

(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3月15日(15.03.2018)



(10) 国際公開番号

WO 2018/047741 A1

(51) 国際特許分類:
H01L 21/304 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2017/031628

(22) 国際出願日: 2017年9月1日(01.09.2017)

(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 2016-177882 2016年9月12日(12.09.2016) JP

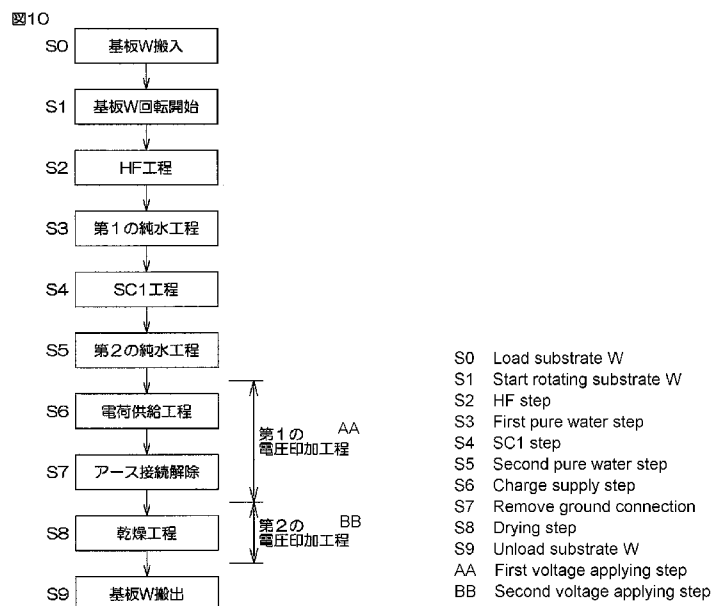
(71) 出願人: 株式会社 S C R E E N ホールディングス (SCREEN HOLDINGS CO., LTD.) [JP/JP];
〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 Kyoto (JP).

(72) 発明者: 清水 大介 (SHIMIZU, Daisuke);
〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N ホールディングス内 Kyoto (JP). 尾辻 正幸 (OTSUJI, Masayuki); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N セミコンダクターソリューションズ内 Kyoto (JP). 岩畑 翔太 (IWAHATA, Shota); 〒6028585 京都府京都市上京区堀川通寺之内上る4丁目天神北町1番地の1 株式会社 S C R E E N セミコンダクターソリューションズ内 Kyoto (JP).

(74) 代理人: 特許業務法人 あい 特許事務所 (AI ASSOCIATION OF PATENT AND TRADEMARK ATTORNEYS); 〒5410054 大阪

(54) Title: SUBSTRATE PROCESSING METHOD AND SUBSTRATE PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 基板処理方法および基板処理装置



(57) Abstract: A substrate processing method comprises: a substrate holding step of holding a substrate having a pattern formed on one main surface thereof; a charge supply step of supplying charges of one polarity to the substrate; a first voltage applying step of applying, in parallel with the charge supply step, a voltage of the other polarity to a first electrode disposed via a dielectric body on the other main surface of the substrate; a second voltage applying step of applying, after the first voltage applying step, a voltage of the one polarity to the first electrode while maintaining a state in which ground



府大阪市中央区南本町二丁目6番12号 サン
マリオンNBFタワー21階 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, 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, 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:

- 一 国際調査報告(条約第21条(3))

connection of the substrate is removed; and a drying step of drying, in parallel with the second voltage applying step, the substrate by removing liquid from the one main surface of the substrate.

(57) 要約: 基板処理方法は、一方主面にパターンが形成された基板を保持する基板保持工程と、前記基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給工程と、前記電荷供給工程に並行して、前記基板の他方主面に誘電体を介して配置された第1の電極に他方極性の電圧を印加する第1の電圧印加工程と、前記第1の電圧印加工程の後、前記基板のアース接続が解除された状態を保ちながら、前記一方極性の電圧を前記第1の電極に印加する第2の電圧印加工程と、前記第2の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面から液体を除去することにより前記基板を乾燥させる乾燥工程とを含む。

明 細 書

発明の名称： 基板処理方法および基板処理装置

技術分野

[0001] この発明は、基板の一方主面にパターンが形成された基板を処理するための基板処理方法および基板処理装置に関する。処理対象の基板には、たとえば、半導体ウエハ、液晶表示装置用基板、プラズマディスプレイ用基板、FED(Field Emission Display)用基板、光ディスク用基板、磁気ディスク用基板、光磁気ディスク用基板、フォトマスク用基板、セラミック基板、太陽電池用基板などが含まれる。

背景技術

[0002] 半導体装置の製造工程では、半導体ウエハ等の基板の表面が処理液で処理される。基板を一枚ずつ処理する枚葉式の基板処理装置は、基板をほぼ水平に保持しつつ、その基板を回転させるスピンチャックと、このスピンチャックによって回転される基板の表面に処理液を供給するためのノズルとを備えている。典型的な基板処理工程では、スピンチャックに保持された基板に対して薬液が供給される。その後、リンス液が基板に供給され、それによって、基板上の薬液がリンス液に置換される。その後、基板上のリンス液を除去して基板を乾燥させるための乾燥工程が行われる。

[0003] 基板の処理時に、基板の表面に形成されたパターンが倒壊することを抑制すべく、下記特許文献1では、パターンが帯電するようにシリコン基板に直接電圧を加え、これにより、隣接するパターン同士に斥力（互いに相手を遠ざける力）を発生させている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許5379663号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 本願発明者らは、基板表面から液体を除去する乾燥処理を行うときに、隣接するパターン同士が引きつけ合って接触し、パターン倒壊に至ると考えている。この原因の一つは、隣接するパターン間の液による表面張力にあると推定される。すなわち、隣接するパターン間の液が排除されるときに、隣接するパターン同士に表面張力による引力が働き、その結果、パターン倒壊に至ると推定される。

[0006] 特許文献１に記載の手法では、隣接するパターン同士に斥力を発生させることができる。このような斥力は、隣接するパターン同士に働く引力を打ち消すことができるから、特許文献１に記載の手法を採用することにより、パターンの倒壊を抑制することができる。

[0007] そして、本願発明者は、特許文献１とは異なる手法を用いて、隣接するパターン同士に斥力を発生させ、これにより基板の一方主面のパターンを効果的に抑制すること検討している。

[0008] そこで、この発明の一つの目的は、基板のパターンの倒壊を効果的に抑制することができる基板処理方法および基板処理装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] この発明は、一方主面にパターンが形成された基板を保持する基板保持工程と、前記基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給工程と、前記電荷供給工程に並行して、前記基板の他方主面に誘電体を介して配置された第１の電極に他方極性の電圧を印加する第１の電圧印加工程と、前記第１の電圧印加工程の後、前記基板のアース接続が解除された状態を保ちながら、前記一方極性の電圧を前記第１の電極に印加する第２の電圧印加工程と、前記第２の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面から液体を除去することにより前記基板を乾燥させる乾燥工程とを含む、基板処理方法を提供する。

[0010] 「一方極性」は、正極性および負極性の一方を意味し、「他方極性」は、正極性および負極性の他方を意味する。

[0011] また、「基板の一方主面」は、デバイス形成面である表面および前記表面とは反対の裏面の一方を意味し、「基板の他方主面」は、前記表面および前

記裏面の他方を意味する。

- [0012] また、前記誘電体は、前記基板の他方主面と前記第 1 の電極との間に配置された固体誘電体だけでなく、前記基板の他方主面と前記第 1 の電極との間に存在する気体（たとえば空気）をも含む趣旨である。
- [0013] この方法によれば、基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給工程に並行して、他方極性の電圧が第 1 の電極に印加される。これにより、基板に供給された一方極性の電荷を基板の他方主面に引き付けることができ、その結果、一方極性の電荷を基板の内部に蓄積できる。
- [0014] 第 1 の電圧印加工工程の後、前記基板のアース接続が解除された状態を保ちながら、他方極性の電圧を第 1 の電極に印加する第 2 の電圧印加工工程が行われる。また、第 2 の電圧印加工工程に並行して、基板の一方主面から液体を除去する乾燥工程が行われる。
- [0015] 基板を周囲から絶縁させることにより、基板の内部に蓄積されている一方極性の電荷の基板外への流出が阻止される。この状態で、一方極性の電圧を第 1 の電極に印加することより、基板の内部に蓄積されている一方極性の電荷が、第 1 の電極に反発して基板の一方主面に集まる。そのため、パターンに電気的な偏りが発生し、一方極性の電荷が各パターンに集まって、各パターンが一方極性に帯電する。これにより、隣接するパターンの間に斥力（クーロン力）が働く。
- [0016] 一方、隣接するパターンの間に液面があると、液面とパターンとの境界位置に液体の表面張力が働く。つまり、引力（表面張力）が隣接するパターンの間に働く。しかしながら、この引力（表面張力）は、パターンの帯電に起因する斥力（クーロン力）によって打ち消される。そのため、パターンに働く力を低減しながら、基板の一方主面から液体を除去することができる。これにより、パターンの倒壊を効果的に抑制しながら、基板を乾燥させることができる。
- [0017] この発明の一実施形態では前記方法は、前記第 2 の電圧印加工工程に並行して、前記基板の一方主面に、純水の比抵抗以上の比抵抗を有する絶縁液体の

液膜を保持させる絶縁液体液膜保持工程をさらに含み、前記乾燥工程は、前記基板の一方主面から絶縁液体を除去する工程を含む。

[0018] この方法によれば、第2の電圧印加工程に並行して基板の一方主面に絶縁液体の液膜が保持されるので、基板に蓄積されている一方極性の電荷が基板の一方主面に形成されている液膜を介して流出することを抑制または防止できる。これにより、第2の電圧印加工程において、より多量の一方極性の電荷を、基板の一方主面に集めることができる。ゆえに、隣接するパターン間に働く斥力（クーロン力）を強めることができる。

[0019] 前記絶縁液体は、純水よりも低い表面張力を有する低表面張力液体を含んでいてもよい。この場合、隣接するパターン間に働く表面張力が軽減されるから、パターンの倒壊をより一層抑制できる。

[0020] 前記方法は、前記第2の電圧印加工程に並行して、前記第1の電極と前記基板の他方主面との間隔を変更する第1の間隔変更工程をさらに含んでいてもよい。

[0021] この方法によれば、第1の電極と基板の他方主面との間隔を変更することにより、基板の一方主面に集まる一方極性の電荷の量を調整することができる。これにより、隣接するパターン間に発生する斥力（クーロン力）の大きさを調整することができる。

[0022] 前記方法は、前記第2の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面に所定間隔を空けて対向する第2の電極に前記他方極性の電圧を印加する第3の電圧印加工程をさらに含んでいてもよい。

[0023] この方法によれば、基板の一方主面に所定間隔を空けて対向する第2の電極に、他方極性の電圧を印加することにより、第2の電圧印加工程において、多量の一方極性の電荷を、基板の一方主面に集めることができる。

[0024] また、基板の一方主面に所定間隔を空けて対向する第2の電極に、他方極性の電圧を印加することにより、パターン内での分極を促進させることもできる。

[0025] ゆえに、隣接するパターン間に働く斥力（クーロン力）を強めることが

できる。

[0026] 前記方法は、前記第3の電圧印加工程に並行して、前記第2の電極と前記基板の他方主面との間隔を変更する第2の間隔変更工程をさらに含んでもよい。

[0027] この方法によれば、第2の電極と基板の一方主面との間隔を変更することにより、基板の一方主面に集まる一方極性の電荷の量を調整することができる。これにより、隣接するパターン間に発生する斥力（クーロン力）の大きさを調整することができる。

[0028] 前記基板保持工程は、前記電荷供給工程に並行して、導電性材料を用いて形成された導電ピンを少なくとも1つ含む複数の保持ピンにより前記基板を支持する第1の基板保持工程と、前記第2の電圧印加工程に並行して、前記導電ピンを用いずに、絶縁材料を用いて形成された絶縁ピンで前記基板を支持する第2の基板保持工程とをさらに含んでもよい。

[0029] この方法によれば、第1の基板保持工程において、導電ピンを少なくとも1つ含む複数の保持ピンにより基板を支持する。したがって、電荷供給工程において、導電ピンを介して一方極性の電荷を基板に供給することも可能である。また、第2の基板保持工程において、絶縁ピンだけで基板を支持する。したがって、基板を、アース接続された状態に保つことが可能である。

[0030] 前記電荷供給工程は、前記基板に導電液体を供給しながらその導電液体に前記一方極性の電荷を付与する工程を含んでもよい。

[0031] この方法によれば、導電液体に付与された一方極性の電荷は、導電液体を介して、導電液体に接液している基板に供給される。このように、比較的簡単な手法により、基板に一方極性の電荷を付与することができる。

[0032] この発明は、一方主面にパターンが形成された基板を保持する基板保持ユニットと、前記基板保持ユニットに保持された基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給ユニットと、前記基板保持ユニットに保持された基板の他方主面に誘電体を介して配置された第1の電極と、前記第1の電極に電圧を印加するための第1の電源装置と、前記基板保持ユニットに保持された基板の一

方主面から液体を排除するための乾燥ユニットと、前記電荷供給ユニット、前記第 1 の電源装置および前記乾燥ユニットを制御する制御装置とを含み、前記制御装置は、前記基板保持ユニットに保持された基板に電圧を印加して、前記基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給工程と、前記電荷供給工程に並行して、前記基板の他方主面に誘電体を介して配置された前記第 1 の電極に、他方極性の電圧を印加する第 1 の電圧印加工程と、前記第 1 の電圧印加工程の後、前記基板のアース接続が解除された状態を保ちながら、前記一方極性の電圧を前記第 1 の電極に印加する第 2 の電圧印加工程と、前記第 2 の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面から液体を除去することにより前記基板を乾燥させる乾燥工程とを実行する、基板処理装置を提供する。

[0033] 「一方極性」は、正極性および負極性の一方を意味し、「他方極性」は、正極性および負極性の他方を意味する。

[0034] また、「基板の一方主面」は、デバイス形成面である表面および前記表面とは反対の裏面の一方を意味し、「基板の他方主面」は、前記表面および前記裏面の他方を意味する。

[0035] また、前記誘電体は、前記基板の他方主面と前記第 1 の電極との間に配置された固体誘電体だけでなく、前記基板の他方主面と前記第 1 の電極との間に存在する気体（たとえば空気）をも含む趣旨である。

[0036] この構成によれば、基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給工程に並行して、他方極性の電圧が第 1 の電極に印加される。これにより、基板に供給された一方極性の電荷を基板の他方主面に引き付けることができ、その結果、一方極性の電荷を基板の内部に蓄積できる。

[0037] 第 1 の電圧印加工程の後、前記基板のアース接続が解除された状態を保ちながら、他方極性の電圧を第 1 の電極に印加する第 2 の電圧印加工程が行われる。また、第 2 の電圧印加工程に並行して、基板の一方主面から液体を除去する乾燥工程が行われる。

[0038] 基板を周囲から絶縁させることにより、基板の内部に蓄積されている一方

極性の電荷の基板外への流出が阻止される。この状態で、一方極性の電圧を第1の電極に印加することより、基板の内部に蓄積されている一方極性の電荷が、第1の電極に反発して基板の一方主面に集まる。そのため、パターンに電氣的な偏りが発生し、一方極性の電荷が各パターンに集まって、各パターンが一方極性に帯電する。これにより、隣接するパターンの間に斥力（クーロン力）が働く。

[0039] 一方、隣接するパターンの間に液面があると、液面とパターンとの境界位置に液体の表面張力が働く。つまり、引力（表面張力）が隣接するパターンの間に働く。しかしながら、この引力（表面張力）は、パターンの帯電に起因する斥力（クーロン力）によって打ち消される。そのため、パターンに働く力を低減しながら、基板の一方主面から液体を除去することができる。これにより、パターンの倒壊を効果的に抑制しながら、基板を乾燥させることができる。

[0040] この発明の一実施形態では、前記基板処理装置は、前記基板保持ユニットに保持された基板をアース接続するためのアース接続ユニットであって、前記基板のアース接続を接続／解除に切り換え可能に設けられたアース接続ユニットをさらに含む。

[0041] この構成によれば、基板がアース接続された状態と、基板のアース接続が解除された状態とを、簡単に切り換えることができる。

[0042] 前記基板処理装置は、前記基板保持ユニットに保持された基板の他方主面と前記第1の電極との間において、前記基板の他方主面に対向するように配置された固体誘電体をさらに含んでもよい。この場合、基板の他方主面と第1の電極との間に誘電体を介装させる構成を簡単に実現できる。

[0043] 前記固体誘電体は、前記基板の他方主面に接触する接触面を有していてもよい。この場合、電極により基板を接触支持する場合であっても、基板の他方主面と第1の電極との間に、誘電体を確実に介装させることができる。また、電極と基板の他方主面との間を一定距離に保つことができるから、基板の他方主面に蓄積される一方極性の電荷の量、または基板の一方主面に集め

られる一方極性の電荷の量を高精度に制御することが可能である。

[0044] 前記基板処理装置は、前記基板の一方主面に、純水の比抵抗以上の比抵抗を有する絶縁液体を供給する絶縁液体供給ユニットをさらに含んでもよい。

[0045] この構成によれば、基板の一方主面に存在する液体が絶縁液体であるので、第2の電圧印加工程において、基板の一方主面に存在する液体を介して基板に蓄積されている一方極性の電荷が流出することを抑制または防止できる。これにより、第2の電圧印加工程において、より多量の一方極性の電荷を、基板の一方主面に集めることができる。ゆえに、隣接するパターン間に働く斥力（クーロン力）を強めることができる。

[0046] 前記絶縁液体は、純水よりも低い表面張力を有する低表面張力液体を含んでもよい。この場合、隣接するパターン間に働く表面張力が軽減されるから、パターンの倒壊をより一層抑制できる。

[0047] 前記基板処理装置は、前記第1の電極と前記基板の他方主面との間隔を変更する第1の間隔変更ユニットをさらに含んでもよい。

[0048] この構成によれば、第1の電極と基板の他方主面との間隔を変更することができる。これにより、基板の一方主面に集まる一方極性の電荷の量を調整することができる。その結果、隣接するパターン間に発生する斥力（クーロン力）の大きさを調整することができる。

[0049] 前記基板処理装置は、前記基板の一方主面に所定間隔を空けて配置された第2の電極と、前記第2の電極に電圧を印加するための第2の電源装置とをさらに含んでもよい。この場合、前記制御装置は、前記第2の電源装置を制御して、前記第2の電圧印加工程に並行して、前記第2の電極に前記他方極性の電圧を印加する第3の電圧印加工程をさらに実行してもよい。

[0050] この構成によれば、基板の一方主面に所定間隔を空けて対向する第2の電極に、他方極性の電圧を印加することにより、第2の電圧印加工程において、多量の一方極性の電荷を、基板の一方主面に集めることができる。

[0051] また、基板の一方主面に所定間隔を空けて対向する第2の電極に、他方極

性の電圧を印加することにより、パターン内での分極を促進させることもできる。

[0052] ゆえに、隣接するパターンの中に働く斥力（クーロン力）を強めることができる。

[0053] 前記基板処理装置は、前記第2の電極と前記基板の一方主面との間隔を変更する第2の間隔変更ユニットをさらに含んでもよい。

[0054] この構成によれば、第2の電極と基板の一方主面との間隔を変更することにより、基板の一方主面に集まる一方極性の電荷の量を調整することができる。これにより、隣接するパターンの中に発生する斥力（クーロン力）の大きさを調整することができる。

[0055] 前記基板処理装置は、前記基板の周縁部を接触支持する保持ピンであって、導電性材料を用いて形成された導電ピンと、絶縁材料を用いて形成された絶縁ピンとを含む複数の保持ピンと、前記保持ピンを移動させる保持ピン移動ユニットとを含んでもよい。この場合、前記制御装置は、前記保持ピン移動ユニットを制御して、前記電荷供給工程に並行して、前記導電ピンを少なくとも1つ含む複数の前記保持ピンにより前記基板を支持する第1の基板保持工程と、前記第2の電圧印加工程に並行して、前記導電ピンを用いずに複数の前記絶縁ピンで前記基板を支持する第2の基板保持工程とを実行してもよい。

[0056] この構成によれば、第1の基板保持工程において、導電ピンを少なくとも1つ含む複数の保持ピンにより基板を支持する。したがって、電荷供給工程において、導電ピンを介して一方極性の電荷を基板に供給することも可能である。また、第2の基板保持工程において、絶縁ピンだけで基板を支持する。したがって、基板を、アース接続された状態に保つことが可能である。

[0057] 前記基板処理装置は、前記基板の一方主面に、導電液体を供給するための導電液体供給ユニットと、前記導電液体供給ユニットから前記基板に供給される導電液体に電圧を印加する電源とをさらに含んでもよい。この場合、前記制御装置は、前記導電液体供給ユニットおよび前記電源を制御して、

前記基板に導電液体を供給しながらその導電液体に前記一方極性の電荷を付与することにより、前記電荷供給工程を実行してもよい。

[0058] この構成によれば、導電液体に付与された一方極性の電荷は、導電液体を介して、導電液体に接液している基板に供給される。このように、比較的簡単な手法により、基板に一方極性の電荷を付与することが可能である。

[0059] 本発明における前述の、またはさらに他の目的、特徴および効果は、添付図面を参照して次に述べる実施形態の説明により明らかにされる。

図面の簡単な説明

[0060] [図1]図1は、本発明の第1の実施形態に係る基板処理装置の内部のレイアウトを説明するための

[図2]図2は、前記基板処理装置に備えられた処理ユニットの構成例を説明するための図解的な断面図である。

[図3]図3は、前記基板処理装置に備えられたスピンチャックの、より具体的な構成を説明するための平面図である。

[図4A-4B]図4A、4Bは、スピンチャックに備えられた可動ピンの近傍の構成を拡大して示す断面図である。図4A、4Bには、第1の開放永久磁石の昇降動作に伴う、第1の可動ピン群に含まれる可動ピンの状態変化が示されている。

[図5A-5B]図5A、5Bは、スピンチャックに備えられた可動ピンの近傍の構成を拡大して示す断面図である。図5A、5Bには、第2の開放永久磁石の昇降動作に伴う、第2の可動ピン群に含まれる可動ピンの状態変化が示されている。

[図6A]図6Aは、第1の可動ピン群および第2の可動ピン群の状態を示す模式的な図である。

[図6B-6C]図6B、6Cは、第1の可動ピン群および第2の可動ピン群の状態を示す模式的な図である。

[図7A]図7Aは、第1の可動ピン群および第2の可動ピン群の状態を示す模式的な図である。

[図7B-7C]図7B, 7Cは、第1の可動ピン群および第2の可動ピン群の状態を示す模式的な図である。

[図8A-8B]図8Aは、処理対象の基板の一例を説明するための図解的な平面図であり、図8Bはその一部の図解的な断面図である。

[図9]図9は、前記基板処理装置の主要部の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[図10]図10は、前記処理ユニットによって実行される第1の基板処理例を説明するための流れ図である。

[図11]図11は、前記第1の基板処理例を説明するためのタイムチャートである。

[図12A-12B]図12A, 12Bは、前記第1の基板処理例を説明するための図解的な図である。

[図12C-12D]図12C, 12Dは、前記第1の基板処理例を説明するための図解的な図であり、図12Bに続く工程を示す。

[図13A-13B]図13A, 13Bは、図12B, 12Cのそれぞれに示す工程における基板の表面状態を説明するための図解的な断面図である。

[図13C]図13Cは、図12Dに示す乾燥工程における基板の表面状態を説明するための図解的な断面図である。

[図14]図14は、本発明の第2の実施形態に係る基板処理装置に備えられた処理ユニットの構成例を説明するための図解的な断面図である。

[図15]図15は、前記基板処理装置の主要部の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[図16]図16は、前記処理ユニットによって実行される第2の基板処理例を説明するためのタイムチャートである。

[図17]図17は、前記第2の基板処理例を説明するための図解的な図である。

[図18]図18は、前記乾燥工程における基板の表面状態を説明するための図解的な断面図である。

[図19]図 1 9 は、本発明の第 3 の実施形態に係る基板処理装置に備えられた処理ユニットの構成例を説明するための図解的な断面図である。

[図20]図 2 0 は、前記基板処理装置の主要部の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[図21]図 2 1 は、前記処理ユニットによって実行される第 3 の基板処理例を説明するためのタイムチャートである。

