

(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2004-78209

(P2004-78209A)

(43) 公開日 平成16年3月11日(2004.3.11)

(51) Int.CI.⁷**G02B 7/00****G02B 7/198****G03F 7/20****H01L 21/027**

F 1

G02B 7/00

G02B 7/00

G03F 7/20

H01L 21/30

G02B 7/18

C

J

521

515D

B

テーマコード(参考)

2H043

5FO46

審査請求 未請求 請求項の数 33 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2003-284530(P2003-284530)

(22) 出願日

平成15年7月31日(2003.7.31)

(31) 優先権主張番号

特願2002-224082(P2002-224082)

(32) 優先日

平成14年7月31日(2002.7.31)

(33) 優先権主張国

日本国(JP)

(71) 出願人

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(74) 代理人

100110412

弁理士 藤元 亮輔

(72) 発明者

高林 幸夫
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キ
ヤノン株式会社内F ターム(参考) 2H043 AA03 AB03 AB04 AB09 AB10
AB30 AB32 AB36 AC01 AD03
AD15 AD21 AD23 BC04 CA04
CA08
5F046 BA03 CB01

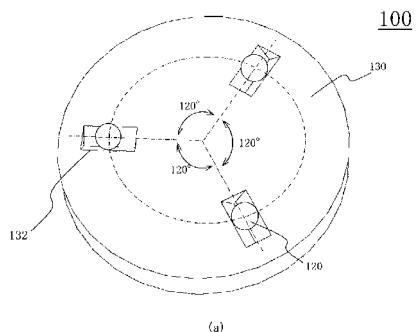
(54) 【発明の名称】保持装置、露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

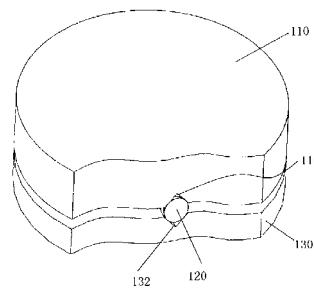
【課題】 結像性能の劣化となる光学部材の変形及び位置ずれによる収差を低減することで所望の光学性能をもたらす保持装置、露光装置及びデバイス製造方法を提供すること。

【解決手段】 この保持装置100は、3つの第1の溝116を有する光学部材110を保持するものであり、光学部材110を第1の溝116を介して支持する第1の支持部材120と、第1の溝116に対応する3つの第2の溝132を有し、第2の溝132を介して第1の支持部材120を支持する第2の支持部材(固定部材)130とを有する。

【選択図】 図1



(a)



(b)

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

3つの第1の溝を有する光学部材を保持する保持装置であって、
前記光学部材を前記第1の溝を介して支持する第1の支持部材と、
前記第1の溝に対応する3つの第2の溝を有し、前記第2の溝を介して前記第1の支持部材を支持する第2の支持部材とを有することを特徴とする保持装置。

【請求項 2】

前記第1の溝が半径方向に沿った直線上の溝であることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 3】

前記3つの第1の溝又はその延長線が略1点で交わることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 4】

前記3つの第2の溝又はその延長線が略1点で交わることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 5】

前記3つの第1の溝又は前記3つの第2の溝のうち少なくとも一方が螺旋状の形状を有していることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 6】

前記3つの第1の溝のうち一の第1の溝又はその延長線が他の第1の溝又はその延長線と交わる点と、前記一の第1の溝又はその延長線が残りの第1の溝又はその延長線と交わる点とが異なることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。 20

【請求項 7】

前記3つの第2の溝のうち一の第2の溝又はその延長線が他の第2の溝又はその延長線と交わる点と、前記一の第2の溝又はその延長線が残りの第2の溝又はその延長線と交わる点とが異なることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 8】

前記略1点は、前記光学部材の中心であることを特徴とする請求項3記載の保持装置。

【請求項 9】

前記略1点は、前記光学部材の中心以外の点であることを特徴とする請求項3記載の保持装置。 30

【請求項 10】

前記3つの第2の溝又はその延長線が略1点で交わることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 11】

前記3つの第1の溝がお互いに120度をなし、前記3つの第2の溝がお互いに120度をなしていることを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 12】

前記第1の溝及び前記第2の溝は断面がV字形状であることを特徴とする請求項1記載の保持装置。 40

【請求項 13】

前記断面V字形状が略90°の角度であることを特徴とする請求項12に記載の保持装置。

【請求項 14】

前記第1の支持部材が真球体形状を有することを特徴とする請求項1に記載の保持装置。

【請求項 15】

前記第1の支持部材が、前記第1の溝及び第2の溝に沿って転動可能であることを特徴とする請求項2に記載の保持装置。

【請求項 16】

10

20

30

40

50

前記光学部材の中心から前記光学部材の半径の 60 % 乃至 70 % 離れた位置において、前記光学部材と前記第 1 の支持部材とが接触することを特徴とする請求項 1 に記載の保持装置。

【請求項 17】

外周に 3 つの球面形状の凸部を有する光学部材を保持する保持装置であって、

前記光学部材の半径方向に沿う方向に前記球面形状の凸部を載置するための断面略 V 字形状の溝を有し、当該溝を介して前記光学部材を保持する保持部材を有することを特徴とする保持装置。

【請求項 18】

前記保持部材は、前記光学部材の半径方向に移動可能であることを特徴とする請求項 1 10
7 に記載の保持装置。

【請求項 19】

前記 3 つの球面形状の凸部は、前記光学部材の中心に関して 120 度のピッチで配置されることを特徴とする請求項 17 に記載の保持装置。

【請求項 20】

前記溝を構成する 2 つの支持平面の各々を、当該支持平面に対して垂直方向に駆動する駆動機構を更に有することを特徴とする請求項 17 に記載の保持装置。

【請求項 21】

前記凸部は、断面 V 字形状の孔を有し、当該孔を介して前記球面に圧力を付加する圧力付加手段を更に有することを特徴とする請求項 17 に記載の保持装置。 20

【請求項 22】

外周に 3 つの V 字形状の凸部を有する光学部材を保持する保持装置であって、

前記 V 字形状の凸部を挟むように接触する 2 つの球面部を有し、当該球面部を介して前記光学部材を保持する保持部材を有することを特徴とする保持装置。

【請求項 23】

前記保持部材は、前記光学部材の半径方向に沿う方向に移動可能であることを特徴とする請求項 22 に記載の保持装置。

【請求項 24】

前記 3 つの V 字形状の凸部は、前記光学部材の中心に関して 120 度のピッチで配置されることを特徴とする請求項 22 記載の保持装置。 30

【請求項 25】

前記光学部材は、ミラーであることを特徴とする請求項 1 に記載の保持装置。

【請求項 26】

請求項 2 に記載の保持装置を備え、当該保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 27】

請求項 3 に記載の保持装置を備え、当該保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする露光装置。 40

