

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年6月7日(07.06.2018)



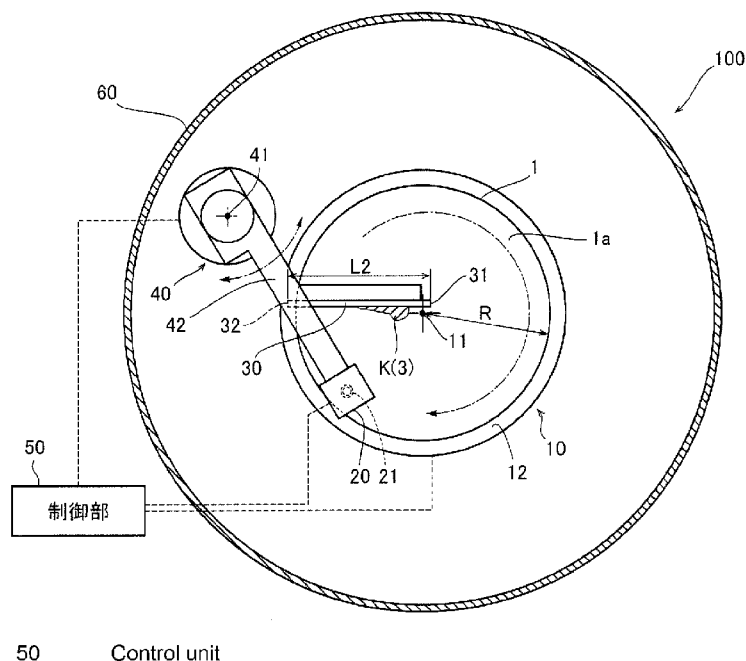
(10) 国際公開番号

WO 2018/101031 A1

- (51) 国際特許分類:
B05D 1/40 (2006.01) *B05C 11/08* (2006.01)
B05C 11/04 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/040982
- (22) 国際出願日: 2017年11月14日(14.11.2017)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2016-233763 2016年12月1日(01.12.2016) JP
- (71) 出願人: 住友精密工業株式会社 (SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 松元 俊二 (MATSUMOTO, Shunji); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 宮園 博一 (MIYAZONO, Hirokazu); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目13番9号 新大阪MTビル1号館 Osaka (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: METHOD FOR FORMING COATING FILM AND DEVICE FOR FORMING COATING FILM

(54) 発明の名称: 塗膜形成方法および塗膜形成装置



(57) Abstract: This method for forming a coating film comprises a step in which a coating material (3) is formed on a surface (1a) of a to-be-treated object (1) by changing the inclination of a coating blade (30) relative to the direction of rotation of the to-be-treated object (1) within the plane that runs along the to-be-treated object so that a liquid mass (K) of the coating material moves along the coating blade between one end (31) and another end (32) of the coating blade as the to-be-treated object (1) rotates.

[続葉有]

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: この塗膜形成方法は、処理対象物 (1) の回転に伴って塗布材料 (3) の液溜まり (K) が塗布ブレード (30) に沿って塗布ブレードの一端部 (31) と他端部 (32) との間を移動するように、処理対象物に沿う面内における回転方向に対する塗布ブレードの傾きを変化させて、処理対象物の表面 (1a) 上に塗布材料を成膜する工程を備える。

明 細 書

発明の名称：塗膜形成方法および塗膜形成装置

技術分野

[0001] この発明は、塗膜形成方法および塗膜形成装置に関し、特に、処理対象物の表面上に供給された液状の塗布材料を塗布ブレードにより膜状に形成する塗膜形成方法および塗膜形成装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、処理対象物の表面上に供給された液状の塗布材料を塗布ブレードにより膜状に形成する塗膜形成装置が知られている。このような塗膜形成装置は、たとえば、特開２００６－１５０２３３号公報に開示されている。

[0003] 上記特開２００６－１５０２３３号公報には、半導体基板やガラス基板などの基板（処理対象物）の表面にレジスト液などの塗布液を供給する塗布液供給ノズルと、基板表面に供給された塗布液を押し拡げるアプリータ（塗布ブレード）とを備えた塗布装置が開示されている。アプリータは、基板の直径よりも長い直線形状を有し、基板の表面との間に隙間を形成した状態で、基板の一方側から他方側へ直線移動する。アプリータが基板の表面上方を通り抜ける過程で、塗布液が基板の表面上に押し拡げられて塗膜が形成される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献１：特開２００６－１５０２３３号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一般に、平板状の処理対象物に塗膜を形成する方法は、上記特開２００６－１５０２３３号公報のような塗布ブレード（アプリータ）を用いる方法と、処理対象物を高速回転させて表面上の塗布材料を遠心力により塗り拡げるスピン塗布法とがある。上記特開２００６－１５０２３３号公報のような

塗布ブレード（アプリケータ）を用いる方法では、塗膜の膜厚を大きくできる一方で、塗布ムラが生じ易く、均一な膜厚を得ることが難しいという問題点がある。スピン塗布法では、膜厚を均一にできる一方で、回転数によって塗布膜厚が決定されてしまい、ある程度以上の膜厚を得ることが困難であるという問題点がある。スピン塗布法によって均一な膜厚で形成可能な膜厚の上限は、一般に、数 μm ～10 μm 程度とされ、たとえば20 μm 以上の膜厚を成膜するのは困難である。

[0006] たとえば、微細空間が形成された基板（処理対象物）の表面上に熱硬化性樹脂の塗膜を形成し、微細空間内に熱硬化性樹脂を充填しつつ、焼成を行って熱硬化性樹脂を固化させる場合がある。このような場合には、焼成に伴って熱硬化性樹脂の体積が減少する（溶剤が蒸発する）ので、微細空間内への充填不良を抑制するために十分大きな膜厚（体積）が望まれる。一方、焼成後に余分な樹脂膜を除去する際に、膜厚が均一でないと除去処理が難しくなるため、均一な膜厚が望まれる。このような場合に、従来手法による塗膜形成では、十分大きな膜厚と、膜厚の均一性との両立を図ることが困難である。そのため、十分大きな膜厚で、かつ、塗布ムラの少ない均一な膜厚の塗膜を形成することが望まれている。

[0007] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の目的は、大きな膜厚で、かつ、塗布ムラの少ない均一な膜厚の塗膜を形成することが可能な塗膜形成方法および塗膜形成装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、第1の発明による塗膜形成方法は、平板状の処理対象物の表面から所定間隔を隔てた位置に配置された塗布ブレードを、処理対象物の表面上に供給された液状の塗布材料の液溜まりに接触させた状態で、処理対象物を鉛直方向の回転中心軸回りに回転させる工程と、処理対象物の回転に伴って塗布材料の液溜まりが塗布ブレードに沿って塗布ブレードの一端部と他端部との間を移動するように、処理対象物に沿う面内におけ

る回転方向に対する塗布ブレードの傾きを変化させて、処理対象物の表面上に塗布材料を成膜する工程と、を備える。平板状の処理対象物は、たとえばシリコン基板やガラス基板などの半導体用基板を含む概念である。

[0009] この第1の発明による塗膜形成方法では、上記構成により、処理対象物の表面と塗布ブレードとの所定間隔の大きさを調節することによって、十分に大きな膜厚の塗膜を形成することが可能となる。さらに、本発明では、処理対象物の回転に伴って塗布材料の液溜まりが塗布ブレードに沿って塗布ブレードの一端部と他端部との間を移動するように、処理対象物に沿う面内における回転方向に対する塗布ブレードの傾きを変化させて、処理対象物の表面上に塗布材料を成膜する工程を設ける。これにより、回転する処理対象物の表面上での塗布材料の移動（流動）を利用して、処理対象物の表面上に塗布材料を塗り広げることができる。すなわち、回転する表面上で、塗布材料のうち塗布ブレードと処理対象物との間の隙間を通過する部分は、所定の膜厚の塗膜となる。一方、隙間を通過できない液溜まりの部分は、塗布ブレードによって回転方向への移動が遮られる形で保持される。塗布ブレードの傾きを制御すると、塗布ブレードにより保持された液溜まりを塗布ブレードに沿って移動させることができるので、塗布ブレードを大きく移動させることなく塗布材料を移動させて塗布範囲を広げることができる。その結果、塗布ブレードの移動に伴う筋状の塗布ムラなどの発生を抑制して、より均一な膜厚の塗膜を形成することができる。以上の結果、本発明によれば、大きな膜厚で、かつ、塗布ムラの少ない均一な膜厚の塗膜を形成することができる。

[0010] 上記第1の発明による塗膜形成方法において、好ましくは、塗布材料を成膜する工程において、処理対象物の回転に伴って塗布材料の液溜まりに塗布ブレードの一端部側に向かう力を作用させる第1角度と、処理対象物の回転に伴って塗布材料の液溜まりに塗布ブレードの他端部側に向かう力を作用させる第2角度と、の間で塗布ブレードの傾きを変化させる。このように構成すれば、第1角度と第2角度との間で塗布ブレードの傾きを調整することによって、たとえば塗布材料の液溜まりを一端部近傍に保持して他端部側へ移

動するのを抑制したり、液溜まりを一端部から他端部に向けて徐々に移動させたりすることができる。つまり、塗布ブレードに沿う方向の液溜まりの位置および移動速度を制御することができる。その結果、塗布材料の粘度などの材質に応じて、より均一でムラの少ない塗膜を形成可能な液溜まりの制御が可能となる。

[0011] この場合、好ましくは、第1角度は、回転中心軸回りの円と塗布ブレードとの交点における円の接線と塗布ブレードとの交差角が一端部側に向けて鋭角となる角度であり、第2角度は、回転中心軸回りの円と塗布ブレードとの交点における円の接線と塗布ブレードとの交差角が他端部側に向けて鋭角となる角度である。ここで、上記交点における円の接線方向は、交点近傍の液溜まりが、処理対象物の回転に伴って塗布ブレードに向けて押し付けられる方向である。そのため、第1角度では、液溜まりを一端部側に移動させたり、液溜まりが他端部側に移動することを抑制したりできる。第2角度では、液溜まりを他端部側に移動させたり、液溜まりが一端部側に移動することを抑制したりできる。その結果、塗布ブレードの一端部から他端部まで自由に塗布材料を移動させて、より好適な塗布条件での塗膜形成を実現することができる。

[0012] 上記第1角度と第2角度との間で塗布ブレードの傾きを変化させる構成において、好ましくは、塗布材料を成膜する工程において、処理対象物を回転させながら、塗布ブレードの傾きを第1角度と第2角度との間で連続的に変化させる。このように構成すれば、塗布ブレードの傾きを段階的に変化させる場合と異なり、徐々に液溜まりを移動させることができる。その結果、液溜まりが速く移動しすぎて未塗布領域が形成されるのを防ぐことができるので、塗布ムラの発生を効果的に抑制することができる。

[0013] 上記第1の発明による塗膜形成方法において、好ましくは、塗布材料を成膜する工程において、処理対象物の上方に配置された塗布ブレードを、処理対象物の径方向外側に配置された回転中心軸回りに回転させて、塗布ブレードの傾きを変化させる。このように構成すれば、処理対象物の上方（上下に

オーバラップする位置)に、塗布ブレードを回動させるための軸やギヤなどの駆動部分が配置されることを回避できる。その結果、たとえば半導体ウェハなどの処理対象物に対して、駆動部分の摩擦に伴う微粉末や異物が落下することを抑制できるので、高品位な塗膜が形成できる。

[0014] この場合、好ましくは、処理対象物を回転させる工程において、処理対象物の半径以上の長さを有する直線状の塗布ブレードを、一端部が処理対象物の中心近傍に位置し、他端部が処理対象物の外周部近傍に位置するように配置し、塗布材料を成膜する工程において、塗布ブレードの一端部側が処理対象物の中心を跨いで通過するように回動させて、塗布ブレードの傾きを変化させる。このように構成すれば、塗布材料の液溜まりを一端部側に移動させることにより、処理対象物の中心部を確実に塗布することができる。また、液溜まりを一端部から他端部、または他端部から一端部まで移動させるだけで、処理対象物の中心から外周部近傍まで確実に、塗布ムラの少ない均一な塗膜を形成することができる。

[0015] 上記第1の発明による塗膜形成方法において、好ましくは、処理対象物を回転させる工程において、処理対象物の中心を含む領域に塗布材料を供給し、塗布材料を成膜する工程において、塗布材料の液溜まりを塗布ブレードに沿って処理対象物の中心側から外周側に向けて移動させる。このように構成すれば、処理対象物の中心に供給した塗布材料の液溜まりを外周側まで移動させるだけで、塗膜形成を完了させることができる。そのため、たとえば液溜まりを一端部側と他端部側との間で往復させるような構成と比較して、処理時間を短縮することができる。

[0016] この場合、好ましくは、処理対象物を回転させる工程において、塗布ブレードを、塗布ブレードの一端部が塗布材料と接する位置に配置する。このように構成すれば、塗布ブレードを処理対象物の上方の所定間隔を隔てた位置に配置する時点で、処理対象物の中心部に供給された塗布材料の塗膜形成を開始することができる。したがって、たとえば処理対象物の中心部と外周部との中間位置に供給した液溜まりを中心部まで移動させる場合と比較して、

速やかに塗膜形成を開始することができるので、処理時間をさらに短縮することができる。

[0017] 上記処理対象物の中心を含む領域に供給した塗布材料の液溜まりを中心側から外周側に向けて移動させる構成において、好ましくは、塗布材料を成膜する工程において、処理対象物の外周部よりも内側に配置された塗布ブレードの他端部側の所定位置まで、塗布材料の液溜まりを塗布ブレードに沿って移動させる。このように構成すれば、液溜まりを処理対象物の外周部から処理対象物の外部に押し出すのではなく、塗布ブレードにおける処理対象物の外周部よりも内側の所定位置（塗膜形成領域の外縁部）まで液溜まりを移動させて、塗布材料の成膜を完了させることができる。これにより、たとえばスピン塗布法では一般に80～90%程度の塗布材料が処理対象物の外部に飛び散ってしまうのとは異なり、供給した塗布材料を極力無駄にすることなく塗膜を形成することができるとともに、成膜処理後の清掃などのメンテナンス作業量を抑制することができる。