[図22A-22B]図 2 2 A, 2 2 B は、前記第 3 の基板処理例を説明するための図解的な図である。

[図23A-23B]図 2 3 A, 2 3 B は、図 2 2 B, 2 2 C のそれぞれに示す工程における基板の表面状態を説明するための図解的な断面図である。

[図24]図 2 4 は、本発明の第 4 の実施形態に係る基板処理装置に備えられた処理ユニットの構成例を説明するための図解的な断面図である。

[図25A-25B]図 2 5 A, 2 5 B は、前記処理ユニットで実行される基板処理例を説明するための図解的な図である。

[図26]図 2 6 は、本発明の第 5 の実施形態に係る基板処理装置に備えられた処理ユニットの構成例を説明するための図解的な断面図である。

[図27]図 2 7 は、第 1 の変形例を説明するための図である。

[図28]図 2 8 は、第 2 の変形例を説明するための図である。

発明を実施するための形態

[0061] 図 1 は、この発明の第 1 の実施形態に係る基板処理装置 1 の内部のレイアウトを説明するための図解的な平面図である。図 2 は、前記基板処理装置に備えられた処理ユニットの構成例を説明するための図解的な断面図である。図 3 は、スピチャック 5 の、より具体的な構成を説明するための平面図である。図 4 A, 4 B は、スピチャック 5 に備えられた保持ピン 1 6 の近傍の構成を拡大して示す断面図である。図 5 A, 5 B は、スピチャック 5 に備えられた保持ピン 1 6 の近傍の構成を拡大して示す断面図である。

[0062] 基板処理装置 1 は、半導体ウエハなどの円板状の基板 W を、処理液や処理ガスによって一枚ずつ処理する枚葉式の装置である。基板処理装置 1 は、処

理液を用いて基板Wを処理する複数の処理ユニット2と、処理ユニット2で処理される複数枚の基板Wを収容するキャリアCが載置されるロードポートLPと、ロードポートLPと処理ユニット2との間で基板Wを搬送する搬送ロボットIRおよびCRと、基板処理装置1を制御する制御装置3とを含む。搬送ロボットIRは、キャリアCと基板搬送ロボットCRとの間でハンドH1を用いて基板Wを搬送する。基板搬送ロボットCRは、搬送ロボットIRと処理ユニット2との間でハンドH2を用いて基板Wを搬送する。複数の処理ユニット2は、たとえば、互いに同様の構成を有している。

[0063] 図2は、処理ユニット2の構成例を説明するための図解的な断面図である。

[0064] 処理ユニット2は、内部空間を有する箱形のチャンバ4と、チャンバ4内で一枚の基板Wを水平な姿勢で保持して、基板Wの中心を通る鉛直な回転軸線A1まわりに基板Wを回転させるスピンチャック（基板保持ユニット）5と、スピンチャック5に保持された基板Wの上面（一方主面）に、第1の薬液（たとえばHF）を供給するための第1の薬液供給ユニット6と、基板Wの上面に、第2の薬液（たとえばSC1（アンモニア過酸化水素水混合液））を供給するための第2の薬液供給ユニット7と、基板Wの上面に、リンス液としての純水（たとえば脱イオン水）を供給するための純水供給ユニット8と、基板Wの上面に、純水の比抵抗以上の比抵抗を有し、かつ純水よりも低い表面張力を有する絶縁液体の一例としてのHFE（ハイドロフルオロエーテル）を供給するための絶縁液体供給ユニット9と、スピンチャック5に保持された基板Wに正極性および負極性の一方極性の電荷（この実施形態では、負電荷）を供給する電荷供給ユニット10と、スピンチャック5に保持された基板Wのアース接続するためのアース接続ユニット11と、スピンチャック5に保持された基板Wの下面（他方主面）に誘電体を介して配置された第1の電極12と、第1の電極12に電圧を印加するための第1の電源装置24と、スピンチャック5を取り囲む筒状の処理カップ（図示しない）とを含む。

[0065] 図2～図5Bを参照しながら、スピンチャック5の構成について説明する。

[0066] 図2に示すように、スピンチャック5は、鉛直方向に沿う回転軸線A1のまわりに回転可能なスピンベース15を備えている。スピンベース15の回転中心の下面には、軌道軸である金属製の回転軸14が固定されている。回転軸14は、中空軸であって、鉛直方向に沿って延びており、スピンモータ（乾燥ユニット）13からの駆動力を受けて、回転軸線A1まわりに回転するように構成されている。

[0067] 図2に示すように、スピンチャック5は、さらに、スピンベース15の上面の周縁部に周方向に沿ってほぼ等間隔を開けて設けられた複数本（この実施形態では6本）の保持ピン16を備えている。各保持ピン16は、ほぼ水平な上面を有するスピンベース15から一定の間隔を開けた上方の基板保持高さにおいて、基板Wを水平に保持するように構成されている。この実施形態では、スピンチャック5に備えられる保持ピン16は全て、基板Wの周縁部に接触する接触部（図4A等の上軸部42）が可動する可動ピンである。

[0068] 図3に示すように、各保持ピン16は、スピンベース15の上面の周縁部に周方向に沿って等間隔に配置されている。6本の保持ピン16は、互いに隣り合わない3本の保持ピン16ごとに、対応する駆動用永久磁石26、27の磁極方向が共通する一つの群に設定されている。換言すると、6本の保持ピン16は、第1の可動ピン群に含まれる3本の保持ピン（絶縁ピン。以下、第1の保持ピン16Aを第1の保持ピン16Aとする）16Aと、第2の可動ピン群に含まれる3本の保持ピン（導電ピン。以下、第2の保持ピン16Bを第2の保持ピンとする）16Bとを含む。3本の第1の保持ピン16Aに対応する第1の駆動用永久磁石26の磁極方向と、3本の第2の保持ピン16Bに対応する第2の駆動用永久磁石27の磁極方向とは、回転軸線A2に直交する方向に関し互いに異なっている。第1の保持ピン16Aと、第2の保持ピン16Bとは、スピンベース15の周方向に関し交互に配置されている。第1の可動ピン群に着目すれば、3本の第1の保持ピン16Aは

等間隔（ 120° 間隔）に配置されている。また、第2の可動ピン群に着目すれば、3本の第2の保持ピン16Bは等間隔（ 120° 間隔）に配置されている。

[0069] 図4A～図5Bに示すように、各保持ピン16は、スピンベース15に結合された下軸部41と、下軸部41の上端に一体的に形成された上軸部42とを含み、下軸部41および上軸部42がそれぞれ円柱形状に形成されている。上軸部42は、下軸部41の中心軸線から偏心して設けられている。下軸部41の上端と上軸部42の下端との間をつなぐ表面は、上軸部42から下軸部41の周面に向かって下降するテーパ面43を形成している。

[0070] 第1の保持ピン16Aは、導電性材料を用いて形成されたいわゆる導電ピンである。この実施形態では、下軸部41、上軸部42、テーパ面43および支持軸45の全てが導電材料を用いられている。

[0071] 第2の保持ピン16Bは、絶縁材料を用いて形成されたいわゆる絶縁ピンである。下軸部41、上軸部42、テーパ面43、支持軸45および軸受け44の少なくとも1つが絶縁材料を用いて形成されている。とくに、基板Wの周縁部に接触する上軸部42が絶縁材料を用いて形成されていることが好ましい。

[0072] 図4A～5Bに示すように、各保持ピン16は、下軸部41がその中心軸線と同軸の回転軸線A2まわりに回転可能であるようにスピンベース15に結合されている。より詳細には、下軸部41の下端部には、スピンベース15に対して軸受け44を介して支持された支持軸45が設けられている。支持軸45の下端には、第1または第2の駆動用永久磁石26, 27を保持した磁石保持部材28が結合されている。第1および第2の駆動用永久磁石26, 27は、たとえば、磁極方向を保持ピン16の回転軸線A2に対して直交する方向に向けて配置されている。第1の駆動用永久磁石26は、第1の保持ピン16Aに対応する駆動用永久磁石である。第2の駆動用永久磁石27は、第2の保持ピン16Bに対応する駆動用永久磁石である。第1の駆動用永久磁石26および第2の駆動用永久磁石27は、当該駆動用永久磁石2

6, 27に対応する保持ピン16に外力が付与されていない状態で、回転軸線A2に直交する方向に関し互いに逆向きの等しい磁極方向を有するように設けられている。第1の駆動用永久磁石26および第2の駆動用永久磁石27は、スピンベース15の周方向に関し交互に配置されている。

[0073] スピンベース15には、保持ピン16の数と同数の閉塞永久磁石29, 30が設けられている。閉塞永久磁石29, 30は、保持ピン16に1対1対応で設けられており、対応する保持ピン16に隣接して配置されている。この実施形態では、図3に示すように、閉塞永久磁石29, 30は、対応する保持ピン16の周囲において、保持ピン16の平面視での中心位置よりも、回転軸線A1から離反する方向に寄って配置されている。各閉塞永久磁石29, 30は、対応する磁石保持部材28に隣接して設けられた磁石保持部材31に収容されている。

[0074] 複数の閉塞永久磁石29, 30は、第1の保持ピン16Aに対応する3つの第1の閉塞永久磁石29と、第2の保持ピン16Bに対応する3つの第2の閉塞永久磁石30とを含む。換言すると、第1の閉塞永久磁石29は、第1の駆動用永久磁石26に対応し、第2の閉塞永久磁石30は、第2の駆動用永久磁石27に対応している。第1の閉塞永久磁石29および第2の閉塞永久磁石30は、スピンベース15の周方向に関し交互に配置されている。第1の閉塞永久磁石29および第2の閉塞永久磁石30はスピンベース15に対して昇降不能に設けられている。

[0075] 前述のように、第1の駆動用永久磁石26および第2の駆動用永久磁石27は、回転軸線A2に直交する方向に関し互いに逆向きの等しい磁極方向を有するように設けられている。第1の閉塞永久磁石29および第2の閉塞永久磁石30は、対応する駆動用永久磁石26, 27に磁力を付与して、対応する保持ピン16の上軸部42を保持位置に付勢するために設けられている。したがって、第1の閉塞永久磁石29および第2の閉塞永久磁石30も、回転軸線A2に直交する方向に関し互いに逆向きの等しい磁極方向を有するように設けられている。

- [0076] 第1の駆動用永久磁石26は、第1の閉塞永久磁石29からの吸引磁力を受け、上軸部42を回転軸線A1に近づいた保持位置へと移動させている。つまり、第1の保持ピン16Aは、第1の閉塞永久磁石29の吸引磁力により保持位置へと付勢されている。
- [0077] 第2の駆動用永久磁石27は、第2の閉塞永久磁石30からの吸引磁力を受け、上軸部42を回転軸線A1に近づいた保持位置へと移動させている。つまり、第2の保持ピン16Bは、第2の閉塞永久磁石30の吸引磁力により保持位置へと付勢されている。したがって、駆動用永久磁石26, 27が次に述べる開放永久磁石32, 34からの吸引磁力を受けないときには、回転軸線A1から離れた開放位置に保持ピン16が位置している。
- [0078] 図2に示すように、スピنبース15の下方には、第1の開放永久磁石32および第2の開放永久磁石34が設けられている。第1の開放永久磁石32および第2の開放永久磁石34の磁極方向は、ともに上下方向に沿う方向であるが互いに逆向きである。第1の開放永久磁石32の上面がたとえばN極である場合には、第2の開放永久磁石34の上面は逆極性のS極を有している。
- [0079] 図3に示すように、この実施形態では、第1の開放永久磁石32および第2の開放永久磁石34はそれぞれ3つずつ設けられている。3つの第1の開放永久磁石32および3つの第2の開放永久磁石34は、平面視で、スピنبース15の周方向に関し交互に配置されている。
- [0080] 図3に示すように、3つの第1の開放永久磁石32は、回転軸線A1を中心とする円弧状をなし、互いに共通の高さ位置でかつスピنبース15の周方向に間隔を空けて配置されている。3つの第1の開放永久磁石32は、互いに等しい諸元を有しており、回転軸線A1と同軸の円周上において周方向に等間隔を空けて配置されている。各第1の開放永久磁石32は、回転軸線A1に直交する平面（水平面）に沿って配置されている。
- [0081] 図3に示すように、各第1の開放永久磁石32の周方向長さ(角度)は、約60°である。第1の開放永久磁石32には、当該複数の第1の開放永久磁

石 3 2 を一括して昇降させる第 1 の昇降ユニット 3 3 が連結されている。第 1 の昇降ユニット 3 3 は、たとえば、上下方向に伸縮可能に設けられたシリンダを含む構成であり、当該シリンダによって支持されている。また、第 1 の昇降ユニット 3 3 が、電動モータを用いて構成されていてもよい。また、第 1 の昇降ユニット 3 3 は第 1 の開放永久磁石 3 2 を個別に昇降させるようにしてもよい。

[0082] 第 1 の開放永久磁石 3 2 は、第 1 の駆動用永久磁石 2 6 との間に吸引磁力を発生させ、当該吸引磁力により、第 1 の保持ピン 1 6 A を、開放位置へと付勢するための磁石である。第 1 の開放永久磁石 3 2 が、磁極が第 1 の駆動用永久磁石 2 6 に対して上下方向に接近する上位置に配置され、かつ、第 1 の開放永久磁石 3 2 が第 1 の駆動用永久磁石 2 6 に横方向に対向する状態では、第 1 の開放永久磁石 3 2 と第 1 の駆動用永久磁石 2 6 との間に磁力（吸引磁力）が作用する。

[0083] 図 3 に示すように、3 つの第 2 の開放永久磁石 3 4 は、回転軸線 A 1 を中心とする円弧状をなし、互いに共通の高さ位置でかつスピンベース 1 5 の周方向に間隔を空けて配置されている。3 つの第 2 の開放永久磁石 3 4 は、互いに等しい諸元を有しており、回転軸線 A 1 と同軸の円周上において周方向に等間隔を空けて配置されている。各第 2 の開放永久磁石 3 4 は、回転軸線 A 1 に直交する平面（水平面）に沿って配置されている。

[0084] 図 3 に示すように、各第 2 の開放永久磁石 3 4 の周方向長さ（角度）は、約 60° である。第 2 の開放永久磁石 3 4 には、当該複数の第 2 の開放永久磁石 3 4 を一括して昇降させる第 2 の昇降ユニット 3 5 が連結されている。第 2 の昇降ユニット 3 5 は、たとえば、上下方向に伸縮可能に設けられたシリンダを含む構成であり、当該シリンダによって支持されている。また、第 2 の昇降ユニット 3 5 が、電動モータを用いて構成されていてもよい。また、第 2 の昇降ユニット 3 5 は第 2 の開放永久磁石 3 4 を個別に昇降させるようにしてもよい。

[0085] 第 2 の開放永久磁石 3 4 は、第 2 の駆動用永久磁石 2 7 との間に吸引磁力

を発生させ、当該吸引磁力により、第２の保持ピン１６Ｂを、開放位置へと付勢するための磁石である。第２の開放永久磁石３４が、磁極が第２の駆動用永久磁石２７に対して上下方向に接近する上位置に配置され、かつ、第２の開放永久磁石３４が第２の駆動用永久磁石２７に横方向に対向する状態では、第２の開放永久磁石３４と第２の駆動用永久磁石２７との間に磁力（吸引磁力）が作用する。

[0086] 図２に示すように、第１の開放永久磁石３２および第２の開放永久磁石３４をそれぞれ第１の昇降ユニット３３および第２の昇降ユニット３５を用いて昇降させる。そのため、第１の開放永久磁石３２および第２の開放永久磁石３４を互いに独立して行うことができる。

[0087] 図２に示すように、電荷供給ユニット１０は、スイッチ３８と、電源３６（直流電源）とを含む。回転軸１４は、スイッチ３８を介して電源３６に接続されている。電源３６は、正極性および負極性の一方極性（たとえば負極性）の直流電圧を回転軸１４に印加できるように、スイッチ３８に接続されている。

[0088] 前述のように、第２の保持ピン１６Ｂは、導電性材料を用いて形成され、スピンベース１５および軸受け４４は金属材料を用いて形成されている。そのため、第２の保持ピン１６Ｂは、スピンベース１５および軸受け４４を通る導電経路を介して、金属製の回転軸１４に電氣的に接続されている。そして、第２の保持ピン１６Ｂは基板Ｗの周縁部を接触支持し、回転軸１４はスイッチ３８を介して電源３６に接続されている。したがって、スイッチ３８を導通状態とすると、電源３６からの一方極性（負極性）の直流電圧が、回転軸１４から前記導電経路を介して、第２の保持ピン１６Ｂから基板Ｗに印加される。これにより、基板Ｗに一方極性の電荷（負電荷）が供給される。すなわち、電荷供給ユニット１０は、スイッチ３８および電源３６の他に、第２の保持ピン１６Ｂと、回転軸１４と、スピンベース１５と、軸受け４４とを含む。

[0089] 図２に示すように、アース接続ユニット１１は、スピンチャック５に保持

された基板Wがアース接続されている状態と、基板Wのアース接続が解除された状態とを切り換える。アース接続ユニット11は、アース構造37と、スイッチ38とを含む。この実施形態では、アース構造37が、電源36用のアースを兼ねており、スイッチ38は、電荷供給ユニット10の一部としてだけでなくアース接続ユニット11の一部としても機能する。

[0090] スピンチャック5において、基板Wをアースするための構造は、アース構造37のみであり、他の構造は設けられていない。そのため、スイッチ38を開放状態とすると、電源36から基板Wへの直流電圧の印加が停止されるだけでなく、回転軸14（スピンベース15）とアース構造37との導通状態が解除されることにより、基板Wのアース接続が絶たれる。

[0091] 図2に示すように、処理ユニット2は、基板Wの下面（他方主面）に対向する対向部材19をさらに含む。対向部材19は、スピンチャック5に保持されている基板Wとスピンベース15との間に配置される円板状の第1の対向部19Aと、第1の対向部19Aを水平姿勢に支持する支持部19Bとを含む。第1の対向部19Aは、平坦な円形の上面と、平坦な円形の下面と、基板Wよりも小さい直径を有する外周面とを含む。

[0092] この実施形態では、第1の対向部19Aは、水平な姿勢に保持された円板状の本体部20と、本体部20の上面に配置された板状の第1の電極12と、第1の電極12の上面を覆う薄膜状の固体誘電体23とを含む。すなわち、固体誘電体23は、第1の対向部19Aの上面を構成している。

[0093] 第1の対向部19Aの第1の電極12は、金属などの導電性材料を用いて形成されている。第1の電極12は、対の陽極および陰極を含む。第1の電極12に印加される電圧はたとえば、 $-数\text{ kV} \sim +数\text{ kV}$ の範囲である。第1の電極12の半径は、基板Wの半径よりも小さい。第1の電極12の半径と基板Wの半径との差は小さい。

[0094] 第1の対向部19Aの固体誘電体23は、合成樹脂（たとえば、ポリイミド、PVC (poly-vinyl chloride)、PVA (polyvinyl alcohol) 等）やセラミックスなどの絶縁材料で作成されている。また、固体誘電体23の外径

は、基板Wの外径よりも小さい。固体誘電体23の半径と基板Wの半径との差は小さい。このように、固体誘電体23の半径と基板Wの半径との差が小さいので、固体誘電体23の上面は、基板Wの下面のほぼ全域に対向する。

[0095] 本体部20は、固体誘電体23と同じ材料を用いて形成されていてもよいし、それ以外の材料を用いて形成されていてもよい。

[0096] 支持部19Bは、第1の対向部19Aの中央部から回転軸線A1に沿って下方に延び、第1の対向部19Aの下面に固定されている。支持部19Bは、本体部20と一体であってもよいし、本体部20とは異なる部材であってもよい。支持部19Bは、スピンベース15および回転軸14に挿入されている。支持部19Bは、スピンベース15および回転軸14と非接触である。支持部19Bは、チャンバ4に対し、回転不能にかつ昇降可能に設けられている。すなわち、スピンチャック5が回転したとしても、対向部材19は回転しない。そのため、スピンチャック5が基板Wを回転させると、基板Wおよび対向部材19が回転軸線A1まわりに相対回転する。

[0097] 図2に示すように、処理ユニット2は、支持部19Bを介して第1の対向部19Aに連結された第1の対向部昇降ユニット（第1の間隔変更ユニット）21をさらに含む。第1の対向部昇降ユニット21は、第1の対向部19Aの上面が基板Wの下面に近接する上位置（図12B等を示す位置）と、第1の対向部19Aの上面が基板Wの下面から離隔する下位置（図12A等を示す位置）との間で、第1の対向部19Aを昇降させる。

[0098] 第1の対向部19Aが上位置に配置された状態では、第1の対向部19Aの上面（固体誘電体23の上面）は、基板Wの下面に平行に対向するように、複数の保持ピン16に把持されている基板Wの下方に配置される。この状態で、第1の対向部19Aの上面は、複数の保持ピン16に把持されている基板Wの下面に近接している。換言すると、第1の電極12は、基板Wの下面に、固体誘電体23および誘電体である空気を介して配置されている。また、この状態で、第1の対向部19Aの外周面は、複数の保持ピン16によって取り囲まれている。

[0099] 図2に示すように、第1の電源装置24は、第1の電極12に直流電圧を印加する。第1の電源装置24は、配線22を介して第1の電極12に接続されている。配線22の一部は、第1の対向部19Aおよび支持部19B内に配置されている。第1の電源装置24は、電極印加用の電源（図示せず。電源36とは別の電源。）に接続されている。電源の電圧は、第1の電源装置24と配線22とを介して、第1の電極12に印加される。

[0100] 第1の電源装置24は、第1の電極12に対する電圧の印加およびその停止の切り換えを行うオン／オフ部と、第1の電極12に印加される電圧の大きさを変更する電圧変更部と、第1の電極12に印加される電圧の極性を正極性と負極性との間で変更する極性変更部とを含む。

[0101] 図2に示すように、第1の薬液供給ユニット6は、第1の薬液ノズル51を含む。第1の薬液ノズル51は、たとえば、連続流の状態で液を吐出するストレートノズルであり、スピチャック5の上方で、その吐出口を基板Wの上面中央部に向けて固定的に配置されている。第1の薬液ノズル51には、第1の薬液供給源からの第1の薬液が、第1の薬液バルブ52を介して供給される。第1の薬液バルブ52が開かれると、第1の薬液ノズル51に供給された連続流の第1の薬液が、第1の薬液ノズル51の先端に設定された吐出口から吐出される。また、第1の薬液バルブ52が閉じられると、第1の薬液ノズル51への第1の薬液の吐出が停止される。

[0102] 図2に示すように、第2の薬液供給ユニット7は、第2の薬液ノズル53を含む。第2の薬液ノズル53は、たとえば、連続流の状態で液を吐出するストレートノズルであり、スピチャック5の上方で、その吐出口を基板Wの上面中央部に向けて固定的に配置されている。第2の薬液ノズル53には、第2の薬液供給源からの第2の薬液が、第2の薬液バルブ54を介して供給される。第2の薬液バルブ54が開かれると、第2の薬液ノズル53に供給された連続流の第2の薬液が、第2の薬液ノズル53先端に設定された吐出口から吐出される。また、第2の薬液バルブ54が閉じられると、第2の薬液ノズル53への第2の薬液の吐出が停止される。

[0103] 図2に示すように、純水供給ユニット8は、純水ノズル55を含む。純水ノズル55は、たとえば、連続流の状態で液を吐出するストレートノズルであり、スピンチャック5の上方で、その吐出口を基板Wの上面中央部に向けて固定的に配置されている。純水ノズル55には、純水供給源からの純水が、純水バルブ56を介して供給される。純水バルブ56が開かれると、純水ノズル55に供給された連続流の純水が、純水ノズル55の先端に設定された吐出口から吐出される。また、純水バルブ56が閉じられると、純水ノズル55への純水の吐出が停止される。

[0104] 図2に示すように、絶縁液体供給ユニット9は、絶縁液体ノズル57を含む。絶縁液体ノズル57は、たとえば、連続流の状態で液を吐出するストレートノズルであり、スピンチャック5の上方で、その吐出口を基板Wの上面中央部に向けて固定的に配置されている。絶縁液体ノズル57には、絶縁液体供給源からの絶縁液体（HFE）が、絶縁液体バルブ58を介して供給される。絶縁液体バルブ58が開かれると、絶縁液体ノズル57に供給された連続流の絶縁液体が、絶縁液体ノズル57の先端に設定された吐出口から吐出される。また、絶縁液体バルブ58が閉じられると、絶縁液体ノズル57への絶縁液体の吐出が停止される。