【請求項 28】

請求項 17 に記載の保持装置を備え、当該保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 29】

請求項 22 に記載の保持装置を備え、当該保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする露光装置。

【請求項 30】

請求項 26 に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、 50

投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 3 1】

請求項 2 7 に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、

投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項 3 2】

請求項 2 8 に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、

投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。 10

【請求項 3 3】

請求項 2 9 に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、

投影露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、一般には、光学部材を搭載する精密機器、特に、露光装置等の投影光学系に関し、更に詳細には、半導体素子、撮像素子（C C D 等）又は薄膜磁気ヘッド等を製造するためのリソグラフィー工程に使用される露光装置において、原版（例えば、マスク又はレチクル（なお、本出願では、これらの用語を交換可能に使用する。））の像を被処理体に投影露光する際、より正確な結像関係を得るための光学部材の保持装置に関する。 20

【背景技術】

【0 0 0 2】

フォトリソグラフィー（焼き付け）技術を用いてデバイスを製造する際に、マスクに描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する縮小投影露光装置が従来から使用されている。投影光学系は、回路パターンからの回折光をウェハの上に干渉させて結像させる。

【0 0 0 3】

近年の電子機器の小型化及び薄型化への要請を実現するためには、電子機器に搭載されるデバイスを高集積化する必要があり、転写される回路パターンの微細化、即ち、高解像度化がますます要求されている。高解像力を得るためにには、露光光の波長を短くすること、及び、投影光学系の開口数（N A）を上げることが有効であり、同時に投影光学系の収差を極めて小さく抑えなくてはならない。 30

【0 0 0 4】

投影光学系を構成するレンズ、ミラーなどの光学素子に変形が生じると、変形前後で光路が屈折し、一点に結像すべき光線が一点に収束せずに収差を生じる。収差は位置ずれを招いてウェハ上の回路パターンの短絡を招く。一方、短絡を防止するためにパターン寸法を広くすれば微細化の要求に反する。

【0 0 0 5】

従って、収差が小さい投影光学系を実現するためには、投影光学系を構成する光学素子の形状及び光軸に対する位置を変化させることなく投影光学系内に保持して、光学素子が有する本来の光学的性能を最大限に引き出す必要がある。特に、近年の投影光学系の高N A化により、投影レンズは大口径化しているのでレンズ容積も大きくなり、自重による変形が発生しやすくなっている。また、最近盛んに研究が進められている極端紫外線（E U V : e x t r e m e u l t r a v i o l e t ）光を用いた露光装置は、その特徴の一つである短波長のE U V光（波長約10 nm乃至15 nm程度）のために少数の反射素子（即ち、ミラー）で投影光学系を構成しなければならず、ミラーの形状及び光軸に対する位置精度は極めて厳しい。 40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】**【0006】**

EUV露光装置は、 $0.1\mu m$ 以下の回路パターンの露光に使用されるため、線幅精度が非常に厳しく、ミラーの形状においては、 $0.1nm$ 程度以下の変形しか許されない。従って、ミラーの加工時の形状をEUV露光装置に組み込む際に、正確に再現する必要がある。

【0007】

しかし、ミラーを構成する母材料は非常に柔らかく、ミラーを保持する保持部材が加える力（保持力）だけでもミラーは $0.1nm$ 程度の変形を生じてしまう。また、保持部材の熱膨張や振動、変形によってミラーの位置ずれが発生してしまう。更には、ミラーは、全ての露光光を反射するわけではなく、30%以上の露光光を吸収してしまうため、吸収した露光光が分熱となりミラーを熱膨張させ、ミラーの形状及び光軸に対する位置を変化させてしまう。従って、ミラーの形状及び光軸に対する位置を変化させることなく投影光学系内に保持し、所望の光学性能を発揮させることができなかった。

【0008】

そこで、本発明は、結像性能の劣化となる光学部材の変形及び位置ずれによる収差を低減することで所望の光学性能をもたらす保持装置、露光装置及びデバイス製造方法を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】**【0009】**

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての保持装置は、3つの第1の溝を有する光学部材を保持する保持装置であって、光学部材を第1の溝を介して支持する第1の支持部材と、第1の溝に対応する3つの第2の溝を有し、第2の溝を介して第1の支持部材を支持する第2の支持部材（固定部材）とを有することを特徴とする。

【0010】

本発明の別の側面としての保持装置は、第1の溝が半径方向に沿った直線上の溝であることを特徴とする。

【0011】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの第1の溝又はその延長線が略1点で交わることを特徴とする。

【0012】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの第2の溝又はその延長線が略1点で交わることを特徴とする。

【0013】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの第1の溝又は3つの第2の溝のうち少なくとも一方が螺旋状の形状を有していることを特徴とする。

【0014】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの第1の溝のうち一の第1の溝又はその延長線が他の第1の溝又はその延長線と交わる点と、一の第1の溝又はその延長線が残りの第1の溝又はその延長線と交わる点とが異なることを特徴とする。

【0015】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの第2の溝のうち一の第2の溝又はその延長線が他の第2の溝又はその延長線と交わる点と、一の第2の溝又はその延長線が残りの第2の溝又はその延長線と交わる点とが異なることを特徴とする。

【0016】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、上記の略1点が光学部材の中心であることを特徴とする請求項3記載の保持装置。

【0017】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、上記の略1点が光学部材の中心以外の点であることを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 8 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの第2の溝又はその延長線が略1点で交わることを特徴とする。

【 0 0 1 9 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの第1の溝がお互いに120度をなし、3つの第2の溝がお互いに120度をなしていることを特徴とする。

【 0 0 2 0 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、第1の溝及び第2の溝は断面がV字形状であることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、断面V字形状が略90°の角度であることを特徴とする。

【 0 0 2 2 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、第1の支持部材が真球体形状を有することを特徴とする。

【 0 0 2 3 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、第1の支持部材が、第1の溝及び第2の溝に沿って転動可能であることを特徴とする。

【 0 0 2 4 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、光学部材の中心から光学部材の半径の60%乃至70%離れた位置において、光学部材と第1の支持部材とが接触することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、外周に3つの球面形状の凸部を有する光学部材を保持する保持装置であって、光学部材の半径方向に沿う方向に球面形状の凸部を載置するための断面略V字形状の溝を有し、当溝を介して光学部材を保持する保持部材を有することを特徴とする。

【 0 0 2 6 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、保持部材が光学部材の半径方向に移動可能であることを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つの球面形状の凸部が、光学部材の中心に関して120度のピッチで配置されることを特徴とする。

【 0 0 2 8 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、溝を構成する2つの支持平面の各々を、当支持平面に対して垂直方向に駆動する駆動機構を更に有することを特徴とする。