[0018] 上記第1の発明による塗膜形成方法において、好ましくは、塗布材料を成膜する工程の後、塗布ブレードを処理対象物の表面に対して離間させる工程をさらに備え、塗布ブレードを処理対象物の表面に対して離間させる工程において、処理対象物の回転を継続しながら、塗布ブレードが塗布材料の塗膜と接触する位置から塗膜と非接触となる位置へ移動するまでに、少なくとも処理対象物が1回転するように、塗布ブレードを処理対象物に対して相対的に離間させる。なお、本明細書において「離間」とは、物体を、対象（別の物体あるいは位置）から空間的に離れさせることを意味する。このように構成すれば、成膜工程が完了した後、処理対象物をさらに1回転以上させる間に、塗布ブレードと処理対象物との間隔が徐々に拡大することによって、塗膜上にごく僅かに残留する液溜まりを塗膜上にならして平坦にしつつ、液溜まりが完全になくなった状態（膜厚が均一になった状態）で塗布ブレードを塗膜表面から離間させることができる。その結果、塗布ブレードを離間させる際に塗布ムラ（ブレード痕）が発生するのを抑制することができる。

[0019] 上記第1の発明による塗膜形成方法において、好ましくは、所定間隔は、 $20\mu\text{m}$ 以上である。ここで、スピン塗布法によって均一な膜厚で形成可能な膜厚の上限は、一般に、数 μm ～ $10\mu\text{m}$ 程度とされ、 $20\mu\text{m}$ 以上の膜厚を成膜するのは困難である。そのため、本発明では、スピン塗布法では困難な $20\mu\text{m}$ 以上の膜厚の均一な塗膜を成膜する際に好適に適用できる。

[0020] 上記発明による塗膜形成方法において、好ましくは、処理対象物を回転させる工程では、 1rpm 以上 100rpm 以下の回転速度で処理対象物を回転させる。ここで、スピン塗布法では、一般に、数百 rpm ～数千 rpm 程度の回転速度で成膜を行うので、塗布材料の大部分（ 80% ～ 90% 程度）が飛散する。これに対して、本発明では、 1rpm 以上 100rpm 以下の低い回転速度で成膜を行うことにより、塗布材料の飛散を回避して材料使用量を低減することができる。

[0021] 第2の発明による塗膜形成装置は、平板状の処理対象物を保持して鉛直方向の回転中心軸回りに回転させる載置部と、処理対象物の表面上に液状の塗布材料を供給する供給部と、処理対象物の表面から所定間隔を隔てた位置に処理対象物の表面に沿って配置される塗布ブレードと、処理対象物に沿う面内において塗布ブレードを回動させる駆動手段と、塗布ブレードを処理対象物の表面上に供給された液状の塗布材料の液溜まりに接触させた状態で、駆動手段により、処理対象物の回転に伴って塗布材料の液溜まりが塗布ブレードに沿って塗布ブレードの一端部と他端部との間を移動するように、回転方向に対する塗布ブレードの傾きを変化させる制御を行う制御部と、を備える。

[0022] この第2の発明による塗膜形成装置では、上記構成により、処理対象物の表面と塗布ブレードとの所定間隔の大きさを調節することによって、十分に大きな膜厚の塗膜を形成することが可能となる。さらに、本発明では、塗布ブレードを処理対象物の表面上に供給された液状の塗布材料の液溜まりに接触させた状態で、駆動手段により、処理対象物の回転に伴って塗布材料の液溜まりが塗布ブレードに沿って塗布ブレードの一端部と他端部との間を移動

するように、回転方向に対する塗布ブレードの傾きを変化させる制御を行う制御部を設ける。これにより、回転する処理対象物の表面上での塗布材料の移動（流動）を利用して、処理対象物の表面上に塗布材料を塗り広げることができるので、塗布ブレードを大きく移動させることなく塗布材料を移動させて塗布範囲を広げることができる。その結果、塗布ブレードの移動に伴う筋状の塗布ムラなどの発生を抑制して、より均一な膜厚の塗膜を形成することができる。以上の結果、本発明によれば、大きな膜厚で、かつ、塗布ムラの少ない均一な膜厚の塗膜を形成することができる。

発明の効果

[0023] 本発明によれば、上記のように、大きな膜厚で、かつ、塗布ムラの少ない均一な膜厚の塗膜を形成することができる。

図面の簡単な説明

[0024] [図1]本実施形態による塗膜形成装置の全体構成を示す平面図である。

[図2]図1に示した塗膜形成装置の内部構造を示す模式的な側面図である。

[図3]塗膜形成工程を含む一連の絶縁層形成処理の流れを説明するための工程毎のウェハの断面図および平面図である。

[図4]塗布ブレードの配置位置を説明するためのウェハの模式的な縦断面図である。

[図5]本実施形態による塗膜形成方法の初期段階を説明するためのウェハの平面図である。

[図6]第1角度を説明するためのウェハの拡大平面図である。

[図7]第2角度を説明するためのウェハの拡大平面図である。

[図8]本実施形態による塗膜形成方法の途中段階を説明するためのウェハの平面図である。

[図9]本実施形態による塗膜形成方法の後期段階を説明するためのウェハの平面図である。

[図10]成膜工程の終了時点を示したウェハの平面図である。

[図11]塗布ブレードを離間させる工程における離間開始時（A）、離間途中

(B) および離間完了 (C) の各状態を説明するためのウェハの模式的な縦断面図である。

発明を実施するための形態

[0025] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0026] 図1～図11を参照して、本実施形態による塗膜形成方法および塗膜形成装置100について説明する。

[0027] 本実施形態による塗膜形成方法は、処理対象物の表面上に供給された液状の塗布材料を塗布ブレード30により塗膜を形成（成膜）する方法に関する。また、本実施形態による塗膜形成装置100は、本実施形態の塗膜形成方法を実施して処理対象物の表面上に塗布材料の塗膜を形成する装置である。

[0028] (処理対象物および塗布材料)

処理対象物は、平板状の形状を有し、表面に塗布材料の塗膜が形成される物体であれば特に限定されない。処理対象物は、通常、平坦な表面を有するが、表面に開口する微細空間が形成されていてもよい。この場合、塗布材料の塗膜形成により、微細空間内に塗布材料が充填されてもよい。処理対象物の平面的な形状は問わない。処理対象物は、たとえば、シリコンやガラスなどにより形成されたウェハである。ウェハは、半導体素子やMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) デバイスなどが形成される半導体基板である。

[0029] 塗布材料は、液状で所定の粘性を有する物質であれば、特に限定されない。本実施形態の塗膜形成方法は、様々な塗布材料の成膜に用いることができる。塗布材料は、たとえば、半導体基板に用いられるレジスト液、導電性ペースト、接着剤などのほか、液状の樹脂材料である。たとえば、塗布材料は、熱硬化性樹脂であり、絶縁材料として用いられる。

[0030] 以下では、一例として、シリコンなどの半導体材料から構成されるウェハ1に、熱硬化性樹脂3からなる塗布材料の塗膜を成膜する例について説明する。また、以下では、複数の微細空間2 (図3参照) が形成されたウェハ1の表面1a上に、熱硬化性樹脂3を成膜することにより、微細空間2内に熱硬

化性樹脂 3 を充填する例について説明する。ウェハ 1 は、請求の範囲の「処理対象物」の一例である。熱硬化性樹脂 3 は、請求の範囲の「塗布材料」の一例である。図 1 の例では、ウェハ 1 は、平面的に見て、半径 R を有する略円形状であり、複数のチップを切り出すことが可能である。

[0031] (塗膜形成装置)

図 1 および図 2 に示すように、塗膜形成装置 100 は、載置部 10 と、供給部 20 と、塗布ブレード 30 と、移動機構 40 と、制御部 50 と、を備える。載置部 10、供給部 20、塗布ブレード 30 および移動機構 40 は、内部雰囲気制御可能なチャンバ 60 内に配置されている。なお、移動機構 40 は、請求の範囲の「駆動手段」の一例である。

[0032] 載置部 10 は、平板状のウェハ 1 を保持して鉛直方向の回転中心軸 11 回りに回転させるように構成されている。載置部 10 は、平坦な載置面 12 を有し、載置面 12 上に載置されたウェハ 1 を保持する。載置部 10 は、モータなどを含む回転機構 13 (図 2 参照) により、載置面 12 を鉛直方向の回転中心軸 11 回りに回転させることができる。載置部 10 は、制御部 50 と電氣的に接続されており、制御部 50 によってウェハ 1 の回転が制御されるように構成されている。以下では、塗膜形成時に、平面視 (図 1 参照) においてウェハ 1 を時計回りに回転させる例について説明する。

[0033] 供給部 20 は、ウェハ 1 の表面 1a 上に液状の塗布材料 (熱硬化性樹脂 3) を供給するように構成されている。供給部 20 は、載置部 10 の上方に離間した位置に配置されており、下部にノズル 21 を備えている。ノズル 21 は、図示しない材料貯留部と流体的に接続されており、材料貯留部から供給される熱硬化性樹脂 3 を吐出することができる。供給部 20 は、載置部 10 の上方位置から、載置部 10 に保持されたウェハ 1 の表面 1a 上に熱硬化性樹脂 3 を供給することができる。供給部 20 によりウェハ 1 の表面 1a 上に熱硬化性樹脂 3 が供給されると、ウェハ 1 上には液溜まり K (液状の熱硬化性樹脂 3 が集まってできる水たまり部分) が形成される。

[0034] 塗布ブレード 30 は、ウェハ 1 の表面 1a 上に供給された熱硬化性樹脂 3

を延ばして塗膜を形成するための部材である。図1に示すように、塗布ブレード30は、平面視で直線状形状を有する板状部材である。すなわち、塗布ブレード30は、一端部31と他端部32とを有し、一端部31と他端部32との間が直線状に形成されている。本実施形態では、塗布ブレード30は、ウェハ1の半径R以上の長さL2を有する。

[0035] 図4に示すように、塗布ブレード30は、塗膜形成時には、ウェハ1の表面1aから所定間隔Dを隔てた位置にウェハ1の表面1aに沿って配置される。つまり、塗布ブレード30は、ウェハ1の表面1aと略平行で、表面1aから所定間隔Dだけ上方の位置に配置される。所定間隔Dは、形成される塗膜の膜厚 t_1 に応じて設定される。なお、塗布ブレード30とウェハ1の表面1aとの間の所定間隔Dと、形成される塗膜の膜厚 t_1 とは、必ずしも一致せず、膜厚 t_1 の方が若干小さくなる傾向にある。所定間隔Dは、膜厚 t_1 の設計値と等しいか設計値よりも僅かに大きくなるように設定される。

[0036] 塗布ブレード30は、垂直断面において、下端部に傾斜面33を有する。傾斜面33は、塗布ブレード30の厚み方向の一方側（表面側）から他方側（裏面側）に向けて傾斜し、下端部に向かうほど厚みが小さくなる平坦面として形成されている。傾斜面33は、ウェハ1の回転方向の上流側に向けて設けられ、熱硬化性樹脂3の液溜まりKと接触して熱硬化性樹脂3を下端部に向けて案内する機能を有する。

[0037] 図1および図2に示すように、移動機構40は、ウェハ1よりも上方の位置で塗布ブレード30を保持している。移動機構40は、塗布ブレード30をウェハ1の表面1aから所定間隔Dを隔てた位置に、ウェハ1の表面1aに沿って保持することができる。本実施形態では、移動機構40は、ウェハ1に沿う面内において塗布ブレード30を回動させる機能を有する。これにより、移動機構40は、ウェハ1の回転方向に対する塗布ブレード30の傾きを変化させることができる。なお、ウェハ1に沿う面内は、典型的には水平面内であり、好ましくは載置部10の載置面12、ウェハ1の表面1a、塗布ブレード30は、略水平に配置されるように調整される。

[0038] 移動機構40は、塗布ブレード30を保持するアーム部42を備える。アーム部42は、水平方向に延びるとともに、先端部で塗布ブレード30を保持し、根元部が移動機構40に支持されている。移動機構40は、モータなどの回動駆動部43（図2参照）を備え、回動中心軸41を中心にアーム部42を回動させることが可能である。移動機構40の回動中心軸41は、載置部10に対して径方向外側に配置されている。これにより、移動機構40は、塗布ブレード30を、ウェハ1（載置部10）の径方向外側に配置された回動中心軸41回りに回動（旋回）させるように構成されている。回動中心軸41回りの回動によって、ウェハ1の回転方向に対する塗布ブレード30の傾きを変化させることが可能である。

[0039] また、移動機構40は、昇降駆動部44（図2参照）により、アーム部42を上下方向に移動させることが可能に構成されている。これにより、移動機構40は、塗布ブレード30を、ウェハ1（載置部10）の表面1aに対して接近または離間させるように移動させる。移動機構40は、塗布工程を開始する際、ウェハ1の表面1aから所定間隔Dを隔てた位置に塗布ブレード30を移動させ、塗布工程の後、塗布ブレード30をウェハ1の表面1aから離間させる。

[0040] なお、アーム部42には、塗布ブレード30に加えて供給部20が設けられている。移動機構40は、塗布ブレード30と供給部20とを一体的に移動させることが可能である。供給部20は、ノズル21が載置部10の回転中心軸11の概ね直上を通る軌道で移動するようにアーム部42に取り付けられている。移動機構40は、制御部50と電氣的に接続されており、制御部50によって塗布ブレード30および供給部20の移動が制御される。