[0105] また、第1の薬液ノズル51、第2の薬液ノズル53、純水ノズル55および絶縁液体ノズル57は、それぞれ、スピンチャック5に対して固定的に配置されている必要はなく、たとえば、スピンチャック5の上方において水平面内で揺動可能なアームに取り付けられて、このアームの揺動により基板Wの上面における処理液の着液位置がスキャンされる、いわゆるスキャンノズルの形態が採用されてもよい。

[0106] 図4A～5Bに示すように、保持ピン16は、回転軸線A2から偏心した位置に上軸部42を有している。すなわち、上軸部42の中心軸線Bは回転軸線A2からずれている。したがって、下軸部41の回転により、上軸部42は、（中心軸線Bが）回転軸線A1から離れた遠い開放位置（後述する図4Aおよび図5A参照）と、中心軸線Bが）回転軸線A1に近づいた保持位

置（後述する図4 Bおよび図5 B参照）との間で変位することになる。保持ピン16の上軸部42は、ばね等の弾性押圧部材（図示しない）の弾性押圧力によって開放位置へと付勢されている。保持ピン16が開放位置に位置する状態では、基板Wの周端面と所定のギャップが形成される。

[0107] 図4 Aでは、第1の開放永久磁石32が下位置にある状態を示し、図4 Bでは、第1の開放永久磁石32が上位置にある状態を示す。図5 Aでは、第2の開放永久磁石34が下位置にある状態を示し、図5 Bでは、第2の開放永久磁石34が上位置にある状態を示す。

[0108] 第1の開放永久磁石32と第1の駆動用永久磁石26との角度位置が揃った状態であっても、図4 Aに示すように、第1の開放永久磁石32が下位置にある状態では、第1の開放永久磁石32からの磁力が第1の駆動用永久磁石26に作用しない。そのため、第1の保持ピン16 Aは保持位置に位置している。この状態で、第1の駆動用永久磁石26は、たとえばN極がスピンベース15の径方向の内方に向き、かつS極がスピンベース15の径方向の外方に向くように配置されている。

[0109] 図4 Aに示す状態から、第1の開放永久磁石32を上昇させ、上位置に配置する。第1の開放永久磁石32の上面が第1の駆動用永久磁石26に接近することにより、第1の駆動用永久磁石26に吸引磁力が発生し、第1の駆動用永久磁石26と第1の開放永久磁石32との間に吸引力が発生する。第1の開放永久磁石32が上位置に配置された状態において、第1の駆動用永久磁石26に働く吸引磁力の大きさは、第1の閉塞永久磁石29からの吸引磁力を大きく上回っており、これにより、上軸部42が回転軸線A1に近づいた保持位置から、回転軸線A1（図2参照）から離反した開放位置へと移動する。これにより、第1の保持ピン16 Aが開放位置へと付勢される。この状態では、図4 Bに示すように、第1の駆動用永久磁石26は、たとえばS極がスピンベース15の径方向の内方に向き、かつN極がスピンベース15の径方向の外方に向くように配置されている。

[0110] 第2の開放永久磁石34と第2の駆動用永久磁石27との角度位置が揃っ

た状態であっても、図5 Aに示すように、第2の開放永久磁石34が下位置にある状態では、第2の開放永久磁石34からの磁力が第2の駆動用永久磁石27に作用しない。そのため、第2の保持ピン16Bは保持位置に位置している。この状態で、第2の駆動用永久磁石27は、たとえばS極がスピンベース15の径方向の内方に向き、かつN極がスピンベース15の径方向の外方に向くように配置されている。

[0111] 図5 Aに示す状態から、第2の開放永久磁石34を上昇させ、上位置に配置する。第2の開放永久磁石34の上面が第2の駆動用永久磁石27に接近することにより、第2の駆動用永久磁石27に吸引磁力が発生し、第2の駆動用永久磁石27と第2の開放永久磁石34との間に吸引力が発生する。第2の開放永久磁石34が上位置に配置された状態において、第2の駆動用永久磁石27に働く吸引磁力の大きさは、第2の閉塞永久磁石30からの吸引磁力を大きく上回っており、これにより、上軸部42が回転軸線A1に近づいた保持位置から、回転軸線A1（図2参照）から離反した開放位置へと移動する。これにより、第2の保持ピン16Bが開放位置へと付勢される。この状態では、図5 Bに示すように、第2の駆動用永久磁石27は、たとえばN極がスピンベース15の径方向の内方に向き、かつS極がスピンベース15の径方向の外方に向くように配置されている。

[0112] 図6 A～6 Cおよび図7 A～7 Cは、第1の可動ピン群および第2の可動ピン群の状態を示す模式的な図である。図6 A、6 B、7 A、7 Bには、開放永久磁石32、34および開放永久磁石32、34の状態示されており、図6 Cおよび図7 Cには、各保持ピン16の開閉状況が示されている。

[0113] 前述のように、開放永久磁石32、34は、スピンベース15の周方向に60°の等間隔で配置されており、また、保持ピン16も60°等間隔で配置されている。したがって、図6 Aおよび図7 Aに示すように、各第1の開放永久磁石32と各第1の駆動用永久磁石26との角度位置が揃い、かつ各第2の開放永久磁石34と、各第2の駆動用永久磁石27との角度位置が揃うような初期状態を作り出すことができる。

[0114] 図6A～6Cでは、第1の開放永久磁石32を上位置に配置しかつ第2の開放永久磁石34を下位置に配置した状態を示す。この場合、図6Aに示す、スピンベース15が前記初期状態にありかつ静止している状態では、3本の第1の保持ピン16Aは開放位置（open）に配置され、かつ3本の第2の保持ピン16Bは保持位置（close）に配置される。

[0115] 図6Aに示す状態から、スピンベース15を回転させた状態を考える。スピンベース15の回転速度は、液処理速度（たとえば約1000rpm）とする。スピンベース15の回転状態では、スピンベース15の回転に伴って回転する駆動用永久磁石26、27が通過する環状領域に、磁界発生領域59（図6B参照）が形成される。この磁界発生領域59の周方向長さ（角度）は、対応する第1の開放永久磁石32の周方向長さ（角度）よりも長くなる。第1の開放永久磁石32の周方向長さ（角度）が60°であり、しかも、第1の開放永久磁石32がスピンベース15の周方向に3つ設けられているので、基板Wを液処理速度（たとえば約1000rpm）で回転させたときには、スピンベース15の回転に伴って回転する駆動用永久磁石26、27が通過する環状領域に、全周環状の磁界発生領域59（図6B参照）が形成される。

[0116] 磁界発生領域59（図6B参照）が全周環状をなしているので、スピンベース15の回転姿勢によらずに、第1の開放永久磁石32からの吸引磁力が第1の駆動用永久磁石26に作用する。そのため、スピンベース15の回転状態において、図6Cに示すように、3本の第1の保持ピン16Aは開放位置（open）に配置される。3本の第2の保持ピン16Bは、無論保持位置（close）に配置される。このとき、基板Wは、3本の第2の保持ピン16Bによって支持され、良好に回転される。

[0117] 図7A～7Cでは、第2の開放永久磁石34を上位置に配置しかつ第1の開放永久磁石32を下位置に配置した状態を示す。この場合、図7Aに示す、スピンベース15が前記初期状態にありかつ静止している状態では、3本の第2の保持ピン16Bは開放位置（open）に配置され、かつ3本の第

1の保持ピン16Aは保持位置(c l o s e)に配置される。

[0118] 図7Aに示す状態から、スピンベース15を回転させた状態を考える。スピンベース15の回転速度は、液処理速度(たとえば約1000rpm)とする。スピンベース15の回転状態では、スピンベース15の回転に伴って回転する駆動用永久磁石26, 27が通過する環状領域に、磁界発生領域60(図7B参照)が形成される。この磁界発生領域60の周方向長さ(角度)は、対応する第2の開放永久磁石34の周方向長さ(角度)よりも長くなる。第2の開放永久磁石34の周方向長さ(角度)が60°であり、しかも、第2の開放永久磁石34がスピンベース15の周方向に3つ設けられているので、基板Wを液処理速度(たとえば約1000rpm)で回転させたときには、スピンベース15の回転に伴って回転する駆動用永久磁石26, 27が通過する環状領域に、全周環状の磁界発生領域60(図7B参照)が形成される。

[0119] 磁界発生領域60(図7B参照)が全周環状をなしているので、スピンベース15の回転姿勢によらずに、第2の開放永久磁石34からの吸引磁力が第2の駆動用永久磁石27に作用する。そのため、スピンベース15の回転状態において、図7Cに示すように、3本の第2の保持ピン16Bは開放位置(o p e n)に配置される。3本の第1の保持ピン16Aは、無論保持位置(c l o s e)に配置される。このとき、基板Wは、3本の第1の保持ピン16Aによって支持され、良好に回転される。

[0120] このように、基板Wの回転状態において、第1の開放永久磁石32を上位置に配置しかつ第2の開放永久磁石34を下位置に配置した状態(図6A～6C参照)と、第2の開放永久磁石34を上位置に配置しかつ第1の開放永久磁石32を下位置に配置した状態(図7A～7C参照)とを切り換えることにより、3本の第1の保持ピン16Aによって基板Wが接触支持されている状態(第2の基板保持工程)と、3本の第2の保持ピン16Bによって基板Wが接触支持されている状態(第1の基板保持工程)とを切り換えることができる。

[0121] 図8Aは、処理対象の基板Wの一例を説明するための図解的な平面図であり、図8Bはその一部の図解的な断面図である。基板Wは、たとえば、シリコン(Si)基板61(半導体基板の一例)の表面に、微細な薄膜パターン(パターン)62を形成したものである。薄膜パターン62は、たとえば、線幅W1が10nm~45nm程度、隣接するパターン間の間隔W2が10nm~数 μ m程度で形成されていてもよい。なお、実際にはこのように微細な寸法の薄膜パターン62が形成されたシリコン基板61を目視した場合、図8A、8Bに図示するような寸法で薄膜パターン62が確認できるわけではないが、説明を容易にするため、図8Aでは基板W上に形成された薄膜パターン62を拡大して図示している。

[0122] 薄膜パターン62は、少なくとも絶縁膜を含む。より具体的には、薄膜パターン62は、積層膜63からなってもよい。積層膜63は、たとえば、シリコン基板61側から順に、第1の絶縁膜64、第2の絶縁膜65および導体膜66を積層して構成されていてもよい。第1の絶縁膜64および第2の絶縁膜65は、酸化シリコン膜であってもよい。また、導体膜66は、低抵抗化のための不純物を導入したアモルファスシリコン膜であってもよいし、金属膜(たとえば金属配線膜)であってもよい。

[0123] 薄膜パターン62を形成する積層膜63の膜厚Tは、たとえば、50nm~5 μ m程度である。また、積層膜63は、たとえば、アスペクト比(線幅W1に対する膜厚Tの比)が、たとえば、5~500程度であってもよい。

[0124] 図9は、基板処理装置1の主要部の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[0125] 制御装置3は、たとえばマイクロコンピュータを用いて構成されている。制御装置3はCPU等の演算ユニット、固定メモリデバイス、ハードディスクドライブ等の記憶ユニット、および入出力ユニットを有している。記憶ユニットには、演算ユニットが実行するプログラムが記憶されている。

[0126] また、制御装置3には、制御対象として、スピンモータ13、第1の対向部昇降ユニット21、第1の昇降ユニット33、第2の昇降ユニット35、

スイッチ 38、第 1 の電源装置 24 等が接続されている。制御装置 3 は、予め定められたプログラムに従って、スピンモータ 13、第 1 の昇降ユニット 33、第 2 の昇降ユニット 35、第 1 の対向部昇降ユニット 21 等の動作を制御する。また、制御装置 3 は、予め定められたプログラムに従って、スイッチ 38 を開閉する。この実施形態では、スイッチ 38 の開閉により、一方極性（たとえば負極性）の直流電圧が基板 W に印加され、かつ基板 W がアース接続された状態と、基板 W への電圧印加が停止され、かつ基板 W のアース接続が解除された状態とが切り換えられる。また、制御装置 3 は、予め定められたプログラムに従って、第 1 の電源装置 24 を制御して、第 1 の電極 12（図 2 参照）に対する電圧の印加およびその停止の切り換えを行ったり、第 1 の電極 12 に印加される電圧の大きさを変更したり、第 1 の電極 12 に印加される電圧の極性を正極性と負極性との間で変更したりする。さらに、制御装置 3 は、予め定められたプログラムに従って、第 1 の薬液バルブ 52、第 2 の薬液バルブ 54、純水バルブ 56、絶縁液体バルブ 58 等を開閉する。

[0127] 図 10 は、処理ユニット 2 によって実行される第 1 の基板処理例を説明するための流れ図である。図 11 は、第 1 の基板処理例を説明するためのタイムチャートである。図 12A～12D は、第 1 の基板処理例を説明するための図解的な図である。図 13A～13B は、図 12B、12C のそれぞれに示す工程における基板 W の表面状態を説明するための図解的な断面図である。図 13C は、図 12D に示す乾燥工程における基板の表面状態を説明するための図解的な断面図である。

[0128] 処理ユニット 2 によって実行される第 1 の基板処理例は、洗浄処理またはエッチング処理である。以下、図 1～図 5B および図 8A～図 11 を参照しながら、第 1 の基板処理例について説明する。図 12A～12D および図 13A～13C については適宜参照する。

[0129] 処理ユニット 2 によって第 1 の基板処理例が施されるときには、未処理の基板 W が、チャンバ 4 の内部に搬入される（図 10 のステップ S0）。基板

Wの表面（薄膜パターン62の形成面）には、薄膜パターン62（図8A、8B参照）が形成されている。

[0130] 具体的には、制御装置3は、基板Wを保持している基板搬送ロボットCRのハンドH2をチャンバ4の内部に進入させる。これにより、基板Wが、その表面を上方に向けた状態でスピンチャック5に受け渡される。その後、スピンチャック5に基板Wが保持される（基板保持工程）。このとき、基板Wは、6本の保持ピン16の全てによって接触支持されているわけではなく、3本の第2の保持ピン16B（導電ピン）によって基板Wが接触支持されている。具体的には、制御装置3は、第1の開放永久磁石32を上位置に配置しかつ第2の開放永久磁石34を下位置に配置することにより（図6A～6C参照）、3本の第2の保持ピン16B（絶縁ピン）によって基板Wを接触支持することができる。

[0131] 3本の第2の保持ピン16B（絶縁ピン）によって基板Wを握持した後、制御装置3は、スピンモータ13によって基板Wの回転を開始させる（図10のステップS1）。基板Wは予め定める液処理速度（約10～1200rpmの範囲内で、たとえば約1000rpm）まで上昇させられ、その液処理速度に維持される。

[0132] 次いで、制御装置3は、第1の薬液（たとえばHF）を用いて基板Wの上面を処理する第1の薬液工程（すなわち、HF工程。図10のステップS2）を行う。具体的には、制御装置3は、第1の薬液バルブ52を開いて、基板Wの上面中央部に向けて第1の薬液ノズル51から第1の薬液を吐出する。基板Wの上面中央部に供給された第1の薬液は、基板Wの回転による遠心力を受けて基板Wの上面を基板Wの周縁部に向けて流れる。これにより、基板Wの上面の全域に第1の薬液が行き渡り、基板Wの上面の全域が第1の薬液によって処理される。

[0133] 第1の薬液の吐出開始から予め定める期間が経過すると、第1の薬液工程（S2）が終了する。具体的には、制御装置3は、第1の薬液バルブ52を閉じて、第1の薬液ノズル51からの第1の薬液の吐出を停止する。

- [0134] 次いで、制御装置 3 は、基板 W の上面に付着した第 1 の薬液を洗い流す第 1 の純水工程（図 10 のステップ S 3）を行う。具体的には、制御装置 3 は、純水バルブ 5 6 を開いて、基板 W の上面中央部に向けて純水ノズル 5 5 から純水を吐出する。基板 W の上面中央部に供給された純水は、基板 W の回転による遠心力を受けて基板 W の上面上を基板 W の周縁部に向けて流れる。これにより、基板 W の上面の全域に純水が行き渡り、基板 W の上面の全域において、基板 W の上面に付着している第 1 の薬液が洗い流される。
- [0135] 純水の吐出開始から予め定める期間が経過すると、第 1 の純水工程（S 3）が終了する。具体的には、制御装置 3 は、純水バルブ 5 6 を閉じて、純水ノズル 5 5 からの純水の吐出を停止する。
- [0136] 次いで、制御装置 3 は、第 2 の薬液（たとえば S C 1）を用いて基板 W の上面を処理する第 2 の薬液工程（すなわち、S C 1 工程。図 10 のステップ S 4）を行う。具体的には、制御装置 3 は、第 2 の薬液バルブ 5 4 を開いて、基板 W の上面中央部に向けて第 2 の薬液ノズル 5 3 から第 2 の薬液を吐出する。基板 W の上面中央部に供給された第 2 の薬液は、基板 W の回転による遠心力を受けて基板 W の上面上を基板 W の周縁部に向けて流れる。これにより、基板 W の上面の全域に第 2 の薬液が行き渡り、基板 W の上面の全域が第 2 の薬液によって処理される。
- [0137] 第 2 の薬液の吐出開始から予め定める期間が経過すると、第 2 の薬液工程（S 4）が終了する。具体的には、制御装置 3 は、第 2 の薬液バルブ 5 4 を閉じて、第 2 の薬液ノズル 5 3 からの第 2 の薬液の吐出を停止する。
- [0138] 次いで、制御装置 3 は、基板 W の上面に付着した第 2 の薬液を洗い流す第 2 の純水工程（図 10 のステップ S 5。図 12 A 参照）を行う。具体的には、制御装置 3 は、純水バルブ 5 6 を開いて、基板 W の上面中央部に向けて純水ノズル 5 5 から純水を吐出する。基板 W の上面中央部に供給された純水は、基板 W の回転による遠心力を受けて基板 W の上面上を基板 W の周縁部に向けて流れる。これにより、基板 W の上面の全域に純水が行き渡り、基板 W の上面の全域において、基板 W の上面に付着している第 2 の薬液が洗い流され

る。

[0139] 純水の吐出開始から予め定める期間が経過すると、第2の純水工程（S5）が終了する。具体的には、制御装置3は、純水バルブ56を閉じて、純水ノズル55からの純水の吐出を停止する。

[0140] この実施形態では、次いで、制御装置3は、基板Wの上面に絶縁液体の液膜71（図12B等参照）を保持する絶縁液体液膜保持工程を実行する。具体的には、制御装置3は、基板Wの液処理速度での回転を維持しながら、絶縁液体バルブ58を開いて基板Wの上面中央部に向けて絶縁液体ノズル57から絶縁液体を吐出する。基板Wの上面中央部に供給された絶縁液体は、基板Wの回転による遠心力を受けて基板Wの上面上を基板Wの周縁部に向けて流れる。これにより、基板Wの上面上に、基板Wの上面の全域を覆う絶縁液体の液膜71が保持される。

[0141] 基板Wの上面に絶縁液体の液膜71が保持された後、制御装置3は、一方極性の電荷（負電荷）を基板Wに供給する電荷供給工程（図10のステップS6）を実行する。また、制御装置3は、電荷供給工程（S6）に並行して、第1の電極12に他方極性（たとえば正極性）の電圧を印加する第1の電圧印加工程を実行する。

[0142] 具体的には、制御装置3は、第1の対向部昇降ユニット21を制御して、それまで下位置に配置されていた第1の対向部19Aを上昇させ、上位置（図12B等に示す位置）に配置する。また、制御装置3は、スイッチ38を、それまでの開放状態から導通状態に切り換える（図12B参照）。これにより、電源36からの一方極性（負極性）の直流電圧が、回転軸14、スピンプース15および第2の保持ピン16Bを介してシリコン基板61に印加される。これにより、一方極性の電荷（負電荷）がシリコン基板61に供給される。

[0143] また、第1の電圧印加工程に並行して、第1の電極12に他方極性（正極性）の直流電圧を印加する。そのため、図13Aに示すように、電源36からシリコン基板61に供給された一方極性の電荷（負電荷）は、第1の電極

12に誘電体を介して配置されたシリコン基板61の下面に引き付けられる。

[0144] また、シリコン基板61の上面に絶縁液体の液膜71が保持されているので、薄膜パターン62の全体が、絶縁液体である絶縁液体の液膜71に浸漬されている。そのため、シリコン基板61に供給された一方極性の電荷（負電荷）がシリコン基板61の上面上の液膜を介して流出することを抑制または防止できる。これにより、第1の電圧印加工程において、より多量の一方極性の電荷（負電荷）をシリコン基板61の内部に蓄積できる。

[0145] スイッチ38を導通状態に切り換えてから、予め定める期間が経過すると、制御装置3は、スピนมータ13を制御して基板Wの回転を停止させる。基板Wの回転停止後、制御装置3は、スイッチ38をそれまでの導通状態から開放状態に切り換える。これにより、図13Bに示すように、電源36から基板Wに対する、一方極性の電荷（負電荷）の供給が停止される。

[0146] また、スイッチ38の開放状態への切り換えにより、回転軸14（スピنبース15）とアース構造37との導通状態が解除される（図10のステップS7。図12C参照）。

[0147] また、アース接続の解除に同期して、制御装置3は、第1および第2の昇降ユニット33、35を制御して、3本の第2の保持ピン16B（導電ピン）によって基板Wが接触支持されている状態から、3本の第1の保持ピン16A（絶縁ピン）によって基板Wが接触支持されている状態へと切り換える（図12C参照）。これにより、基板W（すなわちシリコン基板61）とスピنبース15（回転軸14）との導通状態が解除される。

[0148] このように、回転軸14（スピنبース15）とアース構造37との導通状態が解除され、かつ基板W（すなわちシリコン基板61）とスピنبース15（回転軸14）との導通状態が解除されることにより、基板W（すなわちシリコン基板61）のアース接続が解除される。

[0149] 3本の第1の保持ピン16A（絶縁ピン）によって基板Wを握持した後、制御装置3は、スピนมータ13を制御して基板Wの回転を再開させる。基

板Wは液処理速度まで上昇させられ、その液処理速度に維持される。

[0150] 基板Wの回転速度が液処理速度に達してから予め定める期間が経過すると、制御装置3は、第1の電極12に印加している電圧の極性を、他方極性（正極性）から一方極性（負極性）に切り換える。換言すると、制御装置3は、第1の電極12に一方極性（負極性）の電圧を印加する第2の電圧印加工程を実行する。すなわち、第2の電圧印加工程では、基板Wのアース接続が解除された状態を保たれながら、第1の電極12に直流電圧が印加される。

[0151] この場合において、基板Wの上面に絶縁液体の液膜71が保持されるので、隣接する薄膜パターン62の間に入り込む液体が絶縁液体である。そのため、シリコン基板61の内部に蓄積されている一方極性の電荷（負電荷）が基板Wの上面上の液膜を介して流出することを阻止できる。これにより、第2の電圧印加工程において、より多量の一方極性の電荷（負電荷）を、シリコン基板61の上面に集めることができる。

[0152] 第1の電極12に印加している電圧の極性の切り換えから、予め定める期間が経過すると、制御装置3は、絶縁液体バルブ58を閉じて、絶縁液体ノズル57からの絶縁液体の吐出を停止する。これにより、基板Wの上面への絶縁液体の供給が停止される。

[0153] 絶縁液体の吐出停止後しばらくの間は、基板Wの回転速度は液処理速度に維持されている。この状態では、基板Wに発生する遠心力を受ける結果、基板Wの上面上の絶縁液体が基板W外に排出され、基板W上の絶縁液体の液膜71の厚みは薄くなる。しかし、絶縁液体の液膜71の厚みは、その上面が薄膜パターン62の上端よりも高くなるように保たれている。すなわち、この場合であっても、隣接する薄膜パターン62の間には、絶縁液体が入り込んでいる。

