠体の側面に2 mm程度のフィルタを配置することが考えられる。しかし、この場合、図27に示すような問題が生じる。図27は、接着層を介して接着した第1の枠体及び第2の枠体の側面に2 mm程度のフィルタを配置したペリクルの模式図であり、図27(a)はドライエッチングにより第1の枠体を形成したペリクル1800の模式図であり、図27(b)はウェットエッチングにより第1の枠体を形成したペリクル1900の模式図である。

[0046] ペリクル1800は、ペリクル膜1801を配置した第1の枠体1811と

、第１の枠体１８１１と接着層１８４１を介して固定した第２の枠体１８１３を備える。第２の枠体１８１３には外側の側面と内側の側面とを貫通した貫通孔１８２１が形成される。接着層１８４１を介して接着した第１の枠体１８１１及び第２の枠体１８１３の側面には、貫通孔１８２１を覆うフィルタ１８３１が接着層（図示せず）を介して接着される。また、第２の枠体１８１３の底面にはフォトリソにペリクル１８００を固定するための接着層１８４３が形成され、フォトリソに固定するまでは、ライナー１８５１により接着層１８４３が保護される。このとき、第１の枠体１８１１と第２の枠体１８１３を接着する接着層１８４１に隙間１８９０が生じる。

[0047] また、このようなフィルタの背面（接着面）に生じる隙間は、ウェットエッチングにより第１の枠体を形成した場合に顕著になる。ペリクル１９００は、ペリクル膜１９０１を配置した第１の枠体１９１１と、第１の枠体１９１１と接着層１９４１を介して固定した第２の枠体１９１３を備える。第２の枠体１９１３には外側の側面と内側の側面とを貫通した貫通孔１９２１が形成される。接着層１９４１を介して接着した第１の枠体１９１１及び第２の枠体１９１３の側面には、貫通孔１９２１を覆うフィルタ１９３１が接着層（図示せず）を介して接着される。また、第２の枠体１９１３の底面にはフォトリソにペリクル１９００を固定するための接着層１９４３が形成され、フォトリソに固定するまでは、ライナー１９５１により接着層１９４３が保護される。ここで、ペリクル１９００においては、第１の枠体１９１１がウェットエッチングにより形成されるため、図２７（ｂ）に示すように、第１の枠体１９１１の側面に傾斜が生じ、断面が台形状になる。このとき、第１の枠体１９１１と接着層１９４１に隙間１９９０が生じ、フィルタ１９３１の十分な密着性を得ることができない。

[0048] そこで、本発明者らは、フィルタの背面に隙間を生じずに、十分な密着性を得るペリクルの構成を検討した。以下、図面を参照して本発明に係るペリクル、その製造方法及び照射方法について説明する。但し、本発明のペリクル及びその製造方法は多くの異なる態様で実施することが可能であり、以下に

示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。なお、本実施の形態で参照する図面において、同一部分又は同様な機能を有する部分には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。

[0049] 本発明に係るペリクルは、ペリクル膜を配置した第１の枠体と、第１の枠体を支持する第２の枠体と、第１の枠体を貫通する貫通孔と、第１の枠体のペリクル膜が配置された面側で貫通孔を覆うフィルタを備えることを特徴とする。以下に具体的な態様を例示しながら、本発明に係るペリクルを説明する。

[0050] (実施形態１)

図１は、本発明の一実施形態に係るペリクル１００の模式図（斜視図）である。図２は、ペリクル１００の図１の線分ＡＡ'における断面図である。図２（ａ）はペリクル１００の図１の線分ＡＡ'における断面図であり、図２（ｂ）は図２（ａ）の一部拡大図である。ペリクル１００は、ペリクル膜１０１を配置した第１の枠体１１１と、第１の枠体１１１を支持する第２の枠体１１３と、を備える。また、ペリクル１００は、ペリクル膜１０１と第１の枠体１１１とを貫通する貫通孔１２１と、ペリクル膜１０１上に配置され、貫通孔１２１を覆うフィルタ１３１と、を備える（図２（ａ））。フィルタ１３１は、第１の枠体１１１上のペリクル膜１０１の領域に接着層１３７を介して配置される（図２（ｂ））。なお、図２は、第１の枠体１１１のペリクル膜１０１が配置された面とは反対側の面に第２の枠体１１３を備えているが、第１の枠体１１１の側面側に第２の枠体１１３を備えてもよい。

[0051] ペリクル膜１０１及び第１の枠体１１１としては、上述したペリクル膜及び基板を用いることができるため、詳細な説明は省略する。第１の枠体１１１を構成する材質にはシリコン、サファイア、炭化ケイ素が好ましく、シリコンがより好ましい。第２の枠体１１３としては、ＥＵＶ光に対する耐性を有し、平坦性が高く、低イオン溶出性の材料が好ましい。また、炭素由来の汚れを除去するために、水素ガスを露光装置内に流すため、水素ラジカルに対する耐性を有する材料で構成されることが好ましい。

- [0052] 第2の枠体113（ペリクル枠）の材質には特に制限はなく、ペリクル枠に用いられる通常の材質とすることができる。第2の枠体113の材質として、具体的には、アルミニウム、アルミニウム合金（5000系、6000系、7000系等）、ステンレス、シリコン、シリコン合金、鉄、鉄系合金、炭素鋼、工具鋼、セラミックス、金属－セラミックス複合材料、樹脂等が挙げられる。中でも、アルミニウム、アルミニウム合金が、軽量かつ剛性の面からより好ましい。また、第2の枠体113は、その表面に保護膜を有していてもよい。
- [0053] 保護膜としては、露光雰囲気中に存在する水素ラジカル及びEUV光に対して耐性を有する保護膜が好ましい。保護膜としては、例えば、酸化被膜が挙げられる。酸化被膜は、陽極酸化等の公知の方法によって形成することができる。
- [0054] 第1の枠体111と第2の枠体113とは、接着層141を介して固定される。接着層141の厚みは、第1の枠体111と第2の枠体113との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、10 μ m以上300 μ m以下である。また、接着層141に用いる接着剤としては、EUV光に対する耐性を有し、ガスの発生量が少ない材料が好ましい。また、炭素由来の汚れを除去するために、水素ガスを露光装置内に流すため、水素ラジカルに対する耐性を有する材料で構成されることが好ましい。
- [0055] 本実施形態において、「接着剤」は広義の接着剤を指し、「接着剤」の概念には、粘着剤も含まれるものとする。接着剤としては、アクリル樹脂接着剤、エポキシ樹脂接着剤、ポリイミド樹脂接着剤、シリコーン樹脂接着剤、無機系接着剤、両面粘着テープ、シリコーン樹脂粘着剤、アクリル系粘着剤、ポリオレフィン系粘着剤、等が挙げられる。
- [0056] ペリクル膜又は他のペリクル枠との接着に用いられる接着剤としては、アクリル樹脂接着剤、エポキシ樹脂接着剤、ポリイミド樹脂接着剤、シリコーン樹脂接着剤、無機系接着剤、が好ましい。フォトリソとの接着に用いられる接着剤としては、両面粘着テープ、シリコーン樹脂粘着剤、アクリル系粘

着剤、ポリオレフィン系粘着剤が好ましい。

- [0057] 貫通孔121は、ペリクル膜101と第1の枠体111とを貫通して配置される。貫通孔121は、常圧（0.1 MPa）から露光時の真空状態（ $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa）迄減圧した時に、ペリクル100内外の差圧によるペリクル膜101の膨張が0.5 mm未満となる径である。本実施形態において、貫通孔121の径は、減圧したときに貫通孔121に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。
- [0058] 減圧した時に貫通孔で発生する圧力損失は1 Pa以下となることが望ましく、より望ましくは0.5 Pa以下である。ここで、フィルタ131は貫通孔121を覆うように設置され、減圧したときの圧力損失の大部分はフィルタ131部分で発生し、貫通孔121では圧力損失はほとんど生じないようにすることが好ましい。例えば、貫通孔121での圧力損失が1 Pa以下となるように、より好ましくは0.1 Pa程度となるように、貫通孔121のサイズおよび貫通孔121の数を調整する。
- [0059] 例えば、350 Pa/secの速度で減圧されるとき、貫通孔121で発生するペリクル100内外の圧力損失が1 Paとなるときに貫通孔121の直径は400 μ m及び数は4個、あるいは直径は300 μ m及び数は40個である。貫通孔121の形状は特に問わず、円形、楕円形、長方形、多角形、台形などの形状であってよい。貫通孔の径は特に制限されないが、第1の枠の強度が低下しない範囲で、10～500 μ m程度となることが望ましい。貫通孔の数も特に制限されず、フィルタの長さや、フィルタの幅に応じて選択できる。貫通孔121を複数個設ける場合には貫通孔121の位置や間隔は特に問わないが、フィルタ131内で等間隔に配置することが好ましい。
- [0060] ペリクル100をフォトマスクに設置したときに、第1の枠体111の幅はペリクル100の開口率に影響する。とくに、反射型マスクを用いるEUVリソグラフィにおいては、EUV光がフォトマスクに対して斜めに入射して、反射されるため、第1の枠体111の幅が狭いほうが好ましい。したがって、本実施形態において、貫通孔121は、第2の枠体113の内側の面に

近接して配置されることが好ましい。

[0061] フィルタ 131 は、フォトマスクへ固定したペリクル 100 内への塵埃等の流入を防止可能な材料で形成され、初期圧力損失が 100 Pa 以上 550 Pa 以下、粒径が 0.15 μm 以上 0.3 μm 以下の粒子に対して粒子捕集率が 99.7% 以上 100% 以下のフィルタを用いることが望ましい。フィルタの種類として、例えば、ULPA フィルタ (Ultra Low Penetration Air Filter) を用いることができる。ULPA フィルタは、定格風量で粒径が 0.15 μm の粒子に対して 99.9995% 以上の粒子捕集率をもち、且つ初期圧力損失が 245 Pa 以下の性能を持つエアフィルタである。また、フィルタ 131 として HEPA フィルタ (High Efficiency Particulate Air Filter) を用いてもよい。HEPA フィルタは、定格風量で粒径が 0.3 μm の粒子に対して 99.97% 以上の粒子捕集率をもち、且つ初期圧力損失が 245 Pa 以下の性能を持つエアフィルタである。フィルタ 131 は、ペリクル膜 101 への接着性を確保するとともに、ペリクル 100 の開口率を確保する観点から、幅を 1 mm 以上 4 mm 以下とすることが好ましい。

[0062] フィルタ 131 は、通気部 135 と接着層 137 が配置される糊代部 133 とにより構成される (図 2 (b))。糊代部 133 は通気部 135 を囲むように、フィルタ 131 の外周部に配置される。接着層 137 は、ペリクル膜 101 と通気部 135 を隙間なく接着する役割を果たす。接着層 137 に接する糊代部 137 では気体は通過しない。糊代部 137 の幅は 0.2 mm 以上 1.0 mm 以下である。通気部 135 の面積を広くするために、糊代部 137 の幅はできる限り細い方が望ましい。通気部 135 とは、フィルタ 131 の接着層 137 に接していない部分を指す。通気部 135 を気体が通過し、気体に含まれる粒子を捕捉する。通気部 135 では圧力損失が発生するため、フィルタの換気性能は、通気部 135 の換気性能によって決まる。

[0063] フィルタ 131 の総面積は減圧したときにフィルタ 131 に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。減圧したときにフィルタ 131 に発生する圧力損失は 2 Pa 以下となることが望ましい。フィルタ 131 の長さはフ

フィルタ 131 の面積をフィルタの幅で割ることで算出できる。フィルタ 1 枚当たりの長さの範囲は特に制限はないが、1 cm 以上 15 cm 以下の範囲が望ましく、より望ましくは 2 cm 以上 10 cm 以下である。

[0064] 現在、EUV 露光用のペリクルとしては、長辺 152 mm 以下、短辺 120 mm 以下、高さ 2 mm 以下の大きさが想定され、350 Pa/sec での減圧及び加圧が想定される。常圧 (0.1 MPa) から露光時の真空状態 ($10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa) 迄減圧した時、また、真空状態から常圧に戻す際に加圧した時の、ペリクル 100 内外の差圧によるペリクル膜 101 の膨張が 0.5 mm 未満とするために、ペリクル 100 の内部の体積に対するフィルタ 131 の通気部の合計面積の比率 (フィルタの通気部面積 / ペリクル内部体積) が 0.007 mm^{-1} 以上 0.026 mm^{-1} 以下であることが好ましい。この比率が 0.007 mm^{-1} 以上であると、減圧および加圧する時にフィルタ通気部を通過する気体の流速が早くなりすぎないためにペリクル 100 内外の差圧の上昇が抑制され、ペリクル膜 101 の膨張が 0.5 mm 未満に抑制できる。また、形成可能な通気部 135 の大きさによる制約から、この比率が 0.026 mm^{-1} 以下であると、フィルタ 131 の通気部 135 および糊代部 137 を十分に設けることができる。

[0065] また、フィルタの厚み (高さ) は、フォトリソマスクにペリクルを装着する空間が 2.5 mm しかないため、ペリクルとフィルタの厚み (高さ) の合計が 2.5 mm 未満となるように配慮する必要がある。ペリクルの高さにもよるが、厚みは 0.05 mm 以上 1.0 mm 以下の範囲が好ましく、より望ましくは 0.1 mm 以上 0.4 mm 以下である。

[0066] また、第 2 の枠体 113 の底面には接着層 143 が配置される。接着層 143 は、ペリクル 100 をフォトリソマスクに固定するための手段である。接着層 143 の厚みは、フォトリソマスクと第 2 の枠体 113 との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、 $10 \mu\text{m}$ 以上 $300 \mu\text{m}$ 以下である。また、接着層 143 に用いる接着剤としては、EUV 光に対する耐性を有し、ガスの発生量が少ない材料が好ましい。また、炭素由来の