[0041] チャンバ60は、載置面12を含む載置部10の上部、供給部20および塗布ブレード30を保持するアーム部42を収容し、密閉された空間を形成可能に構成されている。チャンバ60は開閉可能に構成されており、図示しないロボットアームなどにより載置部10上のウェハ1の出し入れが行える。

[0042] 制御部50は、CPUなどのプロセッサと、揮発性および／または不揮発性メモリとを備えたコンピュータなどから構成され、塗膜形成装置100の各部を制御する。制御部50は、載置部10の回転制御、移動機構40による塗布ブレード30および供給部20の移動制御、および、供給部20による熱硬化性樹脂3の供給制御を行うように構成されている。

[0043] 本実施形態では、熱硬化性樹脂3の塗布工程において、制御部50は、塗布ブレード30をウェハ1の表面1a上に供給された液状の熱硬化性樹脂3の液溜まりKに接触させた状態で、移動機構40により、ウェハ1の回転に伴って熱硬化性樹脂3の液溜まりKが塗布ブレード30に沿って塗布ブレード30の一端部31と他端部32との間を移動するように、回転方向に対する塗布ブレード30の傾きを変化させる制御を行うように構成されている。

[0044] (絶縁層形成処理)

本実施形態では、図3に示すように、ウェハ1には、エッチング処理などの前工程により、複数の微細空間2が形成されている。たとえば、ウェハ1には、おおよそ100万個の微細空間2が形成されている。本実施形態の塗膜形成方法は、微細空間2内に熱硬化性樹脂3を充填して、後工程によって形成される貫通電極（図示せず）の絶縁層として形成するための一連の絶縁層形成処理の一部（塗膜形成工程）として実施される。

[0045] 微細空間2は、ウェハ1の表面1aに開口するように形成されている。微細空間2は、たとえばウェハ1を貫通しない穴部であり、ウェハ1の表面1aに開口するとともに、表面1aとは反対の反対面1bには開口しない。図3に示す微細空間2は、開口2a、内側面2bおよび底部2cを有する環状溝である。微細空間2は、平面視において柱状部分を取り囲む円環形状を有する。微細空間2は、所定の直径を有する円形状に形成されている。微細空間2は、厚み方向に直交する水平方向における幅W、厚み方向の深さL1を有する。

[0046] 微細空間2の外径は、たとえば約250 μ m以下であり、好ましくは10 μ m以下である。微細空間2の幅Wはたとえば約100 μ m以下である。微

細空間 2 の厚み方向の深さ L_1 は、微細空間 2 の深さ L_1 と幅 W とのアスペクト比 (L_1 / W) が約 2 以上、約 20 以下を満たすように、幅 W に応じて決められるのが好ましい。一例として、たとえば微細空間 2 の幅 W は約 $2 \mu m$ であり、深さ L_1 はたとえば約 $20 \mu m$ である (アスペクト比 (L_1 / W) = 約 10)。

[0047] 本実施形態による塗膜形成方法によって、ウェハ 1 の表面 1 a 上に熱硬化性樹脂 3 の塗膜が形成される。この際、微細空間 2 内にも、熱硬化性樹脂 3 が充填される。熱硬化性樹脂 3 は、たとえば絶縁性材料として、常温より高くかつ約 $250^\circ C$ 以下の処理温度で固化する樹脂 (結合剤) が用いられる。熱硬化性樹脂 3 としては、フッ素樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂、および、エポキシ樹脂がある。具体的には、フッ素樹脂として、旭硝子株式会社製の AL-X2003 や AL-X2010 などの AL-X2000 シリーズが該当する。また、ポリイミド樹脂として、旭化成イーマテリアル株式会社製の PIMEL (登録商標) BM302 や BL301 が該当する。また、フェノール樹脂として、JSR 株式会社製の ELPAC (登録商標) WPR1201 や WPR5100 が該当する。

[0048] 熱硬化性樹脂 3 は、後工程によって形成される貫通電極 (図示せず) の絶縁層として機能する。貫通電極は、たとえば、複数のチップを積み重ねて実装する 3 次元実装における、上下のチップ間での電氣的接続を行うための電極 (シリコン貫通電極) として形成されるものである。以下、一連の絶縁層形成処理の流れについて概要を説明する。

[0049] まず、図 3 に示すように、微細空間 2 が形成されたウェハ 1 が準備される。微細空間 2 はたとえばエッチングによりウェハ 1 に形成され、微細空間 2 の形成時に成膜されるレジストマスクはウェハ 1 の表面 1 a から除去されている。

[0050] 準備されたウェハ 1 に対して、本実施形態の塗膜形成方法を用いた塗膜形成工程が行われる。塗膜形成工程では、ウェハ 1 の表面 1 a に熱硬化性樹脂 3 が供給され、熱硬化性樹脂 3 の塗膜が形成される。この際、微細空間 2 に

熱硬化性樹脂 3 が充填される。ウェハ 1 の表面 1 a には、膜厚 t_1 の塗膜が形成される。成膜および充填される熱硬化性樹脂 3 は、固化前の樹脂材料と溶剤との混合物である。

[0051] 塗膜形成工程の後に、プリベーク工程が行われる。プリベーク工程では、ウェハ 1 が加熱され、微細空間 2 に充填された熱硬化性樹脂 3 に含まれる溶剤が蒸発する。プリベーク工程の後、焼成工程（キュア）が行われる。焼成工程は、ウェハ 1 を加熱して熱硬化性樹脂 3 を固化させる工程である。焼成工程の加熱温度は、プリベーク工程の加熱温度よりも高い。熱硬化性樹脂 3 は、焼成工程において加えられた熱によって固化する。なお、説明の便宜のため、固化前と固化後とで熱硬化性樹脂 3 のハッチングの種類を変更して示している。

[0052] プリベーク工程および焼成工程では、塗膜形成工程によって形成された塗膜および微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 から溶剤が蒸発することにより、熱硬化性樹脂 3 は体積が減少する。微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の体積減少分は、ウェハ 1 の表面 1 a 上の熱硬化性樹脂 3 の塗膜によって補われる。また、塗膜を構成する熱硬化性樹脂 3 自体も焼成によって体積が減少する。したがって、プリベーク工程および焼成工程の後でウェハ 1 の表面 1 a 上に残留する固化済み塗膜の膜厚は、塗膜形成時の膜厚 t_1 よりも小さくなる。

[0053] 焼成工程の後、残渣除去工程が行われる。残渣除去工程は、ウェハ 1 の表面 1 a 上に残存する固化済みの熱硬化性樹脂 3 の残渣を取り除く工程である。残渣除去工程は、たとえば CMP（化学機械研磨）やポリッシャーなどの機械研磨により行われる。これにより、微細空間 2 に絶縁層としての熱硬化性樹脂 3 が充填されたウェハ 1 が得られる。

[0054] 上記のように、塗膜形成工程でウェハ 1 の表面 1 a 上に形成された塗膜は、プリベーク工程および焼成工程における体積減少分を補う機能を有する。ウェハ 1 の表面 1 a 上の熱硬化性樹脂 3 が、ウェハ表面の開口面積に対して少なすぎる場合、微細空間 2 の内部への充填不良が発生する可能性が高まる。このため、塗膜形成工程では、ウェハ 1 の表面 1 a には、微細空間 2 への

充填量よりも多い量の熱硬化性樹脂 3 が供給される。熱硬化性樹脂 3 の供給量（すなわち膜厚 t_1 ）は、プリベーク工程および焼成工程における体積減少分を考慮して設定される。たとえば、塗膜の膜厚 t_1 は、微細空間 2 の深さ L_1 と同等か、深さ L_1 よりも大きいことが望ましい。深さ L_1 がたとえば約 $20\ \mu\text{m}$ である場合、塗膜の膜厚 t_1 は、約 $20\ \mu\text{m}$ 以上である。塗膜の膜厚 t_1 は、より好ましくは約 $30\ \mu\text{m}$ 以上である。

[0055] このように十分な膜厚 t_1 の塗膜が形成された場合、プリベーク工程および焼成工程における体積減少分を補い充填不良を抑制することが可能な一方、焼成後には一定程度の膜厚の残渣が残存する。そのため、塗膜形成工程で形成された塗膜は、焼成後（固化後）に残渣除去工程によって除去される。固化した塗膜が機械研磨により除去される場合に膜厚にばらつきがあると、残渣の除去量がばらついて、固化した塗膜の一部が除去しきれずに残ったり、除去しすぎてウェハ 1 の表面 1 a を削ってしまう可能性がある。そのため、固化前の塗膜形成工程の時点で、塗膜の膜厚 t_1 は、極力均一で塗布ムラがないことが望まれる。そこで、本実施形態では、以下に説明する塗膜形成方法により、十分な膜厚 t_1 と塗布ムラを抑制した均一性とを実現する。

[0056] （塗膜形成方法）

次に、図 5 ～ 11 を参照して、本実施形態の塗膜形成方法について説明する。塗膜形成方法は、塗膜形成装置 100 によって実施される。塗膜形成装置 100 の動作制御は、制御部 50 により行われる。

[0057] 本実施形態の塗膜形成方法は、ウェハ 1 を鉛直方向の回転中心軸 11 回りに回転させる工程（ウェハを回転させる工程）と、ウェハ 1 の表面 1 a 上に熱硬化性樹脂 3 を成膜する工程（成膜工程）と、を備える。本実施形態の塗膜形成方法は、さらに、塗布ブレード 30 をウェハ 1 の表面 1 a に対して離間させる工程（ブレード離間工程）を備える。ここでは、図 1 に示したように、ロボットアームなどの搬送装置（図示せず）により、塗膜形成装置 100 の載置部 10 上にウェハ 1 が載置された状態から説明する。なお、ウェハ 1 と熱硬化性樹脂 3 との塗布状態をより改善するために、これらの各工程に

先立って事前にプライマー処理をウェハ１に対して実施してもよい。

[0058] 〈ウェハを回転させる工程〉

本実施形態では、まず、平板状のウェハ１の表面１ａから所定間隔Ｄを隔てた位置に配置された塗布ブレード３０を、ウェハ１の表面１ａ上に供給された液状の熱硬化性樹脂３の液溜まりＫに接触させた状態で、ウェハ１を鉛直方向の回転中心軸１１回りに回転させる工程が実施される。

[0059] すなわち、ウェハ１を回転させる工程は、（１）ウェハ１の表面１ａ上に液状の熱硬化性樹脂３を供給する工程と、（２）平板状のウェハ１の表面１ａから所定間隔Ｄを隔てた位置に塗布ブレード３０を配置する工程と、（３）ウェハ１を回転中心軸１１回りに回転させる工程とを含んでいる。これらの各工程（１）～（３）は、次の成膜工程に移る段階で同時に実施されている必要があるが、各工程（１）～（３）を開始する順序は必ずしも限定されない。各工程（１）～（３）を同時に開始してもよいし、任意の順序で順番に開始してもよい。ここでは一例として、（３）、（１）、（２）の順番で各工程を開始する例について説明する。

[0060] （３）ウェハ１を回転中心軸１１回りに回転させる工程では、制御部５０が載置部１０を制御することにより、載置部１０に保持されたウェハ１を回転中心軸１１回りに回転させる。ウェハ１を回転させる工程では、好ましくは、１ｒｐｍ以上１００ｒｐｍ以下の回転速度でウェハ１を回転させる。回転速度は、熱硬化性樹脂３の粘度を考慮して最適な値が選択される。また、本実施形態では、ウェハ１は、一定の等速で回転される。本実施形態では、回転速度はたとえば１０ｒｐｍである。本実施形態では、ウェハ１の回転は、成膜工程およびブレード離間工程が完了するまでの間、継続させる。

[0061] （１）ウェハ１の表面１ａ上に液状の熱硬化性樹脂３を供給する工程では、制御部５０が移動機構４０および供給部２０を制御することにより、熱硬化性樹脂３をウェハ１の表面１ａ上に供給する。本実施形態では、ウェハ１の中心を含む領域に熱硬化性樹脂３が供給される。すなわち、移動機構４０がアーム部４２を介して供給部２０を回動させ、ウェハ１の中心（回転中心

軸 1 1 上) の上方にノズル 2 1 を配置する。そして、制御部 5 0 による制御の下、供給部 2 0 がノズル 2 1 から熱硬化性樹脂 3 をウェハ 1 の表面 1 a の中心に供給する。熱硬化性樹脂 3 の供給量は、塗膜の膜厚 t 1 から算出される塗膜の体積分と、塗布ブレード 3 0 に付着する量とを考慮した所定量に設定され、制御部 5 0 により制御される。これにより、図 5 に示すように、ウェハ 1 の表面 1 a 上の、ウェハ 1 の中心を含む領域には、熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K が形成される。ウェハ 1 の回転と共に、液溜まり K も回転中心軸 1 1 を中心に回転する。

[0062] (2) ウェハ 1 の表面 1 a から所定間隔 D を隔てた位置に塗布ブレード 3 0 を配置する工程では、制御部 5 0 が移動機構 4 0 を制御することにより、塗布ブレード 3 0 をウェハ 1 上方の所定位置に移動させる。制御部 5 0 は、上下方向の位置については、塗布ブレード 3 0 がウェハ 1 の表面 1 a から所定間隔 D を隔てた位置（高さ位置）となるように移動機構 4 0 を制御する。本実施形態において、所定間隔 D は、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは約 $30\text{ }\mu\text{m}$ 以上である。水平方向の位置については、本実施形態では、図 5 に示すように、直線状の塗布ブレード 3 0 を、一端部 3 1 がウェハ 1 の中心近傍に位置し、他端部 3 2 がウェハ 1 の外周部近傍に位置するように配置する。好ましくは、塗布ブレード 3 0 を、塗布ブレード 3 0 の一端部 3 1 が熱硬化性樹脂 3 と接する位置に配置する。