【 0 0 2 9 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、上記の凸部が断面V字形状の孔を有し、当孔を介して球面に圧力を付加する圧力付加手段を更に有することを特徴とする。

【 0 0 3 0 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、外周に3つのV字形状の凸部を有する光学部材を保持する保持装置であって、V字形状の凸部を挟むように接触する2つの球面部を有し、当球面部を介して光学部材を保持する保持部材を有することを特徴とする。

【 0 0 3 1 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、保持部材が、光学部材の半径方向に沿う方向に移動可能であることを特徴とする。

【 0 0 3 2 】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、3つのV字形状の凸部が、光学部材の中心に関して120度のピッチで配置されることを特徴とする。

【 0 0 3 3 】

10

20

30

40

50

本発明の更に別の側面としての保持装置は、光学部材がミラーであることを特徴とする。

【0034】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、請求項2に記載の保持装置を備え、当保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする。

【0035】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、請求項3に記載の保持装置を備え、当保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする。

10

【0036】

本発明の更に別の側面としての保持装置は、請求項17に記載の保持装置を備え、当保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする。

【0037】

本発明の更に別の側面としての露光装置は、請求項22に記載の保持装置を備え、当保持装置に保持された光学部材を介してマスク又はレチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する光学系を有することを特徴とする。

20

【0038】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、請求項26に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、投影露光された被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。

【0039】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、請求項27に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、投影露光された被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。

30

【0040】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、請求項28に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、投影露光された被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。

30

【0041】

本発明の更に別の側面としてのデバイス製造方法は、請求項29に記載の露光装置を用いて被処理体を投影露光するステップと、投影露光された被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とする。上述の露光装置の作用と同様の作用を奏するデバイス製造方法の請求項は、中間及び最終結果物であるデバイス自体にもその効力が及ぶ。また、かかるデバイスは、LSIやVLSIなどの半導体チップ、CCD、LCD、磁気センサー、薄膜磁気ヘッドなどを含む。

40

【0042】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0043】

本発明の保持装置によれば、結像性能の劣化となる光学部材の変形及び位置ずれによる収差を低減することで所望の光学性能を達成することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

以下、添付図面を参照して、本発明の例示的な保持装置及び露光装置について説明する。但し、本発明はこれらの実施例に限定するものではなく、本発明の目的が達成される範囲において、各構成要素が代替的に置換されてもよい。例えば、本実施形態では、保持装置100を例示的に露光装置500の投影光学系530に適用しているが、露光装置50

50

0 の照明光学系 514 、その他周知のいかなる光学系に適用してもよい。ここで、図 1 は、本発明の一側面としての保持装置 100 を示す概略構成図であって、図 1 (a) は保持装置 100 の斜視図、図 1 (b) は光学部材 110 を保持した保持装置 100 の断面図である。

【 0045 】

保持装置 100 は、図 1 によく示されるように、支持部材 120 第 1 の支持部材) 及び固定部材 (第 2 の支持部材) 130 とを有する。保持装置 100 は、投影光学系 530 に適用され、支持部材 120 及び固定部材 130 を介して光学部材 110 を保持する。

【 0046 】

光学部材 110 は、後述する支持部材 120 に第 1 の溝 116 を介して載置され、反射 10 及び屈折及び回折等を利用して光を結像させる。光学部材 110 は、本実施形態では、例示的にミラーとして構成されているが、例えば、ミラー、レンズ、平行平板ガラス、プリズム及びフレネルゾーンプレート、キノフォーム、バイナリオプティックス、ホログラム等の回折光学素子を含む。光学部材 110 は、図 2 に示すように、光を反射する反射面 112 の反対側の底面 114 (即ち、支持部材 120 側) の 3 箇所に断面 V 字形状の第 1 の溝 116 を有する。ここで、図 2 は、図 1 に示す光学部材 110 の概略斜視図である。

【 0047 】

第 1 の溝 116 は、光学部材 110 の底面 114 の中心 O から 120 ° ピッチで開いた半径方向に配置されている。第 1 の溝 116 は、後述する支持部材 120 に載置され、第 1 の溝 116 を介して光学部材 110 が保持される。このように、第 1 の溝 116 は、光学部材 110 の円周方向に沿ってほぼ等間隔で分布しているために光学部材 110 は、支持部材 120 上で安定する。第 1 の溝 116 は、光学部材 110 の自重変形による撓みが最も少なくなるように、半径方向において中心 O から光学部材 110 の半径の 60 % 乃至 70 % 離れた位置で支持部材 120 と光学部材の第 1 の溝 116 とが接触するように配置することが好ましい。従って、第 1 の溝 116 を、光学部材 110 の半径方向に中心 O から半径の 50 ~ 80 % の位置、もしくはこの範囲内の位置に形成するのが好ましい。勿論、第 1 の溝 116 自体を図 2 のように、 60 ~ 70 % の位置形成しても良い。

【 0048 】

支持部材 120 は、真球体形状を有する部材であり、第 1 の溝 116 と接する。支持部材 120 は、第 1 の溝 116 を介して光学部材 110 を支持する。支持部材 120 は、例えば、実質的に光学部材 110 の線膨張率と等しい線膨張率を有する材料から構成される。このように構成すれば、温度環境変動時に、線膨張率の違いから生じる光学部材 110 と支持部材 120 の相対変位により、支持部材 120 が第 1 の溝 116 から外れたり、第 1 の溝 116 を介して光学部材 110 に外力を与えて変形させたりすることを防止することができる。

【 0049 】

固定部材 130 は、支持部材 120 に関して光学部材 110 と対向する側に配置される。固定部材 130 は、光学部材 110 側の面の 3 箇所に断面 V 字形状の第 2 の溝 132 を有し、第 2 の溝 132 を介して支持部材 120 を固定する。

【 0050 】

第 2 の溝 132 は、中心 O から 120 ° ピッチで開いた半径方向に配置される。換言すれば、第 2 の溝 132 は、光学部材 110 の底面 114 に配置された第 1 の溝 116 と対向する位置に配置される。第 2 の溝 132 は、支持部材 120 を半径方向に移動可能に (即ち、半径方向に自由度をもって) 載置する。即ち、第 2 の溝 132 は、支持部材 120 の円周方向の動きを規定すると共に、真球体形状の支持部材 120 が半径方向に転がれるように形成される。従って、第 2 の溝 132 によって、温度環境変動時に、光学部材 110 又は固定部材 130 の熱膨張が生じても半径方向に膨張を許容することができるため、光学部材 110 の中心 O が光軸に対して位置ずれを起こすことを防止することができる。