汚れを除去するために、水素ガスを露光装置内に流すため、水素ラジカルに対する耐性を有する材料で構成されることが好ましい。

[0067] 接着剤としては、アクリル樹脂接着剤、エポキシ樹脂接着剤、ポリイミド樹脂接着剤、シリコン樹脂接着剤、無機系接着剤、両面粘着テープ、シリコン樹脂粘着剤、アクリル系粘着剤、ポリオレフィン系粘着剤、等が挙げられる。接着層 143 の材料は、接着層 141 と同じものであってもよく、異なってもよい。

[0068] ペリクル 100 において、ペリクル膜 101、第 1 の枠体 111、接着層 141、第 2 の枠体 113 及び接着層 143 を含めた高さは、2 mm 以下であることが好ましい。上述したように、フォトマスクにペリクルを装着するための空間が 2.5 mm の高さしか存在していないため、ペリクル膜 101 の破損を防ぐために、ペリクル 100 の高さは 2 mm 以下であることが好ましい。

[0069] 使用前のペリクル 100 の接着層 143 に塵埃等が付着するのを防止するため、剥離可能なライナー 151 により接着層 143 が保護される。

[0070] 本発明においては、貫通孔 121 がペリクル膜 101 と第 1 の枠体とを貫通し、フィルタ 131 が第 1 の枠体 111 上のペリクル膜 101 の領域に配置されるため、フィルタ 131 の背面に貫通孔 121 以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ 131 を配置することができる。

[0071] (ペリクル 100 の製造方法)

本実施形態に係るペリクル 100 は、例えば、図 3 及び図 4 を参照し、以下のように製造することができる。なお、以下の製造工程は一例であって、必要に応じて製造工程の順序を変更することもできる。図 3 及び図 4 は、ペリクル 100 の製造工程を示す図である。

基板 105 を準備し、基板 105 上にペリクル膜 101 を形成する（図 3 (a)）。基板 105 には、上述したように、例えば、シリコン基板、サファイア基板、炭化ケイ素基板等を用いることができるが、これらに限定されるものではない。

[0072] ペリクル膜101は、蒸着により膜厚が20nm以上50nm以下となるように、基板105上に形成する。EUV光は、あらゆる物質に対して吸収されやすいため、ペリクル膜101は5nm以上30nm以下の波長の光に90.0%以上の透過率を有するように、薄く形成することが好ましい。本発明に係るペリクル膜101は、好ましくは、5nm～13.5nm程度の波長の光に対して、より好ましくは13.5±0.3nmの波長の光に対して、90.0%以上の透過率を有する。

[0073] 貫通孔121を形成する所定の位置のペリクル膜101をエッチングにより除去し、基板105を露出させる（図3（b））。ペリクル膜101が形成された面とは反対側の基板105の面をエッチングし、基板105一部を除去して、ペリクル膜101を露出させて第1の枠体111を形成する。また、ペリクル膜101を除去した所定の位置に、ペリクル膜101と第1の枠体111とを貫通する貫通孔121を形成する（図3（c））。

[0074] 貫通孔121は、常圧（0.1MPa）から露光時の真空状態（ $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa）迄減圧した時に、ペリクル100内外の差圧によるペリクル膜101の膨張が0.5mm未満となる径とする。本実施形態において、貫通孔121はフィルタ131により覆われるため、貫通孔121の径は、フィルタ131による抵抗を考慮して設定される。

[0075] 上述したように、ペリクル100をフォトマスクに設置したときに、第1の枠体111の幅はペリクル100の開口率に影響する。とくに、反射型マスクを用いるEUVリソグラフィにおいては、EUV光がフォトマスクに対して斜めに入射して、反射されるため、第1の枠体111の幅が狭いほうが好ましい。したがって、本実施形態において、貫通孔121は、第2の枠体113の内側の面に近接して配置されることが好ましい。

[0076] ペリクル膜101上に、貫通孔121を覆うフィルタ131を接着する（図3（d））。

フィルタ131は、上述した特性を有するフィルタが好ましく、ペリクル膜101への接着性を確保するとともに、ペリクル100の開口率を確保する

観点から、幅を1 mm以上4 mm以下とすることが好ましい。フィルタ131を接着するタイミングは特に制限はなく、第2の枠体に固定した後で貼り付けてもよい。

[0077] 別途、第2の枠体113を準備する。第2の枠体113の底面に接着層143を形成する。また、接着層143を保護するライナー151を配置する（図4（a））。ここで、接着層143を形成したライナー151を準備して、接着層143を介して、ライナー151を第2の枠体113の底面に貼り付けてもよい。

[0078] 第2の枠体113の上面に、接着層141を形成する（図4（b））。形成した接着層141を介して、第1の枠体111を第2の枠体113に固定する（図4（c））。このとき、第1の枠体111側の貫通孔121が開口するように、接着層141を介して第1の枠体111を第2の枠体113に固定する。

[0079] フォトマスクにペリクルを装着するための空間が2.5 mmの高さしか存在していないため、本実施形態においては、フィルタ131、ペリクル膜101、第1の枠体111、接着層141、第2の枠体113及び接着層143を含めた高さを2 mm以下とすることが好ましい。

[0080] 本発明においては、貫通孔121がペリクル膜101と第1の枠体とを貫通し、フィルタ131が第1の枠体111上のペリクル膜101の領域に配置されるため、フィルタ131の背面に貫通孔121以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ131を配置することができる。

[0081] （実施形態2）

実施形態1のペリクル100においては、貫通孔121が第2の枠体113よりも内側に配置されていたため、第1の枠体111の幅を第2の枠体113の幅より広くする必要がある。上述したように、ペリクルをフォトマスクに設置したときに、第1の枠体の幅はペリクルの開口率に影響する。本実施形態においては、第1の枠体の幅を狭くしつつ、貫通孔を配置する例について説明する。

[0082] 図5は、本発明の一実施形態に係るペリクル200の図1の線分AA'における断面図である。ペリクル200は、ペリクル膜201を配置した第1の枠体211と、第1の枠体211を支持する第2の枠体213と、を備える。また、ペリクル200は、ペリクル膜201と第1の枠体211とを貫通する貫通孔221と、ペリクル膜201上に配置され、貫通孔221を覆うフィルタ231と、を備える。

[0083] 本実施形態において、第1の枠体211は、第2の枠体213と対向する面に、貫通孔221に接続する溝部225を有する。溝部225は、第2の枠体213との結合により、貫通孔221に接続する孔223を形成する。孔223は、第1の枠体211の内側の面に開口を有する。フィルタ231は、第1の枠体211上のペリクル膜201の領域に接着層（図示せず）を介して配置される。

[0084] ペリクル膜201、第1の枠体211及び第2の枠体213としては、上述したペリクル膜、基板及び第2の枠体113と同様の材料を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0085] 第1の枠体211と第2の枠体213とは、接着層241を介して固定される。接着層241の厚みは、第1の枠体211と第2の枠体213との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。また、接着層241に用いる接着剤は、接着層141と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0086] 貫通孔221は、ペリクル膜201と第1の枠体211とを貫通して配置される。また、本実施形態においては、第1の枠体211の第2の枠体213と対向する面に、貫通孔221に接続する溝部225を配置することで、溝部225と第2の枠体213との結合により、貫通孔221に接続する孔223を形成する。このため、貫通孔221及び、貫通孔221と第1の枠体211の内側の面に配置した開口とを接続する孔223は、常圧（ 0.1MPa ）から露光時の真空状態（ $10^{-4}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ ）迄減圧した時に、ペリ

クル200内外の差圧によるペリクル膜201の膨張が0.5mm未満となる径である。本実施形態において、貫通孔221はフィルタ231により覆われるため、貫通孔221及び孔223の径は、減圧したときに貫通孔221に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。

[0087] 減圧した時に貫通孔221で発生する圧力損失は1Pa以下となることが望ましく、より望ましくは0.5Pa以下である。ここで、フィルタ231は貫通孔221を覆うように設置され、減圧したときの圧力損失の大部分はフィルタ231部分で発生し、貫通孔221では圧力損失はほとんど生じないようにすることが好ましい。例えば、貫通孔221での圧力損失が1Pa以下となるように、より好ましくは0.1Pa程度となるように、貫通孔221のサイズを調整する。

[0088] 例えば、350Pa/secの速度で減圧されるとき、貫通孔221の直径が480 μ m及び数が4個であれば、貫通孔221で発生するペリクル200内外の圧力損失が1Pa以下となる。貫通孔221の形状は特に問わず、円形、楕円形、長方形、多角形、台形などの形状であってよい。貫通孔221の径は特に制限されないが、第1の枠や膜の強度が低下しない範囲で、10～500 μ m程度となることが望ましい。貫通孔221の数も特に制限されず、フィルタの長さや、フィルタの幅に応じて選択できる。

[0089] フィルタ231は、フィルタ131と同様のフィルタを用いることができるため、詳細な説明は省略する。フィルタ231は、ペリクル膜201への接着性を確保するとともに、ペリクル200の開口率を確保する観点から、幅を1mm以上4mm以下とすることが好ましい。フィルタ231の幅は、第1の枠体211の幅に収まればよい。

[0090] フィルタの総面積は減圧したときにフィルタ231に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。減圧したときにフィルタ231に発生する圧力損失は2Pa以下となることが望ましい。フィルタ231の長さはフィルタ231の面積をフィルタ231の幅で割ることで算出できる。フィルタ1枚当たりの長さの範囲は特に制限はないが、1cm以上15cm以下の範囲が

望ましく、より望ましくは2 cm以上10 cm以下である。フィルタの厚み（高さ）は、フォトマスクにペリクルを装着する空間が2.5 mmしかないため、ペリクルとフィルタの厚み（高さ）の合計が2.5 mm未満となるように配慮する必要がある。ペリクルの高さにもよるが、厚みは0.05 mm以上1.0 mm以下の範囲が好ましく、より望ましくは0.1 mm以上0.4 mm以下である。

[0091] また、第2の枠体213の底面には接着層243が配置される。接着層243は、ペリクル200をフォトマスクに固定するための手段である。接着層243の厚みは、フォトマスクと第2の枠体213との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、10 μ m以上300 μ m以下である。接着層243に用いる接着剤は、接着層143と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0092] ペリクル200において、ペリクル膜201、第1の枠体211、接着層241、第2の枠体213及び接着層243を含めた高さは、2 mm以下であることが好ましい。上述したように、フォトマスクにペリクルを装着するための空間が2.5 mmの高さしか存在していないため、ペリクル膜201の破損を防ぐために、ペリクル200の高さは2 mm以下であることが好ましい。

[0093] 使用前のペリクル200の接着層243に塵埃等が付着するのを防止するため、剥離可能なライナー251により接着層243が保護される。

[0094] 本発明においては、貫通孔221がペリクル膜201と第1の枠体211とを貫通し、第1の枠体211の溝部225と第2の枠体213との結合により、貫通孔221に接続する孔223を形成するため、フィルタ231の背面に貫通孔221以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ231を配置することができる。

[0095] （ペリクル200の製造方法）

本実施形態に係るペリクル200は、例えば、図6及び図7を参照し、以下のように製造することができる。なお、以下の製造工程は一例であって、必

要に応じて製造工程の順序を変更することもできる。図6及び図7は、ペリクル200の製造工程を示す図である。

基板205を準備し、基板205上にペリクル膜201を形成する（図6（a））。基板205には、上述したように、例えば、シリコン基板、サファイア基板、炭化ケイ素基板等を用いることができるが、これらに限定されるものではない。

[0096] ペリクル膜201は、蒸着により膜厚が20nm以上50nm以下となるように、基板205上に形成する。EUV光は、あらゆる物質に対して吸収されやすいため、ペリクル膜201は5nm以上30nm以下の波長の光に90.0%以上の透過率を有するように、薄く形成することが好ましい。本発明に係るペリクル膜201は、好ましくは、5nm～13.5nm程度の波長の光に対して、より好ましくは 13.5 ± 0.3 nmの波長の光に対して、90.0%以上の透過率を有する。

[0097] 貫通孔221を形成する所定の位置のペリクル膜201をエッチングにより除去し、基板205を露出させる（図6（b））。ペリクル膜201が形成された面とは反対側の基板205の面をエッチングして、基板205一部を除去し、第1の枠体211の第2の枠体213と対向する面に、貫通孔221に接続する溝部225を形成する。また、ペリクル膜201を除去した所定の位置に、ペリクル膜201と第1の枠体211とを貫通する貫通孔221を形成する（図6（c））。

[0098] 本実施形態においては、第1の枠体211の第2の枠体213と対向する面に、貫通孔221に接続する溝部225を配置することで、溝部225と第2の枠体213との結合により、貫通孔221に接続する孔223を形成する。このため、貫通孔221の径及び孔223の大きさは、常圧（0.1MPa）から露光時の真空状態（ $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa）迄減圧した時に、ペリクル200内外の差圧によるペリクル膜201の膨張が0.5mm未満となる径とする。本実施形態において、貫通孔221はフィルタ231により覆われるため、貫通孔221の径及び孔223の大きさは、フィルタ231に

よる抵抗を考慮して設定される。

[0099] ペリクル膜 201 上に、貫通孔 221 を覆うフィルタ 231 を接着する（図 6（d））。フィルタ 231 は、上述した特性を有するフィルタが好ましく、ペリクル膜 201 への接着性を確保するとともに、ペリクル 200 の開口率を確保する観点から、幅を 1 mm 以上 4 mm 以下とすることが好ましい。フィルタ 231 を接着するタイミングは特に制限はなく、第 2 の枠体に固定した後で貼り付けてもよい。