[0063] すなわち、制御部 5 0 は、予めウェハ 1 の中心に供給された熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K の上方に離間した位置（所定間隔 D よりもさらに間隔が大きい位置）に塗布ブレード 3 0 を回動させた後、ウェハ 1 の表面 1 a から所定間隔 D となる位置まで塗布ブレード 3 0 を下降させる。これにより、塗布ブレード 3 0 は、液溜まり K の上方から下端部を液溜まり K に浸漬するように移動される。その結果、塗布ブレード 3 0 の一端部 3 1 が熱硬化性樹脂 3 と接する位置に配置される。

[0064] 〈成膜工程〉

ウェハ 1 の表面 1 a 上に熱硬化性樹脂 3 を成膜する工程（成膜工程）では

、制御部 50 が移動機構 40 を制御することにより、ウェハ 1 の回転に伴って熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K が塗布ブレード 30 に沿って塗布ブレード 30 の一端部 31 と他端部 32 との間を移動するように、ウェハ 1 に沿う面内における回転方向に対する塗布ブレード 30 の傾きを変化させる。

[0065] 具体的には、熱硬化性樹脂 3 を成膜する工程では、ウェハ 1 の回転に伴って熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K に塗布ブレード 30 の一端部 31 側に向かう力を作用させる第 1 角度 $A_g 1$ と、ウェハ 1 の回転に伴って熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K に塗布ブレード 30 の他端部 32 側に向かう力を作用させる第 2 角度 $A_g 2$ と、の間で塗布ブレード 30 の傾きを変化させる。図 5 は、塗布ブレード 30 を第 1 角度 $A_g 1$ に保持した状態を示している。

[0066] 図 6 に示すように、第 1 角度 $A_g 1$ は、回転中心軸 11 回りの円と塗布ブレード 30 との交点 P における円の接線と塗布ブレード 30 との交差角 θ が一端部 31 側に向けて鋭角（90 度未満）となる所定角度である。第 2 角度 $A_g 2$ は、図 7 に示すように、回転中心軸 11 回りの円と塗布ブレード 30 との交点 P における円の接線と塗布ブレード 30 との交差角 θ が他端部 32 側に向けて鋭角となる所定角度である。図 5 ～図 10 において示した回転中心軸 11 を中心とする同心円（破線部）は、参考のための補助線である。

[0067] ここで、熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K は、ウェハ 1 の回転に伴って回転中心軸 11 回りに回転するので、液溜まり K と塗布ブレード 30 とが接触して液溜まり K の回転移動が塗布ブレード 30 により遮られる状態では、接触部分において液溜まり K に回転中心軸 11 回りの回転方向の力が作用する。つまり、液溜まり K と塗布ブレード 30 との接触部分を通る回転中心軸 11 回りの円と、塗布ブレード 30 との交点 P における、円の接線方向に向いた回転方向力 F が作用する。

[0068] このため、図 6 に示す塗布ブレード 30 が第 1 角度 $A_g 1$ の状態では、上記の交差角 θ が一端部 31 側に向けて鋭角となるので、回転方向力 F は、第 1 角度 $A_g 1$ の塗布ブレード 30 に垂直な分力 F_0 と、塗布ブレード 30 の一端部 31 側に向かう分力 F_1 とに分解できる。したがって、第 1 角度 A_g

1では、分力 F_0 により塗布ブレード30と接触する（塗布ブレード30により堰き止められる）液溜まりKに対して、塗布ブレード30の一端部31側に向かう分力 F_1 が液溜まりKに作用する。第1角度 A_{g1} の大きさ（交差角 θ の大きさ）を調整することにより、一端部31側に向かう分力 F_1 の大きさを調整できる。この結果、第1角度 A_{g1} の大きさを適切に設定することにより、液溜まりKを一端部31側に移動させたり、液溜まりKが他端部32側に移動するのを抑制したりすることができる。

[0069] 反対に、図7に示す塗布ブレード30が第2角度 A_{g2} の状態では、上記の交差角 θ が他端部32側に向けて鋭角となるので、回転方向力 F は、第2角度 A_{g2} の塗布ブレード30に垂直な分力 F_0 と、塗布ブレード30の他端部32側に向かう分力 F_2 とに分解できる。したがって、第2角度 A_{g2} では、分力 F_0 により塗布ブレード30と接触する（塗布ブレード30により堰き止められる）液溜まりKに対して、塗布ブレード30の他端部32側に向かう分力 F_2 が液溜まりKに作用する。第2角度 A_{g2} の大きさ（交差角 θ の大きさ）を調整することにより、他端部32側に向かう分力 F_2 の大きさを調整できる。この結果、第2角度 A_{g2} の大きさを適切に設定することにより、液溜まりKを他端部32側に移動させたり、液溜まりKが一端部31側に移動するのを抑制したりすることができる。

[0070] 交差角 θ は、図8に示すように塗布ブレード30または塗布ブレード30の延長線が回転中心軸11上を通るとき（塗布ブレード30が円の半径方向に一致するとき）に90度となる。この状態から塗布ブレード30が一方側（図6参照）に傾けば、交差角 θ が一端部31側に鋭角となって一端部31側に向かう分力 F_1 が発生する。第1角度 A_{g1} は、塗布ブレード30（または延長線）が回転中心軸11上から一方側に傾く角度範囲から選択された所定の傾斜角度である。塗布ブレード30が他方側（図7参照）に傾けば、交差角 θ が他端部32側に鋭角となって他端部32側に向かう分力 F_2 が発生する。第2角度 A_{g2} は、塗布ブレード30（または延長線）が回転中心軸11上から他方側に傾く角度範囲から選択された所定の傾斜角度である。

第1角度 A_{g1} および第2角度 A_{g2} は、主としてウェハ1の回転速度、塗布材料（熱硬化性樹脂3）の粘度などの物性、形成する塗膜の膜厚 t_1 、などを考慮して適切な値に設定される。

[0071] 本実施形態では、熱硬化性樹脂3を成膜する工程において、ウェハ1を回転させながら、塗布ブレード30の傾きを第1角度 A_{g1} と第2角度 A_{g2} との間で連続的に変化させる。具体的な塗布動作として、本実施形態では、ウェハ1の上方に配置された塗布ブレード30を、ウェハ1の径方向外側に配置された回動中心軸41回りに回動させて、塗布ブレード30の傾きを変化させる。すなわち、制御部50は、塗布ブレード30を回動中心軸41回りに回動させ、塗布ブレード30の傾きが継続的に変化するように移動機構40を制御する。

[0072] 図5に示したように、成膜工程の開始時には、ウェハ1を回転させる工程によって、塗布ブレード30の一端部31がウェハ1の中心近傍に位置し、塗布ブレード30の他端部32がウェハ1の外周部近傍に位置するように配置されている。本実施形態では、この成膜工程の開始位置が、塗布ブレード30が第1角度 A_{g1} となる位置に設定されている。成膜工程では、このように配置された塗布ブレード30の一端部31側がウェハ1の中心を跨いで通過するように回動させて、塗布ブレード30の傾きを変化させる。

[0073] すなわち、制御部50が、移動機構40を制御してアーム部42を回動させることにより、塗布ブレード30の一端部31側が、ウェハ1の中心上方位置（回転中心軸11）を通過するような湾曲した軌道を描くように、塗布ブレード30全体が回動中心軸41回りに時計回転方向に回動される。つまり、塗布ブレード30は、図5に示した第1角度 A_{g1} となる位置から、第2角度 A_{g2} となる位置（図10）に向けて、連続的に回動される。

[0074] この結果、成膜工程では、図5、図8～図10に示すように、熱硬化性樹脂3の液溜まりKを塗布ブレード30に沿ってウェハ1の中心側から外周側に向けて移動させる。

[0075] また、成膜工程では、ウェハ1の外周部よりも内側に配置された塗布ブレ

ード30の他端部32側の所定位置Pf（図10参照）まで、熱硬化性樹脂3の液溜まりKを塗布ブレード30に沿って移動させる。塗布ブレード30の他端部32側の所定位置Pfは、ウェハ1の外周部よりも内側であって、ウェハ1上の塗膜形成領域（熱硬化性樹脂3を塗布する領域）の外縁となる位置である。

[0076] なお、液溜まりKは、塗布ブレード30に垂直な分力F0によって液溜まりKが塗布ブレード30に押し付けられることによって、塗布ブレード30の両端に向けて拡がろうとする。そのため、液溜まりKの量（体積）が多い初期状態では、第1角度Ag1にしても液溜まりKは他端部32側に向けて拡がっていく。このとき第1角度Ag1の大きさによって、液溜まりKが他端部32側に向けて拡がる速度や、釣り合い状態に達する位置を制御できる。液溜まりKの量（体積）が減少してくると、垂直な分力F0によって液溜まりKが塗布ブレード30の両端に向けて拡がりにくくなる。その場合に、第2角度Ag2の大きさによって、液溜まりKがより他端部32側に移動するように付勢することができる。その結果、体積の減少に伴って移動しにくくなる液溜まりKの最終到達位置（外周側の所定位置Pf）を、第2角度Ag2の大きさによって制御することができる。

[0077] 第1角度Ag1から第2角度Ag2になるまで塗布ブレード30を回動中心軸41回りに回動させると、液溜まりKが他端部32側に移動し、液溜まりKの移動に伴って、ウェハ1の中心側から外周側に向けて塗膜が塗り拡げられる。ウェハ1が回転中心軸11回りに回転するため、塗布ブレード30に沿って保持される液溜まりKのうち、ウェハ1の中心（回転中心軸11）から最も離れた位置（液溜まりKの他端部32側の端部）と、ウェハ1の中心と間の距離を半径とする円形状の塗膜が形成される。図8～図10の各図では、円形状の熱硬化性樹脂3の塗膜を、液溜まりKとは異なるハッチングを付して示している。液溜まりKの回転中心軸11から最も離れた部分は、本実施形態における塗布ブレード30の移動範囲内では、常に液溜まりKの他端部32側の端部となる。

[0078] 図10に示すように、液溜まりKの端部が塗布ブレード30の他端部32側の所定位置Pfまで到達すると、ウェハ1の回転に伴って他端部32が配置された所定位置Pfを外縁とする円形状の塗膜が形成される。図10の時点では、液溜まりKの大部分が塗膜形成に消費されて無くなる。

[0079] 〈塗膜形成動作の詳細説明〉

ここで、第1角度Ag1から第2角度Ag2に到達するまでの塗布ブレード30の回動と、液溜まりKの移動とについて、詳細に説明する。

[0080] 図5に示すように、液溜まりKがウェハ1の中心近傍にある塗布工程の初期段階では、ウェハ1の回転方向力Fにより、液溜まりKは、塗布ブレード30の一端部31側に留まる方向に付勢される。この際、塗布ブレード30の一端部31側から液溜まりKが外側（塗布ブレード30の延長線方向）に流出しないように、第1角度Ag1が設定される。また、塗布工程の初期段階では液溜まりKの量が多く、塗布ブレード30に垂直な分力F0によって液溜まりKが塗布ブレード30に押し付けられるため、液溜まりKは、全体としては塗布ブレード30側に押しつけられて他端部32側にも延びていく。分力F1は、液溜まりKが他端部32側に延びていく移動を抑制する方向に働く。

[0081] 塗布工程の初期段階では、第1角度Ag1の塗布ブレード30により液溜まりKがウェハ1の中心近傍に保持されるので、ウェハ1の回転に伴ってウェハ1の中心部近傍の塗膜形成が確実に行われる。

[0082] 塗布ブレード30が回動中心軸41回りに回動されるに従って、一端部31側に向けて鋭角となる交差角 θ は直角に近づく。図8に示すように、塗布ブレード30がウェハ1の中心（回転中心軸11）上に到達するとき、塗布ブレード30がウェハ1の半径方向に一致するため、交差角 θ が直角となる。このとき、液溜まりKに作用する回転方向力Fは、第1角度Ag1の塗布ブレード30に垂直な方向のみとなる。このように塗布ブレード30の回動に伴って一端部31側に向かう分力F1が減少するので、液溜まりKは他端部32側に徐々に移動する。液溜まりKがウェハ1の中心（回転中心軸11

）から離れた分だけ、円形状の塗膜（熱硬化性樹脂 3）の形成範囲が広がる。

[0083] 図 9 に示すように、塗布ブレード 30 がウェハ 1 の中心（回転中心軸 11）上を超えると、交差角 θ が他端部 32 側に向けて鋭角となる。ウェハ 1 の回転方向力 F により、液溜まり K は、塗布ブレード 30 の他端部 32 側に移動する方向に付勢される。塗布ブレード 30 に保持される液溜まり K の量は、塗膜の形成範囲が広がるにつれて減少する。このため、液溜まり K は、他端部 32 側に移動するに従って、他端部 32 側へ移動しにくくなる。そこで、塗布ブレード 30 を第 2 角度 $A_g 2$ に近づけるように回動させ、塗布ブレード 30 の他端部 32 側に向かう分力 F_2 を相対的に大きくすることにより、液溜まり K がさらに他端部 32 側に移動する。

[0084] 図 10 に示すように、第 2 角度 $A_g 2$ をウェハ 1 における熱硬化性樹脂 3 の塗膜形成領域に対応させて適切に設定することにより、塗布ブレード 30 を第 2 角度 $A_g 2$ まで回動させた状態で、液溜まり K が塗布ブレード 30 の他端部 32 側の所定位置 P_f （塗膜形成領域の外縁）まで到達して移動が終了する。これにより、成膜工程が完了する。第 1 角度 $A_g 1$ から第 2 角度 $A_g 2$ になるまでに、移動機構 40 は角度 ϕ だけアーム部 42 を回動させる。図 10 の例では、角度 ϕ は約 12 度である。