[0154] 絶縁液体の吐出停止から予め定める期間が経過すると、制御装置3は、第1の電極12への一方極性（負極性）の電圧の印加を保ちながら、基板Wを乾燥させる（図10のステップS8：乾燥工程）を実行する。具体的には、制御装置3は、スピンドルモータ13を制御して、図12Dに示すように、液処

理速度よりも大きいスピンドライ速度（たとえば約1500rpm）まで基板Wを加速させ、そのスピンドライ速度で基板Wを回転させる。これにより、大きな遠心力が基板W上の絶縁液体に加わり、基板Wに付着している絶縁液体が基板Wの周囲に振り切られる。このようにして、基板Wから絶縁液体が除去され、基板Wが乾燥する。

[0155] 基板Wの高速回転の開始から予め定める期間が経過すると、制御装置3は、スピンモータ13を制御して、スピンチャック5による基板Wの回転を停止させる。また、制御装置3は、第1の対向部昇降ユニット21を制御して、それまで上位置に配置されていた第1の対向部19Aを下位置に向けて下降させる。

[0156] その後、制御装置3は、第1の昇降ユニット33を制御して、それまで下位置に配置されていた第1の開放永久磁石32を上位置に配置する。これにより、3本の第1の保持ピン16A（絶縁ピン）が保持位置から開放位置へと移動させられる。それによって、全ての保持ピン16が開放位置に設けられ、これにより、基板Wの握持が解除される。その後、チャンバ4内から基板Wが搬出される（図10のステップS9）。

[0157] 図13Cに示すように、乾燥工程（S8）において、隣接する薄膜パターン62の間には、絶縁液体が入り込んでいる。絶縁液体が排除される過程では、絶縁液体の表面張力のために、隣接する薄膜パターン62の間に引力が働く。

[0158] 一方、第1の電極12に一方極性（負極性）の電圧が印加される。これにより、シリコン基板61の内部に蓄積されている一方極性の電荷（負電荷）が、第1の電極12に反発してシリコン基板61の上面に集まる。

[0159] 多量の一方極性の電荷（負電荷）がシリコン基板61の上面に集まる結果、薄膜パターン62を構成する絶縁膜64、65に分極が生じる。その結果、それらの上面は、一方極性（負極性）に帯電する。

[0160] また、導体膜66の上面には、一方極性（負極性）の電荷が誘導される。このような現象が各薄膜パターン62で生じることによって、隣接する薄膜

パターン 62 の先端部の間には、斥力（クーロン力）が生じることになる。
この斥力が絶縁液体の表面張力による引力を打ち消すことにより、乾燥工程（S8）における薄膜パターン 62 の倒壊を抑制または防止できる。

[0161] しかも、この実施形態において絶縁液体として用いられる絶縁液体は、純水よりも表面張力が小さい HFE である。このような低表面張力の絶縁液体を用いることによって、乾燥工程（S8）における薄膜パターン 62 の倒壊を一層効果的に抑制または防止できる。

[0162] 以上のように第 1 の実施形態によれば、基板 W に一方極性の電荷（負電荷）を供給する電荷供給工程（S6）に並行して、他方極性（正極性）の電圧が第 1 の電極 12 に印加される。これにより、基板 W に供給された一方極性の電荷（負電荷）を基板 W の下面に引き付けることができ、その結果、一方極性の電荷（負電荷）を基板 W の内部に蓄積できる。

[0163] 第 1 の電圧印加工程の後、基板 W のアース接続が解除された状態を保ちながら、他方極性（正極性）を第 1 の電極 12 に印加する第 2 の電圧印加工程が行われる。また、第 2 の電圧印加工程に並行して、基板 W の上面から絶縁液体を除去する乾燥工程（S8）が行われる。

[0164] この状態で、一方極性（負極性）の電圧を第 1 の電極 12 に印加することにより、基板 W の内部に蓄積されている一方極性の電荷（負電荷）が、第 1 の電極 12 に反発して基板 W の上面に集まる。そのため、薄膜パターン 62 に電気的な偏りが発生し、図 13C に示すように、一方極性の電荷（負電荷）が各薄膜パターン 62（の先端部）に集まって、各薄膜パターン 62（の先端部）が一方極性（負極性）に帯電する。これにより、隣接する薄膜パターン 62 の間に斥力（クーロン力）が働く。

[0165] 一方、薄膜パターン 62 に含まれる隣接する薄膜パターン 62 の間に液面があると、液面と薄膜パターン 62 との境界位置に液体の表面張力が働く。つまり、引力（表面張力）が隣接する薄膜パターン 62 の間に働く。しかしながら、この引力（表面張力）は、薄膜パターン 62 の帯電に起因する斥力（クーロン力）によって打ち消される。そのため、薄膜パターン 62 に働く

力を低減しながら、基板Wの上面から絶縁液体を除去することができる。これにより、薄膜パターン62の倒壊を効果的に抑制しながら、基板Wを乾燥させることができる。

[0166] 図14は、本発明の第2の実施形態に係る基板処理装置201に備えられた処理ユニット202の構成例を説明するための図解的な断面図である。

[0167] 第2の実施形態において、前述の第1の実施形態（図1～図13に示す実施形態）と共通する部分には、図1～図13の場合と同一の参照符号を付し説明を省略する。

[0168] 処理ユニット202が、処理ユニット2と相違する主たる点は、スピントラップ5に保持されている基板Wの上面に対向する遮断板203を備えた点にある。

[0169] 遮断板203は、スピントラップ5の上方に配置されている。遮断板203は、上下方向に延びる支軸204によって水平な姿勢で支持されている。遮断板203は、基板Wよりも大きい外径を有する円板状である。

[0170] 遮断板203は、水平な姿勢に保持された円板状の第2の対向部221を含む。第2の対向部221は、基板Wよりも小さい外径を有する円板状である。第2の対向部221の中心軸線は、回転軸線A1上に配置されている。第2の対向部221は、基板Wの上方に配置される。基板Wに対向する第2の対向部221の下面は、基板Wの上面と平行であり、基板Wの上面のほぼ全域に対向する。中心ノズル210の下端部は、第2の対向部221の中央部を上下方向に貫通する貫通穴内に配置されている。

[0171] 処理ユニット202は、支軸204を介して第2の対向部221に連結された第2の対向部昇降ユニット（第2の間隔変更ユニット）205をさらに含む。処理ユニット202は、遮断板203の中心線まわりに遮断板203を回転させる遮断板回転ユニットを備えていてもよい。第2の対向部昇降ユニット205は、第2の対向部221の下面が基板Wの上面に近接する近接位置（図17に示す位置）と、近接位置の上方に設けられた退避位置（図14に示す位置）との間で第2の対向部221を昇降させる。

- [0172] 第2の対向部221は、水平な姿勢に保持された円板状の本体部222と、本体部222の下面に配置された板状の第2の電極223とを含む。すなわち、第2の電極223が第2の対向部221の下面を構成している。
- [0173] 第2の電極223は、対の陽極および陰極を含む。第2の電極223に印加される電圧はたとえば、数kVである。第2の電極223は環状である。第2の電極223の外径は、基板Wの外径よりも小さい。第2の電極223の半径と基板Wの半径との差は小さい。このように、第2の電極223の半径と基板Wの半径との差が小さいので、第2の電極223の上面は、基板Wの下面のほぼ全域に対向する。第2の対向部221が近接位置に配置された状態では、第2の電極223の下面が、基板Wの上面（すなわち薄膜パターン62（図8A等参照）の上端部）に微小間隔を空けて対向している。
- [0174] また、第2の電極223の下面に、第2の電極223の下面の全域を覆う、固体誘電体23と同等の薄膜状の固体誘電体が配置されていてよい。
- [0175] 処理ユニット202は、第2の電極223に電圧を印加するための第2の電源装置224をさらに含む。第2の電源装置224は、第2の電極223に他方極性（正極性）の直流電圧を印加する。第2の電源装置224は、配線225を介して第2の電極223に接続されている。第2の電源装置224は、電極印加用の電源（図示せず。電源36とは別の電源。）に接続されている。電源の電圧は、第2の電源装置224と配線225とを介して、第2の電極223に印加される。
- [0176] 第2の電源装置224は、第2の電極223に対する電圧の印加およびその停止の切り換えを行うオン／オフ部と、第2の電極223に印加される電圧の大きさを変更する電圧変更部と、第2の電極223に印加される電圧の極性を正極性と負極性との間で変更する極性変更部とを含む。
- [0177] 処理ユニット2は、遮断板203の下面中央部で開口する中央吐出口230を介して処理液を下方に吐出する中心ノズル210をさらに含む。処理液を吐出する中心ノズル210の吐出口は、遮断板203の中央部を上下方向に貫通する貫通穴内に配置されている。中心ノズル210の吐出口は、中央

吐出口 230 の上方に配置されている。中心ノズル 210 は、遮断板 203 と共に鉛直方向に昇降する。

[0178] 処理ユニット 2 は、中央吐出口 230 に第 1 の薬液を供給する第 1 の薬液供給ユニット 206 と、中央吐出口 230 に第 2 の薬液を供給する第 2 の薬液供給ユニット 207 と、中央吐出口 230 に純水を供給する純水供給ユニット 208 と、中央吐出口 230 に絶縁液体（HFE）を供給する絶縁液体供給ユニット 209 とをさらに含む。第 1 の薬液供給ユニット 206、第 2 の薬液供給ユニット 207、純水供給ユニット 208 および絶縁液体供給ユニット 209 は、それぞれ第 1 の実施形態に係る第 1 の薬液供給ユニット 6、第 2 の薬液供給ユニット 7、純水供給ユニット 8 および絶縁液体供給ユニット 9 に代えて用いられる。

[0179] 第 1 の薬液供給ユニット 206 は、中心ノズル 210 に第 1 の薬液を供給するための第 1 の薬液配管 211 と、第 1 の薬液配管 211 を開閉するための第 1 の薬液バルブ 212 とを含む。

[0180] 第 2 の薬液供給ユニット 207 は、中心ノズル 210 に第 2 の薬液を供給するための第 2 の薬液配管 213 と、第 2 の薬液配管 213 を開閉するための第 2 の薬液バルブ 214 とを含む。

[0181] 純水供給ユニット 208 は、中心ノズル 210 に純水を供給するための純水配管 215 と、純水配管 215 を開閉するための純水バルブ 216 とを含む。

[0182] 絶縁液体供給ユニット 209 は、中心ノズル 210 に絶縁液体を供給するための絶縁液体配管 217 と、絶縁液体配管 217 を開閉するための絶縁液体バルブ 218 とを含む。

[0183] 第 2 の薬液バルブ 214、純水バルブ 216 および絶縁液体バルブ 218 が閉じられた状態で第 1 の薬液バルブ 212 が開かれると、中心ノズル 210 に第 1 の薬液が供給され、中央吐出口 230 から下方に向けて第 1 の薬液が吐出される。

[0184] 第 1 の薬液バルブ 212、純水バルブ 216 および絶縁液体バルブ 218

が閉じられた状態で第2の薬液バルブ214が開かれると、中心ノズル210に第2の薬液が供給され、中央吐出口230から下方に向けて第2の薬液が吐出される。

[0185] 第1の薬液バルブ212、第2の薬液および絶縁液体バルブ218が閉じられた状態で純水バルブ216が開かれると、中心ノズル210に純水が供給され、中央吐出口230から下方に向けて純水が吐出される。

[0186] 第1の薬液バルブ212、第2の薬液および純水バルブ216が閉じられた状態で絶縁液体バルブ218が開かれると、中心ノズル210に絶縁液体が供給され、中央吐出口230から下方に向けて絶縁液体が吐出される。

[0187] 図15は、基板処理装置201の主要部の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[0188] 図15を参照しながら、図9と相違する部分のみ説明する。制御装置3には、制御対象として、第2の対向部昇降ユニット205および第2の電源装置224等が接続されている。制御装置3は、予め定められたプログラムに従って第2の対向部昇降ユニット205等の動作を制御する。また、制御装置3は、予め定められたプログラムに従って、第2の電源装置224を制御して、第2の電極223（図14参照）に対する電圧の印加およびその停止の切り換えを行ったり、第2の電極223に印加される電圧の大きさを変更したり、第2の電極223に印加される電圧の極性を正極性と負極性との間で変更したりする。さらに、制御装置3は、予め定められたプログラムに従って、第1の薬液バルブ212、第2の薬液バルブ214、純水バルブ216、絶縁液体バルブ218等を開閉する。

[0189] 図16は、処理ユニット202によって実行される第2の基板処理例を説明するためのタイムチャートである。図17は、第2の基板処理例を説明するための図解的な図である。図18は、乾燥工程（S8）における基板Wの表面状態を説明するための図解的な断面図である。

[0190] 処理ユニット202によって実行される第2の基板処理例は、第1の基板処理例と同様に、洗浄処理またはエッチング処理である。以下、図14～図

16を参照しながら、第2の基板処理例について説明する。図17および図18については適宜参照する。

[0191] 第2の基板処理例は、多くの点において、第1の基板処理例と重複している。そのため、第2の基板処理例の説明では、第1の基板処理例と相違する部分のみ説明する。

[0192] 基板Wの搬入（図10のS0）から基板Wのアース接続の解除（図10のS7）までの各工程において、第2の基板処理例が第1の基板処理例と相違する点は、基板Wの上面に対する処理液（第1の薬液、第2の薬液、純水および絶縁液体）を中心ノズル210から吐出する点であり、その点以外はおおよそ、第2の基板処理例は第1の基板処理例と共通している。

[0193] 基板Wのアース接続の解除（図10のS7）の後、基板Wの回転が回転させられる。基板Wは液処理速度まで上昇させられ、その液処理速度に維持される。

[0194] 図16に示すように、基板Wの回転速度が液処理速度に達してから予め定める期間が経過すると、制御装置3は、第1の電極12に印加している電圧の極性を、他方極性（正極性）から一方極性（負極性）に切り換える。

[0195] また、制御装置3は、第2の対向部昇降ユニット205を制御して、図17および図18に示すように、第2の対向部221を近接位置に配置する。さらに、制御装置3は、第2の電源装置224を制御して、図17に示すように、第2の電極223に他方極性（正極性）の直流電圧を印加する。

[0196] すなわち、第2の実施形態では、第2の電圧印加工程に並行して、第2の電極223に他方極性（正極性）の電圧が印加される（第3の電圧印加工程）。

[0197] そして、制御装置3は、第1の電極12への一方極性（負極性）の電圧の印加を保ちながら、かつ第2の電極223に他方極性（正極性）の電圧を印加しながら、基板Wを乾燥させる（図10のS8の工程に相当）。基板Wの高速回転の開始から予め定める期間が経過すると、制御装置3は、スピンドルモータ13を制御して、スピンドルチャック5による基板Wの回転を停止させる。

また、制御装置 3 は、第 1 の対向部昇降ユニット 2 1 を制御して、それまで上位置に配置された第 1 の対向部 1 9 A を下位置に向けて下降させ、かつ第 2 の対向部昇降ユニット 2 0 5 を制御して、それまで近接位置に配置されていた第 2 の対向部 2 2 1 を退避位置に向けて上昇させる。

[0198] その後、制御装置 3 は、第 1 の昇降ユニット 3 3 を制御して、基板 W の握持を解除する。その後、チャンバ 4 内から基板 W が搬出される（図 1 0 の S 9 の工程に相当）。

[0199] 第 2 の実施形態では、第 1 の実施形態において説明した作用効果に加えて、次の作用効果を奏する。

[0200] すなわち、第 2 の電極 2 2 3 に他方極性（正極性）の電圧を印加することにより、多量の一方極性の電荷（負電荷）を基板 W（シリコン基板 6 1（図 8 A 等参照））の上面に集めることができる。第 2 の電極 2 2 3 に他方極性（正極性）の電圧を印加しながら乾燥工程（S 8）を行うことにより、絶縁膜 6 4，6 5 に生じる分極を促進させることができ、さらには、導体膜 6 6 の上面に、より多量の一方極性（負極性）の電荷を誘導することができる。これにより、隣接する薄膜パターン 6 2 の間に働く斥力（クーロン力）を強めることができる。ゆえに、乾燥工程（S 8）における薄膜パターン 6 2 の倒壊を、より一層効果的に抑制または防止できる。

[0201] 図 1 9 は、本発明の第 3 の実施形態に係る基板処理装置 3 0 1 に備えられた処理ユニット 3 0 2 の構成例を説明するための図解的な断面図である。

[0202] 第 3 の実施形態において、前述の第 1 の実施形態（図 1 ～図 1 3 に示す実施形態）と共通する部分には、図 1 ～図 1 3 の場合と同一の参照符号を付し説明を省略する。

[0203] 処理ユニット 3 0 2 が、処理ユニット 2 と相違する主たる点は、基板保持ユニットとして、スピンチャック 5 に代えてスピンチャック 3 0 5 を備えた点にある。また、処理ユニット 3 0 2 が、基板 W の上面に、純水の比抵抗未満の比抵抗を有する導電液体（たとえば炭酸水）を供給するための導電液体供給ユニット 3 0 3 をさらに備えた点にある。また、処理ユニット 3 0 2 は

、処理ユニット2と異なり、電荷供給ユニット10およびアース接続ユニット11をいずれも備えていない。

[0204] スピンチャック305は、水平な姿勢で保持された円板状のスピンベース307と、スピンベース307の上面の周縁部から上方に突出する複数（たとえば6つ）のチャックピン308と、複数のチャックピン308が基板Wを把持する閉位置と複数のチャックピン308による基板Wの把持が解除される開位置との間で複数のチャックピン308を開閉させるチャック開閉ユニット309とを含む。各チャックピン308は、その基板Wとの接触部が絶縁材料を用いて形成されている。すなわち、チャックピン308は、導電性を有しないいわゆる絶縁ピンである。複数のチャックピン308によって基板Wが支持された状態で、基板Wはアース接続が解除された状態である。

[0205] スピンチャック305は、さらに、スピンベース307の中央部から回転軸線A1に沿って下方に延びる回転軸310と、回転軸310を回転させることによりスピンベース307およびチャックピン308を回転軸線A1まわりに回転させるスピンモータ（乾燥ユニット）311とを含む。制御装置3は、スピンモータ311を制御することにより、回転軸線A1まわりに基板Wを回転させる。

[0206] 回転軸310は、中空軸であって、鉛直方向に沿って延びており、スピンモータ311からの駆動力を受けて、回転軸線A1まわりに回転するように構成されている。スピンベース307および回転軸310の対向部材19の支持部19Bが挿入されている。

[0207] 導電液体供給ユニット303は、導電液体ノズル321を含む。導電液体ノズル321は、たとえば、連続流の状態で液を吐出するストレートノズルであり、スピンチャック305の上方で、その吐出口を基板Wの上面中央部に向けて固定的に配置されている。導電液体ノズル321には、導電液体供給源からの導電液体供給される導電液体配管322が接続されている。導電液体配管322の途中部には、導電液体ノズル321からの導電液体の吐出／供給停止を切り換えるための導電液体バルブ323が介装されている。導

電液体バルブ 3 2 3 が開かれると、導電液体配管 3 2 2 から導電液体ノズル 3 2 1 に供給された連続流の導電液体が、導電液体ノズル 3 2 1 の下端に設定された吐出口から吐出される。また、導電液体バルブ 3 2 3 が閉じられると、導電液体ノズル 3 2 1 への導電液体の吐出が停止される。

[0208] 導電液体配管 3 2 2 では、導電液体バルブ 3 2 3 の上流側において導電部分があり、その部分に配線 3 2 4 を介して、電源 3 2 5 から一方極性（負極性）の直流電圧が供給されるようになっている。導電液体配管 3 2 2 の導電部分に対し、電源 3 2 5 から電圧が供給されると、導電液体配管 3 2 2 を流通する導電液体に、一方極性の電荷（負電荷）が付与される。

[0209] また、導電液体ノズル 3 2 1 は、スピンチャック 3 0 5 に対して固定的に配置されている必要はなく、たとえば、スピンチャック 3 0 5 の上方において水平面内で揺動可能なアームに取り付けられて、このアームの揺動により基板 W の上面における処理液の着液位置がスキャンされる、いわゆるスキャンノズルの形態が採用されてもよい。

[0210] 図 20 は、基板処理装置 3 0 1 の主要部の電氣的構成を説明するためのブロック図である。

[0211] 制御装置 3 には、制御対象として、スピンモータ 3 1 1、第 1 の対向部昇降ユニット 2 1、第 1 の電源装置 2 4、チャック開閉ユニット 3 0 6、電源 3 2 5 等が接続されている。制御装置 3 は、予め定められたプログラムに従って、スピンモータ 3 1 1、第 1 の対向部昇降ユニット 2 1、チャック開閉ユニット 3 0 6 等の動作を制御する。制御装置 3 は、予め定められたプログラムに従って、電源 3 2 5 を制御して、導電液体配管 3 2 2 の導電部分に対する電圧の印加およびその停止の切り換えを行ったり、導電液体配管 3 2 2 の導電部分に印加される電圧の大きさを変更したり、導電液体配管 3 2 2 の導電部分に印加される電圧の極性を正極性と負極性との間で変更したりする。さらに、制御装置 3 は、予め定められたプログラムに従って、第 1 の薬液バルブ 5 2、第 2 の薬液バルブ 5 4、純水バルブ 5 6、絶縁液体バルブ 5 8、導電液体バルブ 3 2 3 等を開閉する。

- [0212] 図 2 1 は、処理ユニット 3 0 2 によって実行される第 3 の基板処理例を説明するためのタイムチャートである。
- [0213] 処理ユニット 3 0 2 によって実行される第 3 の基板処理例は、第 1 の基板処理例と同様に、洗浄処理またはエッチング処理である。以下、図 1 9 ～図 2 1 を参照しながら、第 3 の基板処理例について説明する。図 2 2 A, 2 2 B および図 2 3 A, 2 3 B については適宜参照する。
- [0214] 第 3 の基板処理例は、多くの点において、第 1 の基板処理例と重複している。そのため、第 3 の基板処理例の説明では、第 1 の基板処理例と相違する部分のみ説明する。
- [0215] 処理ユニット 3 0 2 によって第 3 の基板処理例が施されるときには、未処理の基板 W が、チャンバ 4 の内部に搬入される（図 1 0 の S 0 の工程に相当）。具体的には、制御装置 3 は、基板 W を保持している基板搬送ロボット C R（図 1 参照）のハンド H 2（図 1 参照）をチャンバ 4 の内部に進入させる。これにより、基板 W が、その表面を上方に向けた状態でスピンチャック 3 0 5 に受け渡される。その後、制御装置 3 は、チャック開閉ユニット 3 0 9 を制御して、複数のチャックピン 3 0 8 を閉位置に制御する。これにより、複数のチャックピン 3 0 8 により基板 W が挟持される。
- [0216] 基板 W の挟持後、制御装置 3 は、スピンモータ 3 1 1 によって基板 W の回転を開始させる（図 1 0 の S 1 の工程に相当）。基板 W は予め定める液処理速度（約 1 0 ～ 1 2 0 0 r p m の範囲内で、たとえば約 1 0 0 0 r p m）まで上昇させられ、その液処理速度に維持される。次いで、第 1 の薬液工程（図 1 0 の S 2 の工程に相当）が実行される。第 1 の薬液工程（S 2）から第 2 の純水工程（図 1 0 の S 5 の工程に相当）までの各工程は、第 1 の基板処理例と同等である。
- [0217] 第 2 の純水工程（S 5）の終了後、制御装置 3 は、基板 W の上面に導電液体の液膜 3 7 1（図 2 2 A および図 2 3 A 参照）を保持する導電液体液膜保持工程を実行する。具体的には、制御装置 3 は、基板 W の液処理速度での回転を維持しながら、導電液体配管 3 2 2 の導電部分に対し電源 3 2 5 から電

圧を印加しかつ導電液体バルブ 3 2 3 を開く。これにより、一方極性（負極性）に帯電した導電液体が基板 W の上面中央部に向けて吐出される。基板 W の上面中央部に供給された導電液体は、基板 W の回転による遠心力を受けて基板 W の上面上を基板 W の周縁部に向けて流れる。これにより、図 2 2 A に示すように、基板 W の上面上に、基板 W の上面の全域を覆う導電液体の液膜 3 7 1 が保持される。

