

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2007年6月21日 (21.06.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/069728 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) B05C 15/00 (2006.01)
B05C 11/08 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/325060
- (22) 国際出願日: 2006年12月15日 (15.12.2006)
- (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 2005-362076
2005年12月15日 (15.12.2005) JP
特願 2006-126802 2006年4月28日 (28.04.2006) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 東京エレクトロン株式会社 (TOKYO ELECTRON LIMITED)
[JP/JP]; 〒1078481 東京都港区赤坂五丁目3番6号
Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 沢田 郁夫

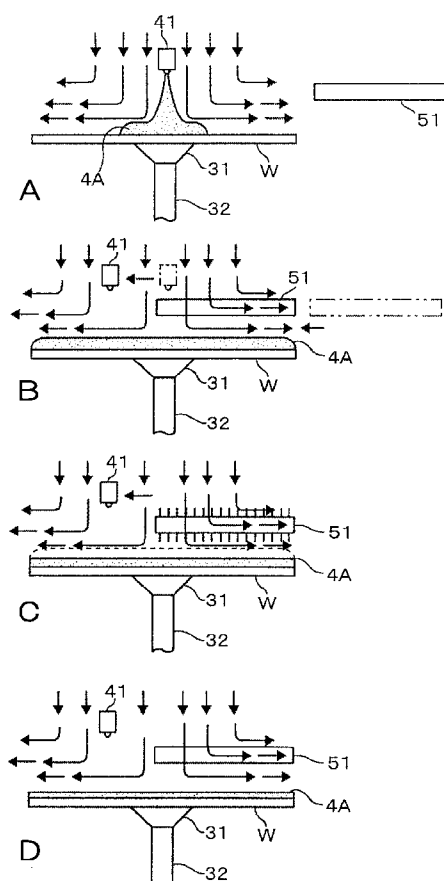
(SAWADA, Ikuo) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 松崎 和愛 (MATSUZAKI, Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン株式会社内 Yamanashi (JP). 田中 崇 (TANAKA, Takashi) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン九州株式会社内 Yamanashi (JP). 岩下 光秋 (IWASHITA, Mitsuaki) [JP/JP]; 〒4070192 山梨県韮崎市穂坂町三ツ沢650番地 東京エレクトロン九州株式会社内 Yamanashi (JP). 宗像 瑞恵 (MUNAKATA, Mizue) [JP/JP]; 〒8608555 熊本県熊本市黒髪2丁目39番1号 国立大学法人熊本大学内 Kumamoto (JP).

- (74) 代理人: 吉武 賢次, 外(YOSHITAKE, Kenji et al.); 〒1000005 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 富士ビル323号 協和特許法律事務所 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: COATING APPARATUS AND COATING METHOD

(54) 発明の名称: 塗布装置及び塗布方法



(57) Abstract: A coating apparatus is provided with a substrate holding section for horizontally holding a substrate; a chemical nozzle for supplying the center portion of the substrate horizontally held by the substrate holding section with a chemical; a rotating mechanism for rotating the substrate holding section for applying the chemical by spreading it on the surface of the substrate by centrifugal force; an airflow forming means for forming a down flow of an ambient gas on the surface of the substrate horizontally held by the substrate holding section; an exhaust means for exhausting the ambient atmosphere of the substrate; a gas nozzle for supplying the surface of the substrate with a laminar flow forming gas having a dynamic viscosity higher than that of the ambient gas. The coating apparatus is characterized in that the center portion of the substrate is supplied with the ambient gas or the laminar flow forming gas.

(57) 要約: 本発明は、基板を水平に保持する基板保持部と、基板保持部に水平に保持された基板の中心部に薬液を供給する薬液ノズルと、遠心力により基板の表面に薬液を広げて塗布するため、基板保持部を回転させる回転機構と、基板保持部に水平に保持された基板の表面に、雰囲気ガスのダウンフローを形成する気流形成手段と、基板の周囲の雰囲気を排気する排気手段と、雰囲気ガスよりも動粘性係数の大きい層流形成用ガスを基板の表面に供給するガスノズルと、を備え、前記雰囲気ガスあるいは前記層流形成用ガスは、基板の中心部に供給されるようになっていることを特徴とする塗布装置である。



(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, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, 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, LS, MW, MZ, NA, SD,

SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

塗布装置及び塗布方法

技術分野

[0001] 本発明は、基板にレジストなどの薬液を塗布する塗布装置及び塗布方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、半導体ウエハ(以下ウエハとする)、液晶ディスプレイ用ガラス基板、カラーフィルタ用基板などの基板に薬液を塗布する技術として、塗布膜の厚さを略均一にすること及び膜厚を薄くすることを目的として、回転塗布法(スピコーティング)が広く用いられている。