[0085] なお、ウェハ 1 への熱硬化性樹脂 3 の供給量は、塗膜形成領域の外縁まで塗膜を形成した段階で塗布ブレード 30 に保持される液溜まり K が概ね無くなる（液溜まり K のほぼ全部が塗膜形成に消費される）ように調整することができる。このため、成膜工程が完了すると、塗布ブレード 30 に保持される余剰の液溜まり K は、ごく僅かとなる。

[0086] 〈ブレード離間工程〉

成膜工程の後、塗布ブレード 30 をウェハ 1 の表面 1a に対して離間させる工程（ブレード離間工程）が実施される。上記の通り、成膜工程が完了した段階で、塗布ブレード 30 に保持される余剰の液溜まり K はごく僅かとなるが、余剰の液溜まり K が塗布ブレード 30 に接触した状態で塗布ブレード

30を上昇させると、直線状のブレード痕が形成される可能性がある。

[0087] そこで、本実施形態では、ブレード離間工程では、制御部50が、ウェハ1の回転を継続しながら、塗布ブレード30が熱硬化性樹脂3の塗膜と接触する位置から塗膜と非接触となる位置へ移動するまでに、少なくともウェハ1が1回転するように、塗布ブレード30をウェハ1に対して相対的に離間させる制御を行う。

[0088] すなわち、図11(A)に示すように、成膜工程が完了した時点で、膜厚 t_1 の塗膜が形成され、塗布ブレード30と接触する微量の液溜まり K_r が残存しているとする。この状態から、ウェハ1の回転を継続しながら、塗布ブレード30を低速でウェハ1から離間する方向（上方）に移動させる。塗布ブレード30の上昇速度は、塗布ブレード30が熱硬化性樹脂3の塗膜と接触する位置（成膜工程の完了位置）から塗膜と非接触となる位置へ移動するまでに、少なくともウェハ1が1回転する速度である。たとえば、ウェハ1の回転速度が約10rpmの場合に、塗布ブレード30の上昇速度を約0.1mm/秒とする。この場合、ウェハ1が1回転する間（約6秒間）に、塗布ブレード30が約0.6mm上昇する。

[0089] これにより、塗布ブレード30の上昇に伴って、ウェハ1と塗布ブレード30との間隔Dが徐々に増大する。間隔Dの増大に伴って、余剰の液溜まり K_r が塗膜の一部として平坦化される（ならされる）。そして、図11(B)に示すように、ウェハ1が1回転する間には余剰の液溜まり K_r が消費され尽くして液溜まり K_r が消滅する。

[0090] その後、図11(C)に示すように、塗布ブレード30がさらに上昇を継続することによって塗膜から離間する。これにより、ブレード痕が形成されることが抑制される。図11(A)および図11(B)は、塗布ブレード30が塗膜と接触する位置にある状態を示し、図11(C)は、塗布ブレード30が塗膜と非接触となる位置にある状態を示している。図11では、説明のために誇張して図示しているが、余剰の液溜まり K_r の量はごく僅かであるため、余剰の液溜まり K_r に起因する膜厚の増大分(e)は、誤差レベル

の許容範囲内に収めることが可能である。

[0091] なお、塗布ブレード30が塗膜と非接触となる位置は、熱硬化性樹脂3を成膜する工程の完了時点で残存する微量の液溜まりKの高さhを考慮してもよい、単純にブレード痕が形成されなくなる高さ位置を実験的に求めてもよい。

[0092] 塗布ブレード30が塗膜と非接触となる位置まで低速で上昇した後は、制御部50は、移動機構40により速やかに塗布ブレード30を退避させる。以上により、ブレード離間工程が完了すると共に、塗膜形成工程が完了する。

[0093] (本実施形態の効果)

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0094] 本実施形態の塗膜形成方法では、上記のように、ウェハ1の表面1aと塗布ブレード30との所定間隔Dの大きさを調節することによって、十分に大きな膜厚t1の塗膜を形成することが可能となる。さらに、本実施形態では、ウェハ1の回転に伴って熱硬化性樹脂3の液溜まりKが塗布ブレード30に沿って塗布ブレード30の一端部31と他端部32との間を移動するように、ウェハ1に沿う面内における回転方向に対する塗布ブレード30の傾きを変化させて、ウェハ1の表面1a上に熱硬化性樹脂3を成膜する工程（成膜工程）を設ける。これにより、回転するウェハ1の表面1a上での熱硬化性樹脂3の移動（流動）を利用して、ウェハ1の表面1a上に熱硬化性樹脂3を塗り広げることができる。塗布ブレード30の傾きを制御すると、塗布ブレード30により保持された液溜まりKを塗布ブレード30に沿って移動させることができるので、塗布ブレード30を大きく移動させることなく熱硬化性樹脂3を移動させて塗布範囲を広げることができる。その結果、塗布ブレード30の移動に伴う筋状の塗布ムラなどの発生を抑制して、より均一な膜厚t1の塗膜を形成することができる。以上の結果、本実施形態の塗膜形成方法および塗膜形成装置100によれば、大きな膜厚t1で、かつ、塗布ムラの少ない均一な膜厚t1の塗膜を形成することができる。

[0095] また、本実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂 3 を成膜する工程（成膜工程）において、ウェハ 1 の回転に伴って熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K に塗布ブレード 30 の一端部 31 側に向かう力（分力 F_1 ）を作用させる第 1 角度 A_{g1} と、ウェハ 1 の回転に伴って熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K に塗布ブレード 30 の他端部 32 側に向かう力（分力 F_2 ）を作用させる第 2 角度 A_{g2} と、の間で塗布ブレード 30 の傾きを変化させる。これにより、第 1 角度 A_{g1} と第 2 角度 A_{g2} との間で塗布ブレード 30 の傾きを調整することによって、たとえば熱硬化性樹脂 3 の液溜まり K を一端部 31 近傍に保持して他端部 32 側へ移動するのを抑制したり、液溜まり K を一端部 31 から他端部 32 に向けて徐々に移動させたりすることができる。つまり、塗布ブレード 30 に沿う方向の液溜まり K の位置および移動速度を制御することができる。その結果、熱硬化性樹脂 3 の粘度などの材質に応じて、より均一でムラの少ない塗膜を形成可能な熱硬化性樹脂 3 の制御が可能となる。

[0096] また、本実施形態では、上記のように、第 1 角度 A_{g1} は、回転中心軸 11 回りの円と塗布ブレード 30 との交点 P における円の接線と塗布ブレード 30 との交差角が一端部 31 側に向けて鋭角となる角度とし、第 2 角度 A_{g2} は、回転中心軸 11 回りの円と塗布ブレード 30 との交点 P における円の接線と塗布ブレード 30 との交差角が他端部 32 側に向けて鋭角となる角度とする。これにより、第 1 角度 A_{g1} では、液溜まり K を一端部 31 側に移動させたり、液溜まり K が他端部 32 側に移動することを抑制したりできる。第 2 角度 A_{g2} では、液溜まり K を他端部 32 側に移動させたり、液溜まり K が一端部 31 側に移動することを抑制したりできる。その結果、塗布ブレード 30 の一端部 31 から他端部 32 まで自由に熱硬化性樹脂 3 を移動させて、より好適な塗布条件での塗膜形成を実現することができる。

[0097] また、本実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂 3 を成膜する工程（成膜工程）において、ウェハ 1 を回転させながら、塗布ブレード 30 の傾きを第 1 角度 A_{g1} と第 2 角度 A_{g2} との間で連続的に変化させる。これにより、塗布ブレード 30 の傾きを段階的に変化させる場合と異なり、徐々に液

溜まりKを移動させることができる。その結果、液溜まりKが速く移動しすぎて未塗布領域が形成されるのを防ぐことができるので、塗布ムラの発生を効果的に抑制することができる。

[0098] また、本実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂3を成膜する工程（成膜工程）において、ウェハ1の上方に配置された塗布ブレード30を、ウェハ1の径方向外側に配置された回転中心軸41回りに回転させて、塗布ブレード30の傾きを変化させる。これにより、ウェハ1の上方（上下にオーバーラップする位置）に、塗布ブレード30を回転させるための軸やギヤなどの駆動部分が配置されることを回避できる。その結果、たとえば半導体ウェハなどのウェハ1に対して、駆動部分の摩擦に伴う微粉末や異物が落下することを抑制できるので、高品位な塗膜が形成できる。

[0099] また、本実施形態では、上記のように、ウェハ1を回転させる工程において、ウェハ1の半径R以上の長さを有する直線状の塗布ブレード30を、一端部31がウェハ1の中心近傍に位置し、他端部32がウェハ1の外周部近傍に位置するように配置する。そして、熱硬化性樹脂3を成膜する工程（成膜工程）において、塗布ブレード30の一端部31側がウェハ1の中心を跨いで通過するように回転させて、塗布ブレード30の傾きを変化させる。これにより、熱硬化性樹脂3の液溜まりKを一端部31側に移動させることにより、ウェハ1の中心部を確実に塗布することができる。また、液溜まりKを一端部31から他端部32、または他端部32から一端部31まで移動させるだけで、ウェハ1の中心から外周部近傍まで確実に、塗布ムラの少ない均一な塗膜を形成することができる。

[0100] また、本実施形態では、上記のように、ウェハ1を回転させる工程において、ウェハ1の中心を含む領域に熱硬化性樹脂3を供給する。そして、熱硬化性樹脂3を成膜する工程（成膜工程）において、熱硬化性樹脂3の液溜まりKを塗布ブレード30に沿ってウェハ1の中心側から外周側に向けて移動させる。これにより、ウェハ1の中心に供給した熱硬化性樹脂3の液溜まりKを外周側まで移動させるだけで、塗膜形成を完了させることができる。そ

のため、たとえば液溜まりKを一端部31側と他端部32側との間で往復させるような構成と比較して、処理時間を短縮することができる。

[0101] また、本実施形態では、上記のように、ウェハ1を回転させる工程において、塗布ブレード30を、塗布ブレード30の一端部31が熱硬化性樹脂3と接する位置に配置する。これにより、塗布ブレード30をウェハ1の上方の所定間隔Dを隔てた位置に配置する時点で、ウェハ1の中心部に供給された熱硬化性樹脂3の塗膜形成を開始することができる。したがって、たとえばウェハ1の中心部と外周部との中間位置に供給した液溜まりKを中心部まで移動させる場合と比較して、速やかに塗膜形成を開始することができるので、処理時間をさらに短縮することができる。

[0102] また、本実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂3を成膜する工程（成膜工程）において、ウェハ1の外周部よりも内側に配置された塗布ブレード30の他端部32側の所定位置Pfまで、熱硬化性樹脂3の液溜まりKを塗布ブレード30に沿って移動させる。このように構成すれば、液溜まりKをウェハ1の外周部から外部に押し出すのではなく、塗布ブレード30におけるウェハ1の外周部よりも内側の所定位置Pf（塗膜形成領域の外縁部）まで液溜まりKを移動させて、熱硬化性樹脂3の成膜を完了させることができる。これにより、たとえばスピン塗布法では一般に80～90%程度の熱硬化性樹脂3がウェハ1の外部に飛び散ってしまうのとは異なり、供給した熱硬化性樹脂3を極力無駄にすることなく塗膜を形成することができるとともに、成膜処理後の清掃などのメンテナンス作業量を抑制することができる。

[0103] また、本実施形態では、上記のように、ブレード離間工程において、ウェハ1の回転を継続しながら、塗布ブレード30が熱硬化性樹脂3の塗膜と接触する位置から塗膜と非接触となる位置へ移動するまでに、少なくともウェハ1が1回転するように、塗布ブレード30をウェハ1に対して相対的に離間させる。これにより、成膜工程が完了した後、ウェハ1をさらに1回転以上させる間に、塗布ブレード30とウェハ1との間隔が徐々に拡大することによって、塗膜上にごく僅かに残留する液溜まりKr（図11参照）を塗膜

上にならして平坦にしつつ、液溜まりKが完全になくなった状態（膜厚 t_1 が均一になった状態）で塗布ブレード30を塗膜表面から離間させることができる。その結果、塗布ブレード30を離間させる際に塗布ムラ（ブレード痕）が発生するのを抑制することができる。

[0104] また、本実施形態では、上記のように、所定間隔Dを $20\ \mu\text{m}$ 以上とする。これにより、スピン塗布法では困難な $20\ \mu\text{m}$ 以上の膜厚 t_1 の均一な塗膜を成膜する際に好適に適用できる。

[0105] また、本実施形態では、上記のように、ウェハ1を回転させる工程では、 $1\ \text{rpm}$ 以上 $100\ \text{rpm}$ 以下の回転速度でウェハ1を回転させる。これにより、一般に、数百 rpm ～数千 rpm 程度の回転速度で成膜を行うスピン塗布法と異なり、 $1\ \text{rpm}$ 以上 $100\ \text{rpm}$ 以下の低い回転速度で成膜を行うことにより、熱硬化性樹脂3の飛散を回避して材料使用量を低減することができる。

[0106] [変形例]

なお、今回開示された実施形態は、すべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は、上記した実施形態の説明ではなく請求の範囲によって示され、さらに請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更（変形例）が含まれる。

[0107] たとえば、上記実施形態では、処理対象物として、シリコンやガラスなどにより形成されたウェハ1を用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。平板状の形状を有し、表面に塗布材料の塗膜が形成される物体であれば、ウェハ1以外の処理対象物であってよい。

[0108] また、上記実施形態では、塗布材料として、液状の熱硬化性樹脂3を用いる例を示したが、本発明はこれに限られない。液状で所定の粘性を有する物質であれば、熱硬化性樹脂3以外の塗布材料であってよい。

[0109] また、上記実施形態では、ウェハ1に熱硬化性樹脂3の塗膜を形成することにより、ウェハ1に形成された微細空間2内に熱硬化性樹脂3を充填する例について説明したが、本発明はこれに限られない。本発明では、塗布材料