[0218] 一方極性（負極性）に帯電した導電液体の液膜 3 7 1 が基板 W の上面に保持されることにより、図 2 3 A に示すように、一方極性の電荷（負電荷）が基板 W に供給される。これにより、電荷供給工程（図 1 0 の S 6 の工程に相当）が実行される。すなわち、第 3 の基板処理例では、電荷供給工程（S 6）の手法が、第 1 の基板処理例と異なっている。第 3 の基板処理例では、導電液体バルブ 3 2 3、配線 3 2 4 および電源 3 2 5 が、電荷供給ユニットとして機能する。

[0219] また、第 3 の実施形態に係る電荷供給工程では、シリコン基板 6 1 だけでなく、導体膜 6 6 にも一方極性の電荷（負電荷）が供給される。

[0220] また、第 1 の実施形態に係る電荷供給工程（S 6）の場合と同様、第 1 の電圧印加工程に並行して、第 1 の電極 1 2 に他方極性（正極性）の直流電圧を印加する。そのため、導電液体を介してシリコン基板 6 1 に供給された一方極性の電荷（負電荷）は、第 1 の電極 1 2 に誘電体を介して配置されたシリコン基板 6 1 の下面に引き付けられる。また（図 2 3 A 参照）。また、導体膜 6 6 に供給された一方極性の電荷（負電荷）も、下面側に引き付けられる。これにより、第 1 の電圧印加工程において、より多量の一方極性の電荷（負電荷）を基板 W の内部に蓄積できる。

[0221] 基板 W の上面への導電液体の吐出開始から予め定める期間が経過すると、制御装置 3 は、導電液体バルブ 3 2 3 を閉じて、導電液体ノズル 3 2 1 からの導電液体の吐出を停止する。また、制御装置 3 は、電源 3 2 5 を制御して、導電液体配管 3 2 2 の導電部分への電圧印加を停止する。これにより、電源 3 2 5 から基板 W に対する、一方極性の電荷（負電荷）の供給が停止され

る。

[0222] 次いで、制御装置 3 は、図 2 2 B に示すように、基板 W の上面に絶縁液体の液膜 7 1（図 2 3 B 参照）を保持する絶縁液体液膜保持工程を実行する。具体的には、制御装置 3 は、基板 W の液処理速度での回転を維持しながら、絶縁液体バルブ 5 8 を開いて基板 W の上面中央部に向けて絶縁液体ノズル 5 7 から絶縁液体を吐出する。基板 W の上面中央部に供給された絶縁液体は、基板 W の回転による遠心力を受けて基板 W の上面上を基板 W の周縁部に向けて流れる。これにより、基板 W の上面上に、基板 W の上面の全域を覆う絶縁液体の液膜 7 1 が保持される。

[0223] 基板 W の上面への絶縁液体の吐出開始から予め定める期間が経過すると、制御装置 3 は、第 1 の電極 1 2 に印加している電圧の極性を、他方極性（正極性）から一方極性（負極性）に切り換えて、第 2 の電圧印加工程を実行する。前述のように、複数のチャックピン 3 0 8 によって基板 W が支持された状態で、基板 W はアース接続が解除された状態である。そのため、第 2 の電圧印加工程では、基板 W のアース接続が解除された状態を保たれながら、第 1 の電極 1 2 に直流電圧が印加される。これにより、第 2 の電圧印加工程において、より多量の一方極性の電荷（負電荷）を、シリコン基板 6 1 の上面に集めることができる。また、導体膜 6 6 に供給された一方極性の電荷（負電荷）も、シリコン基板 6 1 の上面に集めることができる。

[0224] 第 1 の電極 1 2 に印加している電圧の極性の切り換えから、予め定める期間が経過すると、制御装置 3 は、絶縁液体バルブ 5 8 を閉じる。絶縁液体の吐出停止から予め定める期間が経過すると、乾燥工程を実行する。乾燥工程は、図 1 0 のステップ S 8 の乾燥工程と同等である。

[0225] 乾燥工程の終了後、制御装置 3 は、スピンモータ 3 1 1 を制御して、スピンチャック 3 0 5 による基板 W の回転を停止させる。また、制御装置 3 は、チャック開閉ユニット 3 0 9 を制御して、複数のチャックピン 3 0 8 を開位置に制御する。これにより、基板 W の挟持が解除される。その後、チャンバ 4 内から基板 W が搬出される（図 1 0 の S 9 の工程に相当）。

[0226] 図24は、本発明の第4の実施形態に係る基板処理装置401に備えられた処理ユニット402の構成例を説明するための図解的な断面図である。図25A、25Bは、前記処理ユニット402で実行される基板処理例を説明するための図解的な図である。図25Bでは、図25Aに示す基板Wの周辺の一部を拡大して示している。

[0227] 第4の実施形態において、前述の第1の実施形態（図1～図13に示す実施形態）と共通する部分には、図1～図13の場合と同一の参照符号を付し説明を省略する。

[0228] 処理ユニット402が、処理ユニット2と相違する主たる点は、スピinchャックによる基板Wの保持状態に第1の対向部19Aの上面を基板Wの下面に接触可能にした点である。また、第1の対向部19Aを、スピinchャックに保持された基板Wに同伴回転可能に設けた点である。つまり、第4の実施形態においては、第1の対向部19Aの上面を基板Wの下面に接触させながら、基板Wに同伴回転させることができる。

[0229] 第4の実施形態において、対向部材19に代えて用いられる対向部材403は、第1の実施形態と同等の第1の対向部19Aと、第1の対向部19Aを水平姿勢に支持する支持部403Bとを含む。支持部403Bは、第1の対向部19Aの中央部から回転軸線A1に沿って下方に延び、第1の対向部19Aの下面に固定されている。支持部403Bは、本体部20と一体であってもよいし、本体部20とは異なる部材であってもよい。支持部403Bは、スピinベース15および回転軸14に挿入されている。

[0230] 支持部403Bは、チャンバ4に対し、回転不能にかつ昇降可能に設けられている。支持部403Bの外周は、回転軸14の内周にスプライン嵌合している。すなわち、スピinchャック5の回転に同伴して対向部材403が回転軸線A1まわりに相対回転する。具体的には、雌スプライン部405が回転軸14の内周に設けられ、雌スプライン部405に嵌合する雄スプライン部404が支持部403Bの外周に形成されていてもよい。その逆であってもよい。そのため、スピinchャック5が基板Wを回転させると、基板Wおよ

び対向部材４０３が回転軸線Ａ１まわりに相対回転する。

[0231] 第４の実施形態では、第１の電源装置２４と第１の電極１２とを電氣的に接続するための配線２２の途中部に、スリップリング４０６が介装されている。そのため、対向部材４０３（第１の対向部１９Ａおよび支持部４０３Ｂ）がスピンチャック５に対して回転しても、第１の電源装置２４から第１の電極１２に電圧を良好に印加することができる。

[0232] 処理ユニット４０２によって実行される処理例が、第１の基板処理例と異なる点は、電荷供給工程（図１０のＳ６の工程に相当）から乾燥工程（図１０のＳ８の工程に相当）の各工程において、第１の対向部１９Ａが上位置にあるとき、図２５Ａ、２５Ｂに示すように、第１の対向部１９Ａの上面（すなわち固体誘電体２３の上面）が基板Ｗの下面に接触する点である（図２５Ａでは、電荷供給工程（Ｓ６）の場合を示している）。すなわち、固体誘電体２３の上面が、基板Ｗの下面に接触する接触面４０７である。それ以外の点では、処理ユニット４０２によって実行される処理例は、第１の基板処理例と共通している。

[0233] この実施形態では、第１の電極１２により基板Ｗを接触支持する場合であっても、基板Ｗの下面と第１の電極１２との間に誘電体を確実に介装させることができる。また、第１の電極１２と基板Ｗの下面との間を距離に一定に保つことができるから、基板Ｗの下面に蓄積される一方極性の電荷（負電荷）の量、または基板Ｗの上面に集められる一方極性の電荷（負電荷）の量を高精度に制御することが可能である。したがって、固体誘電体２３の厚みを薄く保つことにより、基板Ｗの下面に、一方極性の電荷（負電荷）を多量に蓄積することができ、また、基板Ｗの上面に、一方極性の電荷（負電荷）を多量に集めることができる。

[0234] 図２６は、本発明の第５の実施形態に係る基板処理装置５０１に備えられた処理ユニット５０２の構成例を説明するための図解的な断面図である。

[0235] 第５の実施形態において、前述の第１の実施形態（図１～図１３に示す実施形態）と共通する部分には、図１～図１３の場合と同一の参照符号を付し

説明を省略する。

- [0236] 処理ユニット502が、処理ユニット2と相違する主たる点は、ガスナイフユニット（乾燥ユニット）503をさらに備えた点にある。
- [0237] ガスナイフユニット503は、スピンチャック5に保持されている基板Wの上面に、不活性ガスの一例としての窒素ガスを吹き付けるガスナイフノズル504と、ガスナイフノズル504に不活性ガスを供給するための不活性ガス配管505と、不活性ガス配管505を開閉するための不活性ガスバルブ506とを含む。
- [0238] ガスナイフノズル504は、水平方向に延びる所定の一方方向に長いスリット吐出口507を有している。ガスナイフノズル504は、不活性ガスを、前記一方方向に沿い、かつ基板Wの前記一方方向全幅にわたる帯状のプロットで吐出する。ガスナイフノズル504のスリット吐出口507からの不活性ガスの吹付け方向は、鉛直方向に対し傾斜していてもよい。
- [0239] また、ガスナイフノズル504には、ガスナイフ移動ユニット508が接続されている。ガスナイフ移動ユニット508が接続されている。ガスナイフ移動ユニット508は、ガスナイフノズル504を前記一方方向に交差する方向（たとえば直交方向）に水平移動させる。
- [0240] 処理ユニット502によって実行される処理例が、第1の基板処理例と異なる点は、乾燥工程（図10のS8の工程に相当）において、基板Wを振り切り乾燥させるのではなく、基板Wの上面に不活性ガスを吹き付けることにより基板Wの上面から絶縁液体を除去し、これにより、基板Wの上面を乾燥させる点である。
- [0241] 具体的には、絶縁液体の吐出停止から予め定める期間が経過すると、制御装置3は、第1の電極12への一方極性（負極性）の電圧の印加を保ちながら、かつ基板Wの回転を液処理速度に保ちながら、不活性ガスバルブ506を制御して、スリット吐出口507から不活性ガスを吹き付ける。また、スリット吐出口507からの不活性ガスの吹付けに並行して、制御装置3は、ガスナイフ移動ユニット508を制御して、ガスナイフノズル504を水

平移動させる。ガスナイフノズル504を、基板Wの前記一方向側の端部の上方と、基板Wの前記一方向と反対側の端部の上方との間を移動させることにより、基板Wの上面の全域に対して不活性ガスを吹き付けることができ、これにより、基板Wの上面の全域から絶縁液体が除去され、基板Wが乾燥する。

[0242] 以上、この発明の5つの実施形態について説明したが、この発明は他の形態で実施することもできる。

[0243] たとえば、前述の第1～第5の実施形態において、第2の電圧印加工程に並行して、第1の電極12と基板Wの下面との間隔を変更するようにしてもよい（第1の間隔変更工程）。制御装置3が第1の対向部昇降ユニット21を制御して第1の対向部19Aを上昇および／または下降させることにより、第1の電極12と基板Wの下面との間隔変更が実現される。

[0244] 第1の電極12を基板Wの下面に接近させることにより、基板Wの上面に集まる一方極性の電荷（負電荷）の量を増大させることができる。併せて、薄膜パターン62中の絶縁膜64、65の分極度合いを強めることもできる。一方、第1の電極12を基板Wの下面に離反させることにより、基板Wの上面に集まる一方極性の電荷（負電荷）の量を減少させることができる。併せて、薄膜パターン62中の絶縁膜64、65の分極度合いを弱めることもできる。つまり、第2の電圧印加工程に並行して第1の電極12と基板Wの下面との間隔を変更することにより、隣接する薄膜パターン62（図8A等参照）の間に働く斥力（クーロン力）に調整することができる。

[0245] また、前述の第2の実施形態において、第3の電圧印加工程（第2の電極223への電圧の印加）に並行して、第2の電極223と基板Wの上面との間隔を変更するようにしてもよい（第2の間隔変更工程）。制御装置3が第2の対向部昇降ユニット205を制御して第2の対向部221を上昇および／または下降させることにより、第2の電極223と基板Wの上面との間隔変更が実現される。

[0246] 第2の電極223を基板Wの上面に接近させることにより、基板Wの上面

に集まる一方極性の電荷（負電荷）の量を増大させることができる。併せて、薄膜パターン 62 中の絶縁膜 64, 65 の分極度合いを強めることもできる。一方、第 2 の電極 223 を基板 W の上面に離反させることにより、基板 W の上面に集まる一方極性の電荷（負電荷）の量を減少させることができる。併せて、薄膜パターン 62 中の絶縁膜 64, 65 の分極度合いを弱めることもできる。つまり、第 3 の電圧印加工程に並行して第 2 の電極 223 と基板 W の上面との間隔を変更することにより、隣接する薄膜パターン 62（図 8A 等参照）の間に働く斥力（クーロン力）に調整することができる。

[0247] この場合において、第 2 の電圧印加工程における第 1 の電極 12 と基板 W の下面との間隔変更と、第 3 の電圧印加工程における第 2 の電極 223 と基板 W の上面との間隔変更とを並行して行うようにしてもよい。

[0248] また、前述の第 1、第 2、第 4 および第 5 の実施形態において、スピンベース 15 が金属製であるとして説明したが、回転軸 14 と 3 本の第 2 の保持ピン 16B との間の電氣的導通を別に確保するのであれば、スピンベースとして（絶縁性の）樹脂を用いて形成することも可能である。

[0249] また、前述の第 1、第 2、第 4 および第 5 の実施形態において、アース構造 37 が、基板 W のアースだけではなく、電源 36 用のアースも兼ねているとして説明したが、アース構造 37 が、電源 36 用のアースと別に設けられていてもよい。この場合、基板 W のアース接続状態とその解除状態とを切り換えるためのスイッチが、スイッチ 38 とは別に設けられていてもよい。

[0250] また、第 4 の実施形態において、固体誘電体 23 の上面（接触面 407）と基板 W の下面との摩擦接触により、固体誘電体 23 が基板 W の下面を支持するようにしてもよい。

[0251] また、第 1～第 3 および第 5 の実施形態において、図 27 に示すように、固体誘電体 23 を廃止することもできる。この場合、第 1 の電極 12 が、第 1 の対向部 19A の上面を構成している。この変形例は、スピンチャックによる基板 W の保持時に第 1 の対向部 19A の上面に基板 W の下面が接触しないような構成の処理ユニットにのみ適用できる。

[0252] また、前述の第1、第2、第4および第5の実施形態において、基板Wの回転開始時から、3本の第2の保持ピン16B（導電ピン）によって基板Wが接触支持されているとして説明したが、3本の第2の保持ピン16Bによる基板Wの接触支持は、遅くとも、電荷供給工程（図10のS6）の開始時までに行われていれば足りる。電荷供給工程（図10のS6）の開始時までには、3本の第1の保持ピン16A（絶縁ピン）によって基板Wを接触支持してもよいし、6本の保持ピン16の全てによって基板Wを接触支持してもよい。

[0253] また、前述の第1～第5の実施形態において、電荷供給工程（図10のS6）の開始後、乾燥工程（図10のS8）の開始までの間、基板Wを停止させる場合を除き、基板Wの回転を液処理速度に維持するとして説明した。しかしながら、電荷供給工程（図10のS6）の開始後、乾燥工程（図10のS8）の開始までの間の少なくとも一部の期間において、基板Wをパドル速度に維持させるようにしてもよい。「パドル速度」とは、基板Wをパドル速度で回転させたときに、基板Wの上面の液体に作用する遠心力が、その液体と基板Wの上面との間で作用する表面張力よりも小さいか、あるいは前記の遠心力と前記の表面張力とがほぼ拮抗するような速度をいう。基板Wをパドル速度で回転させることにより、基板Wの回転が、零または低速の速度で行われる結果、液体の液膜に零または小さな遠心力しか作用しないので、基板Wの上面に液体が滞留して液膜を形成する。

[0254] また、前述の第3の実施形態を第2の実施形態と組み合わせてもよい。前述の第4の実施形態を第2の実施形態および／または第3の実施形態と組み合わせてもよい。前述の第5の実施形態を第3の実施形態および／または第4の実施形態と組み合わせてもよい。

[0255] また、純水よりも低い表面張力を有している絶縁液体として、有機溶剤の一例であるHFEを例に挙げて説明したが、このような絶縁液体として、HFE以外に、トルエン、アセトンなどの有機溶剤を挙げることができる。

[0256] また、絶縁液体供給ユニット9から基板Wの上面に供給される絶縁液体は

、純水よりも低い表面張力を有しているものに限られず、純水と同等の表面張力を有する絶縁液体、または純水よりも高い表面張力を有する絶縁液体であってもよい。

[0257] また、導電液体として炭酸水を例に挙げて説明したが、炭酸水以外に、食塩水や希塩酸等の電解液などを挙げることができる。

[0258] また、前述の説明では、一方極性が負極性で、他方極性が正極性であるとして説明したが、一方極性が正極性で、他方極性が負極性であってもよい、
また、処理対象の基板Wの表面の薄膜パターンは、図8Aおよび8Bに示す薄膜パターン62に限られない。薄膜パターンに含まれる積層膜が少なくとも一部に導体膜を有していてもよい。たとえば、図28に示すように、シリコン基板61の表面に形成される薄膜パターン62Aに含まれる積層膜63Aが、たとえばシリコン基板61側から順に、導体膜66A、第1の絶縁膜64Aおよび第2の絶縁膜65Aを積層して構成されていてもよい。

[0259] また、前述の各基板処理例では、薬液工程として、互いに異なる薬液を用いて基板Wを処理する2つの薬液工程（第1の薬液工程（図10のS2）および第2の薬液工程（図10のS4））を実行した。しかし、薬液工程は1つであってもよいし、3つ以上であってもよい。薬液工程が1つである（第1の薬液工程（図10のS2）を廃止する）場合には、純水工程も1つのみが実行される（第1の純水工程（図10のS3）を廃止する）。

[0260] また、前述の各実施形態では、基板処理装置1, 201, 301, 401, 501が円板状の基板Wを処理する装置である場合について説明したが、基板処理装置1, 201, 301, 401, 501が、液晶表示装置用ガラス基板などの多角形の基板を処理する装置であってもよい。

[0261] 本発明の実施形態について詳細に説明してきたが、これらは本発明の技術的内容を明らかにするために用いられた具体例に過ぎず、本発明はこれらの具体例に限定して解釈されるべきではなく、本発明の範囲は添付の請求の範囲によってのみ限定される。

[0262] この出願は、2016年9月12日に日本国特許庁に提出された特願20

1 6 - 1 7 7 8 8 2 号に対応しており、この出願の全開示はここに引用により組み込まれるものとする。

符号の説明

- [0263] 1 : 基板処理装置
- 3 : 制御装置
- 5 : スピンチャック（基板保持ユニット）
- 9 : 絶縁液体供給ユニット
- 1 0 : 電荷供給ユニット
- 1 1 : アース接続ユニット
- 1 2 : 第 1 の電極
- 1 3 : スピンモータ（乾燥ユニット）
- 1 6 : 保持ピン
- 1 6 A : 第 1 の保持ピン（絶縁ピン）
- 1 6 B : 第 2 保持ピン（導電ピン）
- 1 7 : 第 1 の可動ピン群
- 1 8 : 第 2 の可動ピン群
- 2 1 : 第 1 の対向部昇降ユニット（第 1 の間隔変更ユニット）
- 2 3 : 固体誘電体
- 2 4 : 第 1 の電源装置
- 6 1 : シリコン基板
- 6 2 : 薄膜パターン（パターン）
- 2 0 1 : 基板処理装置
- 2 0 5 : 第 2 の対向部昇降ユニット（第 2 の間隔変更ユニット）
- 2 2 3 : 第 2 の電極
- 2 2 4 : 第 2 の電源装置
- 3 0 1 : 基板処理装置
- 3 0 3 : 導電液体供給ユニット
- 3 0 5 : スピンチャック（基板保持ユニット）

- 3 1 1 : スピンモータ（乾燥ユニット）
- 3 2 5 : 電源
- 4 0 1 : 基板処理装置
- 4 0 6 : 接触面
- 5 0 1 : 基板処理装置
- 5 0 3 : ガスナイフユニット（乾燥ユニット）
- W : 基板

請求の範囲

- [請求項1] 一方主面にパターンが形成された基板を保持する基板保持工程と、
前記基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給工程と、
前記電荷供給工程に並行して、前記基板の他方主面に誘電体を介して配置された第1の電極に他方極性の電圧を印加する第1の電圧印加工程と、
前記第1の電圧印加工程の後、前記基板のアース接続が解除された状態を保ちながら、前記一方極性の電圧を前記第1の電極に印加する第2の電圧印加工程と、
前記第2の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面から液体を除去することにより前記基板を乾燥させる乾燥工程とを含む、基板処理方法。
- [請求項2] 前記第2の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面に、純水の比抵抗以上の比抵抗を有する絶縁液体の液膜を保持させる絶縁液体液膜保持工程をさらに含み、
前記乾燥工程は、前記基板の一方主面から絶縁液体を除去する工程を含む、請求項1に記載の基板処理方法。
- [請求項3] 前記絶縁液体は、純水よりも低い表面張力を有する低表面張力液体を含む、請求項2に記載の基板処理方法。
- [請求項4] 前記第2の電圧印加工程に並行して、前記第1の電極と前記基板の他方主面との間隔を変更する第1の間隔調整工程をさらに含み、請求項1～3のいずれか一項に記載の基板処理方法。
- [請求項5] 前記第2の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面に所定間隔を空けて対向する第2の電極に前記他方極性の電圧を印加する第3の電圧印加工程をさらに含み、請求項1～3のいずれか一項に記載の基板処理方法。
- [請求項6] 前記第3の電圧印加工程に並行して、前記第2の電極と前記基板の他方主面との間隔を変更する第2の間隔調整工程をさらに含み、請求

項 5 に記載の基板処理方法。

[請求項7]

前記基板保持工程は、

前記電荷供給工程に並行して、導電性材料を用いて形成された導電ピンを少なくとも 1 つ含む複数の保持ピンにより前記基板を支持する第 1 の基板保持工程と、

前記第 2 の電圧印加工程に並行して、前記導電ピンを用いずに、絶縁材料を用いて形成された絶縁ピンで前記基板を支持する第 2 の基板保持工程とをさらに含む、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

[請求項8]

前記電荷供給工程は、前記基板に導電液体を供給しながらその導電液体に前記一方極性の電荷を付与する工程を含む、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の基板処理方法。

[請求項9]

一方主面にパターンが形成された基板を保持する基板保持ユニットと、

前記基板保持ユニットに保持された基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給ユニットと、

前記基板保持ユニットに保持された基板の他方主面に誘電体を介して配置された第 1 の電極と、

前記第 1 の電極に電圧を印加するための第 1 の電源装置と、

前記基板保持ユニットに保持された基板の一方主面から液体を排除するための乾燥ユニットと、

前記電荷供給ユニット、前記第 1 の電源装置および前記乾燥ユニットを制御する制御装置とを含み、

前記制御装置は、

前記基板保持ユニットに保持された基板に電圧を印加して、前記基板に一方極性の電荷を供給する電荷供給工程と、

前記電荷供給工程に並行して、前記基板の他方主面に誘電体を介して配置された前記第 1 の電極に、他方極性の電圧を印加する第 1 の電

圧印加工程と、

前記第 1 の電圧印加工程の後、前記基板のアース接続が解除された状態を保ちながら、前記一方極性の電圧を前記第 1 の電極に印加する第 2 の電圧印加工程と、

前記第 2 の電圧印加工程に並行して、前記基板の一方主面から液体を除去することにより前記基板を乾燥させる乾燥工程とを実行する、基板処理装置。

[請求項10] 前記基板保持ユニットに保持された基板をアース接続するためのアース接続ユニットであって、前記基板のアース接続を接続／解除に切り換え可能に設けられたアース接続ユニットをさらに含む、請求項 9 に記載の基板処理装置。

[請求項11] 前記基板保持ユニットに保持された基板の他方主面と前記第 1 の電極との間において、前記基板の他方主面に対向するように配置された固体誘電体をさらに含む、請求項 9 または 10 に記載の基板処理装置。

