

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7643757号
(P7643757)

(45)発行日 令和7年3月11日(2025.3.11)

(24)登録日 令和7年3月3日(2025.3.3)

(51)国際特許分類

FI

C 2 3 C 14/50 (2006.01)

C 2 3 C 14/50 H

H 0 1 L 21/683 (2006.01)

H 0 1 L 21/68 N

請求項の数 13 (全18頁)

(21)出願番号	特願2023-577256(P2023-577256)	(73)特許権者	591102693
(86)(22)出願日	令和5年6月23日(2023.6.23)		santec Holdings株式会社
(86)国際出願番号	PCT/JP2023/023385		愛知県小牧市大草年上坂5823番地
審査請求日	令和5年12月13日(2023.12.13)	(74)代理人	110000578
			名古屋国際弁理士法人
		(72)発明者	上原 昇
			愛知県小牧市大草年上坂5823番地
			santec AOC株式会社内
		審査官	奎 哲次

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 基板回転装置、加工システム、及び加工方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板回転装置であって、
第一の回転軸を中心に回転する主回転機構と、
前記主回転機構の回転に伴って前記第一の回転軸の周りを公転し、第二の回転軸を中心
に自転する副回転機構と、
前記第一の回転軸の周囲に設けられ、前記副回転機構の公転運動を制御するガイド構造
と、
を備え、
前記主回転機構が、前記副回転機構を備え、
前記第二の回転軸が前記主回転機構において前記第一の回転軸と前記第二の回転軸との
間に設けられた第三の回転軸の周りで前記第三の回転軸に対する周方向に変位し、
前記副回転機構は、加工対象の基板を支持する支持構造を備え、
前記支持構造は、前記第二の回転軸を中心に回転し、
前記ガイド構造は、前記第一の回転軸に対する周方向に延びる接触面を有し、
前記ガイド構造は、前記第三の回転軸に対する周方向における前記第二の回転軸の変位
を制御し、前記接触面と前記副回転機構とが接触するとき、前記副回転機構を前記接触面
に沿った軌道で公転運動させる基板回転装置。

【請求項2】

前記接触面は、前記ガイド構造が備える前記第一の回転軸を向く内周面であり、

前記内周面は、前記副回転機構の前記第一の回転軸に対する径方向外側への変位を規制する請求項 1 記載の基板回転装置。

【請求項 3】

前記主回転機構は、前記第一の回転軸を中心に回転する回転板を有し、
前記回転板は、前記第三の回転軸に対する周方向に沿うスリットを有し、
前記副回転機構は、

前記スリットを貫通する前記第二の回転軸と、

前記第二の回転軸の第一の端部に配置され、前記支持構造を有する回転台と、

前記第一の端部とは反対側の第二の端部に配置され、前記接触面上を走行する車輪と、
を有し、

前記公転運動に伴って前記車輪が前記接触面上を走行している間、前記車輪と前記第二の回転軸を通じて連結された前記回転台とが自転する請求項 1 記載の基板回転装置。

【請求項 4】

前記副回転機構は、前記接触面との接触が維持される方向に前記副回転機構を付勢するバネを介して前記主回転機構と連結される請求項 1 記載の基板回転装置。

【請求項 5】

前記副回転機構が、楕円軌道で、前記第一の回転軸の周りを公転運動する請求項 1 記載の基板回転装置。

【請求項 6】

前記接触面が、前記第一の回転軸に対する周方向において楕円形に配置される請求項 5 記載の基板回転装置。

【請求項 7】

前記接触面は、前記第一の回転軸に対する周方向において点対称ではない環形に配置され、

前記副回転機構は、非点対称の軌道で、前記第一の回転軸の周りを公転運動する請求項 1 記載の基板回転装置。

【請求項 8】

前記ガイド構造は、前記接触面の少なくとも一部を前記第一の回転軸に対する径方向に移動させるためのスライド機構を備える請求項 1 記載の基板回転装置。

【請求項 9】

請求項 1 ～請求項 8 のいずれか一項記載の基板回転装置と、

前記基板回転装置の動作によって前記副回転機構と共に自転及び公転する前記基板の表面を加工するように構成される加工装置と、

を備える加工システム。

【請求項 10】

前記加工装置は、前記基板の表面に膜を形成する、又は、前記基板の表面を削ることによって、前記基板の表面を加工するように構成される請求項 9 記載の加工システム。

【請求項 11】

前記加工装置は、成膜、ミリング、又はエッチングによって、前記基板の表面を加工するように構成される請求項 9 記載の加工システム。

【請求項 12】

前記加工装置は、前記基板の表面に向けて物質を飛散させることによって前記基板の表面を加工するように構成される請求項 9 記載の加工システム。

【請求項 13】

請求項 1 ～請求項 8 のいずれか一項記載の基板回転装置を動作させることと、

前記基板回転装置の動作によって前記副回転機構と共に自転及び公転する前記基板の表面を加工することと、

を含む加工方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【0001】

本開示は、基板回転装置、加工システム、及び加工方法に関する。

【背景技術】

【0002】

複数のレンズに均一な厚さの薄膜を形成するために、複数のレンズをそれぞれ回転自在に保持するレンズホルダを備える薄膜蒸着装置が既に知られている（例えば、特許文献1参照）。この薄膜蒸着装置では、レンズホルダが回転する際、レンズが遊星歯車機構によってレンズホルダ上で回転する。これにより、レンズは、自転しながら、レンズホルダの回転に合わせて公転する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開平6-192835号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

光学及び半導体分野で用いられる成膜装置では、一般的に、均一な薄膜を基板上に形成できることが好ましい。大きな基板に均一な膜厚で薄膜を形成することができれば、成膜に係るコストを低下させ、製品の生産性を向上させることができる。

【0005】

しかしながら、蒸着源などの膜材料源から飛散粒子として発せられる膜材料の、基板に対する空間分布は、不均一である。不均一性は、基板の広い面積に薄膜を形成しようとするほど、悪化する。

【0006】

このため、基板上に形成された不均一な厚さの薄膜を、膜厚補正板で均すことによって、膜厚を均一化することが従来行われている。しかしながら、膜厚補正板を用いて膜厚を均一化する方法では、膜厚補正板を高精度に基板上に取り付けなければならない、更には、飛散粒子の空間分布に合わせて、膜厚補正板を、作り直す必要がある。