の塗膜を形成すればよく、微細空間内に充填する必要はない。したがって、処理対象物に微細空間が形成されていなくてもよい。

[0110] また、上記実施形態では、直線状の塗布ブレード30の例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、塗布ブレードが湾曲していたり、凸部や凹部を有したりしていてもよい。

[0111] また、上記実施形態では、塗布ブレード30がウェハ1の半径R以上の長さを有する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、塗布ブレード30がウェハ1の半径Rと未満であってもよい。

[0112] また、上記実施形態では、塗布ブレード30を、ウェハ1の径方向外側に配置された回動中心軸41回りに回動させる構成の例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、たとえば塗布ブレード30の一端部31と他端部32との間の所定位置に回動軸を設けて、塗布ブレード30を回動軸回りに回動させてもよい。

[0113] また、上記実施形態では、熱硬化性樹脂3をウェハ1の中心を含む領域に供給した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、熱硬化性樹脂（塗布材料）をウェハ（処理対象物）上のどの位置に供給してもよい。また、塗布ブレード30を液溜まりKと接触する位置に配置しなくてもよい。

[0114] また、上記実施形態では、液溜まりKを塗布ブレード30に沿ってウェハ1の中心側から外周側に向けて移動させることにより、塗膜を形成する例を示したが、本発明はこれに限られない。たとえば、液溜まりKを外周側から内周側に向けて移動させて塗膜を形成してもよい。また、たとえば、液溜まりKを塗布ブレード30の中間位置から外周側または内周側の一方に移動させた後、外周側または内周側の他方に移動させて、液溜まりKを往復させるように移動させてもよい。本発明では、塗膜形成領域の全体に塗膜が形成できるように液溜まりKを移動させればよく、どのように液溜まりKを移動させてもよい。このため、成膜工程における塗布ブレード30の初期位置は、第1角度 θ_1 となる位置でなくてもよいし、塗布ブレード30の最終位置

が第2角度 A_{g2} となる位置でなくてもよい。

[0115] また、上記実施形態では、ウェハ1を回転させながら、塗布ブレード30の傾きを第1角度 A_{g1} と第2角度 A_{g2} との間で連続的に変化させる例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、第1角度 A_{g1} と第2角度 A_{g2} との間を複数角度に分割し、塗布ブレード30がこれらの複数角度になるように傾きを段階的に変化させてもよい。

[0116] また、上記実施形態では、ウェハ1の表面1aと塗布ブレード30との間の所定間隔Dが $20\mu\text{m}$ 以上である例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、所定間隔Dが $20\mu\text{m}$ 未満であってもよいが、上記の通り、所定間隔Dが $20\mu\text{m}$ 以上である場合に特に好適である。

[0117] また、上記実施形態では、 1rpm 以上 100rpm 以下の回転速度でウェハ1を回転させる例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、 100rpm よりも大きい回転速度でウェハ1を回転させてもよいが、上記の通り、 1rpm 以上 100rpm 以下の回転速度である場合に特に好適である。また、ウェハ1の回転速度は一定である必要はなく、成膜工程の間に回転速度を変化させてもよい。たとえば、塗布ブレード30の移動（角度変化）に伴ってウェハ1の回転速度を変化させてもよい。

[0118] また、上記実施形態では、成膜工程の終了後、塗布ブレード30が塗膜と接触する位置から塗膜と非接触となる位置へ移動するまでに、少なくともウェハ1が1回転するように、塗布ブレード30をウェハ1に対して相対的に離間させる例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、成膜工程の終了後、直ちに塗布ブレード30を離間（上昇）させてもよい。

[0119] なお、塗布ブレード30とウェハ1との接近および離間は、移動機構40によって塗布ブレード30側を移動させなくてもよく、載置部10を上下に移動させてもよい。

符号の説明

[0120] 1 ウェハ（処理対象物）

1a 表面

3 熱硬化性樹脂（塗布材料）

1 0 載置部

1 1 回転中心軸

2 0 供給部

3 0 塗布ブレード

3 1 一端部

3 2 他端部

4 0 移動機構（駆動手段）

4 1 回動中心軸

5 0 制御部

A g 1 第1角度

A g 2 第2角度

D 所定間隔

K、K r 液溜まり

P 交点

θ 交差角

請求の範囲

- [請求項1] 平板状の処理対象物の表面から所定間隔を隔てた位置に配置された塗布ブレードを、前記処理対象物の前記表面上に供給された液状の塗布材料の液溜まりに接触させた状態で、前記処理対象物を鉛直方向の回転中心軸回りに回転させる工程と、
- 前記処理対象物の回転に伴って前記塗布材料の液溜まりが前記塗布ブレードに沿って前記塗布ブレードの一端部と他端部との間を移動するように、前記処理対象物に沿う面内における回転方向に対する前記塗布ブレードの傾きを変化させて、前記処理対象物の前記表面上に前記塗布材料を成膜する工程と、を備える、塗膜形成方法。
- [請求項2] 前記塗布材料を成膜する工程において、
- 前記処理対象物の回転に伴って前記塗布材料の液溜まりに前記塗布ブレードの前記一端部側に向かう力を作用させる第1角度と、
- 前記処理対象物の回転に伴って前記塗布材料の液溜まりに前記塗布ブレードの前記他端部側に向かう力を作用させる第2角度と、
- の間で前記塗布ブレードの傾きを変化させる、請求項1に記載の塗膜形成方法。
- [請求項3] 前記第1角度は、前記回転中心軸回りの円と前記塗布ブレードとの交点における前記円の接線と前記塗布ブレードとの交差角が前記一端部側に向けて鋭角となる角度であり、
- 前記第2角度は、前記回転中心軸回りの円と前記塗布ブレードとの交点における前記円の接線と前記塗布ブレードとの交差角が前記他端部側に向けて鋭角となる角度である、請求項2に記載の塗膜形成方法。
- [請求項4] 前記塗布材料を成膜する工程において、前記処理対象物を回転させながら、前記塗布ブレードの傾きを前記第1角度と前記第2角度との間で連続的に変化させる、請求項2または3に記載の塗膜形成方法。
- [請求項5] 前記塗布材料を成膜する工程において、前記処理対象物の上方に配

置された前記塗布ブレードを、前記処理対象物の径方向外側に配置された回動中心軸回りに回動させて、前記塗布ブレードの傾きを変化させる、請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の塗膜形成方法。

[請求項6] 前記処理対象物を回転させる工程において、前記処理対象物の半径以上の長さを有する直線状の前記塗布ブレードを、前記一端部が前記処理対象物の中心近傍に位置し、前記他端部が前記処理対象物の外周部近傍に位置するように配置し、

前記塗布材料を成膜する工程において、前記塗布ブレードの前記一端部側が前記処理対象物の中心を跨いで通過するように回動させて、前記塗布ブレードの傾きを変化させる、請求項 5 に記載の塗膜形成方法。

[請求項7] 前記処理対象物を回転させる工程において、前記処理対象物の中心を含む領域に前記塗布材料を供給し、

前記塗布材料を成膜する工程において、前記塗布材料の液溜まりを前記塗布ブレードに沿って前記処理対象物の中心側から外周側に向けて移動させる、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の塗膜形成方法。

[請求項8] 前記処理対象物を回転させる工程において、前記塗布ブレードを、前記塗布ブレードの前記一端部が前記塗布材料と接する位置に配置する、請求項 7 に記載の塗膜形成方法。

[請求項9] 前記塗布材料を成膜する工程において、前記処理対象物の外周部よりも内側に配置された前記塗布ブレードの前記他端部側の所定位置まで、前記塗布材料の液溜まりを前記塗布ブレードに沿って移動させる、請求項 7 または 8 に記載の塗膜形成方法。

[請求項10] 前記塗布材料を成膜する工程の後、前記塗布ブレードを前記処理対象物の前記表面に対して離間させる工程をさらに備え、

前記塗布ブレードを前記処理対象物の前記表面に対して離間させる工程において、前記処理対象物の回転を継続しながら、前記塗布ブレードが前記塗布材料の塗膜と接触する位置から前記塗膜と非接触とな

る位置へ移動するまでに、少なくとも前記処理対象物が1回転するように、前記塗布ブレードを前記処理対象物に対して相対的に離間させる、請求項1～9のいずれか1項に記載の塗膜形成方法。

[請求項11] 前記所定間隔は、 $20\mu\text{m}$ 以上である、請求項1～10のいずれか1項に記載の塗膜形成方法。

[請求項12] 前記処理対象物を回転させる工程では、 1rpm 以上 100rpm 以下の回転速度で前記処理対象物を回転させる、請求項1～11のいずれか1項に記載の塗膜形成方法。

[請求項13] 平板状の処理対象物を保持して鉛直方向の回転中心軸回りに回転させる載置部と、

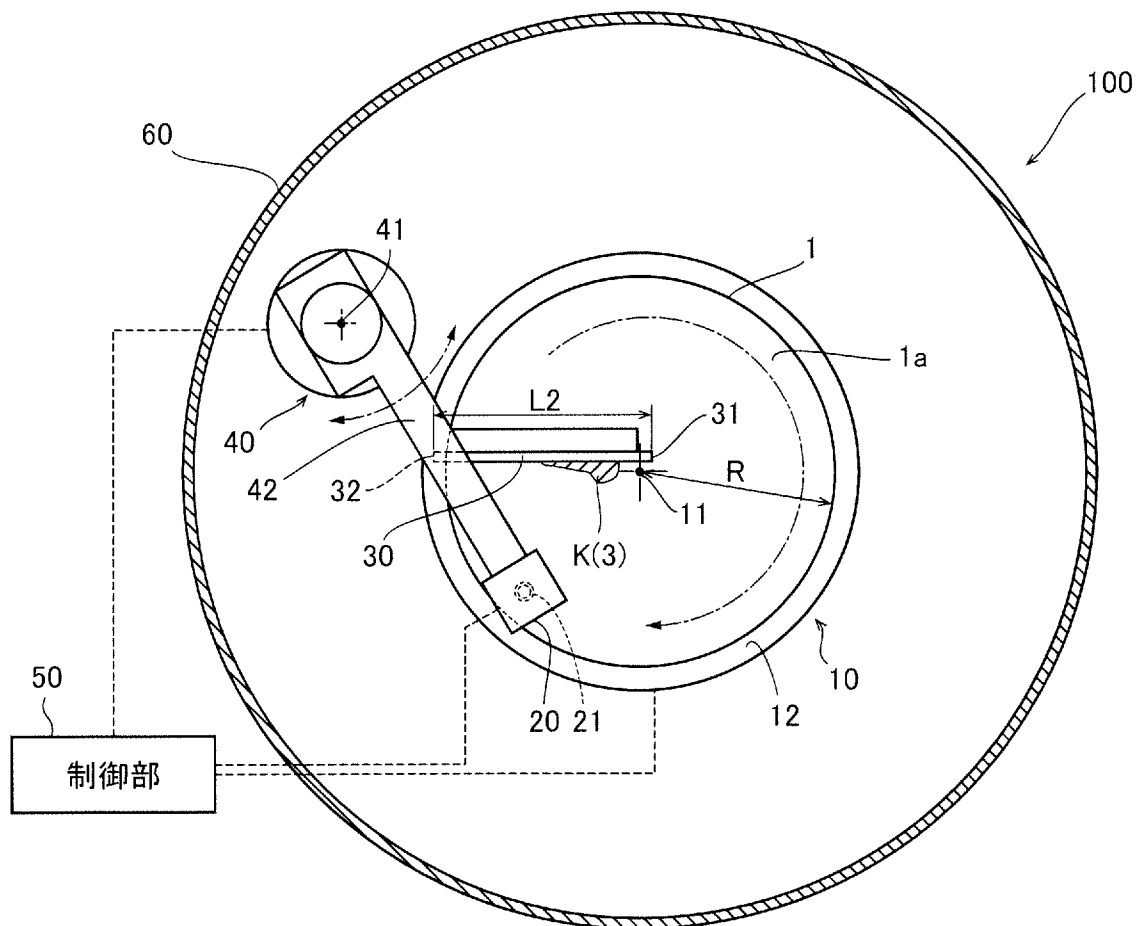
前記処理対象物の表面上に液状の塗布材料を供給する供給部と、

前記処理対象物の前記表面から所定間隔を隔てた位置に前記処理対象物の前記表面に沿って配置される塗布ブレードと、

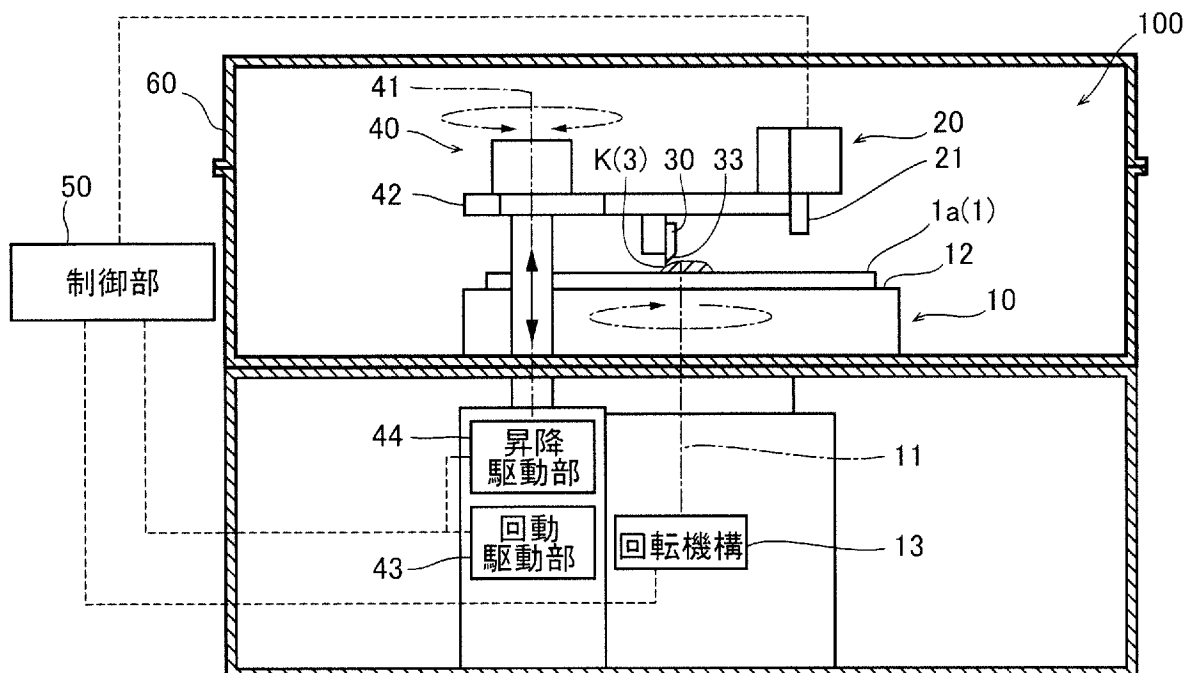
前記処理対象物に沿う面内において前記塗布ブレードを回転させる駆動手段と、

前記塗布ブレードを前記処理対象物の前記表面上に供給された液状の塗布材料の液溜まりに接触させた状態で、前記駆動手段により、前記処理対象物の回転に伴って前記塗布材料の液溜まりが前記塗布ブレードに沿って前記塗布ブレードの一端部と他端部との間を移動するように、回転方向に対する前記塗布ブレードの傾きを変化させる制御を行う制御部と、を備える、塗膜形成装置。