【 0051 】

保持装置 100 は、固定部材 130 の第 2 の溝 132 に支持部材 140 を載置し、更に 50

、支持部材 140 の上に第 1 の溝 116 が接するように光学部材 110 を載置して光学部材 110 を保持する。光学部材 110 の第 1 の溝 116 及び固定部材 130 の第 2 の溝 132 は、図 3 に示すように、断面 V 字形状の角度 α が略 90° であるため、光学部材 110 (の第 1 の溝 116) と支持部材 120 は 2 点 A1 及び A2 で接触し、支持部材 120 と固定部材 130 (の第 2 の溝 132) も 2 点 B1 及び B2 で接触する。また、支持部材 120 は、第 1 の溝 116 及び第 2 の溝 132 と 2 点で接触するように設計されている。従って、保持装置 100 全体としては、光学部材 110 は 6 点で支持部材 120 に支持され、支持部材 120 は 6 点で固定部材 130 に支持されることになり、キネマティック支持となる。光学部材 110 の位置は、光学部材 110 の自重により支持部材 120 が固定部材 130 に対して固定されるため、一義的に決定する。従って、保持装置 100 は、第 1 の溝 116 を光学部材 110 の中心 O から 60% 乃至 70% 離れた位置に配置することで光学部材の自重変形を最小にすることができ、固定部材 130 の第 2 の溝 132 に沿って半径方向に移動可能な支持部材 120 により光学部材 110 をキネマティックに支持することで、結像性能の劣化となる光学部材 110 の変形及び位置ずれによる収差を低減することで所望の光学性能を達成することができる。なお、光学部材 110 が透過部材である場合には、光を遮らないように、光学部材 110 の透過領域にあわせて固定部材 130 に孔を設ければよいし、光に対して透過性の固定部材 130 を使用してもよい。ここで、図 3 は、保持装置 100 が光学部材 110 を保持した状態における光学部材 110 の第 1 の溝 116 、支持部材 120 及び固定部材 130 の第 2 の溝 132 を示す概略断面図である。

10

20

30

40

【0052】

ここで、第 1 の溝 116 及び第 2 の溝 132 は、ここでは光学部材の中心 O を中心にして、120 度ピッチで形成しているが、この限りでは無く、第 1 の溝 116 と第 2 の溝 132 とが対応していれば、120 度以外の角度でも構わない。但し、3 本の溝のそれぞれの間の 3 つの角度は、その 3 つの角度のうち 2 つの角度が等しくなるように構成することが好ましく、その等しくなる 2 つの角度は 120 度より大きくすること、特に 150 度以上になるように構成することが好ましい。

【0053】

さらに、第 1 の溝は、必ずしも半径方向に沿って延びるように配置されている必要はなく、例えば図 15 に示されるように配置されていても構わない。図 15 は、第 1 の溝 116A が形成された保持装置 100 の平面図である。この 3 本の第 1 の溝 116A は、そのうちの一の第 1 の溝 116a 又はその延長線が他の第 1 の溝 116b 又はその延長線と交わる点と、一の第 1 の溝 116a 又はその延長線が残りの第 1 の溝 116c 又はその延長線と交わる点とが異なるように形成されている。

【0054】

また、第 1 の溝は、必ずしも直線状に配置されている必要もなく、例えば図 16 (a) に示されるように、1 本の螺旋状の第 1 の溝 116B が保持装置 100 に形成されていてもよい。さらに、例えば図 16 (c) に示されるように、3 本の螺旋状の第 1 の溝 116D が保持装置 100 の中心で交わり、互いに等間隔に螺旋を描きながら広がるように形成されていてももちろんよい。

【0055】

これらのこととは、第 1 の溝についてのみならず、第 2 の溝についても同様のことが言える。すなわち、第 2 の溝 132 も、必ずしも半径方向に沿って延びている必要はなく、また、直線状である必要もない。

【0056】

ここで、前述の第 1 の溝と第 2 の溝は、両者が光学部材の半径方向に沿った 3 つの溝を具備し、それぞれの 3 つの溝同士が対応する位置（光学部材の中心に関して同じ角度をなしている状態、或いはそれぞれの 3 つの溝がお互いになす角度が等しい状態）にあるようにすれば、この保持装置によって、光学部材を固定することが可能になる。

【0057】

50

また、3つの第1の溝が交わる、或いは3つの第1の溝が延長線上において交わるように構成し、3つの第2の溝も交わる或いは3つの第2の溝が延長線上において交わるように構成すれば、同様にこの保持装置によって光学部材を固定することができる。ここで、3つの溝が交わる略1点（溝の幅の分だけ広がりがあり、さらに微小ならずれていっても構わない）は、前記光学部材の中心であるのが好ましい。しかし、中心以外であっても構わない。

【0058】

また、支持部材120（第1の支持部材）が真球体形状を有することが好ましいが、第1の溝或いは第2の溝と接触する領域だけが球体形状を有していれば良いので、必ずしも真球体形状でなくても構わない。

10

【0059】

次に、図4乃至図8を参照して、別の保持装置200について説明する。図4は、本発明の一側面としての別の保持装置200を示す概略構成図である。保持装置200は、投影光学系530に適用され、図4によく示されるように、保持部材220を介して光学部材210を保持する。

【0060】

光学部材210は、後述する保持部材220に凸部を介して載置され、反射、屈折及び回折等を利用して光を結像させる。光学部材210は、例えば、ミラー、レンズ、平行平板ガラス、プリズム及びフレネルゾーンプレート、キノフォーム、バイナリオプティックス、ホログラム等の回折光学素子を含む。光学部材110は、図5に示すように、外周に3つの球面形状の凸部212を有する。ここで、図5は、図1に示す光学部材210の概略斜視図である。

20

【0061】

3つの球面形状の凸部212は、120°ピッチで配置されている。このように、光学部材210の円周方向に沿ってほぼ等間隔で分布しているために光学部材210は、保持部材220上で安定する。凸部212は、本実施形態では、光学部材210と一体で構成されているため、光学部材210に凸部212を接合する際に、光学部材210に力が加わり、表面形状が変化してしまうことがない。但し、光学部材210に凸部212を接合することで光学部材210の表面形状が変化しない、又は、表面形状の変化が許容範囲内であるならば、光学部材210と凸部212を別体として構成してもよい。

30

【0062】

保持部材220は、光学部材210の半径方向に沿う方向に、光学部材210の外周に設けられた3つの球面形状の凸部212を載置するための断面V字形状の溝222を有し、かかる溝222を介して光学部材210を保持する。保持部材220は、光学部材210の外周に設けられた凸部212にあわせて配置される。保持部材220は、光学部材210の半径方向のみに自在に移動可能で、動径方向や他の方向には十分な剛性を有する弾性部材、例えば、平行板バネから構成される。保持部材220は、光学部材210の球面形状の凸部212を断面V字形状の溝222に載置する際に、平行板バネの十分柔らかな板バネ剛性を利用して、凸部212と溝222との間に発生する摩擦力による光学部材210の変形を小さくすることができる。また、保持部材220は、半径方向に移動可能であることで、光学部材210の熱膨張に対しても中心Oから等方的な伸びは逃がし位置ずれを防止することができる。