[請求項12] 前記固体誘電体は、前記基板の他方主面に接触する接触面を有している、請求項 11 に記載の基板処理装置。

[請求項13] 前記基板の一方主面に、純水の比抵抗以上の比抵抗を有する絶縁液体を供給する絶縁液体供給ユニットをさらに含む、請求項 9 または 10 に記載の基板処理装置。

[請求項14] 前記絶縁液体は、純水よりも低い表面張力を有する低表面張力液体を含む、請求項 13 に記載の基板処理装置。

[請求項15] 前記第 1 の電極と前記基板の他方主面との間隔を変更する第 1 の間隔変更ユニットをさらに含む、請求項 9 または 10 に記載の基板処理装置。

[請求項16] 前記基板の一方主面に所定間隔を空けて配置された第 2 の電極と、前記第 2 の電極に電圧を印加するための第 2 の電源装置とをさらに含む、

前記制御装置は、前記第２の電源装置を制御して、前記第２の電圧印加工程に並行して、前記第２の電極に前記他方極性の電圧を印加する第３の電圧印加工程をさらに実行する、請求項９または１０に記載の基板処理装置。

[請求項17] 前記第２の電極と前記基板の一方主面との間隔を変更する第２の間隔変更ユニットをさらに含む、請求項１６に記載の基板処理装置。

[請求項18] 前記基板の周縁部を接触支持する保持ピンであって、導電性材料を用いて形成された導電ピンと、絶縁材料を用いて形成された絶縁ピンとを含む複数の保持ピンと、

前記保持ピンを移動させる保持ピン移動ユニットとを含み、

前記制御装置は、前記保持ピン移動ユニットを制御して、

前記電荷供給工程に並行して、前記導電ピンを少なくとも１つ含む複数の前記保持ピンにより前記基板を支持させる第１の基板保持工程と、

前記第２の電圧印加工程に並行して、前記導電ピンを用いずに複数の前記絶縁ピンで前記基板を支持させる第２の基板保持工程とを実行する、請求項９または１０に記載の基板処理装置。

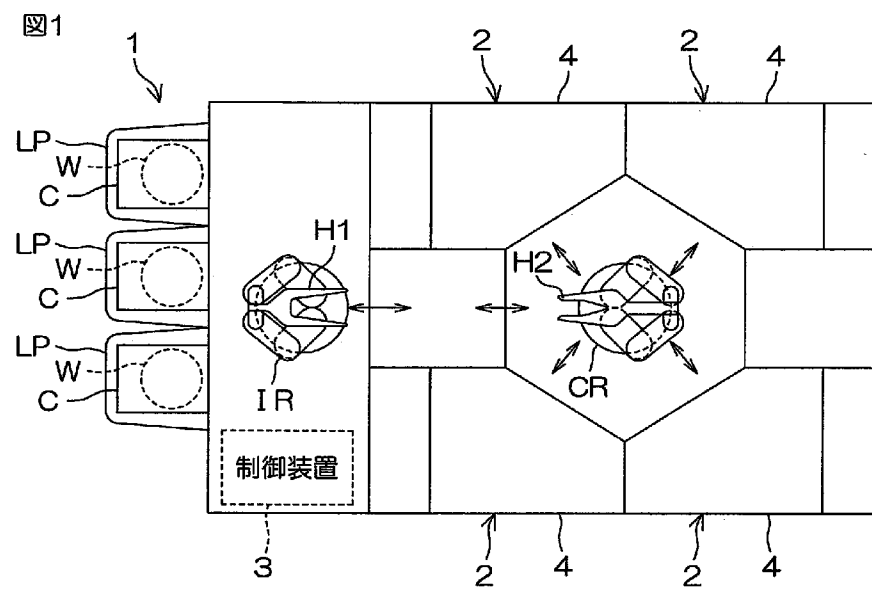
[請求項19] 前記基板の一方主面に、導電液体を供給するための導電液体供給ユニットと、

前記導電液体供給ユニットから前記基板に供給される導電液体に電圧を印加する電源とをさらに含み、

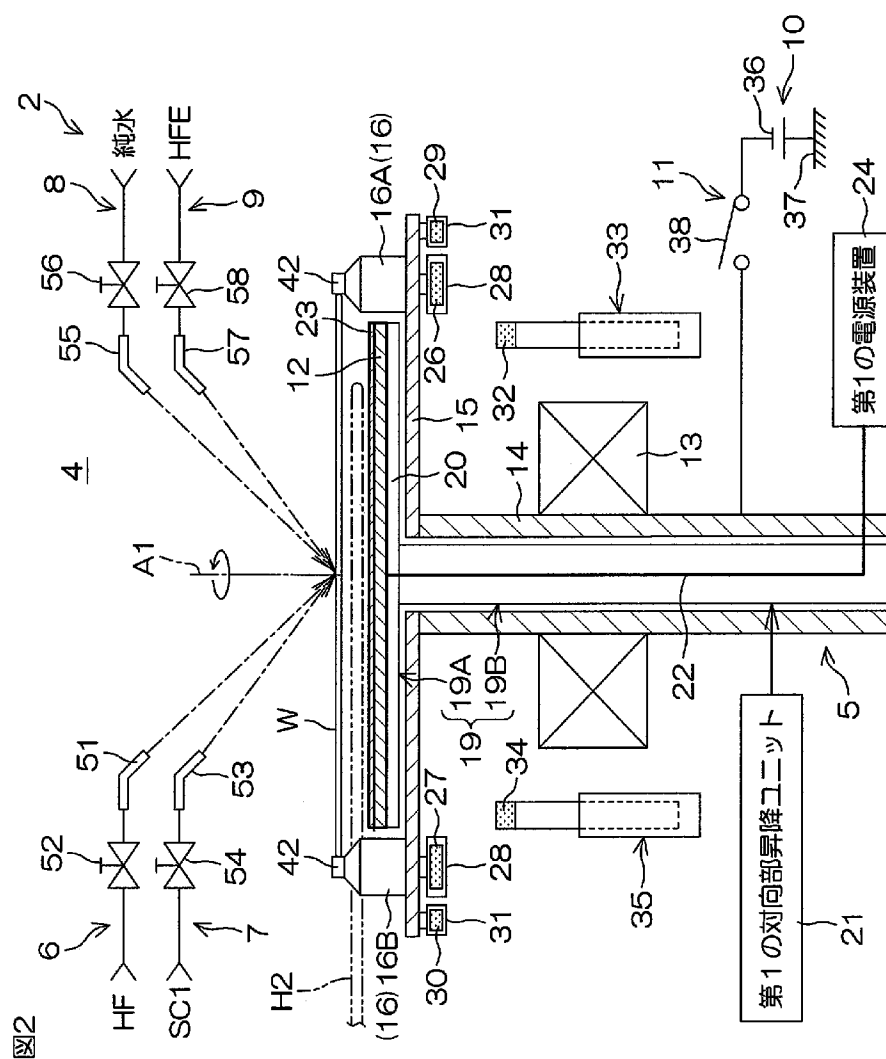
前記制御装置は、前記導電液体供給ユニットおよび前記電源を制御して、

前記基板に導電液体を供給しながらその導電液体に前記一方極性の電荷を付与することにより、前記電荷供給工程を実行する、請求項９または１０に記載の基板処理装置。

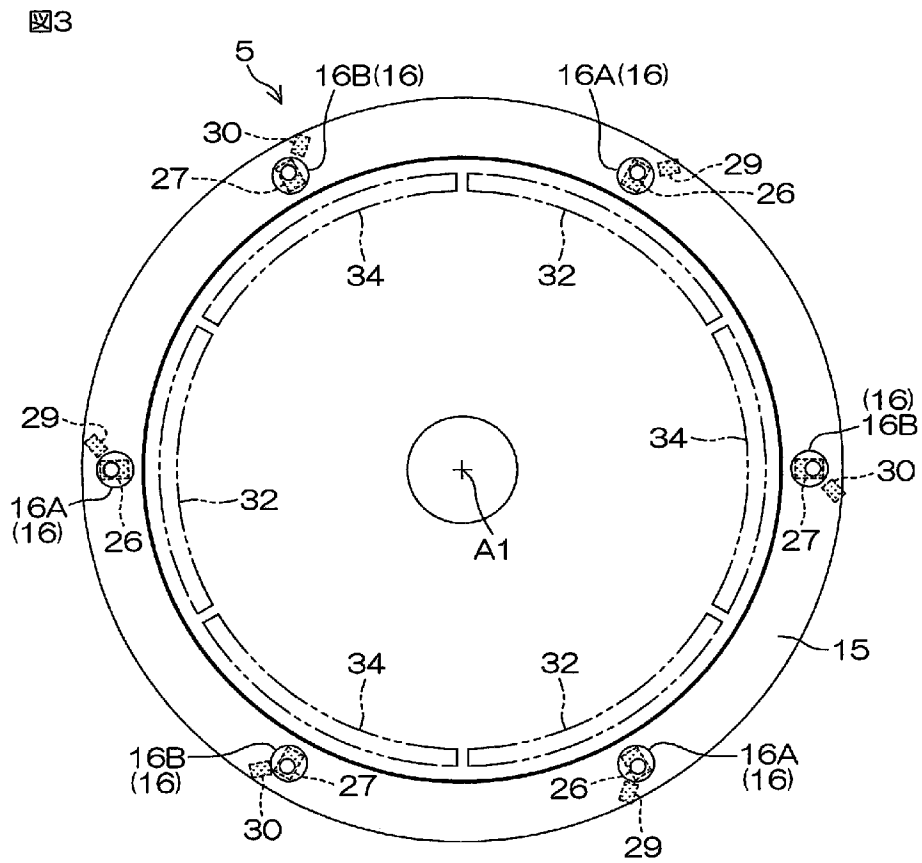
[図1]



[図2]



[図3]



[図4A-4B]

図4A 保持位置

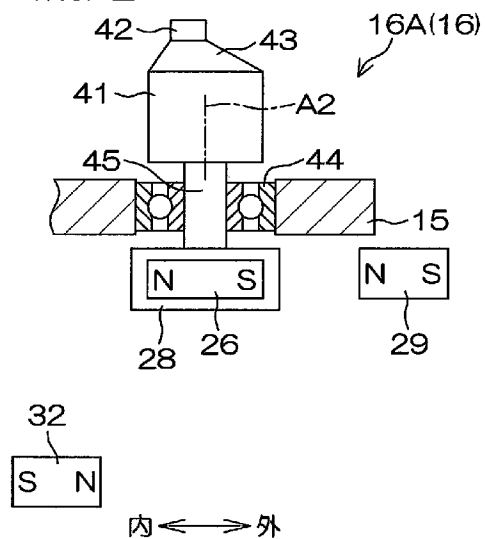
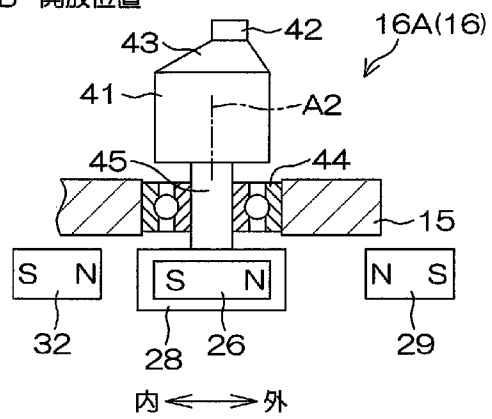


図4B 開放位置



[図5A-5B]

図5A 保持位置

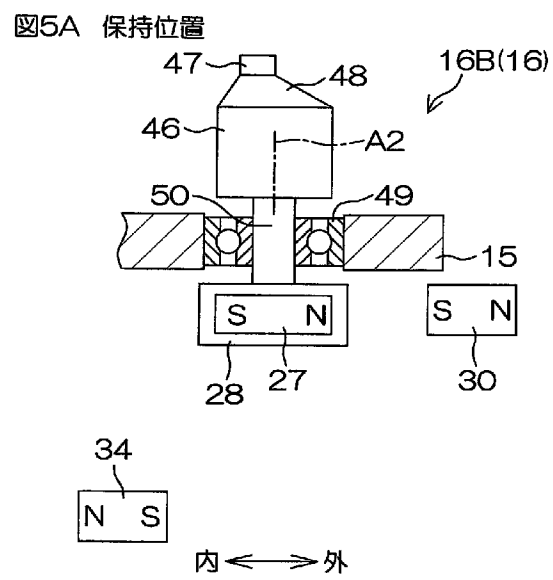
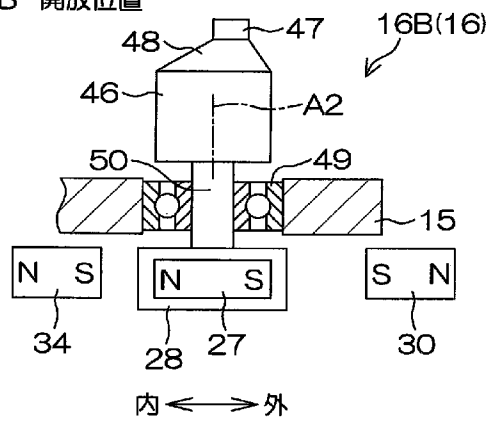


図5B 開放位置



[図6B-6C]

図6B

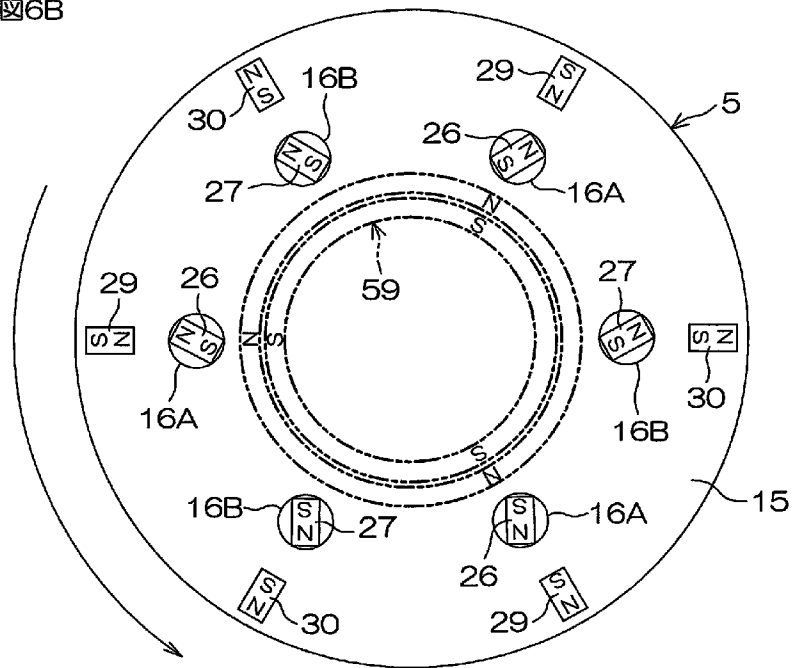
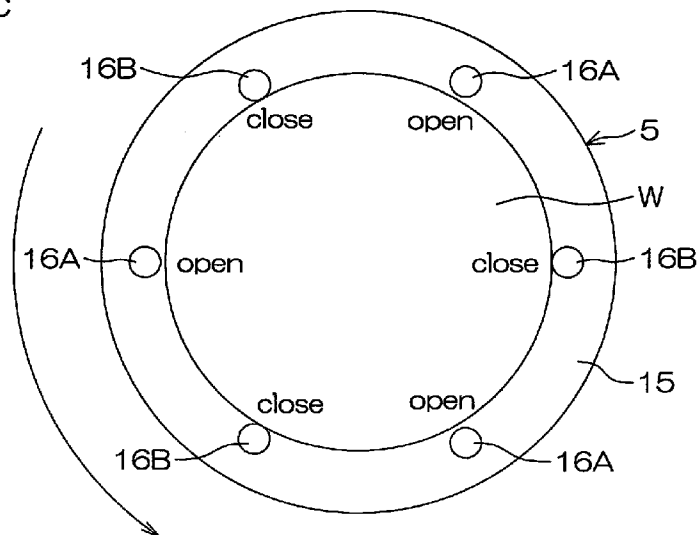
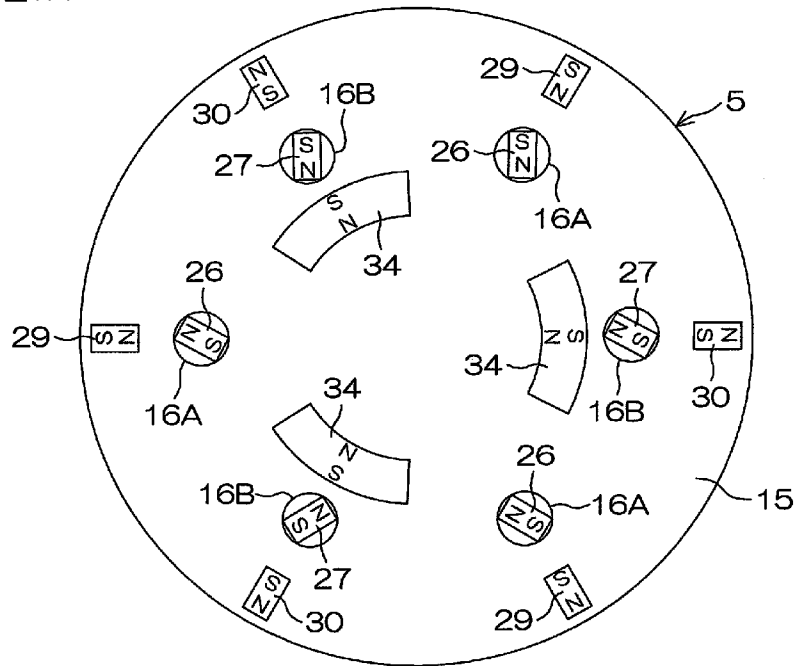


図6C



[図7A]

図7A



[図7B-7C]

図7B

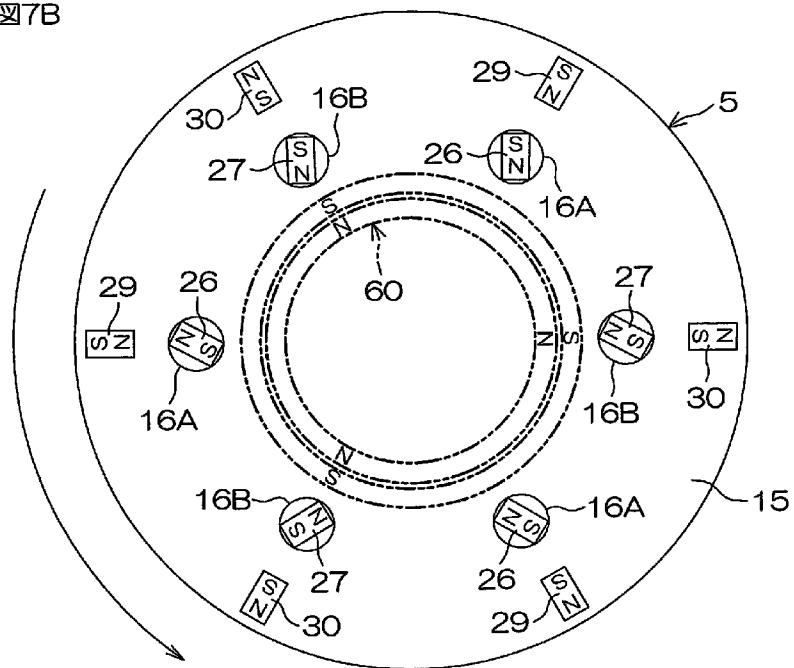
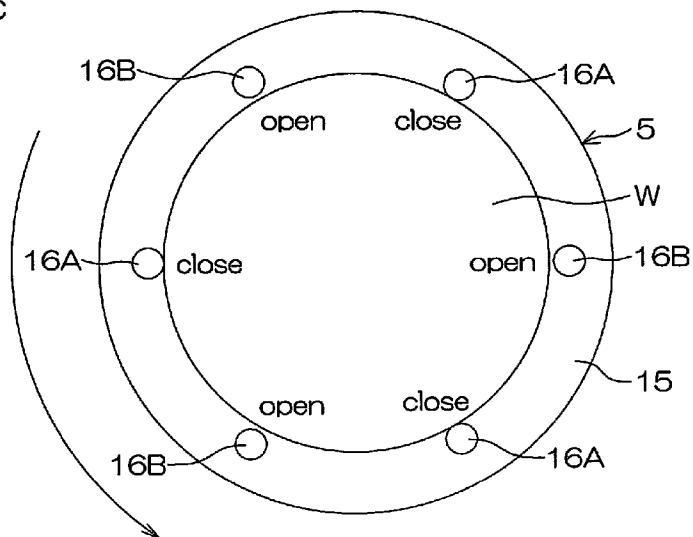


図7C



[図8A-8B]

図8A

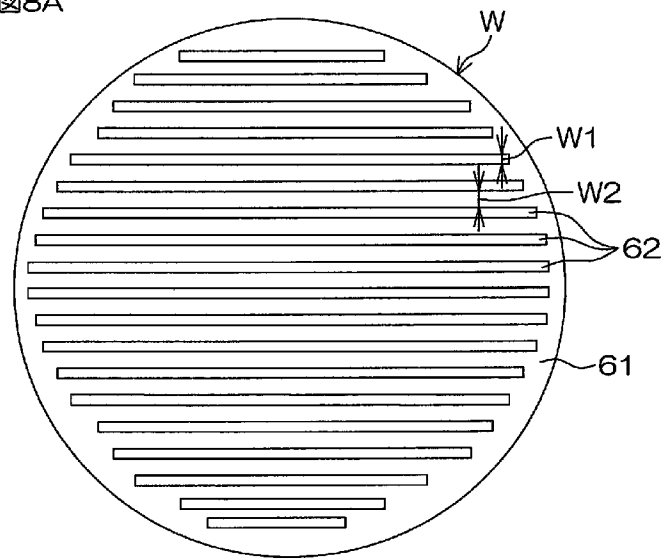
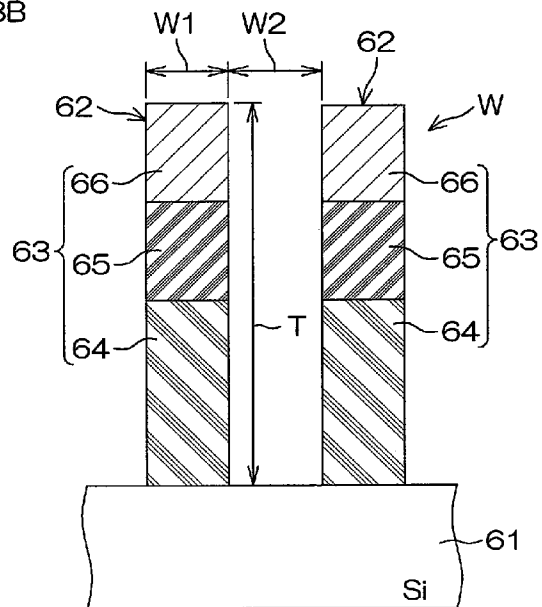
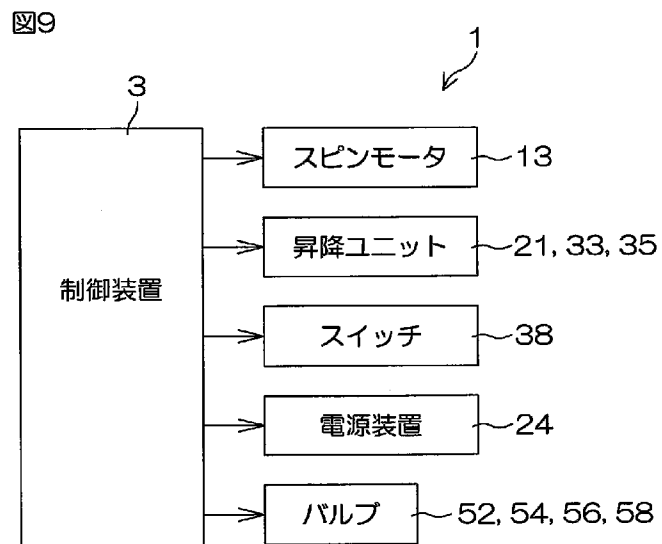