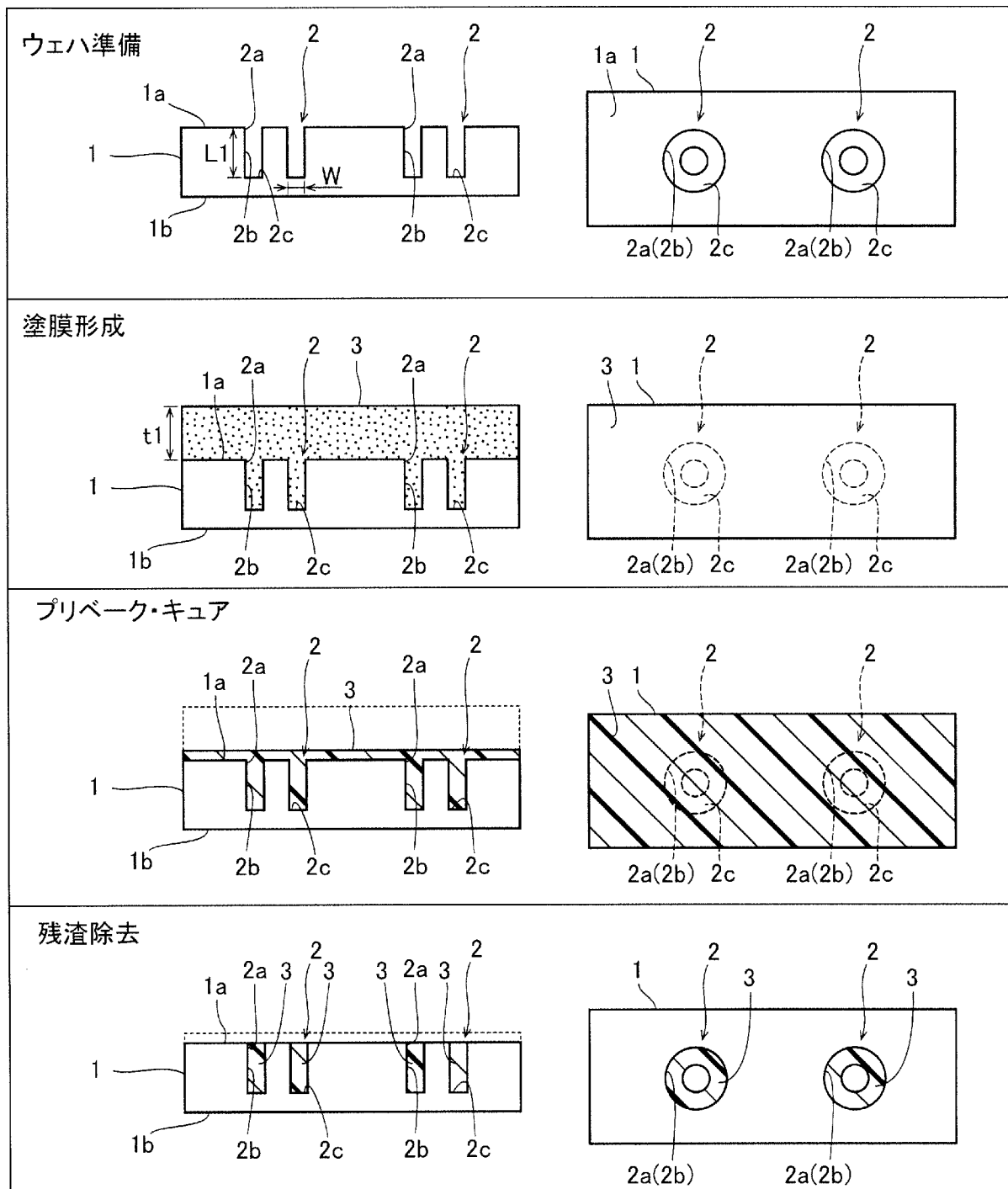
[図1]



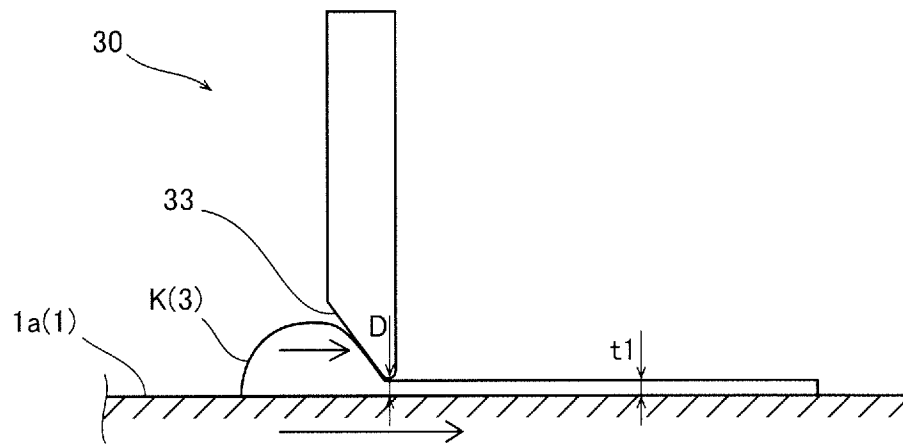
[図2]



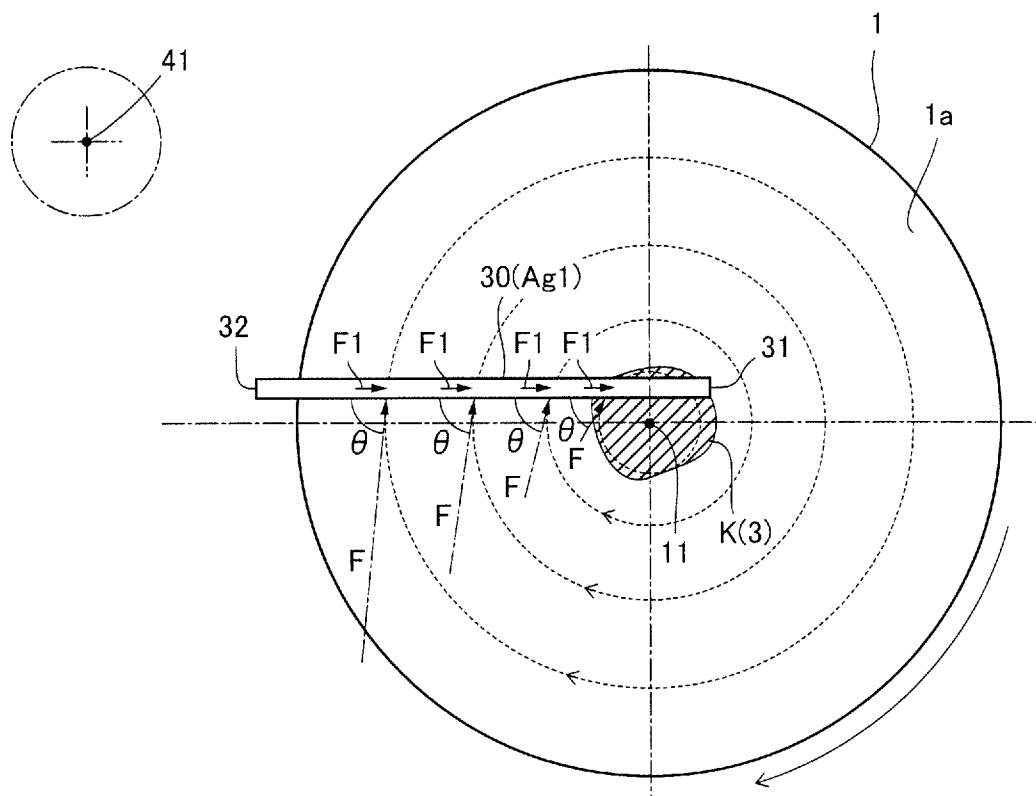
[図3]



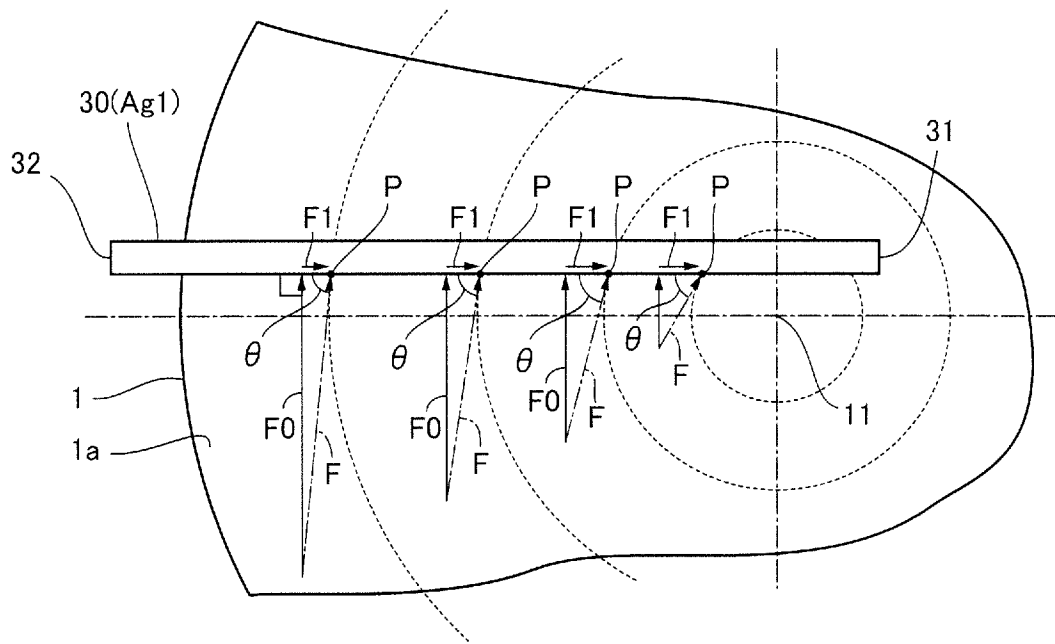
[図4]



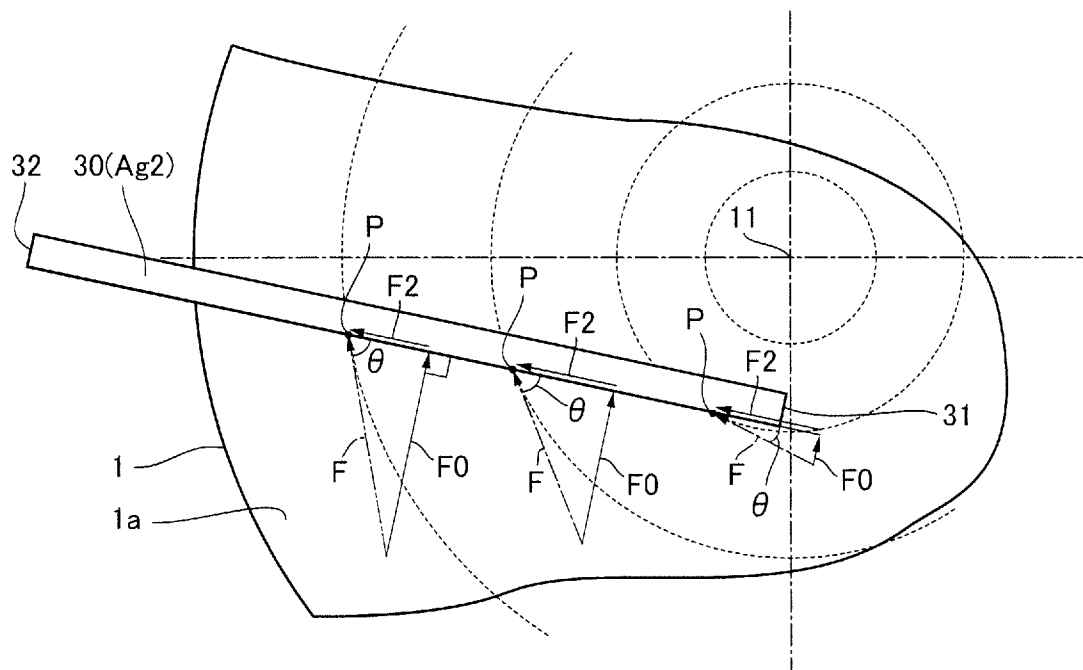
[図5]