40

【0063】

断面V字形状の溝222は、光学部材210の球面形状の凸部212を載置し、光学部材210を保持する。保持部材220の溝222は、図6に示すように、断面V字形状の角度が略90°であるため、光学部材210の凸部212と2点C1及びC2で接触する。また、光学部材210の凸部212は、保持部材220の溝222と2点で接触するように設計されている。従って、保持装置200全体としては、光学部材210は6点で保持部材220に支持されることになり、キネマティック支持となる。かかる構成により、保持装置200は、結像性能の劣化となる光学部材210の変形及び位置ずれによる収

50

差を低減することで所望の光学性能を達成することができる。

【0064】

光学部材210の位置は、光学部材210の自重により保持部材220に対して固定されるため、一義的に決定する。また、光学部材210の凸部212と保持部材220の溝222との接触を十分に高めるため、光学部材210の自重のみならず圧力を加える必要がある場合は、図7に示すように、凸部212に端部が断面V字形状の孔214を形成し、かかる孔214を介して凸部212に圧力を付加する圧力付加手段216を設ければよい。圧力付加手段216が凸部212に付加する圧力は、凸部212の内部のみで働く応力となり、光学部材210の表面変形をさせるような力は発生しない。また、圧力付加手段216の先端を球面として、凸部212に形成された端部が断面V字形状の孔214と共同して凸部212内部を応力状態とすることができます。ここで、図6は、保持装置200が光学部材210を保持した状態における光学部材210の凸部212と保持部材220の溝222を示す概略断面図、図7は、圧力付加手段216を有する光学部材210の凸部212と保持部材220の溝222を示す概略断面図である。10

【0065】

また、保持装置200は、図8に示すように、保持部材220の溝222を構成する2つの支持平面224及び226の各々を、かかる支持平面224及び226に対して垂直方向に駆動する駆動機構228を有してもよい。駆動機構228は、例えば、ピエゾ素子によるアクチュエーターや、ねじリードなどによるメカニカルな構成などから実現される。駆動機構228は、2つの支持平面224及び226それぞれに動作する。従って、保持装置200全体としては、6つの支持平面が駆動可能となり、光学部材210を自由度6（並進自由度3、回転自由度3）で保持することができる。ここで、図8は、保持部材220に駆動機構228を設けた保持装置200を示す概略構成図である。20

【0066】

次に、図9乃至図11を参照して、保持装置200の変形例である保持装置200Aについて説明する。保持装置200Aは、保持装置200と比べて光学部材210Aの凸部212A及び保持部材220Aについて異なる。ここで、図9は、図4に示す保持装置200の変形例である保持装置200Aを示す概略構成図である。保持装置200Aは、投影光学系530に適用され、図9によく示されるように、保持部材220Aを介して光学部材210Aを保持する。30

【0067】

光学部材210Aは、後述する保持部材220Aに凸部212Aを介して載置され、反射、屈折及び回折等を利用して光を結像させる。光学部材210Aは、図10に示すように、外周に3つのV字形状の凸部212Aを有する。ここで、図10は、図9に示す光学部材210Aの概略斜視図である。3つのV字形状の凸部212Aは、120°ピッチで配置されている。このように、光学部材210Aの円周方向に沿ってほぼ等間隔で分布しているために光学部材210Aは、保持部材220A上で安定する。

【0068】

保持部材220Aは、光学部材210Aの外周に設けられた3つのV字形状の凸部212Aを挟むように接觸する2つの球面222A及び224Aを有し、かかる球面222A及び224Aを介して光学部材210Aを保持する。保持部材220Aの球面222A及び224Aは、光学部材210Aの凸部212Aにあわせて配置される。2つの球面222A及び224Aは、光学部材210Aの半径方向に沿う方向のみに移動可能な、例えば、平行板ばねや転がり機構などによって構成される。従って、保持部材220Aは、2つの球面222A及び224Aによって、温度環境変動時に、光学部材210Aの熱膨張が生じても半径方向に膨張を許容することができるため、光学部材210Aの中心Oが光軸に対して位置ずれを起こすことを防止することができる。40

【0069】

保持部材220Aの2つの球面222A及び224Aは、光学部材210AのV字形状の凸部212Aを挟むように載置し、光学部材210Aを保持する。光学部材210Aの50

凸部 212A は、図 11 に示すように、V 字形状の角度が略 90° であるため、光学部材 210A の凸部 212A と保持部材 220 の 2 つの球面 222A 及び 224A は、2 点 D1 及び D2 で接触する。また、光学部材 210A の凸部 212A は、保持部材 220A の 2 つの球面 222A 及び 224A と 2 点で接触するように設計されている。従って、保持装置 200A 全体としては、光学部材 210A は、6 点で保持部材 220A に支持されることになり、キネマティック支持となる。かかる構成により、保持装置 200A は、結像性能の劣化となる光学部材 210A の変形及び位置ずれによる収差を低減することで所望の光学性能を達成することができる。ここで、図 11 は、保持装置 200A が光学部材 210A を保持した状態における光学部材 210A の凸部 212A と保持部材 220A の 2 つの球面 222A 及び 224A を示す概略断面図である。

10

【0070】

以下、図 12 を参照して、本発明の例示的な露光装置 500 について説明する。ここで、図 12 は、本発明の例示的な露光装置 500 の概略構成図である。本発明の露光装置 500 は、露光用の照明光として EUV 光（例えば、波長 13.4 nm）を用いてステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式でマスク 520 に形成された回路パターンを被処理体 540 に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクオーターミクロン以下のリソグラフィー工程に好適であり、以下、本実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる。）を例に説明する。ここで、ステップ・アンド・スキャン方式は、マスクに対してウェハを連続的にスキャン（走査）してマスクパターンをウェハに露光すると共に、1 ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次の露光領域に移動する露光方法である。ステップ・アンド・リピート方式は、ウェハの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次のショットの露光領域に移動する露光方法である。

20

【0071】

図 12 を参照するに、露光装置 500 は、照明装置 510 と、マスク 520 と、マスク 520 を載置するマスクステージ 525 と、投影光学系 530 と、被処理体 540 と、被処理体 540 を載置するウェハステージ 545 と、アライメント検出機構 550 と、フォーカス位置検出機構 560 とを有する。

【0072】

また、図 12 に示すように、EUV 光は、大気に対する透過率が低いため、少なくとも EUV 光が通る光路は真空雰囲気 VC であることが好ましい。

30

【0073】

照明装置 510 は、投影光学系 530 の円弧状の視野に対する円弧状の EUV 光（例えば、波長 13.4 nm）によりマスク 720 を照明する照明装置であって、EUV 光源 512 と、照明光学系 514 より構成される。