図8B

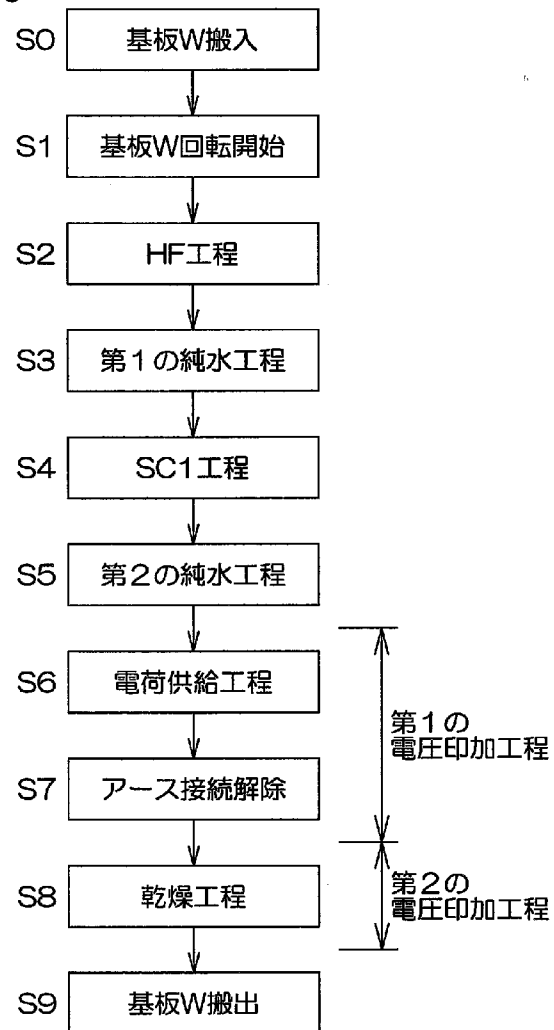


[図9]

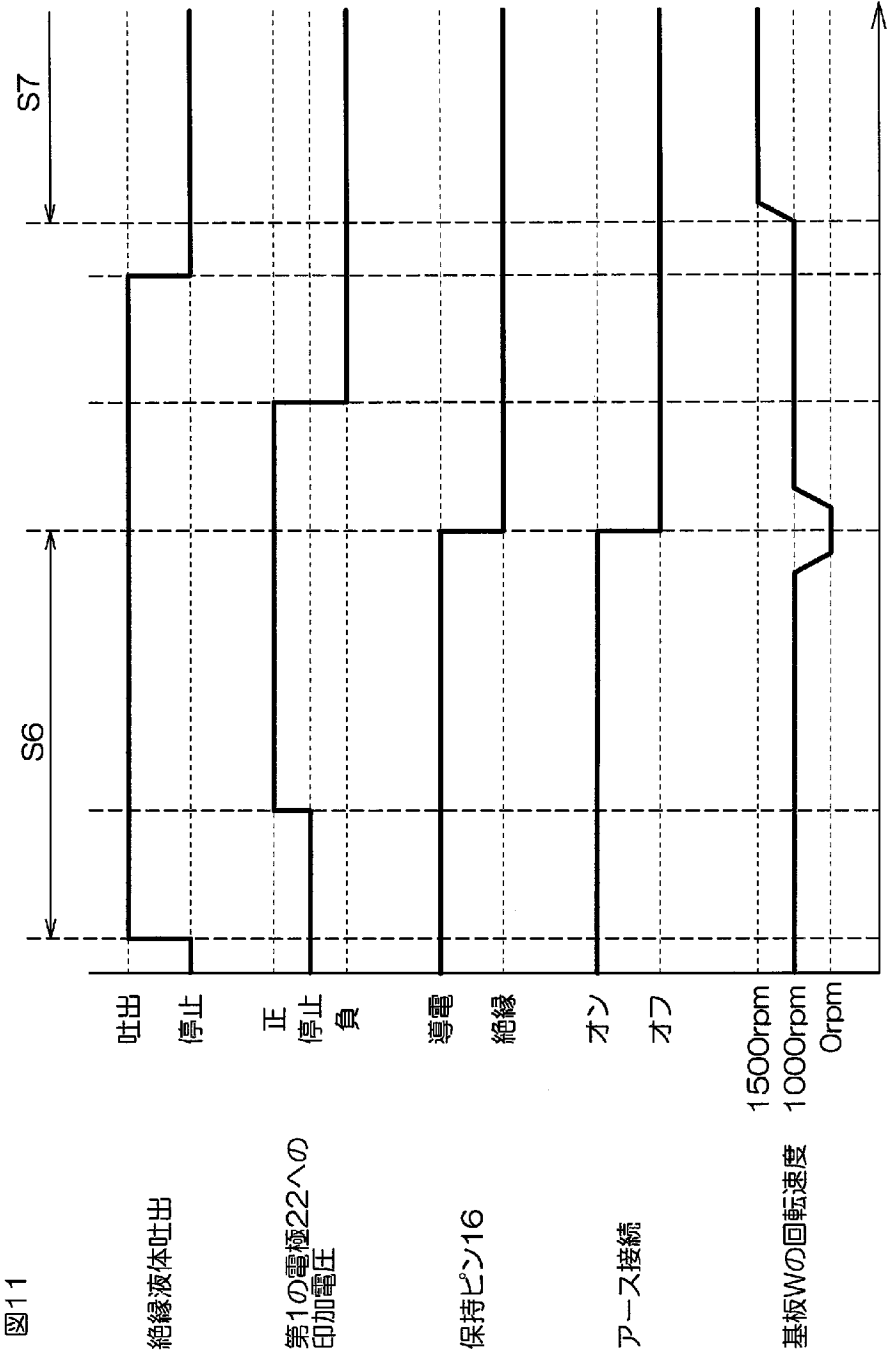


[図10]

図10



[図11]



[図12A-12B]

図12A

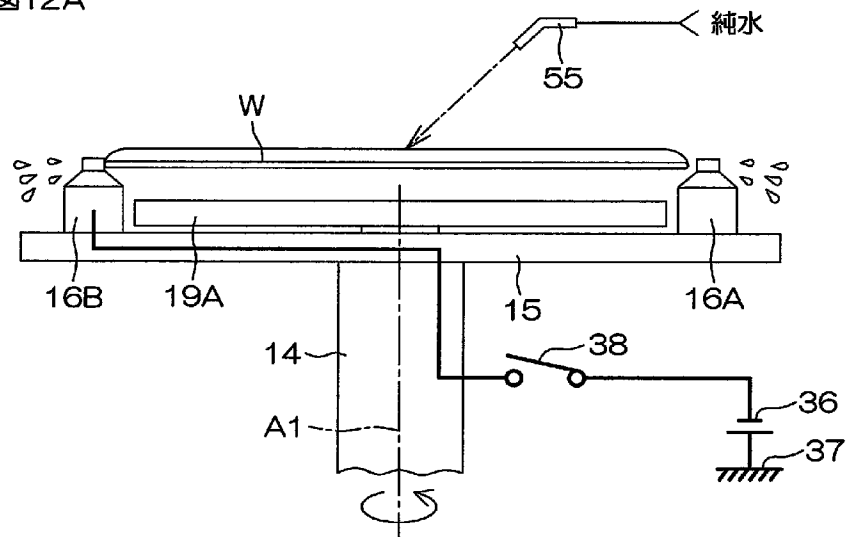
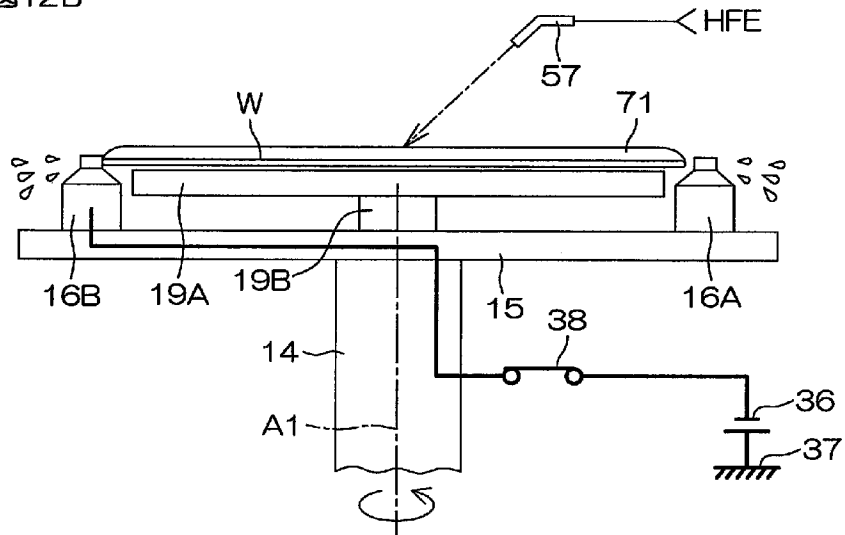


図12B



[図12C-12D]

図12C

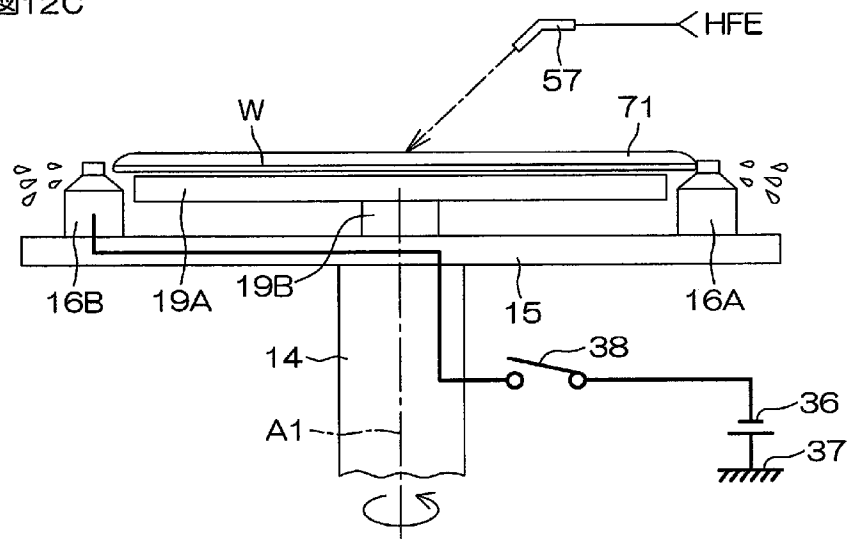
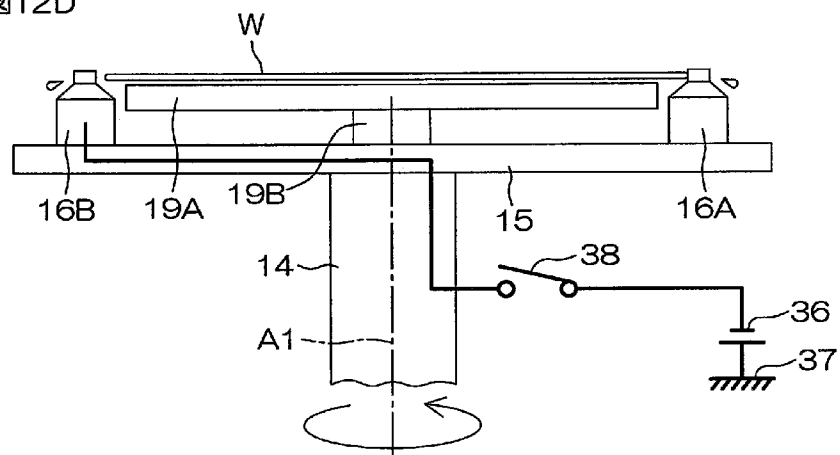


図12D



[図13A-13B]

図13A

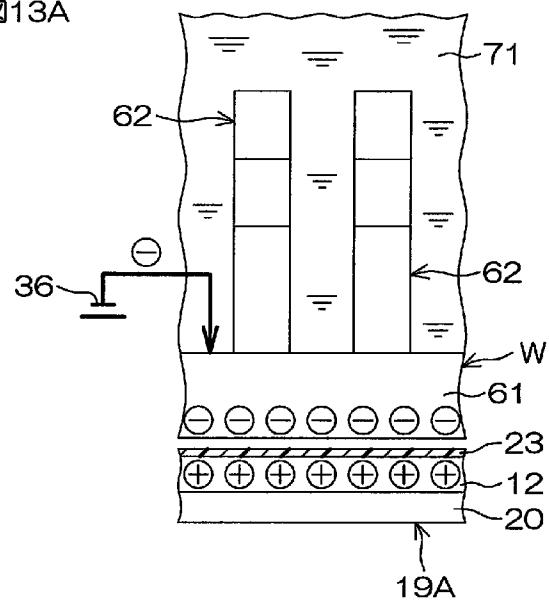
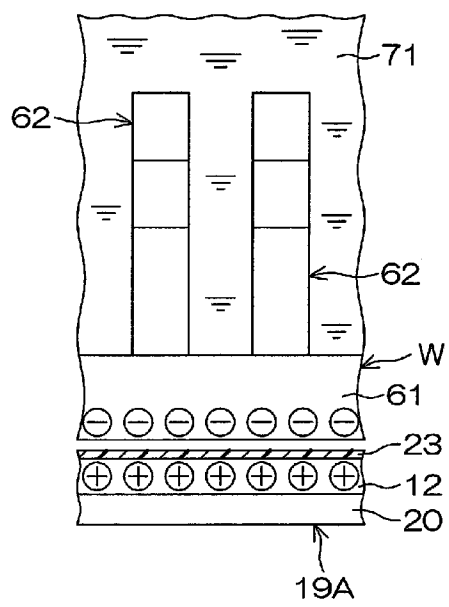
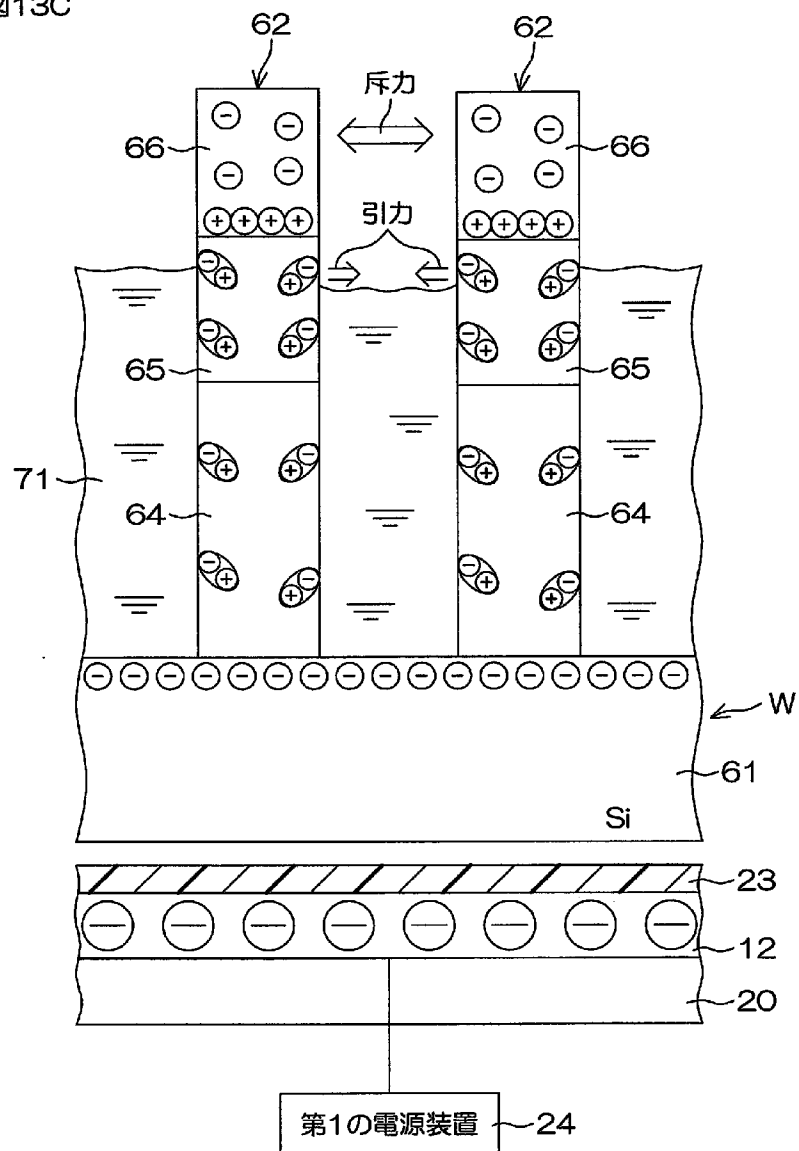


図13B

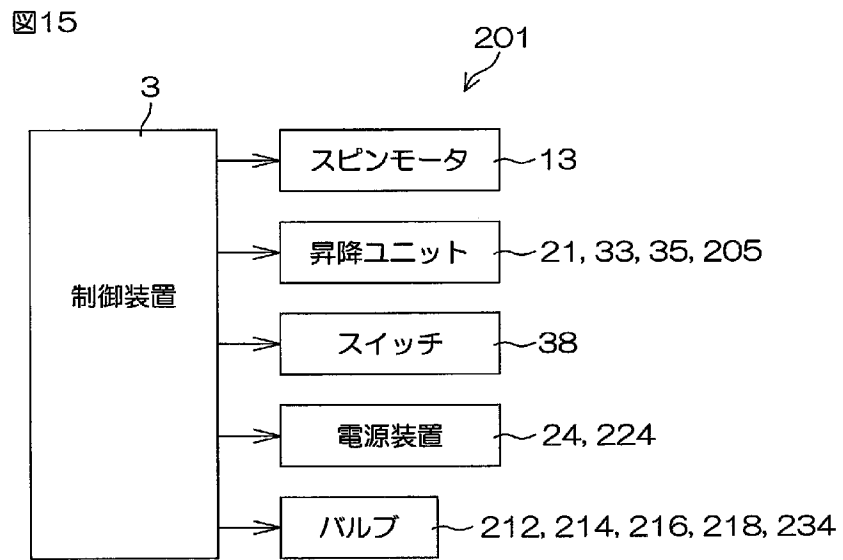


[図13C]

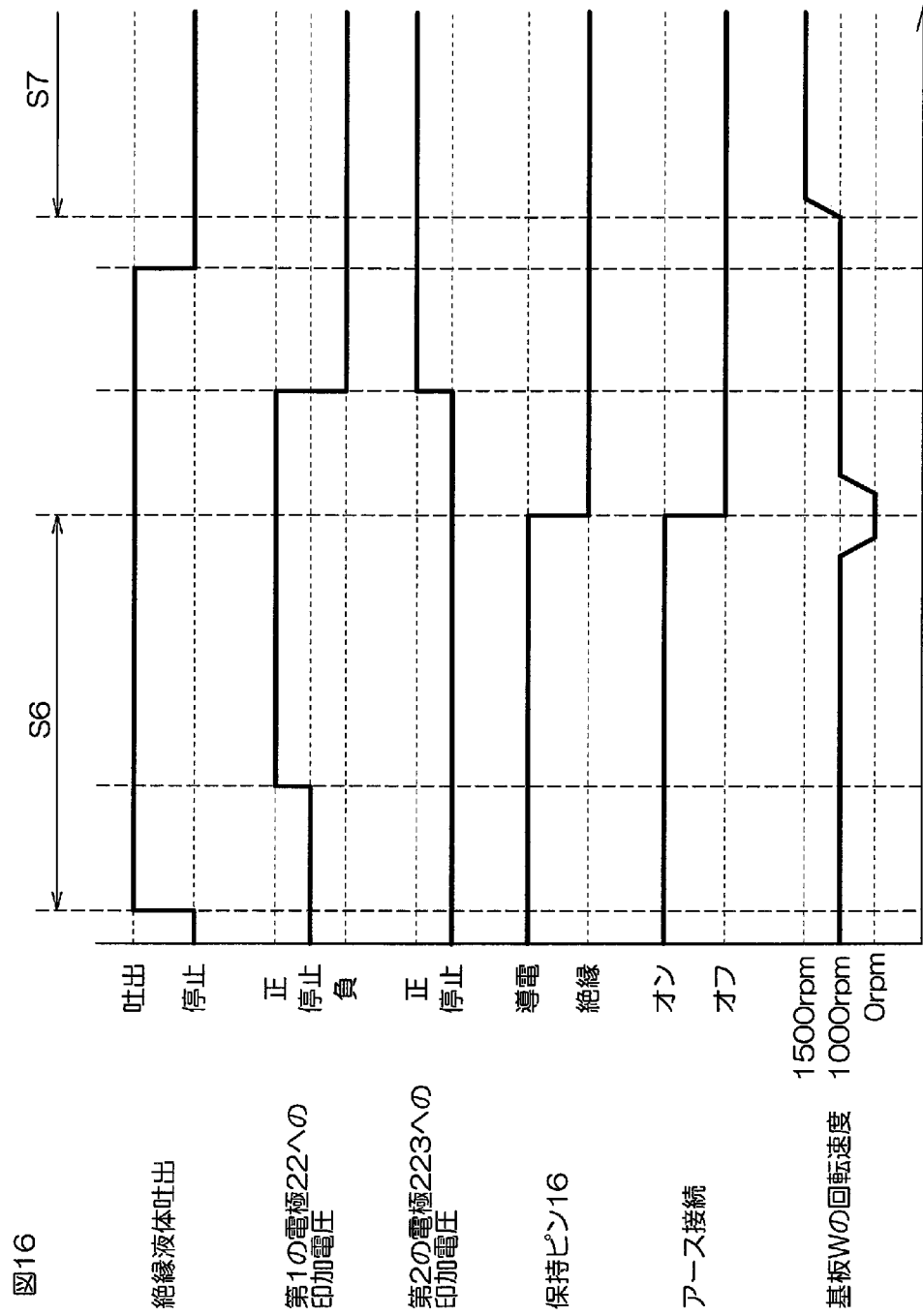
図13C



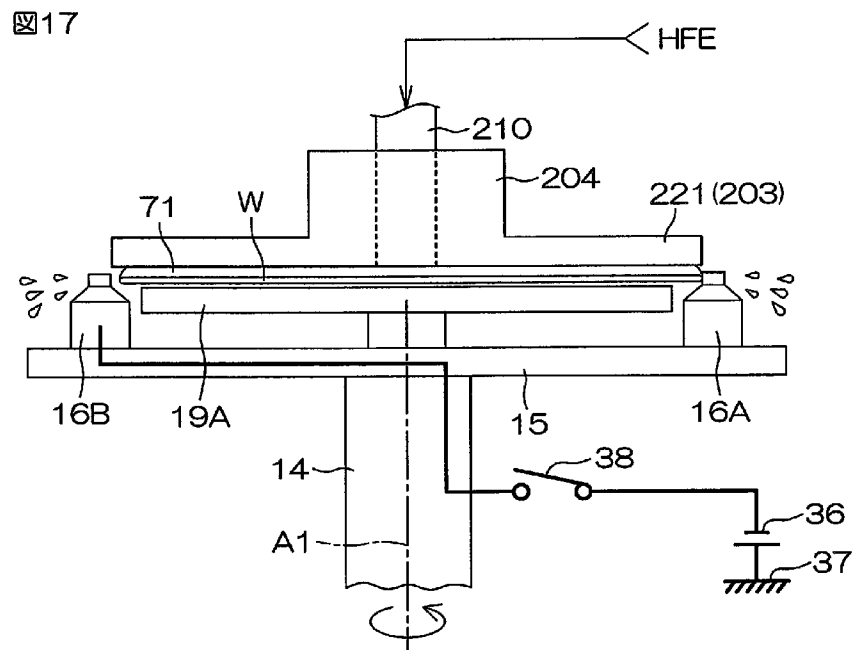
[図15]