[0100] 別途、第 2 の枠体 213 を準備する。第 2 の枠体 213 の底面に接着層 243 を形成する。また、接着層 243 を保護するライナー 251 を配置する（図 7（a））。ここで、接着層 243 を形成したライナー 251 を準備して、接着層 243 を介して、ライナー 251 を第 2 の枠体 213 の底面に貼り付けてもよい。

[0101] 第 2 の枠体 213 の上面に、接着層 241 を形成する（図 7（b））。形成した接着層 241 を介して、第 1 の枠体 211 を第 2 の枠体 213 に固定する（図 7（c））。このとき、第 2 の枠体と対向する面に形成した溝部 225 と第 2 の枠体 213 との結合により、貫通孔 221 に接続する孔 223 が形成される。

[0102] フォトマスクにペリクルを装着するための空間が 2.5 mm の高さしか存在していないため、本実施形態においては、フィルタ 231、ペリクル膜 201、第 1 の枠体 211、接着層 241、第 2 の枠体 213 及び接着層 243 を含めた高さを 2 mm 以下とすることが好ましい。

[0103] 本発明においては、貫通孔 221 がペリクル膜 201 と第 1 の枠体 211 とを貫通し、第 1 の枠体 211 の溝部 225 と第 2 の枠体 213 との結合により、貫通孔 221 に接続する孔 223 を形成するため、フィルタ 231 の背面に貫通孔 221 以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ 231 を配置することができる。

[0104] （実施形態 3）

実施形態 2 の変形例として、実施形態 3 のペリクル 300 について説明する

。図8は、本発明の一実施形態に係るペリクル300の図1の線分A A' における断面図である。実施形態3のペリクル300は、第1の枠体311の溝部325をペリクル膜301に接する位置までエッチングし、貫通孔321と同程度の高さの孔323を形成する点で、実施形態2のペリクル200と異なる。その他の構成については、ペリクル200と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0105] ペリクル300においては、貫通孔321がペリクル膜301と第1の枠体311とを貫通し、第1の枠体311の溝部325と第2の枠体313とが直結した孔323を形成するため、通気性が大幅に向上する。

[0106] (ペリクル300の製造方法)

本実施形態に係るペリクル300は、例えば、図9を参照し、以下のように製造することができる。なお、以下の製造工程は一例であって、必要に応じて製造工程の順序を変更することもできる。図9は、ペリクル300の製造工程を示す図である。基板305を準備し、基板305上にペリクル膜301を形成する(図9(a))。基板305は、上述した基板205と同様の部材を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0107] ペリクル膜301は、蒸着により膜厚が20nm以上50nm以下となるように、基板305上に形成する。ペリクル膜301の材質及び構成は、上述したペリクル膜201と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0108] 貫通孔321を形成する所定の位置のペリクル膜301をエッチングにより除去し、基板305を露出させる(図9(b))。ペリクル膜301が形成された面とは反対側の基板305の面をエッチングして、基板305一部を除去し、第1の枠体311の第2の枠体313と対向する面に、貫通孔321と、貫通孔321に接続する溝部325とを一括で形成する(図9(c))。本実施形態においては、このエッチング工程により、ペリクル膜301を除去した所定の位置に、ペリクル膜301を貫通する貫通孔321が、溝部325と一体形成される。

[0109] このため、貫通孔321の径及び孔323の大きさは、常圧(0.1MPa

）から露光時の真空状態（ $10^{-4} \sim 10^{-6} \text{ Pa}$ ）迄減圧した時に、ペリクル 300内外の差圧によるペリクル膜 301の膨張が0.5mm未満となる径とする。本実施形態において、貫通孔 321はフィルタ 331により覆われるため、貫通孔 321の径及び孔 323の大きさは、フィルタ 331による抵抗を考慮して設定される。

[0110] ペリクル膜 301上に、貫通孔 321を覆うフィルタ 331を接着する（図 9（d））。フィルタ 331材質及び構成は、上述したフィルタ 231と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0111] 別途、第2の枠体 313を準備する。第2の枠体 313、接着層 341、接着層 343及びライナー 351の材質及び構成は、第2の枠体 213、接着層 241、接着層 243及びライナー 251と同様であるため、詳細な説明は省略する。また、第1の枠体 311と第2の枠体 213との貼り合わせの工程は、上述したペリクル 200と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0112] （実施形態4）

実施形態2のペリクル 200の別の変形例について説明する。図10は、本発明の一実施形態に係るペリクル 400の図1の線分 A A' における断面図である。実施形態4のペリクル 400は、第1の枠体 411と第2の枠体 413との間に設ける接着層 441を部分的な塗布により形成することにより、貫通孔 421に接続し、ペリクル 400の内側に開口した孔 423を形成する点で、実施形態2のペリクル 200と異なる。その他の構成については、ペリクル 200と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0113] ペリクル 400においては、部分的に塗布して形成した接着層 441を第1の枠体 411と第2の枠体 413の間に配置して孔 423を形成することにより、ペリクル膜 401と第1の枠体 411とを貫通する貫通孔 421と孔 423とを簡便に接続することができる。また、第1の枠体 411の幅と、第2の枠体 413の幅が同じため、ペリクル膜 401の開口面積を大きくすることができる。

[0114] (ペリクル400の製造方法)

本実施形態に係るペリクル400は、例えば、図11を参照し、以下のように製造することができる。なお、以下の製造工程は一例であって、必要に応じて製造工程の順序を変更することもできる。図11は、ペリクル400の製造工程を示す図である。基板405を準備し、基板405上にペリクル膜401を形成する(図11(a))。基板405は、上述した基板205と同様の部材を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0115] ペリクル膜401は、蒸着により膜厚が20nm以上50nm以下となるように、基板405上に形成する。ペリクル膜401の材質及び構成は、上述したペリクル膜201と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0116] 貫通孔421を形成する所定の位置のペリクル膜401をエッチングにより除去し、基板405を露出させる(図11(b))。ペリクル膜401が形成された面とは反対側の基板405の面をエッチングして、基板405一部を除去し、第1の枠体411の第2の枠体413と対向する面に、貫通孔421を形成する(図11(c))。

[0117] ペリクル膜401上に、貫通孔421を覆うフィルタ431を接着する(図11(d))。フィルタ431材質及び構成は、上述したフィルタ231と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0118] 別途、第2の枠体413を準備する(図12(a))。第2の枠体413、接着層443及びライナー451の材質及び構成は、第2の枠体213、接着層243及びライナー251と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0119] 第2の枠体413の上面に、接着層441を形成する(図12(b))。本実施形態においては、接着層441を第2の枠体413の上面に部分的に塗布して、貫通孔421に接続する孔423を形成するための溝部445を形成する。接着層441を介して、第1の枠体411を第2の枠体413に固定する(図12(c))。このとき、第1の枠体411、第2の枠体413及び溝部425により、貫通孔421に接続する孔423が規定される。なお、接着層341の材質は、接着層241と同様であるため、詳細な説明は

省略する。

[0120] ここで、貫通孔421の径及び孔423の大きさは、常圧（0.1MPa）から露光時の真空状態（ $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa）迄減圧した時に、ペリクル400内外の差圧によるペリクル膜401の膨張が0.5mm未満となる径とする。本実施形態において、貫通孔421はフィルタ431により覆われるため、貫通孔421の径及び孔423の大きさは、フィルタ431による抵抗を考慮して設定される。

[0121] （実施形態5）

実施形態1及び実施形態2においては、ペリクル膜と第1の枠体とを貫通する貫通孔を覆うため、フィルタをペリクル膜の上面に配置した。しかし、上述したように、フォトリソにペリクルを装着するための空間が2.5mmの高さしか存在していない。本実施形態においては、ペリクル膜に隣接して、第1の枠体上にフィルタを配置することにより、ペリクルの高さを低くする例について説明する。

[0122] 図13は、本発明の一実施形態に係るペリクル500の図1の線分AA'における断面図である。ペリクル500は、ペリクル膜501を配置した第1の枠体511と、第1の枠体511を支持する第2の枠体513と、を備える。また、ペリクル500は、第1の枠体511を貫通する貫通孔521と、第1の枠体511のペリクル膜501が配置された面側で貫通孔521を覆うフィルタ531と、を備える。本実施形態において、フィルタ531がペリクル膜501に隣接して、第1の枠体上511に配置される。

[0123] 本実施形態において、第1の枠体511は、第2の枠体513と対向する面に、貫通孔521に接続する溝部525を有する。溝部525は、第2の枠体513との結合により、貫通孔521に接続する孔523を形成する。孔523は、第1の枠体511の内側の面に開口を有する。本実施形態においては、ペリクル膜501に隣接して、第1の枠体511上にフィルタ531が配置される。また、フィルタ531の上面がペリクル膜501と同一面になるように、フィルタ531が配置されることが好ましい。フィルタ531

は、第1の枠体511上のペリクル膜501及び第1の枠体511の一部を除去した領域に接着層（図示せず）を介して配置される。このようにペリクル膜501を第1の枠体511に配置することにより、フィルタ531の厚みだけペリクル500の高さを低くすることができる。

[0124] ペリクル膜501、第1の枠体511及び第2の枠体513としては、上述したペリクル膜101、基板105及び第2の枠体113と同様の材料を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0125] 第1の枠体511と第2の枠体513とは、接着層541を介して固定される。接着層541の厚みは、第1の枠体511と第2の枠体513との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。また、接着層541に用いる接着剤は、接着層141と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0126] 貫通孔521は、ペリクル膜501及び第1の枠体511の一部を除去した領域に第1の枠体511を貫通して配置される。また、本実施形態においては、第1の枠体511の第2の枠体513と対向する面に、貫通孔521に接続する溝部525を配置することで、溝部525と第2の枠体513との結合により、貫通孔521に接続する孔523を形成する。このため、貫通孔521及び、貫通孔521と第1の枠体511の内側の面に配置した開口とを接続する孔523は、常圧（ 0.1MPa ）から露光時の真空状態（ $10^{-4}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ ）迄減圧した時に、ペリクル500内外の差圧によるペリクル膜501の膨張が 0.5mm 未満となる径である。本実施形態において、貫通孔521及び孔523の径は、減圧したときに貫通孔521に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。

[0127] 減圧した時に貫通孔521で発生する圧力損失は 1Pa 以下となることが望ましく、より望ましくは 0.5Pa 以下である。ここで、フィルタ531は貫通孔521を覆うように設置され、減圧したときの圧力損失の大部分はフィルタ531部分で発生し、貫通孔521では圧力損失はほとんど生じない

ようにすることが好ましい。例えば、貫通孔521での圧力損失が1 Pa以下となるように、より好ましくは0.1 Pa程度となるように、貫通孔521のサイズを調整する。

[0128] 例えば、350 Pa/secの速度で減圧されるとき、貫通孔521で発生するペリクル500内外の圧力損失が1 Paとなるときに貫通孔521の直径は480 μ m及び数は4個である。貫通孔521の形状は特に問わず、円形、楕円形、長方形、多角形、台形などの形状であってよい。貫通孔521の径は特に制限されないが、第1の枠の強度が低下しない範囲で、10~500 μ m程度となることが望ましい。貫通孔521の数も特に制限されず、フィルタの長さや、フィルタの幅に応じて選択できる。

[0129] フィルタ531は、フィルタ131と同様のフィルタを用いることができるため、詳細な説明は省略する。フィルタ531は、第1の枠体511への接着性を確保するとともに、ペリクル500の開口率を確保する観点から、幅を1 mm以上4 mm以下とすることが好ましい。フィルタ531の幅は、第1の枠体511の幅に収まればよい。

[0130] フィルタ531の総面積は減圧したときにフィルタ531に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。減圧したときにフィルタ531に発生する圧力損失は2 Pa以下となることが望ましい。フィルタ531の長さはフィルタ531の面積をフィルタ531の幅で割ることで算出できる。フィルタ1枚当たりの長さの範囲は特に制限はないが、1 cm以上15 cm以下の範囲が望ましく、より望ましくは2 cm以上10 cm以下である。フィルタの厚み（高さ）は、フォトリソにペリクルを装着する空間が2.5 mmしかないため、ペリクルとフィルタの厚み（高さ）の合計が2.5 mm未満となるように配慮する必要がある。ペリクルの高さにもよるが、厚みは0.05 mm以上1.0 mm以下の範囲が好ましく、より望ましくは0.1 mm以上0.4 mm以下である。

[0131] また、第2の枠体513の底面には接着層543が配置される。接着層543は、ペリクル500をフォトリソに固定するための手段である。接着層

543の厚みは、フォトリソと第2の枠体513との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。接着層543に用いる接着剤は、接着層143と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0132] ペリクル500においては、フィルタ531の上面がペリクル膜501と同一面になるようにフィルタが配置されるため、ペリクル膜501、第1の枠体511、接着層541、第2の枠体513及び接着層543を含めた高さは、 2mm 以下であることが好ましい。上述したように、フォトリソにペリクルを装着するための空間が 2.5mm の高さしか存在していないため、ペリクル膜501の破損を防ぐために、ペリクル500の高さは 2mm 以下であることが好ましい。

[0133] 使用前のペリクル500の接着層543に塵埃等が付着するのを防止するため、剥離可能なライナー551により接着層543が保護される。

[0134] 本発明においては、ペリクル膜501及び第1の枠体511の一部を除去した領域で貫通孔521が第1の枠体511を貫通し、第1の枠体511の溝部525と第2の枠体513との結合により、貫通孔521に接続する孔523を形成するため、フィルタ531の背面に貫通孔521以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ531を配置することができる。また、本発明においては、ペリクル膜501に隣接して、第1の枠体511上にフィルタ531を配置することにより、ペリクル500の高さを低くすることができる。また、フィルタ531の上面がペリクル膜501と同一面になるように、フィルタ531を配置することにより、フィルタ531の厚みの分、ペリクル500の高さを低く抑えることができる。