【0007】

引用文献1のように、レンズ等の成膜対象の基板を、成膜時に公転及び自転させる技術によっても、不均一な飛散粒子の空間分布の影響を抑えて、基板上におよそ均一な薄膜を形成できる。しかしながら、この技術によっても、薄膜の均一性には、改善の余地がある。また、薄膜の均一性向上のために、複雑な機械構造を採用すると、装置の重量が増加し、耐久性が劣化する可能性がある。

【0008】

そこで、本開示の幾つかの実施形態によれば、例えば基板上に均一な厚さの膜を形成する等の、基板に対する均一な加工に好適な基板回転装置に関する新規技術を提供できるのが好ましい。

【課題を解決するための手段】

【0009】

幾つかの実施形態によれば、基板回転装置が提供される。基板回転装置は、主回転機構と、副回転機構と、ガイド構造と、を備える。主回転機構は、第一の回転軸を中心に回転する。

【0010】

主回転機構は、副回転機構を備える。副回転機構は、主回転機構の回転に伴って第一の回転軸の周りを公転し、第二の回転軸を中心に自転する。副回転機構は、加工対象の基板を支持する支持構造を有する。支持構造は、第二の回転軸を中心に回転する。第二の回転軸は、主回転機構において第一の回転軸と第二の回転軸との間に設けられた第三の回転軸の周りで第三の回転軸に対する周方向に変位する。

【0011】

ガイド構造は、第一の回転軸の周囲に設けられ、副回転機構の公転運動を制御する。ガイド構造は、第一の回転軸に対する周方向に延びる接触面を有する。ガイド構造は、第三の回転軸に対する周方向における第二の回転軸の変位を制御し、接触面と副回転機構とが接触するとき、副回転機構を接触面に沿った軌道で公転運動させる。

【0012】

従来のように、遊星歯車機構を用いて、加工対象の基板の支持構造を公転及び自転する方法では、公転軌道が真円の円軌道となる。本開示者は、この円軌道が、基板上に均一な加工を高精度に加えることの妨げになっていることに気づいた。

【0013】

上述した幾つかの実施形態に係る基板回転装置によれば、ガイド構造によって支持構造の公転軌道を制御することができるので、遊星歯車機構のように支持構造の公転軌道が、歯車の形状に対応する真円に限定されない。すなわち、幾つかの実施形態に係る基板回転装置によれば、ガイド構造を真円以外の形状とすることで、真円以外の公転軌道を実現することができる。

【0014】

このように、幾つかの実施形態によれば、支持構造及び基板の回転運動の設計自由度を高めることができる。この設計自由度は、加工に関する空間分布の不均一さを打ち消すように、加工対象の基板内の各点の位置を上記空間分布に対して変位させることを可能にする。従って、幾つかの実施形態によれば、基板に対する均一な加工を実現可能な基板回転装置を提供することができる。

【0015】

幾つかの実施形態によれば、上記の設計自由度は、膜材料の空間分布の不均一さを打ち消すように、成膜対象の基板内の各点の位置を上記空間分布に対して変位させることを可能にする。従って、幾つかの実施形態によれば、基板上に高精度に均一な薄膜を形成可能な基板回転装置を提供することができる。

【0016】

幾つかの実施形態に係る基板回転装置によれば、第三の回転軸が、第一の回転軸と第二の回転軸との間に位置するために、第二の回転軸と第三の回転軸との間の回転径は、第二の回転軸と第一の回転軸と間の回転径より小さい。

【0017】

この場合、第二の回転軸が第三の回転軸に対する周方向に変位すると、副回転機構と第一の回転軸との間の径方向の長さは、変化する。すなわち、副回転機構は、接触面に沿って真円以外の軌道で公転運動可能である。

【0018】

第三の回転軸に対する周方向の変位によって、副回転機構の第一の回転軸に対する径方向変位を実現することは、比較的簡単な回転構造によって実現可能である。従って、幾つかの実施形態によれば、基板に対する均一な加工に関して良好な基板回転装置を、簡単な構成で、更には、軽量の構成で実現し得る。簡単な構成は、基板回転装置の耐久性に寄与し得る。軽量の構成は、主回転機構の低エネルギーでの高速回転を可能にし得る。

【0019】

幾つかの実施形態によれば、接触面は、ガイド構造が備える第一の回転軸を向く内周面であってもよい。内周面は、副回転機構の第一の回転軸に対する径方向外側への変位を規制してもよい。

【0020】

副回転機構には、主回転機構の回転系において径方向外側に遠心力が働く。すなわち、副回転機構は、径方向外側に変位しようとする。ガイド構造の内周面での副回転機構との接触により、遠心力による変位を規制すれば、副回転機構を安定的にガイド構造の内周面に沿う軌道で公転させることができ、支持構造の公転運動を高精度に制御することができる。

【0021】

幾つかの実施形態によれば、主回転機構は、第一の回転軸を中心に回転する回転板を有してもよい。回転板は、第三の回転軸に対する周方向に沿うスリットを有してもよい。副回転機構は、スリットを貫通する第二の回転軸を有していてもよい。

【0022】

副回転機構は、第二の回転軸の第一の端部に、支持構造を有する回転台を有していてもよい。副回転機構は、第二の回転軸の第一の端部とは反対側の第二の端部に、ガイド構造の接触面上を走行する車輪を有していてもよい。公転運動に伴って車輪が接触面上を走行している間、車輪と第二の回転軸を通じて連結された回転台とが自転してもよい。

【0023】

こうした基板回転装置によれば、副回転機構のガイド構造に沿う公転及び自転を、比較的簡単な機械構造により実現することができる。

【0024】

幾つかの実施形態によれば、副回転機構は、接触面との接触が維持される方向に副回転機構を付勢するバネを介して主回転機構と連結されてもよい。このような付勢は、副回転機構をガイド構造の接触面に沿って安定的に且つ正確に公転させることを可能にする。

【0025】

幾つかの実施形態によれば、基板回転装置は、副回転機構が楕円軌道で第一の回転軸の周りを公転運動するように構成されてもよい。幾つかの実施形態によれば、ガイド構造の接触面は、第一の回転軸に対する周方向において楕円形に配置されてもよい。

【0026】

幾つかの実施形態によれば、ガイド構造の接触面は、第一の回転軸に対する周方向において点対称ではない環形に配置されてもよい。副回転機構は、非点対称の軌道で、第一の回転軸の周りを公転運動してもよい。こうした公転軌道は、均一な基板加工に有利である。特に、こうした公転軌道は、均一な膜厚形成に有利である。なぜなら、膜材料の空間分布は、多くの場合、点対称の分布を示すためである。