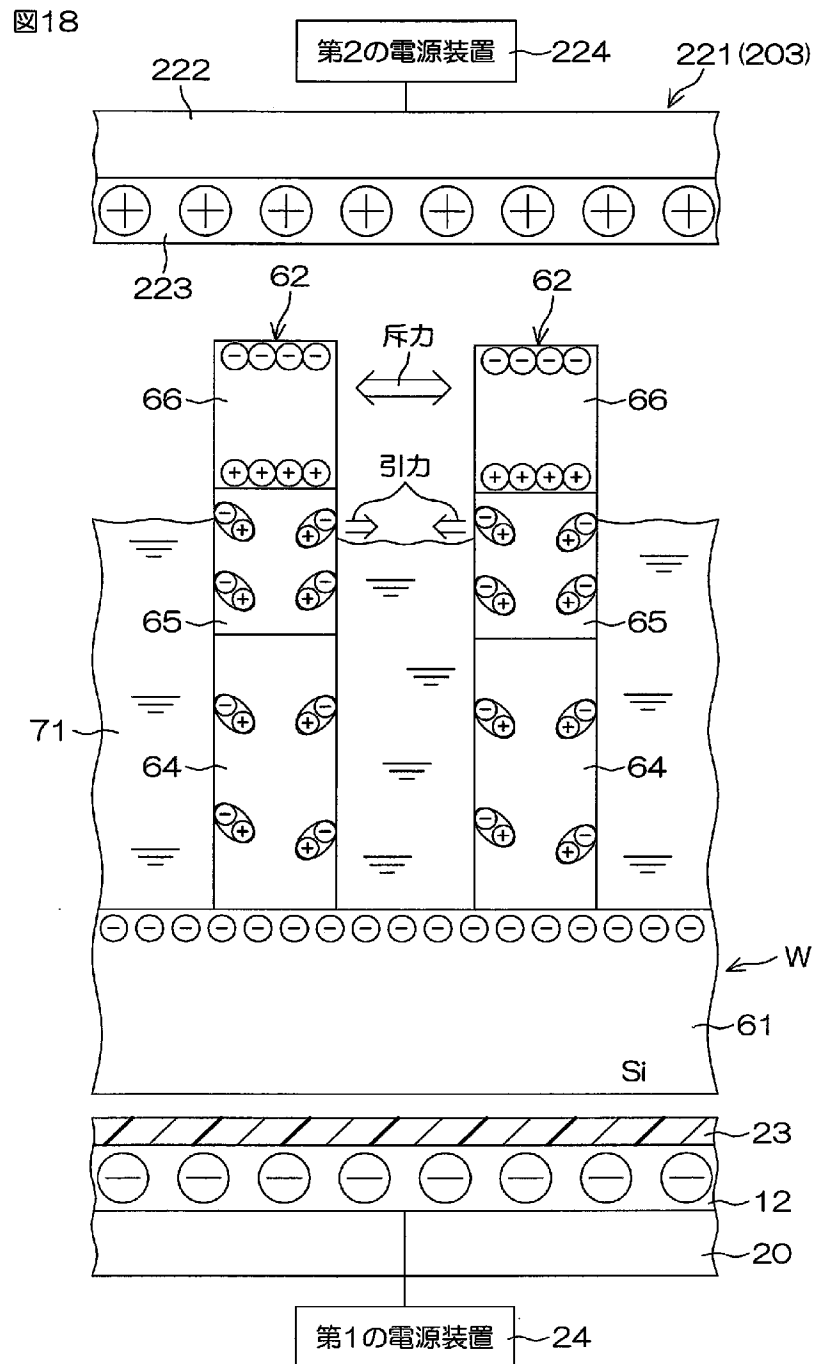
[図16]



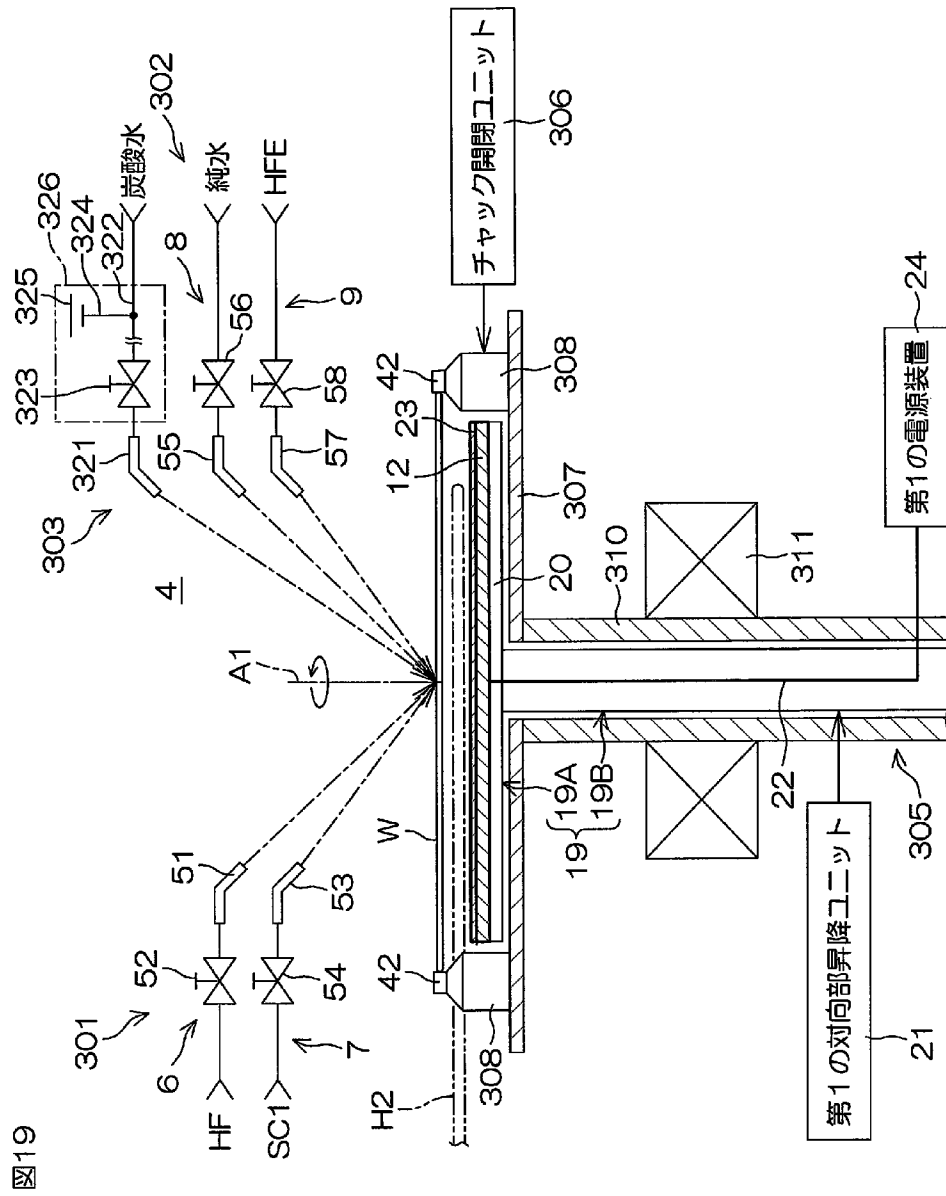
[図17]



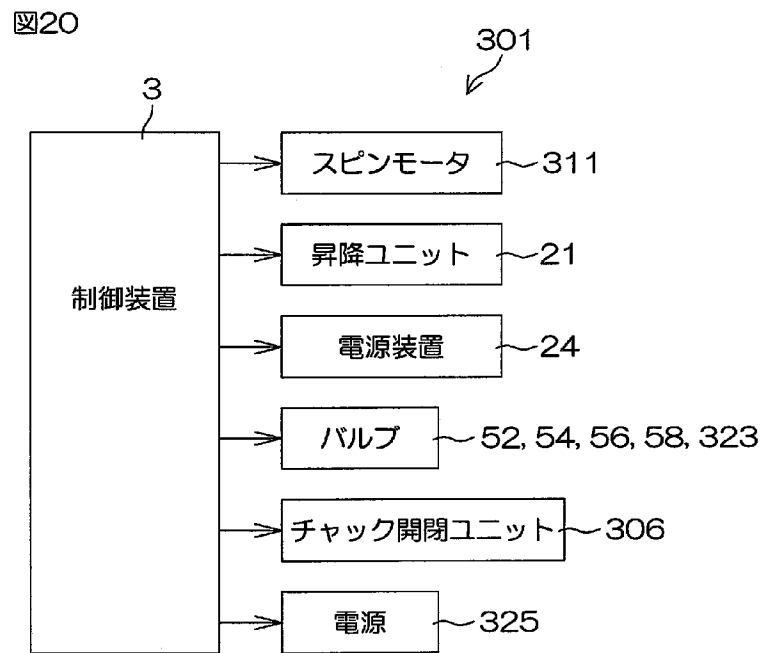
[図18]



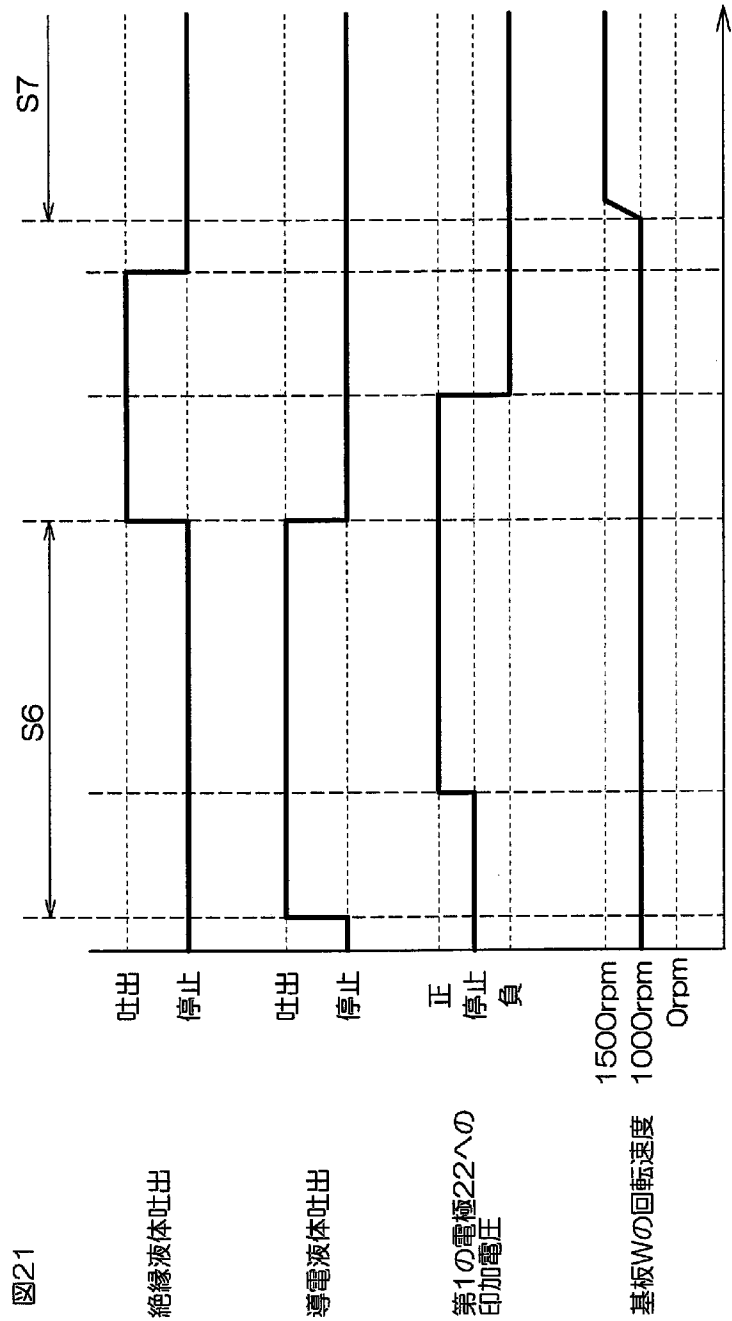
[図19]



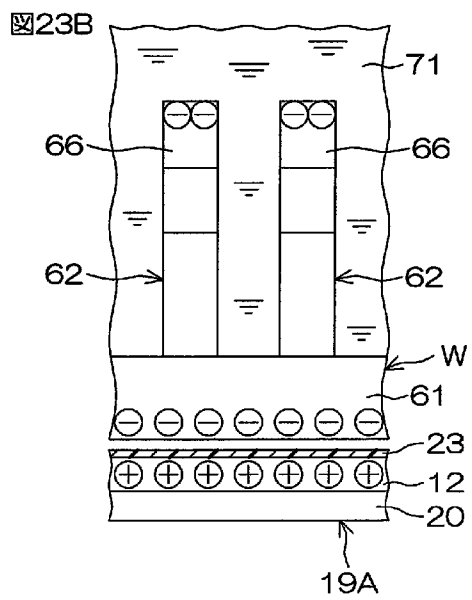
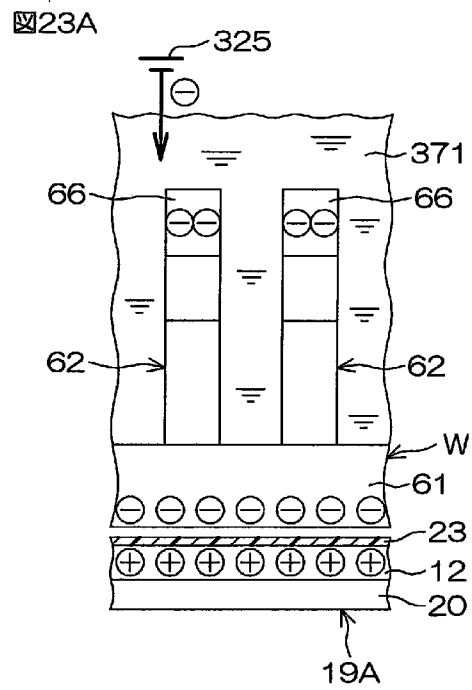
[図20]



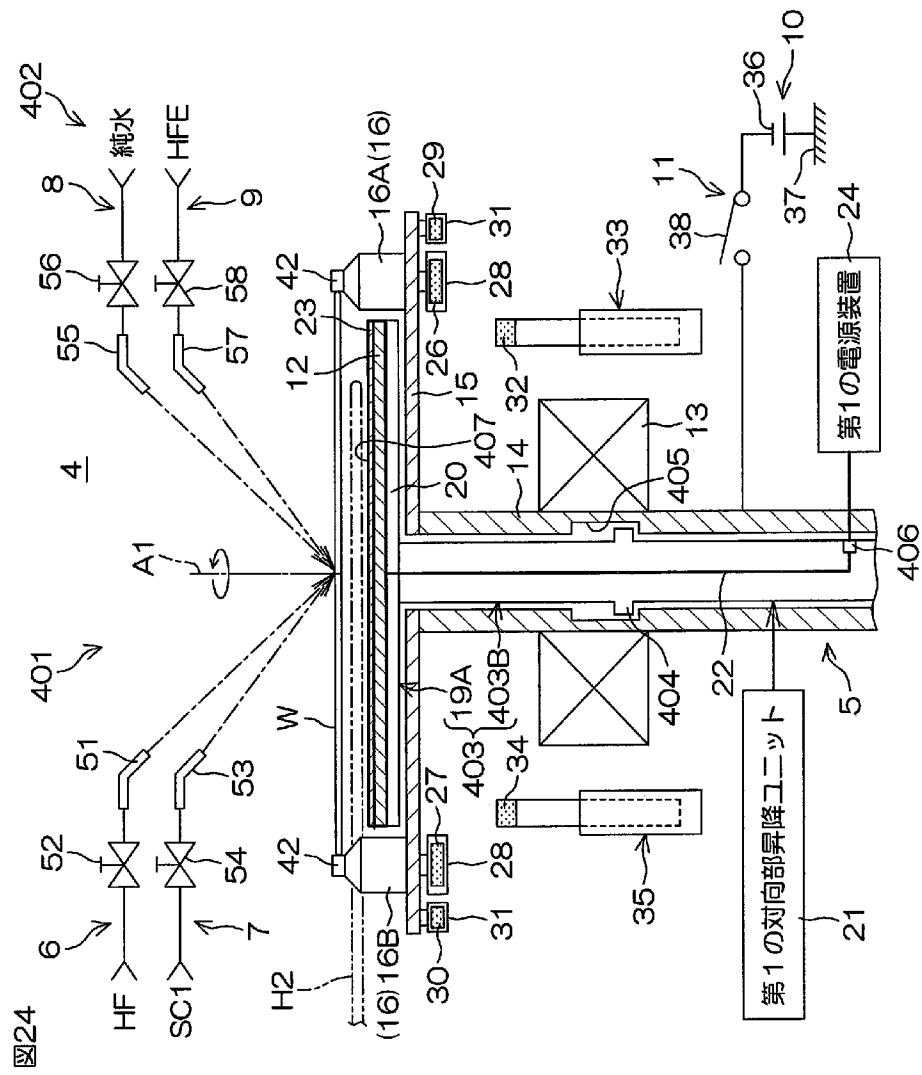
[図21]



[図23A-23B]



[図24]



[図25A-25B]

図25A

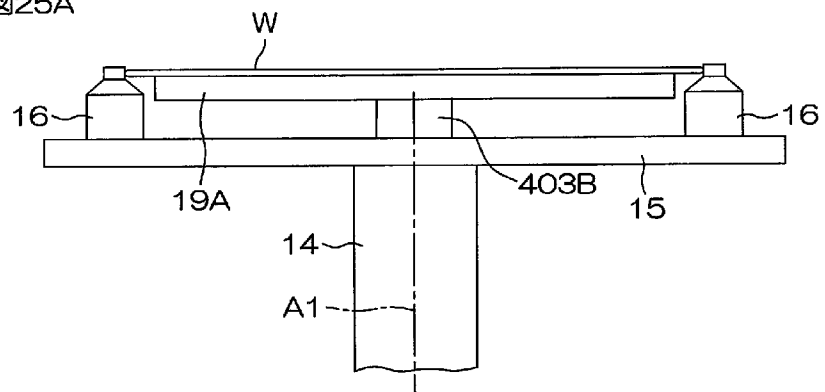
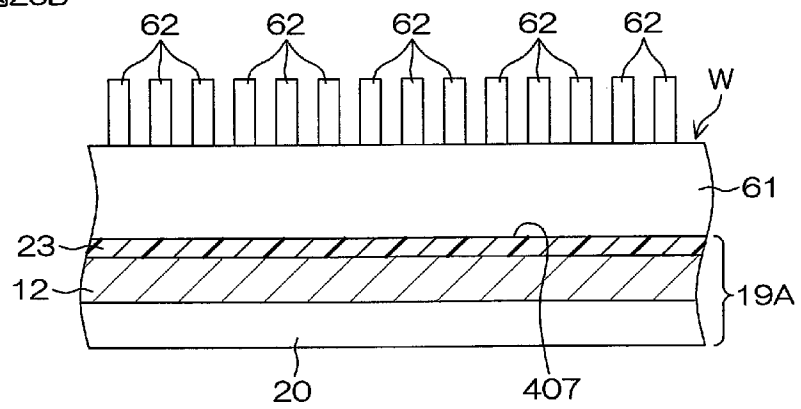


図25B



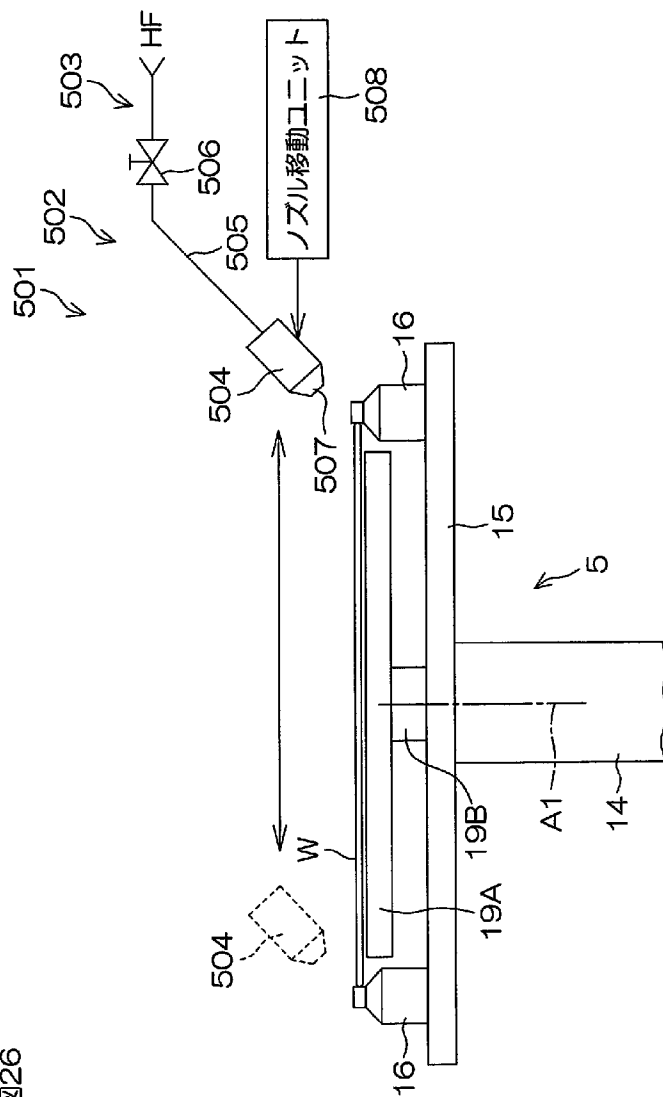
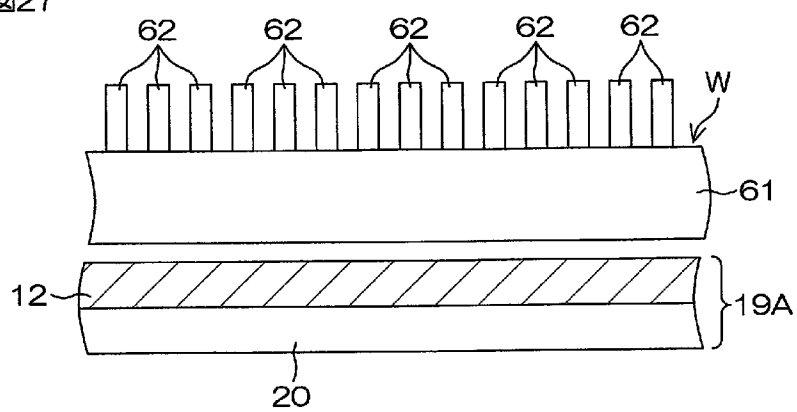
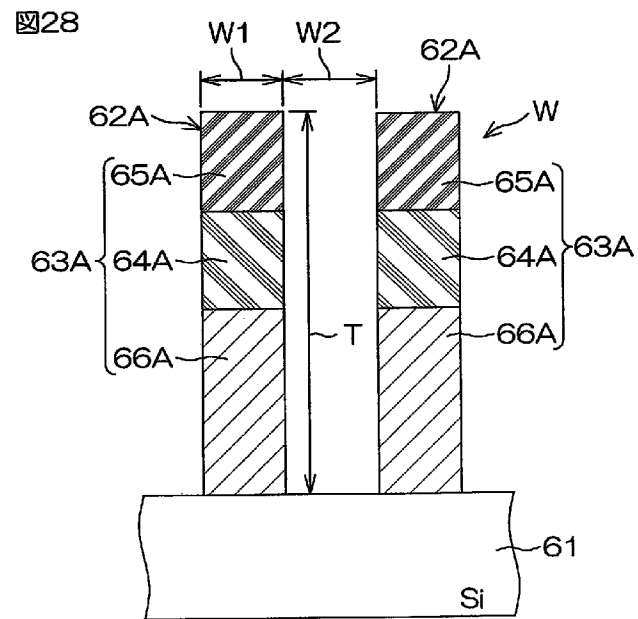
26


图27



[図28]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/031628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/304(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)

H01L21/304

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	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 5379663 B2 (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 25 December 2013 (25.12.2013), paragraphs [0023] to [0029], [0043] to [0045]; fig. 1, 5D to 5F (Family: none)	1-19
A	JP 3-49223 A (Fujitsu Ltd.), 04 March 1991 (04.03.1991), page 2, lower left column, lines 6 to 20; fig. 2 (Family: none)	1-19

☐ 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
31 October 2017 (31.10.17)

Date of mailing of the international search report
14 November 2017 (14.11.17)

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/304(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. H01L21/304

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 5379663 B2 (大日本スクリーン製造株式会社) 2013. 12. 25, 段落 0023-0029、0043-0045、図 1、5D-5F (ファミリーなし)	1-19
A	JP 3-49223 A (富士通株式会社) 1991. 03. 04, 第 2 頁左下欄第 6-20 行、第 2 図 (ファミリーなし)	1-19

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

31. 10. 2017

国際調査報告の発送日

14. 11. 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)

堀江 義隆

50

9172

電話番号 03-3581-1101 内線 3559