【0074】

EUV 光源 512 は、例えば、レーザープラズマ光源が用いられる。これは真空容器中のターゲット材に高強度のパルスレーザー光を照射し、高温のプラズマを発生させ、これから放射される、例えば、波長 13 nm 程度の EUV 光を利用するものである。ターゲット材としては、金属膜、ガスジェット、液滴などが用いられる。放射される EUV 光の平均強度を高くするためにはパルスレーザーの繰り返し周波数は高い方がよく、通常数 kHz の繰り返し周波数で運転される。

40

【0075】

照明光学系 514 は、集光ミラー 512a、オプティカルインテグレーター 512b から構成される。集光ミラー 512a は、レーザープラズマからほぼ等方的に放射される EUV 光を集める役割を果たす。オプティカルインテグレーター 512b は、マスク 520 を均一に所定の開口数で照明する役割を持っている。また、照明光学系 514 は、マスク 520 と共に位置に、マスク 520 の照明領域を円弧状に限定するためのアーチャ 513c が設けられている。かかる照明光学系 514 の集光ミラー 512a 及びオプティカルインテグレーター 512b などの光学部材の保持に本発明の保持装置 100、200 及

50

び 200A (以下、「保持装置 100」は、保持装置 200 及び 200A も含むものとする。) を使用することができる。

【0076】

マスク 520 は、反射型マスクで、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、マスクステージ 525 に支持及び駆動されている。マスク 520 から発せられた回折光は、投影光学系 530 で反射されて被処理体 540 上に投影される。マスク 520 と被処理体 540 とは、光学的に共役の関係に配置される。露光装置 500 は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるため、マスク 520 と被処理体 540 を走査することによりマスク 520 のパターンを被処理体 540 上に縮小投影する。

【0077】

マスクステージ 525 は、マスク 520 を支持して図示しない移動機構に接続されている。マスクステージ 525 は、当業界周知のいかなる構成をも適用することができる。図示しない移動機構は、リニアモーターなどで構成され、少なくとも X 方向にマスクステージ 525 を駆動することでマスク 520 を移動することができる。露光装置 500 は、マスク 520 と被処理体 540 を同期した状態で走査する。ここで、マスク 520 又は被処理体 540 面内で走査方向を X、それに垂直な方向を Y、マスク 520 又は被処理体 540 面内に垂直な方向を Z とする。

【0078】

投影光学系 530 は、複数の反射ミラー（即ち、多層膜ミラー）530a を用いて、マスク 520 面上のパターンを像面である被処理体 540 上に縮小投影する。複数のミラー 530a の枚数は、4 枚乃至 6 枚程度である。少ない枚数のミラーで広い露光領域を実現するためには、光軸から一定の距離だけ離れた細い円弧状の領域（リングフィールド）だけを用いて、マスク 520 と被処理体 540 を同時に走査して広い面積を転写する。投影光学系 530 の開口数（NA）は、0.1 乃至 0.2 程である。

【0079】

かかる投影光学系 530 を構成するミラー 530a などの光学部材の保持に本発明の保持装置 100 を使用することができる。保持装置 100 は、図示しないバネ部材によって投影光学系 530 の鏡筒に連結されている。このような構成にすることによって、装置輸送などの温度環境変動時に、線膨張率の違いから生じる鏡筒と保持部材 100 の相対変位により、保持部材 100 が鏡筒に対して偏芯することを防止することができる。なお、保持装置 100 は、上述した構成であり、ここでの詳細な説明は省略する。従って、投影光学系 530 は、結像性能の劣化となる光学部材の変形及び位置ずれによる収差を低減することができ、所望の光学性能を達成することができる。

【0080】

被処理体 540 は、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体 540 には、フォトレジストが塗布されている。フォトレジスト塗布工程は、前処理と、密着性向上剤塗布処理と、フォトレジスト塗布処理と、プリベーク処理とを含む。前処理は、洗浄、乾燥などを含む。密着性向上剤塗布処理は、フォトレジストと下地との密着性を高めるための表面改質（即ち、界面活性剤塗布による疎水性化）処理であり、HMDS（Hexamethyl-disilazane）などの有機膜をコート又は蒸気処理する。プリベークは、ベーキング（焼成）工程であるが現像後のそれよりもソフトであり、溶剤を除去する。

【0081】

ウェハステージ 545 は、ウェハチャック 545a によって被処理体 540 を支持する。ウェハステージ 545 は、例えば、リニアモーターを利用して XYZ 方向に被処理体 540 を移動する。マスク 520 と被処理体 540 は、同期して走査される。また、マスクステージ 525 の位置とウェハステージ 545 の位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

【0082】

アライメント検出機構 550 は、マスク 520 の位置と投影光学系 530 の光軸との位

10

20

30

40

50

置関係、及び、被処理体 540 の位置と投影光学系 530 の光軸との位置関係を計測し、マスク 520 の投影像が被処理体 540 の所定の位置に一致するようにマスクステージ 525 及びウェハステージ 545 の位置と角度を設定する。

【0083】

フォーカス位置検出機構 560 は、被処理体 540 面で Z 方向のフォーカス位置を計測し、ウェハステージ 545 の位置及び角度を制御することによって、露光中、常時被処理体 545 面を投影光学系 530 による結像位置に保つ。

【0084】

露光において、照明装置 510 から射出された EUV 光はマスク 520 を照明し、マスク 520 面上のパターンを被処理体 540 面上に結像する。本実施形態において、像面は円弧状（リング状）の像面となり、マスク 520 と被処理体 540 を縮小倍率比の速度比で走査することにより、マスク 520 の全面を露光する。10

【0085】

次に、図 13 及び図 14 を参照して、上述の露光装置 500 を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図 13 は、デバイス（IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ 3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィー技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）では、ステップ 5 で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、それが出荷（ステップ 7）される。20

【0086】

図 14 は、ステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ 11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ 12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ 14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ 15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ 16（露光）では、露光装置 500 によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ 17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ 18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置 500 を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。30

【0087】

以上、本発明の好ましい実施例を説明したが、本発明はこれらに限定されずその要旨の範囲内で様々な変形や変更が可能である。例えば、本発明の保持装置をマスクやウェハを支持するために用いてもよい。40