[0135] (ペリクル500の製造方法)

本実施形態に係るペリクル500は、例えば、図14を参照し、以下のように製造することができる。なお、以下の製造工程は一例であって、必要に応じて製造工程の順序を変更することもできる。図14は、ペリクル500の製造工程を示す図である。基板505を準備し、基板505上にペリクル膜

501を形成する（図14（a））。基板505には、上述したように、例えば、シリコン基板、サファイア基板、炭化ケイ素基板等を用いることができる。これらに限定されるものではないが、基板としては、シリコン基板、サファイア基板、炭化ケイ素基板が好ましく、シリコン基板がより好ましい。

[0136] ペリクル膜501は、蒸着により膜厚が20nm以上50nm以下となるように、基板505上に形成する。EUV光は、あらゆる物質に対して吸収されやすいため、ペリクル膜501は5nm以上30nm以下の波長の光に90.0%以上の透過率を有するように、薄く形成することが好ましい。本発明に係るペリクル膜501は、好ましくは、5nm～13.5nm程度の波長の光に対して、より好ましくは13.5±0.3nmの波長の光に対して、90.0%以上の透過率を有する。

[0137] 貫通孔521を形成する所定の位置のペリクル膜501及び基板505の一部をエッチングにより除去し、基板505を露出させる（図14（b））。ペリクル膜501が形成された面とは反対側の基板505の面をエッチングし、基板505一部を除去して、ペリクル膜501を露出させて第1の枠体511と、第2の枠体513と対向する面に、貫通孔521に接続する溝部525を形成する。また、ペリクル膜501及び基板505の一部を除去した所定の位置に、ペリクル膜501と第1の枠体511とを貫通する貫通孔521を形成する（図14（c））。

[0138] 本実施形態においては、第1の枠体511の第2の枠体513と対向する面に、貫通孔521に接続する溝部525を配置することで、溝部525と第2の枠体513との結合により、貫通孔521に接続する孔523を形成する。このため、貫通孔521の径及び孔523の大きさは、常圧（0.1MPa）から露光時の真空状態（ $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa）迄減圧した時に、ペリクル500内外の差圧によるペリクル膜501の膨張が0.5mm未満となる径とする。本実施形態において、貫通孔521はフィルタ531により覆われるため、貫通孔521の径及び孔523の大きさは、フィルタ531に

よる抵抗を考慮して設定される。

- [0139] ペリクル膜501及び基板505の一部を除去した領域に、貫通孔521を覆うフィルタ531を接着する(図14(d))。フィルタ531は、上述した特性を有するフィルタが好ましく、第1の枠体511への接着性を確保するとともに、ペリクル500の開口率を確保する観点から、幅を1mm以上4mm以下とすることが好ましい。フィルタ531を接着するタイミングは特に制限はなく、第2の枠体に固定した後で貼り付けてもよい。
- [0140] フィルタ531の総面積は減圧したときにフィルタ531に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。減圧したときにフィルタ531に発生する圧力損失は2Pa以下となることが望ましい。フィルタ531の長さはフィルタの面積をフィルタ531の幅で割ることで算出できる。フィルタ1枚当たりの長さの範囲は特に制限はないが、1cm以上15cm以下の範囲が望ましく、より望ましくは2cm以上10cm以下である。フィルタの厚み(高さ)は、フォトリソにペリクルを装着する空間が2.5mmしかないため、ペリクルとフィルタの厚み(高さ)の合計が2.5mm未満となるように配慮する必要がある。ペリクルの高さにもよるが、厚みは0.05mm以上1.0mm以下の範囲が好ましく、より望ましくは0.1mm以上0.4mm以下である。
- [0141] 別途、実施形態1と同様に、第2の枠体513を準備する。第2の枠体513の底面に接着層543を形成する。また、接着層543を保護するライナー551を配置する。ここで、接着層543を形成したライナー551を準備して、接着層543を介して、ライナー551を第2の枠体513の底面に貼り付けてもよい。
- [0142] 第2の枠体513の上面に、接着層541を形成する。形成した接着層541を介して、第1の枠体511を第2の枠体513に固定する。このとき、第2の枠体513と対向する面に形成した溝部525と第2の枠体513との結合により、貫通孔521に接続する孔523が形成される。
- [0143] フォトリソにペリクルを装着するための空間が2.5mmの高さしか存在

していないため、本実施形態においては、フィルタ531の上面がペリクル膜501と同一面になるようにフィルタが配置されるため、ペリクル膜501、第1の枠体511、接着層541、第2の枠体513及び接着層543を含めた高さは、2mm以下であることが好ましい。

[0144] 本発明においては、ペリクル膜501及び第1の枠体511の一部を除去した領域で貫通孔521が第1の枠体511を貫通し、第1の枠体511の溝部525と第2の枠体513との結合により、貫通孔521に接続する孔523を形成するため、フィルタ531の背面に貫通孔521以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ531を配置することができる。また、本発明においては、ペリクル膜501に隣接して、第1の枠体511上にフィルタ531を配置することにより、ペリクル500の高さを低くすることができる。また、フィルタ531の上面がペリクル膜501と同一面になるように、フィルタ531を配置することにより、フィルタ531の厚みの分、ペリクル500の高さを低く抑えることができる。

[0145] (実施形態6)

実施形態5の変形例として、実施形態6のペリクル600について説明する。図15は、本発明の一実施形態に係るペリクル600の図1の線分A A'における断面図である。実施形態6のペリクル600は、第1の枠体611の溝部625をペリクル膜601に接する位置までエッチングし、貫通孔621と同程度の高さの孔623を形成する点で、実施形態5のペリクル500と異なる。その他の構成については、ペリクル500と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0146] ペリクル600においては、ペリクル膜601及び第1の枠体611の一部を除去した領域で貫通孔621が第1の枠体611を貫通し、第1の枠体611の溝部625と第2の枠体613との結合により、貫通孔621に接続する孔623を形成するため、フィルタ631の背面に貫通孔621以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ631を配置することができる。また、本発明においては、ペリクル膜601に隣接して、第1

の枠体 611 上にフィルタ 631 を配置することにより、ペリクル 600 の高さを低くすることができる。また、フィルタ 631 の上面がペリクル膜 601 と同一面になるように、フィルタ 631 を配置することにより、フィルタ 631 の厚みの分、ペリクル 600 の高さを低く抑えることができる。さらに、ペリクル 600 においては、貫通孔 621 がペリクル膜 601 と第 1 の枠体 611 とを貫通し、第 1 の枠体 611 の溝部 625 と第 2 の枠体 613 とが直結した孔 623 を形成するため、通気性が大幅に向上する。

[0147] (ペリクル 600 の製造方法)

本実施形態に係るペリクル 600 は、例えば、図 16 を参照し、以下のように製造することができる。なお、以下の製造工程は一例であって、必要に応じて製造工程の順序を変更することもできる。図 16 は、ペリクル 600 の製造工程を示す図である。基板 605 を準備し、基板 605 上にペリクル膜 601 を形成する(図 16 (a))。基板 605 は、上述した基板 505 と同様の部材を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0148] ペリクル膜 601 は、蒸着により膜厚が 20 nm 以上 50 nm 以下となるように、基板 605 上に形成する。ペリクル膜 601 の材質及び構成は、上述したペリクル膜 501 と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0149] 貫通孔 621 を形成する所定の位置のペリクル膜 601 及び基板 605 の一部をエッチングにより除去し、基板 605 を露出させる(図 16 (b))。ペリクル膜 601 が形成された面とは反対側の基板 605 の面をエッチングして、基板 605 一部を除去し、第 1 の枠体 611 の第 2 の枠体 613 と対向する面に、貫通孔 621 と、貫通孔 621 に接続する溝部 625 とを一括で形成する(図 16 (c))。本実施形態においては、このエッチング工程により、ペリクル膜 601 を除去した所定の位置に、ペリクル膜 601 を貫通する貫通孔 621 が、溝部 625 と一体形成される。

[0150] このため、貫通孔 621 の径及び孔 623 の大きさは、常圧(0.1 MPa)から露光時の真空状態($10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa)迄減圧した時に、ペリクル 600 内外の差圧によるペリクル膜 601 の膨張が 0.5 mm 未満となる径

とする。本実施形態において、貫通孔621はフィルタ631により覆われるため、貫通孔621の径及び孔623の大きさは、フィルタ631による抵抗を考慮して設定される。

[0151] ペリクル膜601及び基板605の一部を除去した領域に、貫通孔621を覆うフィルタ631を接着する（図16（d））。フィルタ631材質及び構成は、上述したフィルタ531と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0152] 別途、第2の枠体613を準備する。第2の枠体613、接着層641、接着層643及びライナー651の材質及び構成は、第2の枠体513、接着層541、接着層543及びライナー551と同様であるため、詳細な説明は省略する。また、第1の枠体611と第2の枠体613との貼り合わせの工程は、上述したペリクル500と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0153] （実施形態7）

実施形態2～6のペリクルにおいては、貫通孔に接続する溝部を第1の枠体に形成して孔を形成した。本実施形態においては、第2の枠体に貫通孔に接続する孔を形成する例について説明する。

[0154] 図17は、本発明の一実施形態に係るペリクル700の図1の線分AA'における断面図である。ペリクル700は、ペリクル膜701を配置した第1の枠体711と、第1の枠体711を支持する第2の枠体713と、を備える。また、ペリクル700は、ペリクル膜701と第1の枠体711とを貫通する貫通孔721と、ペリクル膜701上に配置され、貫通孔721を覆うフィルタ731と、を備える。

[0155] 本実施形態においては、第2の枠体713が、第1の枠体711と対向する面に配置した第1の開口723と、第2の枠体713の内側の面に配置した第2の開口725とを有し、2つの開口は、第2の枠体713の内部に配置された孔727で接続され、第1の開口723が貫通孔721に接続する。フィルタ731は、第1の枠体711上のペリクル膜701の領域に接着層

(図示せず)を介して配置される。

- [0156] ペリクル膜 701、第1の枠体 711 及び第2の枠体 713 としては、上述したペリクル膜 101、基板 105 及び第2の枠体 113 と同様の材料を用いることができるため、詳細な説明は省略する。
- [0157] 第1の枠体 711 と第2の枠体 713 とは、接着層 741 を介して固定される。接着層 741 の厚みは、第1の枠体 711 と第2の枠体 713 との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。また、接着層 741 に用いる接着剤は、接着層 141 と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。
- [0158] 貫通孔 721 は、ペリクル膜 701 と第1の枠体 711 とを貫通して配置される。また、本実施形態においては、第2の枠体 713 の第1の枠体 711 と対向する面に配置した第1の開口 723 と、第2の枠体 713 の内側の面に配置した第2の開口 725 とを有し、2つの開口は、第2の枠体 713 の内部に配置された孔 727 で接続され、第1の開口 723 が貫通孔 721 に接続する。このため、貫通孔 721 の径及び、貫通孔 721 と第2の枠体 713 の内部に配置された孔 727 の径は、常圧 (0.1MPa) から露光時の真空状態 ($10^{-4}\sim 10^{-6}\text{Pa}$) 迄減圧した時に、ペリクル 700 内外の差圧によるペリクル膜 701 の膨張が 0.5mm 未満となる径である。本実施形態において、貫通孔 421 及び孔 427 の径は、減圧したときに貫通孔 721 に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。
- [0159] 減圧した時に貫通孔 721 で発生する圧力損失は 1Pa 以下となることが望ましく、より望ましくは 0.5Pa 以下である。ここで、フィルタ 731 は貫通孔 721 を覆うように設置され、減圧したときの圧力損失の大部分はフィルタ 731 部分で発生し、貫通孔 721 では圧力損失はほとんど生じないようにすることが好ましい。例えば、貫通孔 721 での圧力損失が 1Pa 以下となるように、より好ましくは 0.1Pa 程度となるように、貫通孔 721 のサイズを調整する。

- [0160] 例えば、 $350\text{ Pa}/\text{sec}$ の速度で減圧されるとき、貫通孔721で発生するペリクル400内外の圧力損失が 1 Pa となるとき、貫通孔721の直径は $500\text{ }\mu\text{m}$ 及び数は4個である。貫通孔721の形状は特に問わず、円形、楕円形、長方形、多角形、台形などの形状であってよい。貫通孔721の径は特に制限されないが、第1の枠の強度が低下しない範囲で、 $10\sim500\text{ }\mu\text{m}$ 程度となることが望ましい。貫通孔721の数も特に制限されず、フィルタの長さや、フィルタの幅に応じて選択できる。
- [0161] フィルタ731は、フィルタ131と同様のフィルタを用いることができるため、詳細な説明は省略する。フィルタ731は、ペリクル膜701への接着性を確保するとともに、ペリクル700の開口率を確保する観点から、幅を 1 mm 以上 4 mm 以下とすることが好ましい。フィルタ731の幅は、第1の枠体711の幅に収まればよい。
- [0162] フィルタ731の総面積は減圧したときにフィルタ731に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。減圧したときにフィルタ731に発生する圧力損失は 2 Pa 以下となることが望ましい。フィルタ731の長さはフィルタ731の面積をフィルタ731の幅で割ることで算出できる。フィルタ1枚当たりの長さの範囲は特に制限はないが、 1 cm 以上 15 cm 以下の範囲が望ましく、より望ましくは 2 cm 以上 10 cm 以下である。
- [0163] また、第2の枠体713の底面には接着層743が配置される。接着層743は、ペリクル700をフォトリソに固定するための手段である。接着層743の厚みは、フォトリソと第2の枠体713との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、 $10\text{ }\mu\text{m}$ 以上 $300\text{ }\mu\text{m}$ 以下である。接着層743に用いる接着剤は、接着層143と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。
- [0164] ペリクル700において、ペリクル膜701、第1の枠体711、接着層741、第2の枠体713及び接着層743を含めた高さは、 2 mm 以下であることが好ましい。上述したように、フォトリソにペリクルを装着するための空間が 2.5 mm の高さしか存在していないため、ペリクル膜701の