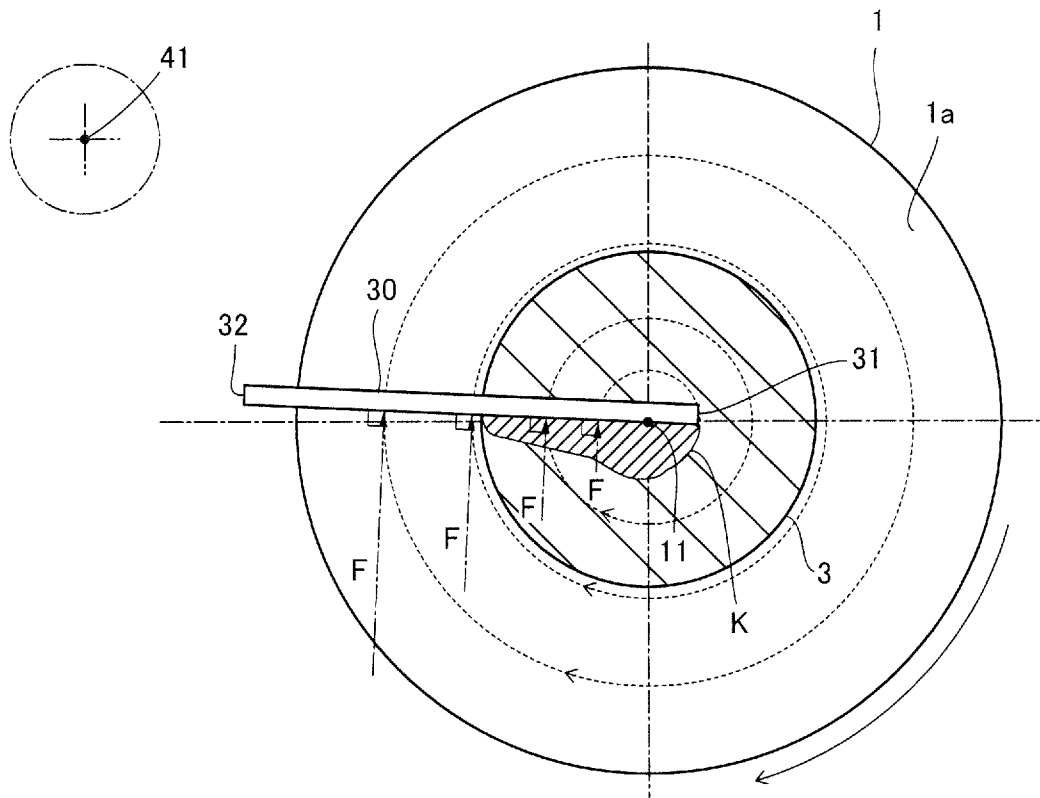
[図6]



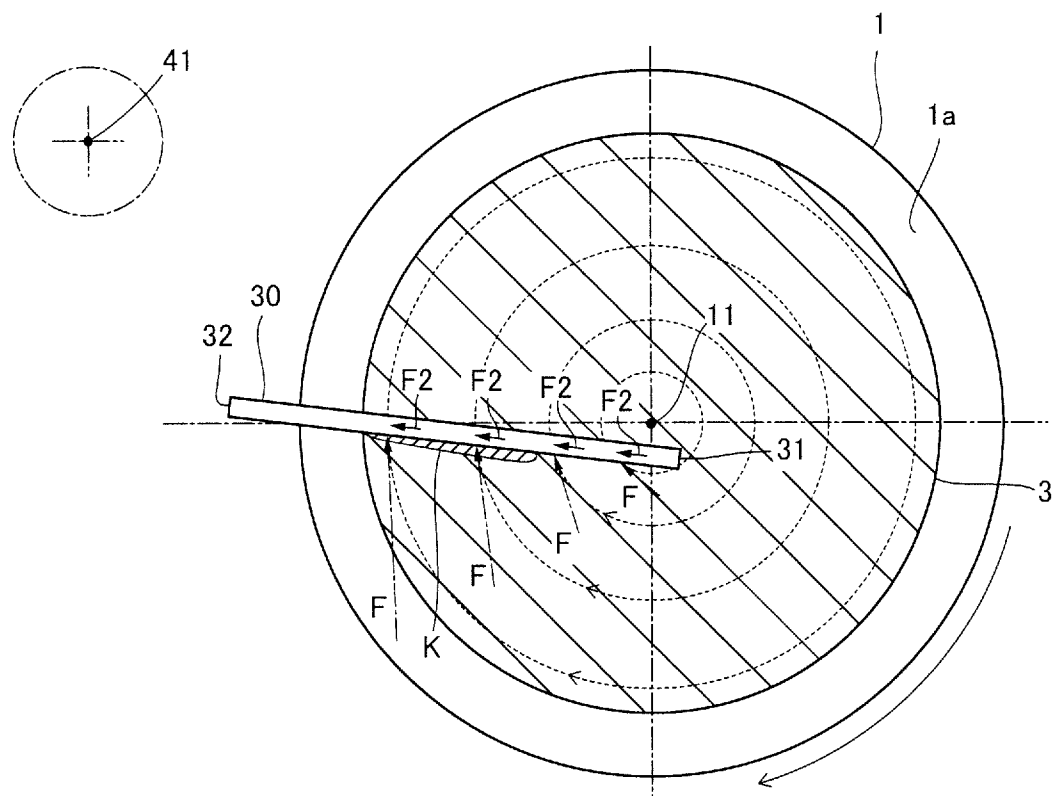
[図7]



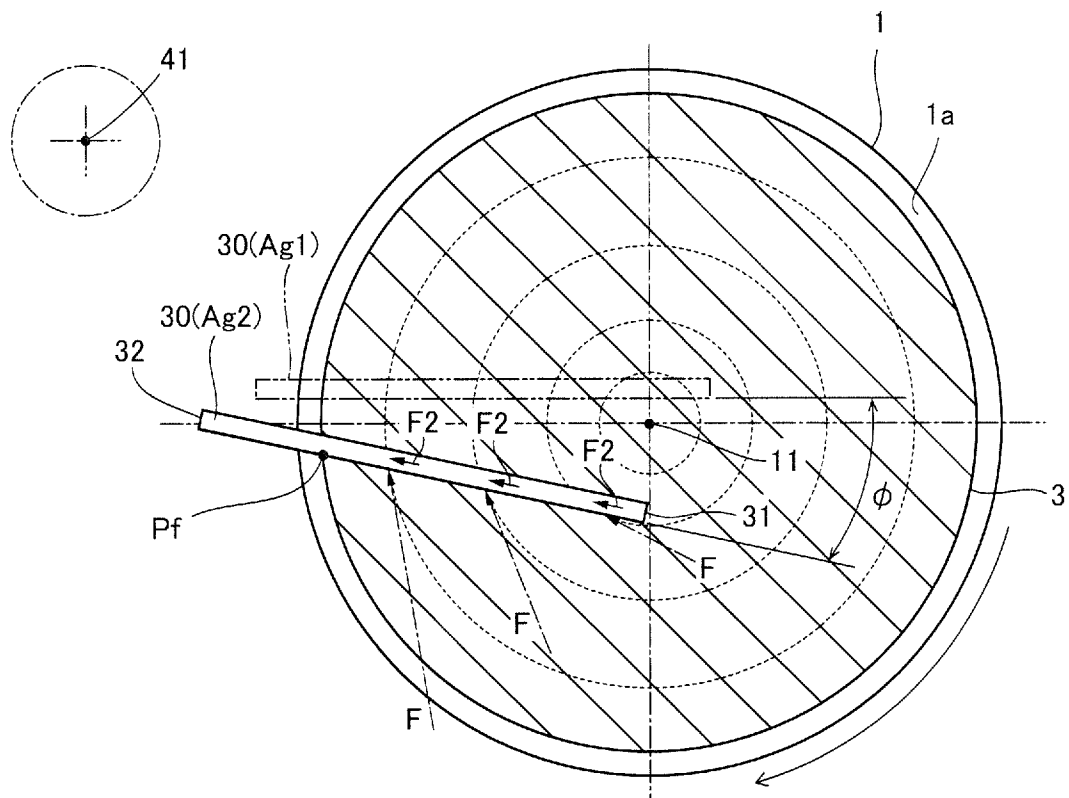
[図8]



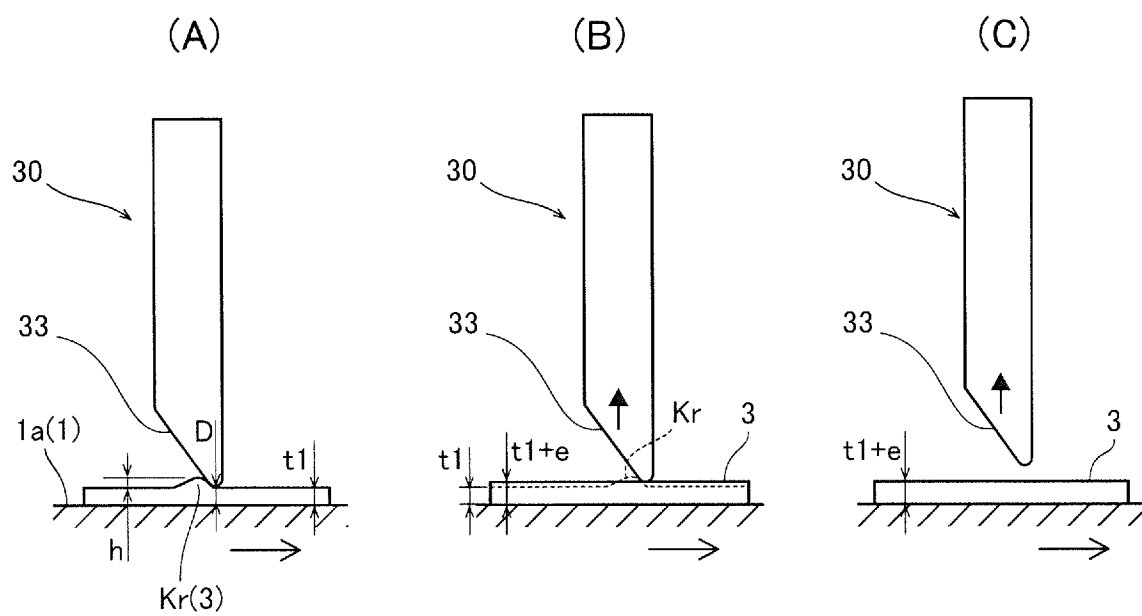
[図9]



[図10]



[図11]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/040982

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B05D1/40 (2006.01) i, B05C11/04 (2006.01) i, B05C11/08 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. B05D, B05C7/00-21/00, H01L21/027, H01L21/312, H01L21/47, G03F7/00, G03F7/004-7/18, G03F7/26-7/42

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2017

Registered utility model specifications of Japan 1996-2017

Published registered utility model applications of Japan 1994-2017

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2011-147853 A (DISCO INC.) 04 August 2011, claims, paragraphs [0001], [0009], [0011]-[0025], [0031], fig. 1-6 (Family: none)	1-13
A	JP 06-112242 A (TOSHIBA CORP.) 22 April 1994, claim 1, paragraphs [0005], [0008], [0010]-[0012], fig. 1-5 (Family: none)	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2017/040982

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 08-022952 A (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) 23 January 1996, claims, paragraphs [0011]-[0012], [0017]-[0019], [0021]-[0023], [0025]-[0028], [0037]-[0039], drawings (Family: none)	1-13
A	JP 07-289973 A (DAINIPPON SCREEN MFG. CO., LTD.) 07 November 1995, claims 6, 8, paragraphs [0049]-[0056], fig. 8-10 & JP 2000-167470 A	1-13
A	WO 2014/057568 A1 (SANDEN CORP.) 17 April 2014, claims 1, 9, paragraphs [0011], [0016], [0025], fig. 1-5 & US 2015/0239008 A1, claims 1, 9, paragraphs [0017], [0022], [0032], fig. 1-5 & CN 104661764 A	1-13

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B05D1/40(2006.01)i, B05C11/04(2006.01)i, B05C11/08(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. B05D, B05C7/00-21/00, H01L21/027, H01L21/312, H01L21/47, G03F7/00, G03F7/004-7/18, G03F7/26-7/42

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2011-147853 A (株式会社ディスコ) 2011.08.04, 特許請求の範囲, [0001], [0009], [0011]-[0025], [0031], 図 1-6 (ファミリーなし)	1-13
A	JP 06-112242 A (株式会社東芝) 1994.04.22, 請求項 1, [0005], [0008], [0010]-[0012], 図 1-5 (ファミリーなし)	1-13

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

30.11.2017

国際調査報告の発送日

12.12.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/J P)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

高崎 久子

電話番号 03-3581-1101 内線 3474

4S

9635

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 08-022952 A (大日本スクリーン製造株式会社) 1996.01.23, 特許請求の範囲, [0011]-[0012], [0017]-[0019], [0021]-[0023], [0025]-[0028], [0037]-[0039], 図面 (ファミリーなし)	1 - 13
A	JP 07-289973 A (大日本スクリーン製造株式会社) 1995.11.07, 請求項 6, 8, [0049]-[0056], 図 8-10 & JP 2000-167470 A	1 - 13
A	WO 2014/057568 A1 (サンデン株式会社) 2014.04.17, 請求項 1, 9, [0011], [0016], [0025], 図 1-5 & US 2015/0239008 A1, 請求項 1, 9, [0017], [0022], [0032], 図 1-5 & CN 104661764 A	1 - 13