【0027】

幾つかの実施形態によれば、ガイド構造は、接触面の少なくとも一部を第一の回転軸に対する径方向に移動させるためのスライド機構を備えてもよい。スライド機構を備える基板回転装置によれば、利用者は、スライド機構を通じて公転軌道を調整することができ、より高精度に基板に対する均一な加工を実現することができる。

【0028】

幾つかの実施形態によれば、基板回転装置の動作によって副回転機構と共に自転及び公転する基板の表面を加工するように構成される加工装置と、を備える加工システムが提供されてもよい。

【0029】

幾つかの実施形態によれば、加工装置は、基板の表面に膜を形成することによって、基板の表面を加工するように構成されてもよい。

【0030】

幾つかの実施形態によれば、加工装置は、基板の表面を削ることによって、基板の表面を加工するように構成されてもよい。

【0031】

幾つかの実施形態によれば、加工装置は、成膜、ミリング、又はエッチングによって、基板の表面を加工するように構成されてもよい。

【0032】

幾つかの実施形態によれば、加工装置は、基板の表面に向けて物質を飛散させることによって、基板の表面を加工するように構成されてもよい。幾つかの実施形態によれば、物質は、成膜用の物質であり得る。

【0033】

幾つかの実施形態によれば、上述の基板回転装置を動作させることと、基板回転装置の動作によって副回転機構と共に自転及び公転する基板の表面を加工することと、を含む加

10

20

30

40

50

工方法が提供されてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】幾つかの実施形態における基板回転装置を備える誘電体膜蒸着装置の概念図である。

【図2】幾つかの実施形態における基板回転装置の概略平面図である。

【図3】幾つかの実施形態における案内装置の概略平面図である。

【図4】幾つかの実施形態における基板回転装置の回転軸方向に沿う概略断面図である。

【図5】幾つかの実施形態における副回転装置が取り付けられた主回転装置の概略背面図である。

【図6】図6A及び図6Bは、幾つかの実施形態において、主回転板に設けられたスリットに沿う回転台の周方向変位を説明する図である。

【図7】図7A及び図7Bは、幾つかの実施形態における公転及び自転運動を説明した図である。

【図8】膜厚に関する実験結果を示すグラフである。

【図9】幾つかの実施形態におけるガイドレールの周方向の外形を示した図である。

【図10】幾つかの実施形態におけるスライド機構を備えるガイドレールの構成を示す図である。

【図11】図11A及び図11Bは、幾つかの実施形態における加工システムの構成を概念的に表す図である。

【符号の説明】

【0035】

1…誘電体膜蒸着装置、10…蒸着源、15…容器、100…基板回転装置、110…モータ、130…案内装置、131…基礎板、133…玉軸受、135…シャフト、137…ガイド部材、137A…ガイドレール、137B…内周面、137C…底板、137D…孔、139A…ガイドレール、141…第一のスライド機構、142…第二のスライド機構、150…主回転装置、151…主回転板、155…シャフト、159…スリット、170…副回転装置、171…回転台、171A…窪み、171B…空洞部、175…シャフト、179…車輪、179A…車輪本体、179B…Ｏリング、180…回動機構、181…リンク、183…ジョイント、185…バネ、190…基板回転装置、200…基板、300、400…加工システム、301、401…加工装置、R1…第一の回転軸、R2…第二の回転軸、R3…第三の回転軸、RS…受光センサ。

【発明を実施するための形態】

【0036】

以下に幾つかの実施形態を、図面を参照しながら説明する。

【0037】

幾つかの実施形態の基板回転装置100は、誘電体膜蒸着又は結晶成長に用いられる成膜用の基板回転装置100である。基板回転装置100は、基板200上への均一な薄膜形成を支援するために、モータ110からの動力を受けて、加工対象としての成膜対象の基板200を公転及び自転させる。

【0038】

基板200の例には、光学基板の他、半導体装置の製造に用いられる基板が含まれる。光学基板に対する薄膜形成は、例えば、光学基板に対して所定の光学特性を付与するために行われる。光学基板の例には、平面基板の他、凸面又は凹面を有する基板が含まれる。

【0039】

基板回転装置100は、例えば図1に示すように、複数の蒸着源10を有する誘電体膜蒸着装置1の容器15内に配置される。基板回転装置100では、基板200の成膜対象面が蒸着源10と対向する。

【0040】

基板回転装置100は、モータ110からの動力を受けて、容器15内で、基板200

10

20

30

40

50

を公転及び自転させる。容器 15 は、真空状態に保持される。この状態で、蒸着源 10 からは膜材料が気化し、気化した膜材料が飛散粒子として容器 15 内に飛散する。図 1 における破線は、飛散粒子の広がりを概念的に示し、矢印は、飛散方向を概念的に示す。

【0041】

飛散粒子が基板 200 に付着することにより、基板 200 上には薄膜が形成される。複数の蒸着源 10 は、異なる種類の薄膜を基板 200 上に積層する際、順に動作する。各蒸着源 10 は、動作時に、対応する種類の薄膜が基板 200 上に形成されるように、対応する膜材料を気化及び飛散させる。

【0042】

各蒸着源 10 から基板 200 上に飛散する膜材料の空間分布は、概略点対称の幾何学形状を示す。中心に近いほど膜材料の飛散量は多く、中心から離れるほど膜材料の飛散量は小さい。

【0043】

従って、基板 200 に形成される薄膜の膜厚 λ は、通常、関数 $\lambda = T(r) = T_0 + k_1 \cdot r + k_2 \cdot r^2 + k_3 \cdot r^3 + \dots$ に従う分布、すなわち、中心からの距離 r を変数として有する一変数多項式に従う分布を示す。基板 200 が回転運動せず静止している状態で薄膜形成が行われる場合、係数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 $\dots$ は、膜材料の飛散分布に従う。

【0044】

幾つかの実施形態の基板回転装置 100 では、基板 200 を、公転及び自転させることにより、基板 200 上の各点を、膜材料の飛散分布に対して変位させる。これにより、係数 k_1 、 k_2 、 k_3 、 $\dots$ を、ゼロに近づけ、定数項 T_0 のみの、距離 r によらない均一な膜厚 λ の分布 $T(r)$ を示す、一様な薄膜を基板 200 の広い面積に対して形成する。