破損を防ぐために、ペリクル700の高さは2mm以下であることが好ましい。

[0165] 使用前のペリクル700の接着層743に塵埃等が付着するのを防止するため、剥離可能なライナー751により接着層743が保護される。

[0166] 本実施形態においては、貫通孔721がペリクル膜701と第1の枠体711とを貫通し、第2の枠体713に配置された孔727に接続するため、フィルタ731の背面に貫通孔721以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ731を配置することができる。また、本実施形態においては、第2の枠体713に孔727を形成するため、第1の枠体よりも容易に加工することができる。

[0167] (ペリクル700の製造方法)

本実施形態に係るペリクル700は、例えば、図18及び図19を参照し、以下のように製造することができる。なお、以下の製造工程は一例であって、必要に応じて製造工程の順序を変更することもできる。図18及び図19は、ペリクル700の製造工程を示す図である。基板705を準備し、基板705上にペリクル膜701を形成する(図18(a))。基板705には、上述したように、例えば、シリコン基板、サファイア基板、炭化ケイ素基板等を用いることができるが、これらに限定されるものではない。

[0168] ペリクル膜701は、蒸着により膜厚が20nm以上50nm以下となるように、基板705上に形成する。EUV光は、あらゆる物質に対して吸収されやすいため、ペリクル膜701は5nm以上30nm以下の波長の光に90.0%以上の透過率を有するように、薄く形成することが好ましい。本発明に係るペリクル膜701は、好ましくは、5nm~13.5nm程度の波長の光に対して、より好ましくは13.5±0.3nmの波長の光に対して、90.0%以上の透過率を有する。

[0169] 貫通孔721を形成する所定の位置のペリクル膜701をエッチングにより除去し、基板705を露出させる(図18(b))。ペリクル膜701が形成された面とは反対側の基板705の面をエッチングし、ペリクル膜701

を除去した所定の位置に、ペリクル膜 701 と第 1 の枠体 711 とを貫通する貫通孔 721 を形成する（図 18（c））。

[0170] 本実施形態においては、第 2 の枠体 713 の第 1 の枠体 711 と対向する面に第 1 の開口 723 を形成し、第 2 の枠体 713 の内側の面に第 2 の開口 725 を形成し、第 2 の枠体 713 の内部に 2 つの開口を接続する孔 727 を形成し、第 1 の開口 723 を貫通孔 721 に接続する。このため、貫通孔 721 の径及び孔 727 の大きさは、常圧（0.1 MPa）から露光時の真空状態（ $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Pa）迄減圧した時に、ペリクル 700 内外の差圧によるペリクル膜 701 の膨張が 0.5 mm 未満となる径とする。本実施形態において、貫通孔 721 はフィルタ 731 により覆われるため、貫通孔 721 の径及び孔 727 の大きさは、フィルタ 731 による抵抗を考慮して設定される。

[0171] ペリクル膜 701 上に、貫通孔 721 を覆うフィルタ 731 を接着する（図 18（d））。フィルタ 731 は、上述した特性を有するフィルタが好ましく、ペリクル膜 701 への接着性を確保するとともに、ペリクル 700 の開口率を確保する観点から、幅を 1 mm 以上 4 mm 以下とすることが好ましい。フィルタ 731 を接着するタイミングは特に制限はなく、第 2 の枠体に固定した後で貼り付けてもよい。

[0172] 別途、第 2 の枠体 713 を準備する。本実施形態においては、第 2 の枠体 713 の第 1 の枠体 711 と対向する面に第 1 の開口 723 を形成し、第 2 の枠体 713 の内側の面に第 2 の開口 725 を形成し、第 2 の枠体 713 の内部に 2 つの開口を接続する孔 727 を形成する（図 19（a））。

[0173] また、第 2 の枠体 713 の底面に接着層 743 を形成する。さらに、接着層 743 を保護するライナー 751 を配置する（図 19（b））。ここで、接着層 743 を形成したライナー 751 を準備して、接着層 743 を介して、ライナー 751 を第 2 の枠体 713 の底面に貼り付けてもよい。

[0174] 第 2 の枠体 713 の上面に、接着層 741 を形成する（図 19（c））。形成した接着層 741 を介して、第 1 の枠体 711 を第 2 の枠体 713 に固定

する（図１９（ｄ））。このとき、貫通孔７２１に第１の開口７２３が接続され、貫通孔７２１と孔７２７が通気口を形成する。

[0175] フォトマスクにペリクルを装着するための空間が２．５ｍｍの高さしか存在していないため、本実施形態においては、フィルタ７３１、ペリクル膜７０１、第１の枠体７１１、接着層７４１、第２の枠体７１３及び接着層７４３を含めた高さを２ｍｍ以下とすることが好ましい。

[0176] 本実施形態においては、貫通孔７２１がペリクル膜７０１と第１の枠体７１１とを貫通し、第２の枠体７１３に配置された孔７２７に接続するため、フィルタ７３１の背面に貫通孔７２１以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ７３１を配置することができる。また、本実施形態においては、第２の枠体７１３に孔７２７を形成するため、第１の枠体よりも容易に加工することができる。

[0177] （実施形態８）

実施形態７の変形例として、ペリクル８００を示す。図２０は、本発明の一実施形態に係るペリクル８００の図１の線分ＡＡ’における断面図である。ペリクル８００は、ペリクル膜８０１を配置した第１の枠体８１１と、第１の枠体８１１を支持する第２の枠体８１３と、を備える。また、ペリクル８００は、ペリクル膜８０１と第１の枠体８１１とを貫通する貫通孔８２１と、ペリクル膜８０１上に配置され、貫通孔８２１を覆うフィルタ８３１と、を備える。

[0178] 本実施形態においては、第２の枠体８１３は、第１の枠体８１１と対向する面に、貫通孔８２１に接続する溝部８２５を有し、溝部８２５は、第１の枠体８１１との結合により、貫通孔８２１に接続する孔８２３を形成し、孔８２３は、第２の枠体８１３の内側の面に開口を有する。フィルタ８３１は、第１の枠体８１１上のペリクル膜８０１の領域に接着層（図示せず）を介して配置される。

[0179] ペリクル膜８０１、第１の枠体８１１及び第２の枠体８１３としては、上述したペリクル膜１０１、基板１０５及び第２の枠体１１３と同様の材料を用

いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0180] 第1の枠体811と第2の枠体813とは、接着層841を介して固定される。接着層841の厚みは、第1の枠体811と第2の枠体813との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、 $10\mu\text{m}$ 以上 $300\mu\text{m}$ 以下である。また、接着層841に用いる接着剤は、接着層141と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0181] 貫通孔821は、ペリクル膜801と第1の枠体811とを貫通して配置される。また、本実施形態においては、第2の枠体813の第1の枠体811と対向する面に、貫通孔821に接続する溝部825を有し、溝部825は、第1の枠体811との結合により、貫通孔821に接続する孔823を形成し、孔823は、第2の枠体813の内側の面に開口を有する。このため、貫通孔821の径及び、溝部825と第1の枠体811との結合により形成される孔823の大きさは、常圧（ 0.1MPa ）から露光時の真空状態（ $10^{-4}\sim 10^{-6}\text{Pa}$ ）迄減圧した時に、ペリクル800内外の差圧によるペリクル膜801の膨張が 0.5mm 未満となる径である。本実施形態において、貫通孔821の径及び孔823の大きさは、減圧したときに貫通孔に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。

[0182] 減圧した時に貫通孔821で発生する圧力損失は 1Pa 以下となることが望ましく、より望ましくは 0.5Pa 以下である。ここで、フィルタ831は貫通孔821を覆うように設置され、減圧したときの圧力損失の大部分はフィルタ831部分で発生し、貫通孔821では圧力損失はほとんど生じないようにすることが好ましい。例えば、貫通孔821での圧力損失が 1Pa 以下となるように、より好ましくは 0.1Pa 程度となるように、貫通孔821のサイズを調整する。

[0183] 例えば、 $350\text{Pa}/\text{sec}$ の速度で減圧されるとき、貫通孔821で発生するペリクル800内外の圧力損失が 1Pa となるときに貫通孔821の直径は $480\mu\text{m}$ 及び数は4個である。貫通孔821の形状は特に問わず、円

形、楕円形、長方形、多角形、台形などの形状であってよい。貫通孔 8 2 1 の径は特に制限されないが、第 1 の枠の強度が低下しない範囲で、10～500 μm 程度となることが望ましい。貫通孔 8 2 1 の数も特に制限されず、フィルタの長さや、フィルタの幅に応じて選択できる。

[0184] フィルタ 8 3 1 は、フィルタ 1 3 1 と同様のフィルタを用いることができるため、詳細な説明は省略する。フィルタ 8 3 1 は、ペリクル膜 8 0 1 への接着性を確保するとともに、ペリクル 8 0 0 の開口率を確保する観点から、幅を 1 mm 以上 4 mm 以下とすることが好ましい。フィルタ 8 3 1 の幅は、第 1 の枠体 8 1 1 の幅に収まればよい。

[0185] フィルタ 8 3 1 の総面積は減圧したときにフィルタ 8 3 1 に発生する圧力損失の上限値を考慮して設定される。減圧したときにフィルタ 8 3 1 に発生する圧力損失は 2 Pa 以下となることが望ましい。フィルタ 8 3 1 の長さはフィルタ 8 3 1 の面積をフィルタ 8 3 1 の幅で割ることで算出できる。フィルタ 1 枚当たりの長さの範囲は特に制限はないが、1 cm～15 cm の範囲が望ましく、より望ましくは 2 cm～10 cm である。

[0186] また、第 2 の枠体 8 1 3 の底面には接着層 8 4 3 が配置される。接着層 8 4 3 は、ペリクル 8 0 0 をフォトリソに固定するための手段である。接着層 8 4 3 の厚みは、フォトリソと第 2 の枠体 8 1 3 との十分な接着が確保できる範囲で可能な限り薄いことが好ましく、例えば、10 μm 以上 300 μm 以下である。接着層 8 4 3 に用いる接着剤は、接着層 1 4 3 と同様の接着剤を用いることができるため、詳細な説明は省略する。

[0187] ペリクル 8 0 0 において、フィルタ 8 3 1、ペリクル膜 8 0 1、第 1 の枠体 8 1 1、接着層 8 4 1、第 2 の枠体 8 1 3 及び接着層 8 4 3 を含めた高さは、2 mm 以下であることが好ましい。上述したように、フォトリソにペリクルを装着するための空間が 2.5 mm の高さしか存在していないため、ペリクル膜 8 0 1 の破損を防ぐために、ペリクル 8 0 0 の高さは 2 mm 以下であることが好ましい。

[0188] 使用前のペリクル 8 0 0 の接着層 8 4 3 に塵埃等が付着するのを防止するた

め、剥離可能なライナー８５１により接着層８４３が保護される。

[0189] 本実施形態においては、貫通孔８２１がペリクル膜８０１と第１の枠体８１１とを貫通し、第２の枠体８１３に形成された溝部８２５と第１の枠体８１１との結合により形成される孔８２３に接続するため、フィルタ８３１の背面に貫通孔８２１以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ８３１を配置することができる。また、本実施形態においては、第２の枠体８１３に溝部８２５を形成するため、第１の枠体よりも容易に加工することができる。

[0190] （ペリクル８００の製造方法）

ペリクル８００の製造方法の製造方法は、第２の枠体８１３に溝部８２５を形成する点において、ペリクル７００の製造方法とは異なる。本実施形態においては、第２の枠体８１３の第１の枠体８１１と対向する面に、貫通孔８２１に接続する溝部８２５を形成し、接着層８４１を介して第１の枠体８１１を第２の枠体８１３に固定して、貫通孔８２１に接続し、且つ、第２の枠体８１３の内側の面に開口を有する孔８２３を形成する。その他の製造工程は、ペリクル７００と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0191] また、上述した実施形態７及び８のペリクルに、実施形態５及び６で説明したフィルタの上面がペリクル膜と同一面になるように、フィルタを配置する実施形態と組み合わせることが可能であることは、当業者には明らかである。本発明に係るペリクルには、このような態様が含まれる。

[0192] （実施形態９）

実施形態５で説明したペリクル膜５０１に隣接して、第１の枠体５１１上にフィルタ５３１を配置する構成と、実施形態７の孔７２７を備えた第２の枠体７１３を組合せた例について説明する。

[0193] 図２１は、本発明の一実施形態に係るペリクル９００の図１の線分ＡＡ’における断面図である。ペリクル９００は、ペリクル膜９０１を配置した第１の枠体９１１と、第１の枠体９１１を支持する第２の枠体９１３と、を備える。また、ペリクル９００は、第１の枠体９１１を貫通する貫通孔９２１と

、第1の枠体911のペリクル膜901が配置された面側でペリクル膜901に隣接して貫通孔921を覆うフィルタ931と、を備える。また、フィルタ931の上面がペリクル膜901と同一面になるように、フィルタ931が配置されることが好ましい。フィルタ931は、第1の枠体911上のペリクル膜901の領域に接着層（図示せず）を介して配置される。