[0003] この回転塗布法について、ウエハにレジスト液を塗布する場合を例として説明する。先ず、ウエハを載置するスピチャックが内部に設けられたチャンバにおいて、チャンバの上部から空気が供給されるとともに、チャンバの下部から排気が行われる。これにより、チャンバ内に、パーティクルの飛散を防止することを目的とした空気のダウンフローが形成される。続いて、スピチャック上にウエハが載置されて、当該ウエハが水平に保持される。その後、スピチャックを介してウエハが例えば2000rpm程度で鉛直軸周りに回転されながら、ウエハの上方に設けられたノズルからウエハの中心部にレジスト液が供給される。

[0004] ウエハに滴下されたレジスト液は、遠心力により、ウエハWの中心部からウエハWの外周部に向かって伸展される。その後、ウエハの回転数が例えば100rpm程度に低下されることにより、伸展されたレジスト液がレベリングされる。このレベリングの後、ウエハの回転数が例えば2500rpm程度にまで上昇されて、ウエハ上の余分なレジスト液が振り切られて除去される。また、ウエハ上のレジスト液中に含まれる溶剤が、ウエハの回転によりウエハ上に生じる気流に曝されて、レベリング後にウエハの回転数が上昇してから10秒程度で、そのほとんどが蒸発する。この溶剤の蒸発後も、しばらく、例えばレジスト液を供給してから1分程度が経過するまで、ウエハの回転が続けられる。これにより、レジスト液が乾燥して、ウエハ上にレジスト膜が形成される。

[0005] このような塗布方法に対して、近年、技術的に更に高度な要求がある。その中でも、塗布膜の更なる薄膜化や塗布工程に要する時間の短縮化の要求が、特に増大している。既述の回転塗布法において、塗布膜の薄膜化及び工程時間の短縮化を達成するためには、基板の回転数を増大させることが考えられる。しかしながら、大型の、例えばサイズが12インチのウェハにレジスト液の塗布を行う場合、ウェハの回転数を上昇させると、図25Aに示すように、ウェハの周縁に近い領域において、レジストの表面に、例えば30本前後のしわ状の、膜厚が不均一となる部位が形成されるおそれがある。

[0006] これらのしわは、「風車マーク」と呼ばれている。「風車マーク」は、基板上の空気の流れ境界層が層流から遷移流に変化する段階で生じる基板周方向の速度不均一が、蒸発過程を経て、レジスト膜厚に転写されることによって生じるものである。この速度不均一は、学術的には、エクマン・スピンと呼ばれる有名な現象である。これについては、J.Appl.Phys.77 (6), 15(1995), pp.2297-2308に詳しく説明されており、回転する基板のRe(レイノズル)数が一定の値を超える際に出現する自然現象である。このRe数は、基板の中心からの距離を r (mm)、基板の角速度を ω (rad/s)、基板の周囲のガス動粘性係数を ν (mm^2/s)とすると、下記の(1)式により算出される。

$$\text{Re数} = r \omega^2 / \nu \quad \text{--- (1)}$$

[0007] そして、例えばウェハが回転する際には、そのウェハ表面において、Re数<80000である場所には層流が形成され、80000<Re数< 3×10^5 となる場所には遷移流が形成され、Re数> 3×10^5 となる場所には乱流が発生する。

[0008] (1)式に示されるように、Re数は r に比例して大きくなる。このため、例えば所定の大きさを有するウェハを所定の速度で回転させる場合は、図25A及び図25Bに示すように、ウェハの中心から当該回転数によって決まる所定距離だけ径方向に離れた位置まで、前記層流が形成される領域が出現し、この層流の外側は乱流領域となり、両者の境界に、層流から乱流に移行する遷移流が形成される領域が出現する。そして、既述のように、レジスト液に含まれるほとんどの溶剤が蒸発する過程において、レジスト液がこの速度不均一な遷移流に曝されると、流速の高い気流に曝された箇所は流速の低い気流に曝された箇所よりも溶剤が速く蒸発する。これにより、不均一な気

流の流れがレジスト膜に転写される。その結果として、レジストの膜厚が不均一になり、風車マークがウエハの周方向に形成されるのである。

[0009] また、溶剤が蒸発する過程で乱流に曝されたレジスト液は、レジスト液の表面の溶剤が速く蒸発しすぎることになる。その場合、塗布処理後のレジスト膜の表面にレジスト液のポリマーの薄膜が形成されてしまって、その薄膜の下層に溶剤が残留した「かさぶた状構造」となってしまう。この場合、その全体の膜厚が、層流が形成される領域の膜厚に比べて、大きくなってしまうおそれがある。