【0045】

基板回転装置 100 は、楕円等の真円ではない非点対称の公転軌道を実現することによって、従来よりも均一な薄膜形成を実現する。この公転軌道のために、基板回転装置 100 は、図 2 に示すように構成される。

【0046】

図 2 に示す基板回転装置 100 は、案内装置 130 と、案内装置 130 上に取り付けられる主回転装置 150 と、主回転装置 150 に取り付けられる複数の副回転装置 170 と、を備える。

【0047】

図 2 における破線は、基板回転装置 100 の表面より裏側に位置する部位の一部を透過して表す。図 2 における矢印は、主回転装置 150 が第一の回転軸 R_1 の周りで回転運動すること、副回転装置 170 の回転台 171 が第二の回転軸 R_2 の周りで回転運動すること、回転台 171 が、第三の回転軸 R_3 の周りで周方向に変位可能であることを示している。

【0048】

案内装置 130 は、図 3 及び図 4 に示すように、基礎板 131 と、基礎板 131 に玉軸受 133 を介して回転可能に保持されるシャフト 135 と、ガイド部材 137 と、を備える。

【0049】

ガイド部材 137 は、ガイドレール 137A と、ガイドレール 137A の輪郭と同形状の周縁を有する底板 137C と、を備える。図 4 に示すように、ガイドレール 137A は、底板 137C の周縁から突設する。

【0050】

底板 137C は、シャフト 135 を通すための孔 137D を有する。ガイド部材 137 は、孔 137D にシャフト 135 が貫通した状態で、基礎板 131 に例えば螺子留めにより固定される。

【0051】

ガイドレール 137A は、ガイド部材 137 が基礎板 131 に固定された状態で、シャ

10

20

30

40

50

フト１３５の周りにおいて、非点対称の環形に配置される。図３に示す例によれば、ガイドレール１３７Ａは、周方向に楕円形の輪郭を有する。

【００５２】

主回転装置１５０は、案内装置１３０に対し回転可能に保持される。主回転装置１５０は、図２及び図４に示すように、主回転板１５１と、シャフト１５５と、を備える。シャフト１５５は、主回転板１５１の中心から案内装置１３０に向けて主回転板１５１の法線方向に延びる。シャフト１５５は、主回転板１５１に連結され、更には、案内装置１３０のシャフト１３５の第一端に連結される。

【００５３】

シャフト１３５の第二端は、案内装置１３０の裏面に突出する。シャフト１３５の第二端には、モータ１１０が連結される。これにより、主回転装置１５０は、主回転板１５１がモータ１１０からの動力を受けて、シャフト１５５を中心に回転するように、案内装置１３０上に配置される。シャフト１５５は、第一の回転軸Ｒ１に対応する。

10

【００５４】

図２に示すように主回転板１５１は、９０度間隔で第三の回転軸Ｒ３に対する周方向に延びるスリット１５９を備える。副回転装置１７０の数は、スリット１５９と同数である。副回転装置１７０のそれぞれは、対応するスリット１５９を貫通する。

【００５５】

副回転装置１７０のそれぞれは、図２、図４、及び図５に示すように、回転台１７１と、シャフト１７５と、車輪１７９と、回動機構１８０と、を備える。回動機構１８０は、図４において破線に対応する位置に配置される。すなわち、回動機構１８０は、主回転板１５１の裏面に設けられる。図４において回動機構１８０の詳細は省略される。

20

【００５６】

シャフト１７５は、スリット１５９及び回動機構１８０を貫通するように設けられる。回動機構１８０は、シャフト１７５が、その軸周りで回転可能であるように、シャフト１７５を支持する。シャフト１７５は、第二の回転軸Ｒ２に対応する。

【００５７】

付言すれば、回動機構１８０は、シャフト１７５がスリット１５９に沿って回動可能であるように、特に、第三の回転軸Ｒ３に対する周方向に変位可能であるように、シャフト１７５を支持する。

30

【００５８】

回動機構１８０は、図５に示すように、シャフト１７５を回転可能に支持するためのリンク１８１と、リンク１８１を第三の回転軸Ｒ３に対する周方向に変位可能に支持するためのジョイント１８３と、バネ１８５とを備える。

【００５９】

ジョイント１８３は、主回転板１５１を法線方向に貫通するように主回転板１５１に設けられ、それにより主回転板１５１の裏面において法線方向に立設される。リンク１８１は、第一端において、ジョイント１８３が貫通する孔（図示せず）を有する。リンク１８１は、この孔を通じて、ジョイント１８３に対して周方向に変位可能であるように、ジョイント１８３に支持される。これにより、リンク１８１は、第三の回転軸Ｒ３の周りで第三の回転軸Ｒ３に対して周方向に変位可能であるように、主回転板１５１に取り付けられる。

40

【００６０】

一例によれば、ジョイント１８３とリンク１８１との間には、軸玉受が設けられ得る。それにより、リンク１８１は、ジョイント１８３を中心とした周方向に滑らかに変位可能であるように、ジョイント１８３に保持され得る。

【００６１】

リンク１８１は更に、第一端より第一の回転軸Ｒ１から離れた第二端に、シャフト１７５が貫通する孔（図示せず）を有する。リンク１８１は、シャフト１７５が、その軸周りで回転可能であるように、シャフト１７５を支持する。これにより、シャフト１７５は、

50

第三の回転軸 R 3 に対する周方向に変位する第二の回転軸 R 2 の周りで回転可能であるように回動機構 1 8 0 に取り付けられる。一例によれば、シャフト 1 7 5 とリンク 1 8 1 との間には、軸玉受が設けられ得る。それにより、シャフト 1 7 5 は、滑らかに回転可能であるようにリンク 1 8 1 に支持され得る。

【0062】

主回転板 1 5 1 に設けられるスリット 1 5 9 は、第三の回転軸 R 3 に対する周方向に沿って湾曲した弧状のスリットである。シャフト 1 7 5 は、第三の回転軸 R 3 からの距離、すなわち、第三の回転軸 R 3 に対する回転径が、スリット 1 5 9 の中心の第三の回転軸 R 3 からの距離に対応するようにリンク 1 8 1 に保持される。それにより、シャフト 1 7 5 は、図 6 A 及び図 6 B に示すように、スリット 1 5 9 に沿って、第三の回転軸 R 3 に対する周方向に変位可能に配置される。