[0194] 第2の枠体913は、第1の枠体911と対向する面に配置した第1の開口923と、第2の枠体913の内側の面に配置した第2の開口925とを有し、2つの開口は、第2の枠体913の内部に配置された孔927で接続され、第1の開口923が貫通孔921に接続する。その他の構成は、実施形態5及び7で説明した構成と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0195] 本実施形態においては、貫通孔921が第1の枠体911を貫通し、第2の枠体913に配置された孔927に接続するため、フィルタ931の背面に貫通孔921以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ931を配置することができる。本実施形態においては、第2の枠体913に孔927を形成するため、第1の枠体よりも容易に加工することができる。また、ペリクル膜901を第1の枠体911に配置することにより、フィルタ931の厚みだけペリクル900の高さを低くすることができる。

[0196] （ペリクル900の製造方法）

ペリクル900の製造方法の製造方法は、第1の枠体911の第2の枠体913と対向する面に、貫通孔921を形成する工程までが実施形態5と同様であるため、詳細な説明は省略する。第1の枠体911に貫通孔921と接続する溝部を形成しない点で、実施形態5と異なる。また、第2の枠体913の第1の枠体911と対向する面に第1の開口923を形成し、第2の枠体913の内側の面に第2の開口925を形成し、第2の枠体913の内部に2つの開口を接続する孔927を形成し、第1の開口923を貫通孔921に接続する。その他の製造工程は、ペリクル700と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0197] （実施形態10）

実施形態5で説明したペリクル膜501に隣接して、第1の枠体511上にフィルタ531を配置する構成と、実施形態8の孔823を備えた第2の枠体813を組合せた例について説明する。

[0198] 図22は、本発明の一実施形態に係るペリクル1000の図1の線分A-A'における断面図である。ペリクル1000は、ペリクル膜1001を配置した第1の枠体1011と、第1の枠体1011を支持する第2の枠体1013と、を備える。また、ペリクル1000は、第1の枠体1011を貫通する貫通孔1021と、第1の枠体1011のペリクル膜1001が配置された面側でペリクル膜1001に隣接して貫通孔1021を覆うフィルタ1031と、を備える。また、フィルタ1031の上面がペリクル膜1001と同一面になるように、フィルタ1031が配置されることが好ましい。フィルタ1031は、第1の枠体1011上のペリクル膜1001の領域に接着層（図示せず）を介して配置される。

[0199] 第2の枠体1013は、第1の枠体1011と対向する面に、貫通孔1021に接続する溝部1025を有し、溝部1025は、第1の枠体1011との結合により、貫通孔1021に接続する孔1023を形成し、孔1023は、第2の枠体1013の内側の面に開口を有する。その他の構成は、実施形態5及び8で説明した構成と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0200] 本実施形態においては、貫通孔1021が第1の枠体1011を貫通し、第2の枠体1013に形成された溝部1025と第1の枠体1011との結合により形成される孔1023に接続するため、フィルタ1031の背面に貫通孔1021以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタ1031を配置することができる。また、本実施形態においては、第2の枠体1013に溝部1025を形成するため、第1の枠体よりも容易に加工することができる。また、ペリクル膜1001を第1の枠体1011に配置することにより、フィルタ1031の厚みだけペリクル1000の高さを低くすることができる。

[0201] （ペリクル1000の製造方法）

ペリクル１０００の製造方法の製造方法は、第１の枠体１０１１の第２の枠体１０１３と対向する面に、貫通孔１０２１を形成する工程までが実施形態５と同様であるため、詳細な説明は省略する。第１の枠体１０１１に貫通孔１０２１と接続する溝部を形成しない点で、実施形態５と異なる。また、第２の枠体１０１３の第１の枠体１０１１と対向する面に、貫通孔１０２１に接続する溝部１０２５を形成し、接着層１０４１を介して第１の枠体１０１１を第２の枠体１０１３に固定して、貫通孔１０２１に接続し、且つ、第２の枠体１０１３の内側の面に開口を有する孔１０２３を形成する。その他の製造工程は、ペリクル８００と同様であるため、詳細な説明は省略する。

[0202] 上述した実施形態において、本発明に係るペリクルのペリクル膜は膜厚が２０ｎｍ以上５０ｎｍ以下の従来にない薄い膜であるため、従来のペリクルのように手でフォトリソに固定することは困難である。したがって、専用の貼付け装置を用いて、非接触でのフォトリソへの貼付けが必要となる。本実施形態においては、非接触でのフォトリソへの貼付け手段を第２の枠体に設ける例について説明する。

[0203] 図２３は、本発明の一実施形態に係るペリクル１１００に用いる第２の枠体１１１３の模式図であり、上側の図は第２の枠体１１１３の上面側の斜視図であり、下側の図は第２の枠体１１１３の底面側の斜視図である。ペリクル１１００は、ペリクル膜１１０１を配置した第１の枠体１１１１と、第１の枠体１１１１を支持する第２の枠体１１１３を備える。また、ペリクル１１００は、ペリクル膜１１０１と第１の枠体１１１１とを貫通する貫通孔１１２１と、貫通孔１１２１を覆うフィルタ１１３１を備える。フィルタ１１３１は、ペリクル膜１１０１が配置された第１の枠体１１１１の面に接着層（図示せず）を介して配置される。

[0204] 第２の枠体１１１３上面には、溝１１１４が設けられている。本実施形態において、第２の枠体１１１３の上面（厚さ方向）から見た溝１１１４の形状は、第２の枠体１１１３の形状に沿って一周する無端形状となっている。

[0205] 第２の枠体１１１３は、貫通孔１１１４Ａ及び貫通孔１１１４Ｂを有してい

る。貫通孔１１１４Ａ及び貫通孔１１１４Ｂは、それぞれ、溝１１１４の底面と第２の枠体１１１３の外側の面との間を貫通している。

[0206] ここで、貫通孔１１１４Ａ及び１１１４Ｂは、それぞれ、溝１１１４の側面と第２の枠体１１１３の外側の面との間を貫通していてもよい。また、貫通孔１１１４Ａ及び１１１４Ｂの何れか一方は、省略されていてもよい。即ち、第２の枠体１１１３では、１つの溝（溝１１１４）に対して２つの貫通孔（貫通孔１１１４Ａ及び１１１４Ｂ）が接続しているが、本実施形態はこの態様には限定されない。本実施形態では、１つの溝（溝１１１４、溝１１１６）に対し、少なくとも１つの貫通孔が接続されていればよい。

[0207] また、図２３に示すように、第２の枠体１１１３の上面とは反対側の底面には、溝１１１６が設けられている。本実施形態において、溝１１１６の形状も、溝１１１４の形状と同様に、厚さ方向から見たときに、第２の枠体１１１３の形状に沿って一周する無端形状となっている。

[0208] 第２の枠体１１１３は、貫通孔１１１６Ａ及び貫通孔１１１６Ｂを有している。貫通孔１１１６Ａ及び貫通孔１１１６Ｂは、それぞれ、溝１１１６の底面と第２の枠体１１１３の外側の面との間を貫通している。貫通孔１１１６Ａ及び１１１６Ｂのバリエーションについては、貫通孔１１１４Ａ及び１１１４Ｂのバリエーションと同様である。

[0209] 第２の枠体１１１３は、ペリクル膜１１０１と第１の枠体１１１１とを固定（支持）してペリクル１１００を作製する用途に好適である。第２の枠体１１１３には、第１の枠体１１１１との対向面となる上面に溝１１１４が設けられ、かつ、この溝１１１４に接続する貫通孔１１１４Ａ及び１１１４Ｂが設けられている。このため、第２の枠体１１１３に第１の枠体１１１１を固定する際に、貫通孔１１１４Ａ及び１１１４Ｂを通じて溝１１１４の内部を（例えば真空ポンプ等の排気手段によって）減圧することにより、第２の枠体１１１３と第１の枠体１１１１との間の圧力を減圧することができる。この減圧により、第２の枠体１１１３と第１の枠体１１１１との間に押し付け合う力を働かせることができるので、第２の枠体１１１３及び第１の枠体１

１１１の前面及び背面（即ち、第２の枠体１１１３の上面及び底面、並びに、第１の枠体１１１１のペリクル膜１１０１が配置された面及び第１の枠体１１１１の底面）に接触することなく、両者を固定することができる。

[0210] 第２の枠体１１１３と第１の枠体１１１１との固定は、接着層１１４１を介して行われる。減圧することで、第２の枠体１１１３とペリクル膜１１０１とを接着層１１４１を介して押し付けることができるため、第２の枠体１１１３と第１の枠体１１１１とをしっかりと固定することができる。

[0211] なお、その他の構成については、実施形態１で説明した構成と同様であるため、詳細な説明は省略する。また、図２３においては、実施形態１に示した第１の枠体１１１と同様の構成の第１の枠体１１１１について説明したが、本実施形態は、実施形態２～８に示したような第１の枠体と係合する第２の枠体にも適用することができる。

[0212] （ペリクル１１００の製造方法）

本実施形態のペリクル１１００の製造方法の基本的な工程は、実施形態１と同様である。実施形態１と同様に、第１の枠体１１１１を形成する。

[0213] 別途、第２の枠体１１１３を準備する。第２の枠体１１１３の上面に溝１１１４形成するとともに、溝１１１４の側面と第２の枠体１１１３の外側の面との間を貫通する貫通孔１１１４Ａ及び１１１４Ｂを形成する。同様に、第２の枠体１１１３の底面に溝１１１６形成するとともに、溝１１１６の側面と第２の枠体１１１３の外側の面との間を貫通する貫通孔１１１６Ａ及び１１１６Ｂを形成する。

[0214] 第２の枠体１１１３の底面に接着層１１４３を形成する。このとき、第２の枠体１１１３の底面に設けられた溝１１１６が、接着層１１４３で覆われないように、接着層１１４３を形成する。また、接着層１１４３を保護するライナー１１５１を配置する。ここで、接着層１１４３を形成したライナー１１５１を準備して、接着層１１４３を介して、ライナー１１５１を第２の枠体１１１３の底面に貼り付けてもよい。

[0215] 第２の枠体１１１３の上面に、接着層１１４１を形成する。このとき、第２

の枠体 1113 の上面に設けられた溝 1114 が、接着層 1141 で覆われないように、接着層 1141 を形成する。接着層 1141 を介して、第 1 の枠体 1111 を第 2 の枠体 1113 に固定する。フォトリソにペリクルを装着するための空間が 2.5 mm の高さしか存在していないため、本実施形態において、第 2 の枠体 1113 の高さと、第 2 の枠体 1113 の下面に配置した接着層 1143 の高さとの合計を 2 mm 以下とすることが好ましい。

[0216] 第 1 の枠体 1111 を第 2 の枠体 1113 に固定する工程は、例えば、図 24 に示したペリクル製造装置 5000 を用いて行う。ペリクル製造装置 5000 は、真空チャンバー 5100 と、真空チャンバー 5100 内に配置された載置台 5200 と、真空チャンバー 5100 に気体を供給するための供給管 5110 と、真空チャンバー 5100 内の気体を真空チャンバー 5100 外に排出するための排出管 5120A 及び 5120B と、を備えている。排出管 5120A 及び 5120B の真空チャンバー 5100 外の端部（図示せず）は、真空ポンプ等の排気手段（図示せず）に接続されている。

[0217] 真空チャンバー 5100 内の載置台 5200 上には、第 2 の枠体 1113 が載置される。詳しくは、第 2 の枠体 1113 のライナー 1151 と載置台 5200 とが接するように載置される。そして第 2 の枠体 1113 の接着層 1141 上に、ペリクル膜 1101 と第 1 の枠体 1111 との複合部材が配置される。

[0218] 一例として、複合部材として、シリコンウェハ（例えば 8 インチシリコンウェハ）である第 1 の枠体 1111 と、多結晶シリコン膜（p-Si 膜）であるペリクル膜 1101 との複合部材が用いられている。複合部材の所定の位置には、第 1 の枠体 1111 の所定のサイズにカットするための切れ込み C1 及び C2 が設けられている。第 1 の枠体 1111 は、好ましくは第 2 の枠体 1113 との貼り合わせ前に、所定のサイズにカットされる（以下、この操作を「トリミング」ともいう）。

[0219] また、排出管 5120A 及び 5120B は、それぞれ、真空チャンバー 5100 内に端部を有している。これらの端部は、それぞれ、第 2 の枠体 111

3の溝1114の内部を減圧するための2つの貫通孔1114A及び1114Bに接続できるようになっている。

[0220] 以下、上述したペリクル製造装置5000を用いたペリクルの製造方法の例を説明する。まず、真空チャンバー5100内の載置台5200上に、第2の枠体1113を載置し、第2の枠体1113の上方に第1の枠体1111を配置する。この段階では、接着剤層1131と第1の枠体1111とが接触しないように配置する。

[0221] 次に、公知の手段によって、第2の枠体1113と第1の枠体1111との位置決めを行う。位置決めにより、第2の枠体1113によって囲まれた開口部により、第1の枠体1111が嵌るように配置する。次に、排出管5120A及び5120Bのそれぞれの端部を、第2の枠体1113（枠本体）の溝1114の内部を減圧するための2つの貫通孔1114A及び1114Bにそれぞれ接続する。

[0222] 次に、上述したトリミングにより、第1の枠体1111とペリクル膜1101との複合部材を第2の枠体1113と同サイズに切れ込みC1及びC2でカットする。

[0223] 次に、供給管910から真空チャンバー5100内に気体を供給することで、真空チャンバー5100内を加圧する。同時に、排出管5120A及び5120Bの真空チャンバー5100外の端部に接続された真空ポンプ（図示せず）を作動させることにより、排出管5120A及び5120B、及び、第2の枠体1113の2つの貫通孔1114A及び1114Bを通じて、第2の枠体1113の上面に設けられた溝1114の内部を減圧する。加圧及び減圧の程度は、真空チャンバー5100内の全体の圧力と、溝1114の内部の圧力との差（差圧）によって生じる第1の枠体1111と第2の枠体1113との間の押し付け合う力（第2の枠体1113全体に加わる力）が例えば2N程度となるように調整する。上記差圧により、第1の枠体1111と第2の枠体1113との間に押し付け合う力が生じ、第2の枠体1113の接着層1141と第1の枠体1111とが接着される。