【図面の簡単な説明】

【0088】

【図 1】本発明の一側面としての保持装置を示す概略構成図である。

【図 2】図 1 に示す光学部材の概略斜視図である。

【図 3】図 1 に示す保持装置が光学部材を保持した状態における光学部材の第 1 の溝、支持部材及び固定部材の第 2 の溝を示す概略断面図である。

【図 4】本発明の一側面としての別の保持装置を示す概略構成図である。

【図 5】図 4 に示す光学部材の概略斜視図である。50

【図6】図4に示す保持装置が光学部材を保持した状態における光学部材の凸部と保持部材の溝を示す概略断面図である。

【図7】圧力付加手段を有する光学部材の凸部と保持部材の溝を示す概略断面図である。

【図8】保持部材に駆動機構を設けた保持装置を示す概略構成図である。

【図9】図4に示す保持装置の変形例である保持装置を示す概略構成図である。

【図10】図9に示す光学部材の概略斜視図である。

【図11】図9に示す保持装置が光学部材を保持した状態における光学部材の凸部と保持部材の2つの球面を示す概略断面図である。

【図12】本発明の例示的な露光装置の概略構成図である。

【図13】デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。 10

【図14】図13に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【図15】図1に示す保持装置に形成される第1の溝のバリエーションを示す平面図である。

【図16】図1に示す保持装置に形成される第1の溝のバリエーションを示す平面図であり、(a)は、第1の溝が螺旋状の1本の溝である場合を、(b)は第1の溝が螺旋状の3本の溝である場合を示す。

【符号の説明】

【0089】

100：保持装置

110：光学部材

116, 116A, 116a, 116B, 116b, 116c, 116D：第1の溝

120：支持部材

130：固定部材

132：第2の溝

200：保持装置

210：光学部材

212：凸部

214：孔

216：圧力付加手段

220：保持部材

222：溝

224, 226：支持平面

228：駆動機構

200A：保持装置

210A：光学部材

212A：凸部

220A：保持部材

222A, 224A：球面

500：露光装置

510：照明装置

514：照明光学系

520：マスク

530：投影光学系

540：被処理体

550：アライメント検出機構

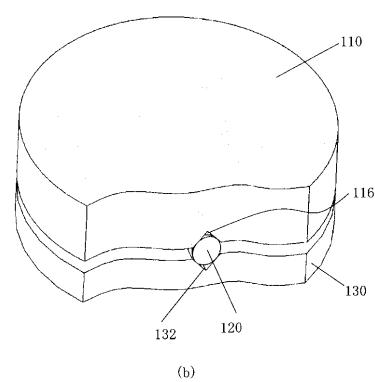
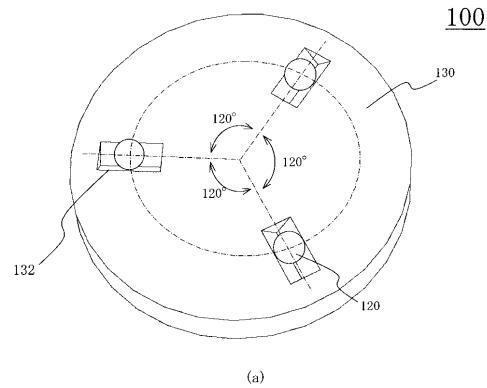
560：フォーカス位置検出機構