10

【0063】

バネ 1 8 5 は、第一端がリンク 1 8 1 に固定され、第二端が主回転板 1 5 1 に固定されるように、リンク 1 8 1 と主回転板 1 5 1 との間に設けられる。

【0064】

図 2 及び図 4 に示されるように、第三の回転軸 R 3 は、第一の回転軸 R 1 に対する径方向において、第一の回転軸 R 1 と第二の回転軸 R 2 との間に位置しており、第二の回転軸 R 2 と第三の回転軸 R 3 との間の回転径は、第二の回転軸 R 2 と第一の回転軸 R 1 と間の回転径より小さい。

【0065】

従って、シャフト 1 7 5 がスリット 1 5 9 に沿って周方向に変位すると、シャフト 1 7 5 と第一の回転軸 R 1 との間の径方向の長さは、変化する。

20

【0066】

バネ 1 8 5 は、シャフト 1 7 5 が、スリット 1 5 9 の周方向の中心位置、すなわち、第一の回転軸 R 1 からの径方向の距離が最も長い位置に存在するとき、付勢力をリンク 1 8 1 に作用させないように、リンク 1 8 1 と主回転板 1 5 1 との間に設けられる。換言すれば、バネ 1 8 5 は、上記中心位置から外れると、シャフト 1 7 5 を中心位置に戻す方向の付勢力をリンク 1 8 1 に作用させるように、リンク 1 8 1 に接続される。

【0067】

図 4 に示すように、シャフト 1 7 5 の第一端は、主回転板 1 5 1 の表面から突出する。シャフト 1 7 5 の第一端は、回転台 1 7 1 の裏側で、回転台 1 7 1 の中心に連結される。これにより回転台 1 7 1 は、シャフト 1 7 5 を中心に回転可能な状態、且つ、図 6 A 及び図 6 B に示すように、シャフト 1 7 5 の移動に伴って、第三の回転軸 R 3 に対する周方向に変位可能な状態で、主回転板 1 5 1 の表側に配置される。

30

【0068】

上述の通り、シャフト 1 7 5 と第三の回転軸 R 3 との間の回転径は、シャフト 1 7 5 と第一の回転軸 R 1 と間の回転径より小さい。このため、回転台 1 7 1 は、シャフト 1 7 5 の第三の回転軸 R 3 に対する周方向への移動に伴って、第一の回転軸 R 1 の径方向に変位可能に、主回転板 1 5 1 に配置される。

【0069】

図 2 に示すように、回転台 1 7 1 は、円形の輪郭を有し、表側に矩形状の基板 2 0 0 を支持する支持構造を有する。具体的には、回転台 1 7 1 は、表側に、基板 2 0 0 の形状に対応した矩形状の窪み 1 7 1 A を有し（図 4 参照）、窪み 1 7 1 A にはめ込まれた基板 2 0 0 を、支持する。

40

【0070】

回転台 1 7 1 は、図 4 に示すように中空の内部構造を有し、基板 2 0 0 の縁を基板 2 0 0 の裏側から支持する。回転台 1 7 1 に連結されるシャフト 1 7 5 は、中空の筒状部材である。回転台 1 7 1 の空洞部 1 7 1 B は、シャフト 1 7 5 の第一端とは反対側の第二端まで連通する。

【0071】

50

シャフト 175 の第二端は、主回転板 151 の裏側に位置する。シャフト 175 の第二端には、シャフト 175 の開口部を覆うように受光センサ RS が設けられる。受光センサ RS は、基板 200 上から照射され、基板 200 及び上記空洞部 171B を通って伝播してくる測定光を受光し、その受光した測定光の受光強度に対応する信号を出力する。受光センサ RS により出力された信号は、基板 200 に形成された薄膜の厚みを計測するために用いられる。

【0072】

シャフト 175 の第二端は、車輪 179 の中心に連結される。このようにしてシャフト 175 の第一端に回転台 171 が連結され、シャフト 175 の第二端に車輪 179 が連結されることにより、回転台 171 は、車輪 179 の回転に合わせて、シャフト 175 を中心に回転（すなわち、自転）する。

10

【0073】

車輪 179 に関して、円形の輪郭を有する車輪本体 179A の側壁には、リング 179B が装着される。車輪 179 は、ガイドレール 137A の内周面 137B 上を走行するように、ガイドレール 137A の内周面 137B にリング 179B が接触する高さに配置される。

【0074】

すなわち、車輪 179 は、主回転板 151 が回転するとき、主回転板 151 の回転によって生じる回転台 171 の公転運動に合わせて、ガイドレール 137A の内周面 137B 上を走行する。

20

【0075】

上述のバネ 185 は、車輪 179 の走行時に、車輪 179 がガイドレール 137A の内周面 137B から離れることなく、更にはスリップすることなく、ガイドレール 137A の内周面 137B 上を安定走行する挙動を実現するために設けられる。

【0076】

上述したバネ 185 の配置により、車輪 179 は、シャフト 175 を通じて、主回転板 151 の径方向外側を向く成分を有する張力をバネ 185 から受けて、ガイドレール 137A の内周面 137B との間の接触が維持されるように、ガイドレール 137A の内周面 137B に押し当てられる。

【0077】

すなわち、車輪 179 は、バネ 185 から径方向外側への付勢力を受けて、ガイドレール 137A の内周面 137B に押し当てられる。これにより、車輪 179 は、ガイドレール 137A の内周面 137B でスリップしたりガイドレール 137A から離間したりすることが略ない状態で、自転しながらガイドレール 137A に沿う軌道上を公転する。

30

【0078】

図 3 に示すようにガイドレール 137A が楕円形であるとき、副回転装置 170 の車輪 179 及びそれに連動する回転台 171 は、図 7A 及び図 7B に示すように楕円軌道で公転しながら、自転する。図 7A に示すように車輪 179 が配置された状態から、主回転板 151 が矢印方向に角度 α 回転すると、車輪 179 は、楕円軌道を描きながら、図 7B に示す位置に移動する。図 7A 及び図 7B において主回転板 151 は破線で示される。

40

【0079】

主回転板 151 の回転時、主回転板 151 の径方向における回転台 171 及び車輪 179 の位置は、遠心力、バネ 185 による付勢力、及び、ガイドレール 137A から車輪 179 への抗力を伴う力学的作用により、ガイドレール 137A に沿う位置に制御される。すなわち、ガイドレール 137A は、副回転装置 170 の車輪 179 との接触により上記径方向における車輪 179 及びシャフト 175 の位置を制御し、それにより回転台 171 の公転運動を制御する。