[0010] 以上から、レジスト膜の膜厚が均一な領域を広くするためには、Re数を小さくすることが必要である。

[0011] 一方、ガスの動粘性係数 ν の値は、下記の(2)式で求められる。(2)式中、 μ はウエハの周囲のガスの粘性係数(Pas・s)であり、 ρ は当該ガスの密度(kg/m³)である。

$$\nu = \mu / \rho \quad \text{--- (2)}$$

[0012] また、前記(1)式において、ウエハの角速度を一定とした場合、層流の半径、つまりRe数が80000になるときの(1)式のrの値は、 ν の値を小さくすると小さくなり、図26Aに示すように、層流が形成される領域が狭くなる。一方、 ν の値を大きくすると、Re数が80000になるときの(1)式のrの値は大きくなって、図26Bに示すように、層流が形成される領域が広くなり、遷移流の発生位置がウエハの周縁部側に寄っていくことになる。

[0013] 従って、レジスト膜の膜厚が均一となる領域を広げるためには、ガス動粘性係数 ν の値を上昇させればよい。そして、 ν の値を上昇させるためには、(2)式より、密度 ρ の低いガスを用いればよい。

[0014] 回転塗布法が行われる場合、通常、スピチャックに載置された基板の周囲には、塗布液の飛散を抑えるため、上部が開口したカップが設けられる。特開平5-283331号公報には、当該カップの上部を蓋で覆い、カップと蓋とにより囲まれる空間の空気をHe(ヘリウム)ガスにより置換して回転塗布を行う塗布装置が示されている。また、その他の塗布装置として、特開平5-283331号公報及び特開昭61-150126号公報には、スピチャック上に載置された基板の数mm程度上方に、前記基板と対向

すると共に当該基板の表面全体を覆うような蓋を設けて、基板と蓋との間における空間の空気をHeガス等の空気より密度の低いガスに置換して回転塗布を行う塗布装置が示されている。これら公開公報に記載された塗布装置を用いて基板の周囲の空気をHeガスで置換した場合、 ν の値は9倍程度になる。

[0015] また、特開平3-245870号公報には、スピンチャックが設けられたチャンバ内に、Heガスと空気とからなる混合気体のダウンフローを形成して、チャンバ内の空気を当該混合気体に置換して回転塗布を行う塗布装置が示されている。

[0016] しかしながら、特開平5-283331号公報に記載された蓋とカップとによって囲まれる空間の空気をHeガスにより置換する塗布装置については、Heガスの供給を開始してから蓋とカップとにより囲まれる空間のガス密度を低下させる程度に十分に当該Heガスが貯留されるまでに時間遅れが生じることが懸念される。

[0017] また、通常回転塗布装置においては、基板の回転時に飛散してミスト状になった塗布液を速やかに排気(排出)するために、回転する基板の周辺に例えば $1\text{m}^3/\text{min}$ 以上の排気量でガスを排気する排気機構が設けられるようになっている。

[0018] 従って、特開平5-283331号公報に記載された回転塗布装置により塗布処理を行う場合は、塗布処理前にカップと蓋とにより囲まれる空間をHeガスによって置換しておく必要があり、さらに、塗布処理中もその間のガス排気量に見合う量のHeガスを供給し続ける必要がある。すなわち、塗布工程を通じて必要なHeガスの量が多くなり、コストが高くなる。

[0019] また、特開平3-245870号公報に記載された塗布装置も、チャンバ内全体にHeガスを含んだ混合ガスを供給する必要があるため、特開平5-283331号公報に記載された塗布装置と同様に、混合ガスが貯留されるまでの時間遅れが発生するおそれがあり、また、使用されるHeガスが多くなることでコスト高になる。

[0020] また、特開平5-283331号公報及び特開昭61-150126号公報に記載されるように、回転する基板の表面全体を覆うような蓋が設けられる場合、基板の回転により飛散してミスト状になった塗布液が前記蓋に付着してパーティクルとなり、このパーティクルが基板に落下して付着するというおそれがある。このような蓋の付着物を取り除き、基板へのパーティクルの付着を防ぐためには、前記蓋を洗浄することが必要であ

るが、当該洗浄にはコストがかかる。さらに、前記蓋は、基板の表面全体を覆っているため、基板の周囲に既述のダウンフローを形成できない。このため、基板の周囲にパーティクルが飛散するおそれが残存してしまう。