[0224] 以上のようにして、第1の枠体1111と第2の枠体1113の前面及び背面に接触することなく、両者を接着することができる。なお、上記各操作の順は、適宜入れ替えることも可能である。

[0225] (フォトマスクへのペリクルの配置方法)

本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法は、本実施形態のペリクル1100であって第2の枠体1113の少なくともペリクル膜1101を配置した第1の枠体1111を支持する面とは反対側の面に溝1116が設けられているペリクルと、フォトマスクと、を第2の枠体1113の溝1116が設けられている面とフォトマスクとが対向するように配置する配置工程と、貫通孔1116A及び1116Bを通じて溝1116の内部を減圧することにより、ペリクル1100とフォトマスクとを固定する固定工程と、を有する。

[0226] 本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法によれば、溝1116の内部の減圧により、ペリクル1100とフォトマスクとの間に押し付け合う力を働かせることができるので、ペリクル1100及びフォトマスクの前面及び背面に接触することなく、両者を固定できる。

[0227] 本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法において、固定工程における減圧は、ペリクル1100及びフォトマスクが加圧雰囲気下に配置された状態で行うことが好ましい。この態様によれば、ペリクル1100及びフォトマスクが配置される全体の雰囲気圧力と、溝1116の内部の圧力との差(差圧)をより大きくすることができるので、ペリクル1100及びフォトマスクとの間の押し付け合う力をより大きくすることができる。このため、両者をより容易に固定することができる。

[0228] ペリクル1100とフォトマスクとの間の押し付け合う力(第2の枠体1113全体に加わる力)は、1N以上が好ましく、2N以上がより好ましい。ペリクル1100とフォトマスクとの間の押し付け合う力(第2の枠体1113全体に加わる力)は、10N以上がさらに好ましく、20N以上が特に好ましい。ペリクル1100とフォトマスクとの間の押し付け合う力(第2

の枠体 1 1 1 3 全体に加わる力) の上限には特に制限はないが、生産性などの点からは、例えば 5 0 0 N、好ましくは 4 0 0 N である。

[0229] 次に、本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法の一例を、図 2 5 を参照しながら説明する。但し、本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法はこの一例によって限定されることはない。図 2 5 は、本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法に好適なフォトマスク製造装置の一例を概念的に示す断面図である。

[0230] 図 2 5 に示すフォトマスク製造装置 6 0 0 0 は、真空チャンバー 6 1 0 0 と、真空チャンバー 6 1 0 0 に気体を供給するための供給管 6 1 1 0 と、真空チャンバー 6 1 0 0 内の気体を真空チャンバー 6 1 0 0 外に排出するための排出管 6 1 2 0 A 及び 6 1 2 0 B と、を備えている。排出管 6 1 2 0 A 及び 6 1 2 0 B の真空チャンバー 6 1 0 0 外の端部 (図示せず) は、真空ポンプ等の排気手段 (図示せず) に接続されている。

[0231] 真空チャンバー 6 1 0 0 内には、フォトマスク 6 5 0 0 が配置される。フォトマスク 6 5 0 0 としては、支持基板と、この支持基板上に積層された反射層と、反射層上に形成された吸収体層と、を含むフォトマスクを用いる。フォトマスク 6 5 0 0 は、真空チャンバー 6 1 0 0 内に、前面 (光照射面; 即ち、反射層及び吸収体層が設けられている側の面) が上となり、背面 (光照射面の反対側の面; 即ち、支持基板側の面) が下となるように配置される。

[0232] そしてフォトマスク 6 5 0 0 の反射層及び吸収層の上方に、ライナー 1 1 5 1 を除去したペリクル 1 1 0 0 が配置される。詳細には、ペリクル 1 1 0 0 の接着層 1 1 4 3 側が、フォトマスク 6 5 0 0 の前面 (光照射面) に対向する向きに配置される。

[0233] また、排出管 6 1 2 0 A 及び 6 1 2 0 B は、それぞれ、真空チャンバー 6 1 0 0 内に端部を有している。これらの端部は、それぞれ、第 2 の枠体 1 1 1 3 の底面に設けられた溝 1 1 1 6 の内部を減圧するための 2 つの貫通孔に接続できるようになっている。

[0234] 以下、フォトマスク製造装置 6 0 0 0 を用いたフォトマスクへのペリクルの

配置方法の例を説明する。まず、ライナー１１５１を除去して得られたペリクル１１００を準備する。次に、真空チャンバー６１００内に、フォトマスク６５００を、前面（光照射面）が上となる向きに配置する。このとき、フォトマスク６５００の前面及び背面に異物が付着しないようにするために、例えば、フォトマスク６５００の側面のみを支持する等して、フォトマスク６５００の前面及び背面に、機械、治具、手などが接触しないように配置する。

[0235] 次に、ペリクル１１００を、フォトマスク６５００の上方に配置する。このとき、ペリクル１１００の膜面に、異物が付着しないようにするために、例えば、第２の枠体１１１３の側面（外周面）のみを支持する等して、ペリクル１１００の膜面に、機械、治具、手などが接触しないように配置する。また、この段階では、接着層１１４３とフォトマスク６５００とが接触しないように配置する。次に、公知の手段によって、ペリクル１１００とフォトマスク６５００との位置決めを行う。

[0236] 次に、排出管６１２０Ａ及び６１２０Ｂのそれぞれの端部を、第２の枠体１１１３の底側の溝１１１６の内部を減圧するための２つの貫通孔にそれぞれ接続する。次に、供給管６１１０から真空チャンバー６１００内に気体を供給することで、真空チャンバー内を加圧する。同時に、排出管６１２０Ａ及び６１２０Ｂの真空チャンバー６１００外の端部に接続された真空ポンプ（図示せず）を作動させることにより、排出管６１２０Ａ及び６１２０Ｂ、及び、第２の枠体１１１３の２つの貫通孔１１１６Ａ及び１１１６Ｂを通じて、第２の枠体１１１３の底面に設けられた溝１１１６の内部を減圧する。加圧及び減圧の程度は、真空チャンバー６１００内の全体の圧力と、溝１１１６の内部の圧力との差（差圧）によって生じるペリクル１１００とフォトマスク６５００との間の押し付け合う力（第２の枠体１１１３全体に加わる力）が例えば２Ｎ程度となるように調整する。上記差圧により、ペリクル１１００とフォトマスク６５００との間に押し付け合う力が生じ、ペリクル１１００の接着層１１４３と、フォトマスク６５００とが接着される。

[0237] 以上のようにして、ペリクル１１００及びフォトマスク６５００の前面及び背面に接触することなく、両者を接着することができる。これにより、ペリクル１１００及びフォトマスク６５００への異物の付着を抑制しながら、両者を接着することができる。なお、上記各操作の順は、適宜入れ替えることも可能である。

[0238] (フォトマスクへのペリクルの配置方法の変形例)

上述したフォトマスクへのペリクルの配置方法では、第１の枠体１１１１と第２の枠体１１１３を接着してペリクル１１００を形成した後に、フォトマスク６５００に配置した。しかし、本発明に係るフォトマスクへのペリクルの配置方法は、これに限定されるものではなく、順序を入れ替えることも可能である。一例として、第２の枠体をフォトマスクに配置した後に、第２の枠体に第１の枠体を接着してペリクルを完成させる例について説明する。

[0239] 本実施形態においては、ペリクル膜１１０１を配置した第１の枠体１１１１を支持する面とは反対側の面に溝１１１６が設けられている第２の枠体１１１３と、フォトマスクと、を第２の枠体１１１３の溝１１１６が設けられている面とフォトマスクとが対向するように配置する配置工程と、貫通孔１１１６Ａ及び１１１６Ｂを通じて溝１１１６の内部を減圧することにより、ペリクル１１００とフォトマスクとを固定する固定工程と、ペリクル膜１１０１を配置した第１の枠体１１１１を第２の枠体１１１３に固定する工程を有する。

[0240] なお、実施形態９で説明したように、第２の枠体１１１３は、ペリクル膜１１０１を配置した第１の枠体１１１１を支持する。また、第２の枠体１１１３には、上面に設けられた溝１１１４と、溝１１１４の底面と第２の枠体１１１３の外側の面との間を貫通する貫通孔１１１４Ａ及び貫通孔１１１４Ｂと、上面とは反対側の底面に設けられた溝１１１６と、溝１１１６の底面と第２の枠体１１１３の外側の面との間を貫通する貫通孔１１１６Ａ及び貫通孔１１１６Ｂとを備える。

[0241] 本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法によれば、溝１１１６の

内部の減圧により、第2の枠体1113とフォトマスクとの間に押し付け合う力を働かせることができるので、第2の枠体1113及びフォトマスクの前面及び背面に接触することなく、接着層1143を介して、両者を固定できる。

[0242] 本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法において、第2の枠体1113の固定工程における減圧は、第2の枠体1113及びフォトマスクが加圧雰囲気下に配置された状態で行うことが好ましい。この態様によれば、第2の枠体1113及びフォトマスクが配置される全体の雰囲気圧力と、溝1116の内部の圧力との差（差圧）をより大きくすることができるので、第2の枠体1113及びフォトマスクとの間の押し付け合う力をより大きくすることができる。このため、両者をより容易に固定することができる。

[0243] 第2の枠体1113とフォトマスクとの間の押し付け合う力は、1N以上が好ましく、2N以上がより好ましい。第2の枠体1113とフォトマスクとの間の押し付け合う力は、10N以上がさらに好ましく、20N以上が特に好ましい。第2の枠体1113とフォトマスクとの間の押し付け合う力の上限には特に制限はないが、生産性などの点からは、例えば500N、好ましくは400Nである。

[0244] また、貫通孔1114A及び1114Bを通じて溝1114の内部を（例えば真空ポンプ等の排気手段によって）減圧することにより、第2の枠体1113と第1の枠体1111との間の圧力を減圧することができる。この減圧により、第2の枠体1113と第1の枠体1111との間に押し付け合う力を働かせることができるので、第2の枠体1113及び第1の枠体1111の前面及び背面（即ち、第2の枠体1113の上面及び底面、並びに、第1の枠体1111のペリクル膜1101が配置された面及び第1の枠体1111の底面）に接触することなく、両者を固定することができる。

[0245] 第2の枠体1113と第1の枠体1111との固定は、接着層1141を介して行われる。減圧することで、第2の枠体1113とペリクル膜とを接着層1141を介して押し付けることができるため、第2の枠体1113と第

1の枠体1111とをしっかりと固定することができる。

[0246] 次に、本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法の変形例を、図26を参照しながら説明する。但し、本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法はこの一例によって限定されることはない。図26は、本実施形態のフォトマスクへのペリクルの配置方法に好適なフォトマスク製造装置7000の一例を概念的に示す断面図である。

[0247] 図26に示すフォトマスク製造装置7000は、真空チャンバー7100と、真空チャンバー7100に気体を供給するための供給管7110と、真空チャンバー7100内の気体を真空チャンバー7100外に排出するための排出管7120A及び7120Bと、排出管7220A及び7220Bと、を備えている。排出管7120A及び7120Bと、排出管7220A及び7220Bと、の真空チャンバー7100外の端部（図示せず）は、真空ポンプ等の排気手段（図示せず）に接続されている。

[0248] 真空チャンバー7100内には、フォトマスク7500が配置される。フォトマスク7500としては、支持基板と、この支持基板上に積層された反射層と、反射層上に形成された吸収体層と、を含むフォトマスクを用いる。フォトマスク7500は、真空チャンバー7100内に、前面（光照射面；即ち、反射層及び吸収体層が設けられている側の面）が上となり、背面（光照射面の反対側の面；即ち、支持基板側の面）が下となるように配置される。

[0249] そしてフォトマスク7500の反射層及び吸収層の上方に、ライナー1151を除去した第2の枠体1113が配置される。詳細には、第2の枠体1113の接着層1143側が、フォトマスク7500の前面（光照射面）に対向する向きに配置される。

[0250] また、排出管7120A及び7120Bは、それぞれ、真空チャンバー7100内に端部を有している。これらの端部は、それぞれ、第2の枠体1113の底面に設けられた溝1116の内部を減圧するための2つの貫通孔に接続できるようになっている。

[0251] 以下、フォトマスク製造装置7000を用いたフォトマスクへのペリクルの

配置方法の例を説明する。まず、ライナー１１５１を除去して得られた第２の枠体１１１３を準備する。次に、真空チャンバー７１００内に、フォトマスク７５００を、前面（光照射面）が上となる向きに配置する。このとき、フォトマスク７５００の前面及び背面に異物が付着しないようにするために、例えば、フォトマスク７５００の側面のみを支持する等して、フォトマスク７５００の前面及び背面に、機械、治具、手などが接触しないように配置する。

[0252] 次に、第２の枠体１１１３を、フォトマスク７５００の上方に配置する。この段階では、接着層１１４３とフォトマスク７５００とが接触しないように配置する。次に、公知の手段によって、第２の枠体１１１３とフォトマスク７５００との位置決めを行う。