【0080】

幾つかの実施形態の基板回転装置 100 は、ガイドレール 137A を用いた公転軌道の制御により、基板 200 を支持する回転台 171 を、非点対称の楕円軌道に沿って公転さ

50

せつつ、回転台 171 を自転させる。この公転及び自転により、基板 200 上の各点を、蒸着源 10 からの膜材料の不均一な空間分布を横断するように複雑に変位させ、基板 200 の表面に均一な厚みの薄膜が形成されるようにする。

【0081】

図 8 に示すグラフは、比較実験のために、主回転板 151 上で隣接する二つの副回転装置 170 の間に、主回転板 151 に対して動かないように固定した基板保持台を設けた状態で、基板回転装置 100 を回転させながら薄膜形成を行ったときの、回転台 171 に保持された基板 200 の膜厚 λ と、基板保持台に保持された基板 200 の膜厚 λ と、を計測した結果を示す。

【0082】

グラフにおける横軸は、基板 200 表面の位置を示す。グラフにおける縦軸は、基板 200 の表面に形成された薄膜の膜厚 λ を示す。円形記号でプロットされた折れ線グラフが、基板保持台に載置された基板 200 上の膜厚 λ の空間分布を示し、矩形記号でプロットされた折れ線グラフが、幾つかの実施形態の回転台 171 に載置された基板 200 上の膜厚 λ の空間分布を示す。このように、幾つかの実施形態の基板回転装置 100 では、極めて高い精度で、基板 200 上に均一な厚さ (λ) の薄膜を形成できることが理解できる。

【0083】

以上に説明したように、幾つかの実施形態の基板回転装置 100 では、主回転機構に対応する主回転装置 150 が、第一の回転軸 R1 (シャフト 135, 155) を中心に回転する。

【0084】

副回転機構に対応する副回転装置 170 の回転台 171、シャフト 175 及び車輪 179 が、主回転板 151 の回転に伴って、第一の回転軸 R1 (シャフト 135, 155) の周りを公転し、第二の回転軸 R2 (シャフト 175) を中心に自転する。回転台 171、シャフト 175、及び車輪 179 は、主回転板 151 に設けられる。

【0085】

副回転装置 170 においては、基板 200 の支持構造 (窪み 171A) を備える回転台 171 が、第二の回転軸 R2 (シャフト 175) を中心に回転し、更には、第二の回転軸 R2 (シャフト 175) が、第三の回転軸 R3 に対して周方向に変位する。第三の回転軸 R3 (ジョイント 183) は、主回転板 151 において第一の回転軸 R1 (シャフト 135, 155) と第二の回転軸 R2 (シャフト 175) との間に設けられる。このため、当該周方向への変位に伴って、第二の回転軸 R2 (シャフト 175) は、第一の回転軸 R1 に対する径方向に変位する。

【0086】

ガイド構造を構成するガイドレール 137A は、回転台 171 の公転運動を制御するために用いられる内周面 137B を有する。内周面 137B は、第一の回転軸 R1 (シャフト 135, 155) に対する周方向に延び、非点対称の環形の輪郭を有し、第一の回転軸 R1 を向く。

【0087】

ガイドレール 137A は、内周面 137B を副回転装置 170 の車輪 179 と接触させ、主回転板 151 の径方向外側への車輪 179 の変位を規制する。この規制により、ガイドレール 137A は、第二の回転軸 R2 (シャフト 175) 及び回転台 171 のスリット 159 に沿う周方向への変位、及び、それに伴う第一の回転軸 R1 に対する径方向への変位を、回転台 171 が内周面 137B に対応する軌道 (内周面 137B に沿った軌道) で公転運動するように、制御する。

【0088】

このように幾つかの実施形態の基板回転装置 100 は、膜厚補正板や遊星歯車機構を用いずに、回転台 171 の自転を伴う、非点対称の公転運動を実現し、基板 200 の各点を、蒸着源 10 から飛散する膜材料の空間分布に対して変位させる。従って、実験結果からも理解できるように、高精度に均一な薄膜を基板 200 の表面上に形成できる。

10

20

30

40

50

【0089】

遊星歯車機構を用いた成膜では、公転軌道が真円であるために、関数 $T(r)$ の偶関数項、すなわち次数 n が偶数の r^n 項の影響を、その係数をゼロに近づけて取り除くことが難しい。これに対し、幾つかの実施形態では、非点対称の楕円形の公転軌道で回転台 171 を公転させることができるので、偶関数項の影響を取り除くことができ、均一な膜厚を実現できる。

【0090】

また、遊星歯車機構を用いた成膜では、公転軌道が真円であるために、飛散粒子の空間分布が異なる複数の蒸着源 10 を利用する場合に、蒸着源 10 のそれぞれで形成される薄膜をすべて均一に形成することが難しかった。幾つかの実施形態の基板回転装置 100 によれば、このような不均一性も抑制し得る。すなわち、基板回転装置 100 によれば、複数の蒸着源 10 のそれぞれを用いて形成される薄膜を、従来よりも均一に形成できる。

【0091】

更に言えば、遊星歯車機構では、回転時に振動が発生しやすいが、幾つかの実施形態の基板回転装置 100 によれば、回転時の振動も抑制できる。この振動抑制は、高精度な膜厚形成に貢献する。

【0092】

幾つかの実施形態では、歯車ではなく、ガイドレール 137A を用いて公転軌道を制御するため、比較的大規模な基板回転装置 100 を製造しやすく、大きな基板 200 に均一な膜厚を形成可能なシステムを構築できる。従って、幾つかの実施形態によれば、成膜に係るコストを低下させ、製品の生産性を向上させることができる。

【0093】

幾つかの実施形態では、バネ 185 による付勢力及び遠心力を利用して、副回転装置 170 の車輪 179 をガイドレール 137A の内周面 137B に対し、離間しないように、更には、スリップしないように押し当てる。そして、車輪 179 の回転を利用して回転台 171 を第二の回転軸 R2 (シャフト 175) を中心に回転させる。このことは、基板 200 の回転運動の高精度な制御を可能にし、高精度な薄膜形成を可能にする。