20

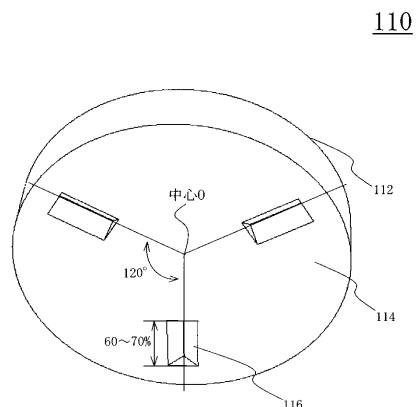
30

40

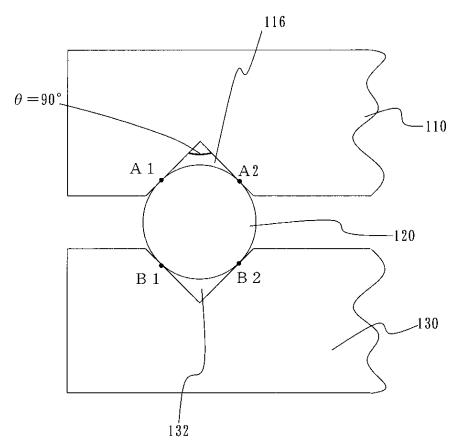
【図1】



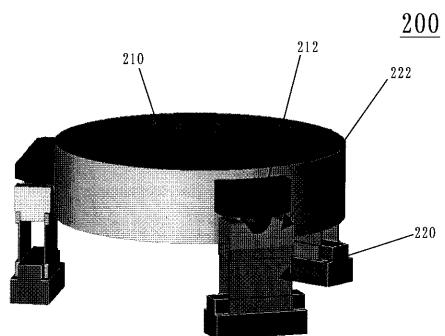
【図2】



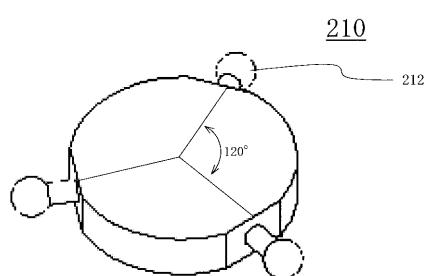
【図3】



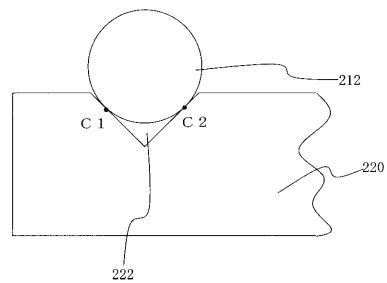
【図4】



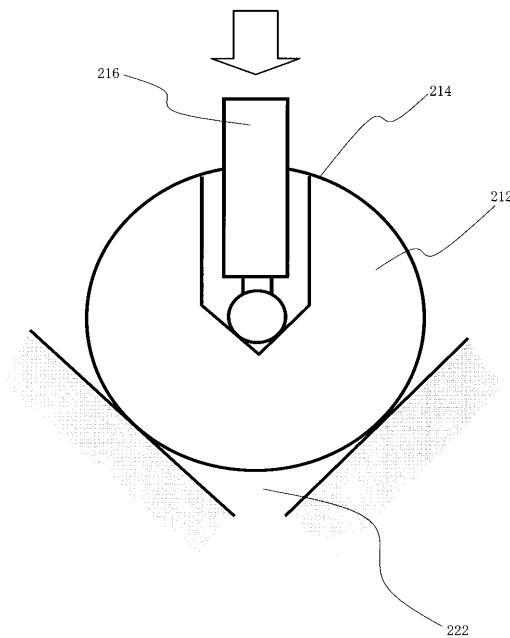
【図5】



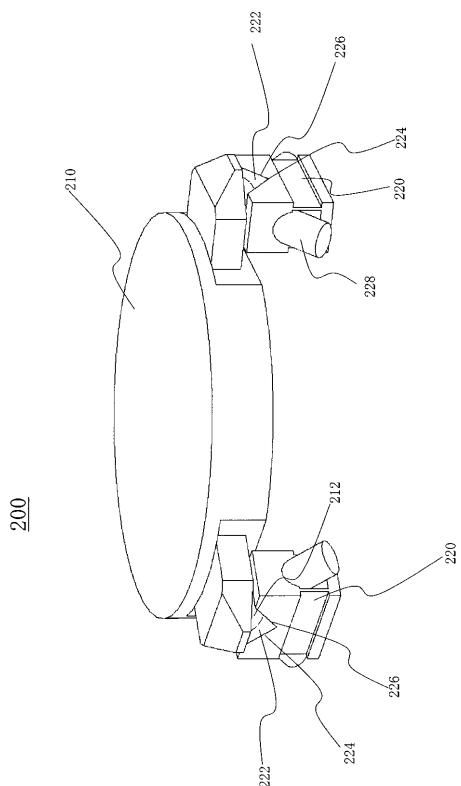
【図6】



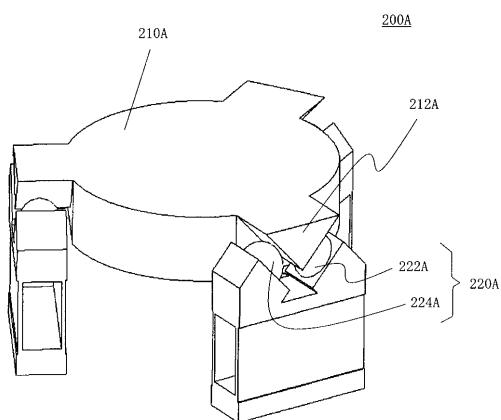
【図7】



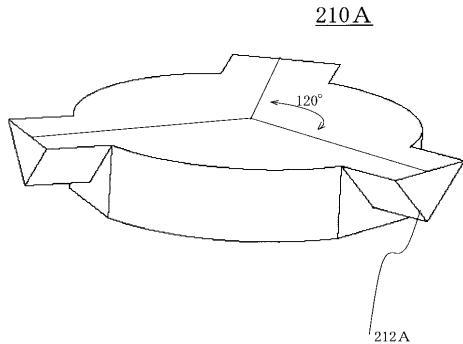
【図8】



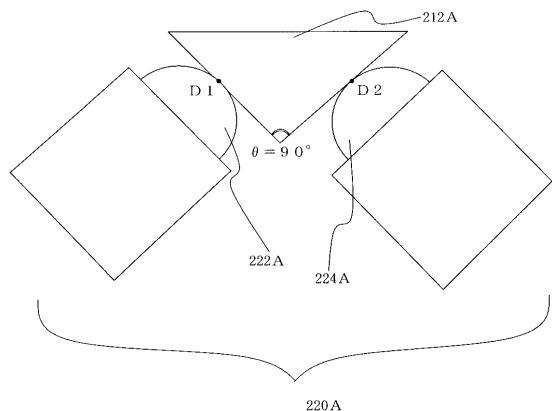
【図9】



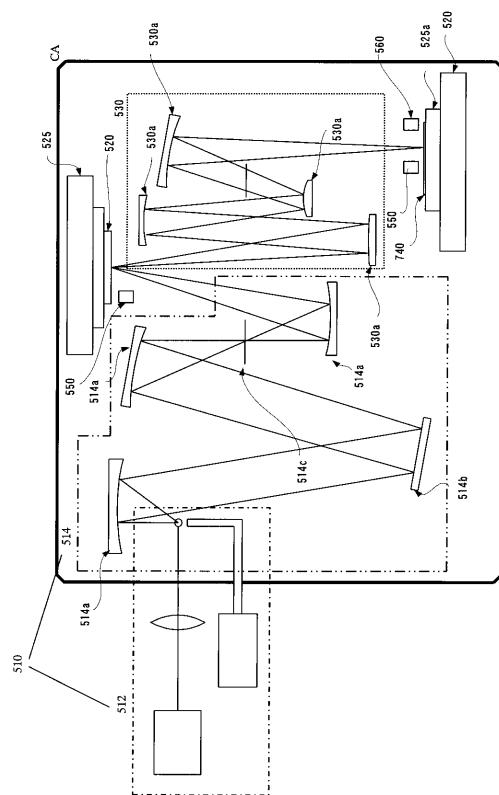
【図10】



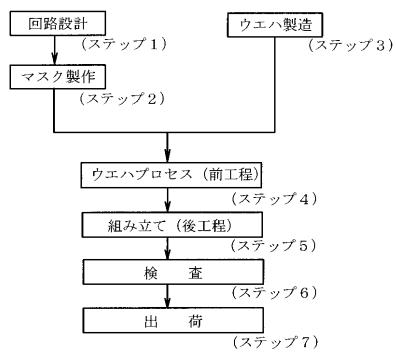
【図 1 1】



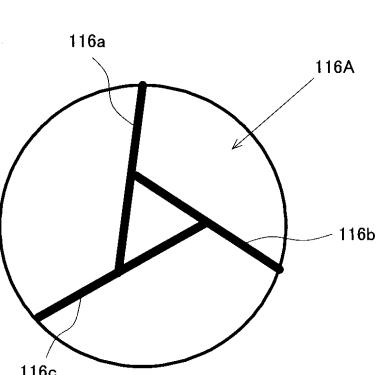
【図 1 2】



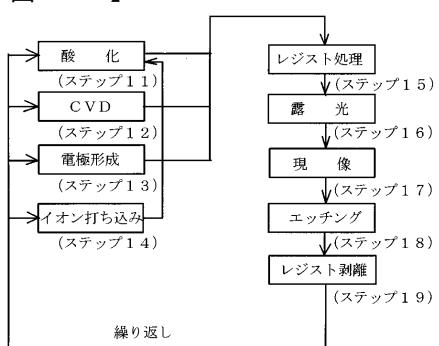
【図 1 3】



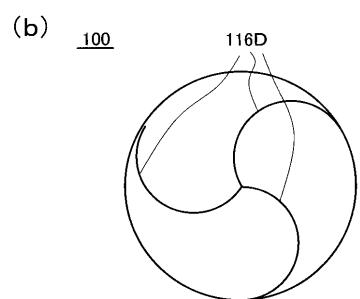
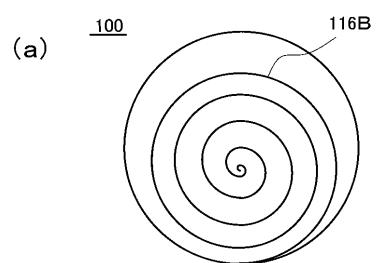
【図 1 5】



【図 1 4】



【図16】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

G 0 2 B 7/18

C