[0253] 次に、排出管７１２０Ａ及び７１２０Ｂのそれぞれの端部を、第２の枠体１１１３の底側の溝１１１６の内部を減圧するための２つの貫通孔にそれぞれ接続する。次に、供給管７１１０から真空チャンバー７１００内に気体を供給することで、真空チャンバー７１００内を加圧する。同時に、排出管７１２０Ａ及び７１２０Ｂの真空チャンバー７１００外の端部に接続された真空ポンプ（図示せず）を作動させることにより、排出管７１２０Ａ及び７１２０Ｂ、及び、第２の枠体１１１３の２つの貫通孔１１１６Ａ及び１１１６Ｂを通じて、第２の枠体１１１３の底面に設けられた溝１１１６の内部を減圧する。加圧及び減圧の程度は、真空チャンバー７１００内の全体の圧力と、溝１１１６の内部の圧力との差（差圧）によって生じる第２の枠体１１１３とフォトマスク７５００との間の押し付け合う力が例えば２Ｎ程度となるように調整する。上記差圧により、第２の枠体１１１３とフォトマスク７５００との間に押し付け合う力が生じ、ペリクル１１００の接着層１１４３と、フォトマスク７５００とが接着される。（図２６（ａ））

[0254] 次に、第２の枠体１１１３の上方に第１の枠体１１１１を配置する。この段階では、接着層１１４１と第１の枠体１１１１とが接触しないように配置する。さらに、公知の手段によって、第２の枠体１１１３と第１の枠体１１１

1 との位置決めを行う。位置決めにより、第2の枠体1113によって囲まれた開口部により、第1の枠体1111が嵌るように配置する。次に、排出管7220A及び7220Bのそれぞれの端部を、第2の枠体1113（枠本体）の溝1114の内部を減圧するための2つの貫通孔1114A及び1114Bにそれぞれ接続する。

[0255] 次に、供給管7110から真空チャンバー7100内に気体を供給することで、真空チャンバー7100内を加圧する。同時に、排出管7220A及び7220Bの真空チャンバー7100外の端部に接続された真空ポンプ（図示せず）を作動させることにより、排出管7220A及び7220B、及び、第2の枠体1113の2つの貫通孔1114A及び1114Bを通じて、第2の枠体1113の上面に設けられた溝1114の内部を減圧する。加圧及び減圧の程度は、真空チャンバー7100内の全体の圧力と、溝1114の内部の圧力との差（差圧）によって生じる第1の枠体1111と第2の枠体1113との間の押し付け合う力（第2の枠体1113全体に加わる力）が例えば2N程度となるように調整する。上記差圧により、第1の枠体1111と第2の枠体1113との間に押し付け合う力が生じ、第2の枠体1113の接着層1141と第1の枠体1111とが接着される（図26（b））。

[0256] 上述したトリミングにより、第1の枠体1111とペリクル膜1101との複合部材を第2の枠体1113と同サイズに切れ込みC1及びC2でカットする。

[0257] 以上のようにして、ペリクル1100及びフォトマスク7500の前面及び背面に接触することなく、両者を接着することができる。これにより、ペリクル1100及びフォトマスク7500への異物の付着を抑制しながら、両者を接着することができる。なお、上記各操作の順は、適宜入れ替えることも可能である。

[0258] （露光方法）

上述した実施形態に係るペリクルを用いて、極端紫外光リソグラフィによる

微細加工を実現することができる。本発明に係るペリクルをフォトマスクのレチクル面に配置し、フォトマスクを露光装置の所定の位置に配置して、レチクル面から3 mm以下の距離を有する空隙にペリクルを収容し、真空下で、ペリクルを配置したフォトマスクに5 nm以上30 nm以下の光を照射し、ペリクルを配置したフォトマスクのレチクル面から出射した光をレジスト層が形成された基材に照射することにより、レジストにパターンを露光することができる。

[0259] 本発明に係るペリクルのペリクル膜は膜厚が20 nm以上50 nm以下の従来にない薄い膜であるため、従来のペリクルのように手でフォトマスクに固定することは困難である。したがって、専用の貼付け装置を用いて、非接触での貼付けが必要となる。

[0260] 本発明に係るペリクルを貼付けたフォトマスクを露光装置の所定の位置に配置するが、レチクル面から3 mm以下、特に2.5 mmの距離を有する空隙にペリクルが収容される。

[0261] 露光装置内にレジスト層が形成された基材を導入し、露光装置内を 10^{-4} ～ 10^{-6} Pa程度の真空状態にする。このとき、フォトマスクに貼付けた本発明に係るペリクル内から空気が流出する。上述したように、本発明に係るペリクルは、第2の枠体として、断面がL字形状を有する部材を用い、フィルタの高さを第2の枠体の高さと概略等しくすることにより、フィルタの背面に貫通孔以外の空隙を生じることなく、十分な密着性を持ってフィルタが配置されているため、ペリクル膜が損傷することなく、ペリクル内を真空状態にすることができる。

[0262] その後、ペリクルを配置したフォトマスクに5 nm以上30 nm以下のEUV光を照射する。フォトマスクはレチクル面より下層に多層反射膜が形成されているため、レチクル面に入射したEUV光が多層反射膜により反射して、レチクル面の吸収体で形成されたパターンを反映したEUV光がレチクル面からペリクルを透過して出射する。

[0263] フォトマスクのレチクル面から出射した光をレジスト層が形成された基材に

照射することにより、レジストにパターンを露光することができる。これにより、従来にない微細加工が実現される。

符号の説明

- [0264] 100 : ペリクル、101 : ペリクル膜、105 : 基板、111 : 第1の枠体、113 : 第2の枠体、121 : 貫通孔、131 : フィルタ、133 : 糊代部、135 : 通気部、137 : 接着層、141 : 接着層、143 : 接着層、151 : ライナー、
- 200 : ペリクル、201 : ペリクル膜、205 : 基板、211 : 第1の枠体、213 : 第2の枠体、221 : 貫通孔、223 : 孔、225 : 溝部、231 : フィルタ、243 : 接着層、251 : ライナー、
- 300 : ペリクル、301 : ペリクル膜、305 : 基板、311 : 第1の枠体、313 : 第2の枠体、321 : 貫通孔、331 : フィルタ、341 : 接着層、343 : 接着層、351 : ライナー、
- 400 : ペリクル、401 : ペリクル膜、405 : 基板、411 : 第1の枠体、413 : 第2の枠体、421 : 貫通孔、431 : フィルタ、441 : 接着層、443 : 接着層、451 : ライナー、
- 500 : ペリクル、501 : ペリクル膜、505 : 基板、511 : 第1の枠体、513 : 第2の枠体、521 : 貫通孔、523 : 孔、525 : 溝部、531 : フィルタ、543 : 接着層、551 : ライナー、
- 600 : ペリクル、601 : ペリクル膜、605 : 基板、611 : 第1の枠体、613 : 第2の枠体、621 : 貫通孔、623 : 第1の開口、625 : 第2の開口、627 : 孔、631 : フィルタ、643 : 接着層、651 : ライナー、
- 700 : ペリクル、701 : ペリクル膜、705 : 基板、711 : 第1の枠体、713 : 第2の枠体、721 : 貫通孔、723 : 第1の開口、725 : 第2の開口、727 : 孔、731 : フィルタ、743 : 接着層、751 : ライナー、
- 800 : ペリクル、801 : ペリクル膜、805 : 基板、811 : 第1の枠

体、813：第2の枠体、821：貫通孔、823：孔、831：フィルタ、
841：接着層、843：接着層、851：ライナー、
900：ペリクル、901：ペリクル膜、911：第1の枠体、913：第2の枠体、921：貫通孔、923：孔、931：フィルタ、941：接着層、943：接着層、951：ライナー、
1000：ペリクル、1001：ペリクル膜、1011：第1の枠体、1013：第2の枠体、1021：貫通孔、1023：孔、1031：フィルタ、1041：接着層、1043：接着層、1051：ライナー、
1100：ペリクル、1101：ペリクル膜、1111：第1の枠体、1113：第2の枠体、1121：貫通孔、1131：フィルタ、1141：接着層、1143：接着層、1151：ライナー、
5000：ペリクル製造装置、5100：真空チャンバー、5200：載置台、5110：供給管、5120A：排出管、5120B：排出管、
6000：フォトリソ装置、6100：真空チャンバー、6110：供給管、6120A：排出管、6120B：排出管、6500：フォトリソマスク、
7000：フォトリソ装置、7100：真空チャンバー、7110：供給管、7120A：排出管、7120B：排出管、7220A：排出管、7220B：排出管、7500：フォトリソマスク、
1800：ペリクル、1801：ペリクル膜、1811：第1の枠体、1813：第2の枠体、1821：貫通孔、1831：フィルタ、1841：接着層、1843：接着層、1851：ライナー、1890：隙間、1900：ペリクル、1901：ペリクル膜、1911：第1の枠体、1913：第2の枠体、1921：貫通孔、1919：接着層、1943：接着層、1951：ライナー、1990：隙間

請求の範囲

- [請求項1] ペリクル膜を配置した第1の枠体と、
前記第1の枠体を支持する第2の枠体と、
前記第1の枠体を貫通する貫通孔と、
前記第1の枠体の前記ペリクル膜が配置された面側で前記貫通孔を覆うフィルタと、を備えることを特徴とするペリクル。
- [請求項2] 前記貫通孔は、前記ペリクル膜を貫通し、
前記フィルタは、前記ペリクル膜上に配置されることを特徴とする請求項1に記載のペリクル。
- [請求項3] 前記フィルタが前記ペリクル膜に隣接して、前記第1の枠体上に配置されることを特徴とする請求項1に記載のペリクル。
- [請求項4] 前記フィルタの上面が前記ペリクル膜と同一面になるように、前記フィルタが前記第1の枠体上に配置されることを特徴とする請求項3に記載のペリクル。
- [請求項5] 前記第1の枠体は、前記第2の枠体と対向する面に、前記貫通孔に接続する溝部を有し、
前記溝部は、前記第2の枠体との結合により、前記貫通孔に接続する孔を形成し、
前記孔は、前記第1の枠体の内側の面に開口を有することを特徴とする請求項1に記載のペリクル。
- [請求項6] 前記第2の枠体は、前記第1の枠体と対向する面に配置した第1の開口と、前記第2の枠体の内側の面に配置した第2の開口とを有し、
2つの前記開口は、前記第2の枠体の内部に配置された孔で接続され、
前記第1の開口が前記貫通孔に接続することを特徴とする請求項1に記載のペリクル。
- [請求項7] 前記第2の枠体は、前記第1の枠体と対向する面に、前記貫通孔に接続する溝部を有し、

前記溝部は、前記第 1 の枠体との結合により、前記貫通孔に接続する孔を形成し、

前記孔は、前記第 2 の枠体の内側の面に開口を有することを特徴とする請求項 1 に記載のペリクル。

[請求項 8] 前記ペリクル膜は 13.5 nm の波長の光に 90.0 % 以上の透過率を有し、膜厚が 20 nm 以上 50 nm 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のペリクル。

[請求項 9] 高さが 2 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載のペリクル。

[請求項 10] 基板上にペリクル膜を形成し、
所定の位置の前記ペリクル膜を除去して前記基板を露出させ、
前記基板の一部を除去して、前記ペリクル膜を露出させて第 1 の枠体を形成し、前記所定の位置に前記第 1 の枠体を貫通する貫通孔を形成し、
前記第 1 の枠体の前記ペリクル膜が配置された面側に、前記貫通孔を覆うフィルタを配置し、
前記第 1 の枠体側の前記貫通孔が開口するように、接着層を介して前記第 1 の枠体を第 2 の枠体に固定することを特徴とするペリクルの製造方法。

[請求項 11] 前記貫通孔は、前記所定の位置に前記ペリクル膜を貫通して形成し、前記ペリクル膜上に、前記貫通孔を覆うフィルタを配置することを特徴とする請求項 10 に記載のペリクルの製造方法。

[請求項 12] 前記ペリクル膜に隣接して、前記第 1 の枠体上に前記フィルタを配置することを特徴とする請求項 10 に記載のペリクルの製造方法。

[請求項 13] 前記フィルタの上面が前記ペリクル膜と同一面になるように、前記第 1 の枠体上に前記フィルタを配置することを特徴とする請求項 12 に記載のペリクルの製造方法。

[請求項 14] 前記第 1 の枠体の前記第 2 の枠体と対向する面に、前記貫通孔に接続

する溝部を形成し、

接着層を介して前記第1の枠体を第2の枠体に固定して、前記貫通孔に接続し、且つ、前記第1の枠体の内側の面に開口を有する孔を形成することを特徴とする請求項10に記載のペリクルの製造方法。

[請求項15] 前記第2の枠体の前記第1の枠体と対向する面に第1の開口を形成し、

前記第2の枠体の内側の面に第2の開口を形成し、

前記第2の枠体の内部に2つの前記開口を接続する孔を形成し、

前記第1の開口を前記貫通孔に接続することを特徴とする請求項10に記載のペリクルの製造方法。

[請求項16] 前記第2の枠体の前記第1の枠体と対向する面に、前記貫通孔に接続する溝部を形成し、

接着層を介して前記第1の枠体を第2の枠体に固定して、前記貫通孔に接続し、且つ、前記第2の枠体の内側の面に開口を有する孔を形成することを特徴とする請求項10に記載のペリクルの製造方法。

[請求項17] 膜厚が20nm以上50nm以下となる前記ペリクル膜を前記基板上に形成し、

前記ペリクル膜は13.5nmの波長の光に90.0%以上の透過率を有することを特徴とする請求項10に記載のペリクルの製造方法。

[請求項18] 高さを2mm以下とすることを特徴とする請求項10に記載のペリクルの製造方法。

[請求項19] 請求項1に記載のペリクルをフォトマスクのレチクル面に配置し、前記フォトマスクを露光装置の所定の位置に配置して、前記レチクル面から3mm以下の距離を有する空隙に前記ペリクルを収容し、真空下で、前記ペリクルを配置した前記フォトマスクに13.5nmの光を照射し、

前記ペリクルを配置した前記フォトマスクの前記レチクル面から出射した光をレジスト層が形成された基材に照射することを特徴とする露

光方法。