【0094】

幾つかの実施形態では、回動機構 180 が、リンク機構により第二の回転軸 R2 を、第三の回転軸 R3 に対する周方向に移動可能に、それにより第一の回転軸 R1 に対する径方向に変位可能に、保持する。従って、簡素な構成で、第一の回転軸 R1 に対する径方向に変位可能に、回転台 171 を保持することができる。従って、軽量で耐久性の高い基板回転装置 100 を製造することが可能である。軽量であることによって、主回転板 151 を少ないエネルギーで高速回転することができる点も有利である。

【0095】

幾つかの実施形態によれば、ガイドレール 137A の周方向の形状を変更することで、図 3 に示される楕円軌道以外の様々な公転軌道も容易に実現できる。楕円率は、図 3 に示される例に限定されない。例えば、公転軌道は、楕円率 a/b が 0.99 以下の任意の楕円であり得る。ここで a は、楕円の最短距離であり、 b は、楕円の最長距離である。

【0096】

ガイドレール 137A は、図 9 に示すように、楕円形以外の非点対称の環形の輪郭を有したガイドレール 139A に変更されてもよい。ガイドレール 139A は、基礎板 131 上において、周方向に蛇行するように配置されてもよい。

【0097】

ガイドレールの形状が異なる複数のガイド部材 137 を用意し、これらのガイド部材 137 を基礎板 131 に対して付け替えることにより、基板回転装置 100 では、非常に多種の公転運動を実現できる。

【0098】

基板回転装置 100 には、ガイドレール 137A, 139A を可動するための機構が設けられてもよい。図 10 に示すように、基板回転装置 190 は、第一のスライド機構 14

10

20

30

40

50

1と第二のスライド機構142とを備える。第一のスライド機構141は、ガイドレール139Aの第一の部分1391を第一の回転軸に対する径方向にスライドさせる。第二のスライド機構142は、ガイドレール139Aの第二の部分1392を第一の回転軸に対する径方向にスライドさせる。第一のスライド機構141と第二のスライド機構142とは、案内装置130の基礎板131上に配置される。ガイドレール139Aの第一の部分1391及び第二の部分1392は、底板及びガイドレール139Aの他の部分から分離される。

【0099】

基板回転装置190は、ガイドレール139Aの一部が移動可能に構成されること、第一及び第二のスライド機構141、142を備えることを除けば、上述した実施形態の基板回転装置100と同様に構成され得る。基板回転装置190によれば、膜厚の均一化のために、回転台171の公転軌道を調整できるので、より高精度な薄膜形成を実現できる。

【0100】

幾つかの実施形態によれば、基板回転装置100は、複数の蒸着源10を有する誘電体膜蒸着装置1の容器15内に配置される。誘電体膜蒸着装置1は、成膜用の加工システムに対応し、複数の蒸着源10は、加工装置に対応する。

【0101】

幾つかの実施形態によれば、基板回転装置100は、図11Aに示すように、ミリング用の加工システム300に搭載されてもよい。それにより、基板回転装置100は、ミリング対象の基板200を回転させるために使用されてもよい。図11Aに示す加工システム300は、基板回転装置100を、ミリング用の加工装置301と共に備える。加工システム300は、加工装置301からのイオンビームの照射により、基板回転装置100の動作によって回転台171と共に自転及び公転する基板200の表面を、削るように加工する構成にされる。

【0102】

幾つかの実施形態によれば、基板回転装置100は、図11Bに示すように、エッチング用の加工システム400に搭載されてもよい。それにより、基板回転装置100は、エッチング対象の基板200を回転させるために使用されてもよい。図11Bに示す加工システム400は、基板回転装置100を、エッチング用の加工装置401と共に備える。加工システム400は、加工装置401からのエッチング剤の飛散により、基板回転装置100の動作によって回転台171と共に自転及び公転する基板200の表面を、削るように加工する構成にされる。

【0103】

上記に幾つかの実施形態における基板回転装置を例示的に説明したが、基板回転装置が上述した実施形態に限定されるものではなく、種々の態様を採ることができることは、言うまでもない。

【0104】

例えば、基板回転装置100においてバネ185は設けられなくてもよい。バネ185なしでも遠心力によって十分に車輪179がガイドレール137A上に押圧される場合もあり得る。この他、図面に示される基板回転装置100は、概念的なものであり、基板回転装置100の各部の寸法や形状は、図示されるものに限定されない。

【0105】

上記実施形態における1つの構成要素が有する機能は、複数の構成要素に分散して設けられてもよい。複数の構成要素が有する機能は、1つの構成要素に統合されてもよい。上記実施形態の構成の一部は、省略されてもよい。特許請求の範囲に記載の文言から特定される技術思想に含まれるあらゆる態様が本開示の実施形態である。

10

20

30

40

50

【要約】

基板回転装置は、主回転機構と、副回転機構と、ガイド構造とを備える。主回転機構は、第一の回転軸を中心に回転する。主回転機構は、副回転機構を備える。副回転機構は、主回転機構の回転に伴って第一の回転軸の周りを公転し、第二の回転軸を中心に自転する。第二の回転軸は、主回転機構において第一の回転軸と第二の回転軸との間に設けられた第三の回転軸に対する周方向に変位する。ガイド構造は、第一の回転軸に対する周方向に延びる接触面を有する。ガイド構造は、第三の回転軸に対する周方向における第二の回転軸の変位を制御し、接触面と副回転機構とが接触するとき、副回転機構を接触面に沿った軌道で公転運動させる。

【図面】

【図 1】

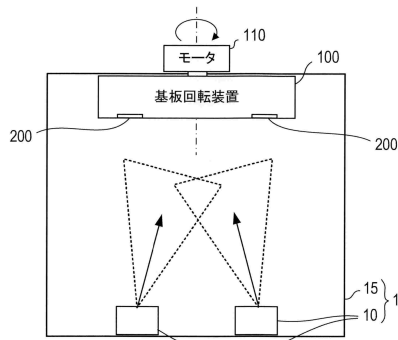


FIG. 1

【図 2】

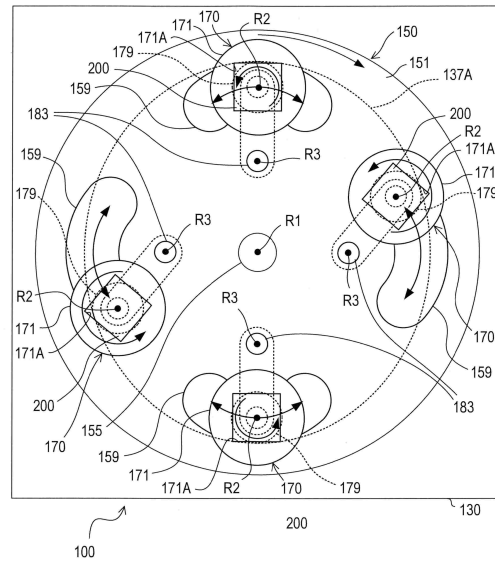


FIG. 2

【図 3】

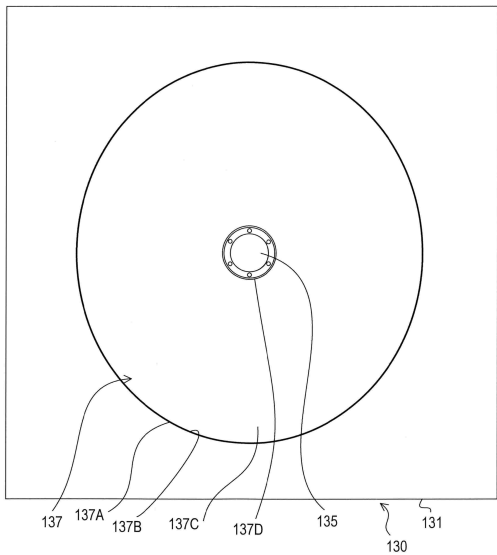


FIG. 3

【図 4】

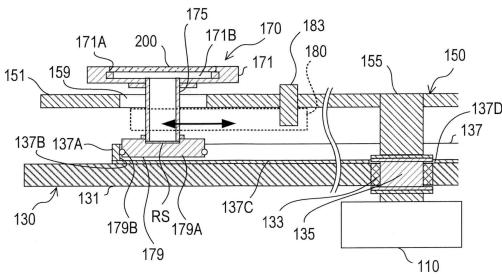


FIG. 4

10

20

【図 5】

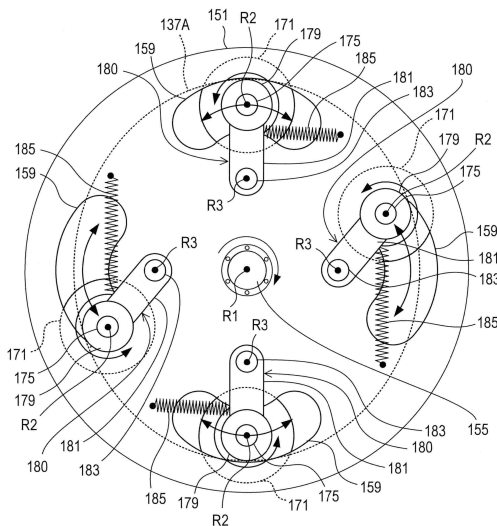
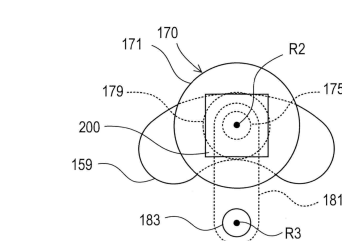


FIG. 5

【図 6】



【図 7】

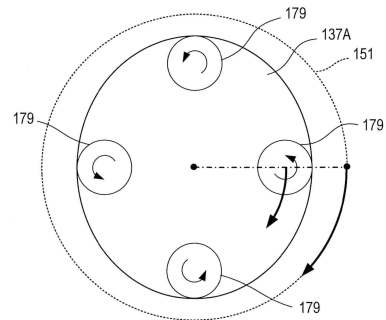


FIG. 7A

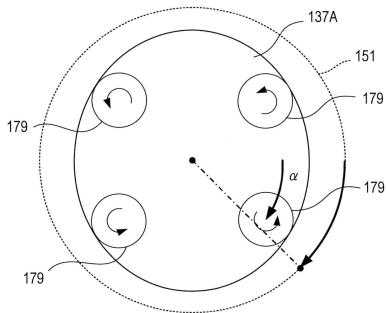


FIG. 7B

【図 8】

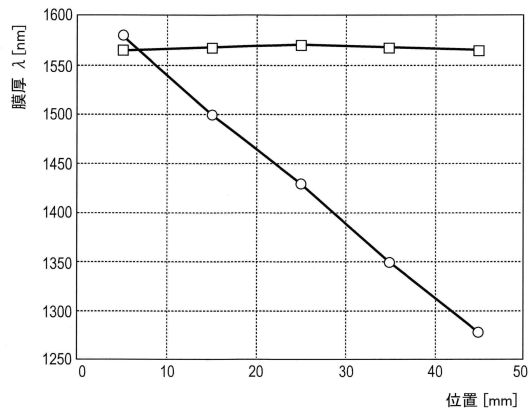


FIG. 8

【図 9】

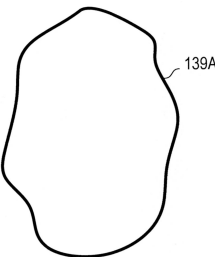


FIG. 9

【図 10】

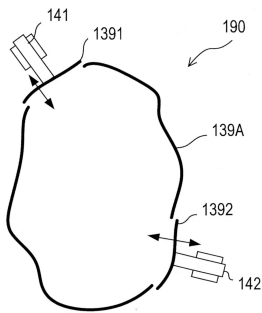


FIG. 10

10

20

30

40

50

【図 11】

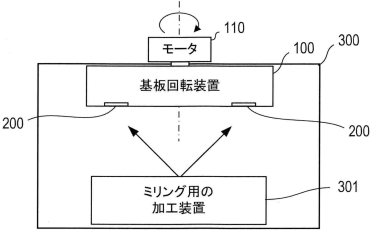


FIG. 11A

10

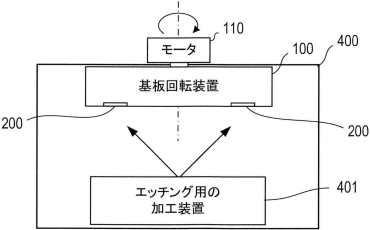


FIG. 11B

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2021/075074 (WO, A1)
中国特許出願公開第108396302 (CN, A)
韓国登録特許第10-1292399 (KR, B1)
特開2016-122788 (JP, A)
特開2015-98618 (JP, A)
特開2006-63391 (JP, A)
特開2008-121103 (JP, A)
特開平6-88227 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
C23C 14/50
H01L 21/683