発明の要旨

- [0021] 本発明は、以上のような問題点に着目し、これを有効に解決すべく創案されたものである。本発明の目的は、基板に薬液の回転塗布を行う際に、層流が形成される領域を広げて、風車マークの発生を効果的に抑えることができるような塗布装置及び塗布方法を提供することである。
- [0022] 本発明の塗布装置は、基板を水平に保持する基板保持部と、基板保持部に水平に保持された基板の中心部に薬液を供給する薬液ノズルと、遠心力により基板の表面に薬液を広げて塗布するため、基板保持部を回転させる回転機構と、基板保持部に水平に保持された基板の表面に、雰囲気ガスのダウンフローを形成する気流形成手段と、基板の周囲の雰囲気を排気する排気手段と、雰囲気ガスよりも動粘性係数の大きい層流形成用ガスを基板の表面に供給するガスノズルと、を備え、前記雰囲気ガスあるいは前記層流形成用ガスは、基板の中心部に供給されるようになっていることを特徴とする。
- [0023] ここで、層流形成用ガスを基板の表面に供給するとは、当該ガスを基板に対して鉛直方向から供給することに限られず、斜め方向から供給することも含み、更に、水平方向から基板の表面に沿って供給することも含む。
- [0024] 本発明によれば、基板の表面に対して薬液によりスピンのコーティングを行ってその後スピン乾燥する際に、雰囲気ガスによるダウンフローを行いながら、その雰囲気ガスよりも動粘性係数の大きい層流形成用ガスを供給することにより、基板の表面に沿って外側に広がる雰囲気ガスの気流中に層流形成用ガスが混合される。これにより、基板の表面に形成される気流の動粘性係数が大きくなり、基板の表面に形成される層流の半径はガスの動粘性係数に比例することから、結果的に基板表面における層流領域が広がる。従って、基板の表面における風車マークの生成を抑えることができ、良好な塗布処理を行うことができる。
- [0025] また、基板の表面に対する層流形成用ガスの供給をノズルにより行っているため、

基板が置かれている雰囲気全体を層流形成用ガスによって置換する技術と比べて、当該ガスの消費量が少なく済むし、ガスの置換に長い時間を要するということも無い。また、ダウンフローの雰囲気中に基板を配置し、基板の周囲から排気するようにしているので、基板の上に蓋を設けて閉空間を形成する手法のように基板から飛散したミストが蓋に付着してパーティクル発生の要因になるといった問題もない。

[0026] 本発明において、例えば、前記ガスノズルは、基板の中心部の上方から基板の径方向に沿って開口するガス吐出口を有している。あるいは、前記ガスノズルは、基板の中心部の上方から基板の径方向に沿って配列された多数の孔からなるガス吐出口を有している。

[0027] 好ましくは、前記ガスノズルは、多孔質体を有している。また、好ましくは、前記ガスノズルは、基板の周縁により近い領域において、吐出流量がより大きくなっている。例えば、基板の中央部から周縁に向かうにつれて、吐出流量が段階的にあるいは連続的に大きくなっていることが好ましい。

[0028] また、例えば、前記ガスノズルは、基板の中心部と当該中心部から離れている領域との両方に、層流形成用のガスを供給するように構成されている。あるいは、前記ガスノズルは、基板の中心部から離れている領域に層流形成用のガスを供給するように構成されており、基板の中心部は、雰囲気ガスのダウンフローに曝されるように構成されている。

[0029] また、例えば、前記ガスノズルとは別個に、基板の中心部に層流形成用のガスまたは雰囲気ガスを供給するための第2ガスノズルが設けられている。

[0030] また、本発明の塗布方法は、基板を基板保持部に水平に保持させる工程と、基板保持部に保持された基板の表面に雰囲気ガスのダウンフローを形成しながら基板の周囲の雰囲気を排気する工程と、基板の中心部に薬液ノズルから薬液を供給し、基板保持部を回転させ、遠心力によって基板の表面に薬液を広げて塗布する塗布工程と、前記塗布工程の後、基板を回転させている状態で、前記雰囲気ガスよりも動粘性係数の大きい層流形成用ガスをガスノズルから基板の表面に供給すると共に、基板の中心部に前記雰囲気ガスまたは前記層流形成用ガスを供給して、薬液を乾燥させる乾燥工程と、を備えたことを特徴とする基板に対する薬液の塗布方法である。

[0031] 本方法において、層流形成用ガスを基板の表面に供給すると共に基板の中心部に前記雰囲気ガスまたは前記層流形成用ガスを供給するタイミングは、例えば、薬液を乾燥させるのに好適な回転数で基板が回転し始めた時点、あるいは、当該時点よりも前である。

図面の簡単な説明

[0032] [図1A]図1Aは、本発明の一実施の形態に係る塗布装置を示す縦断側面図である。

[図1B]図1Bは、図1Aの塗布装置の横断平面図である。

[図2]図2は、図1Aの塗布装置に設けられた各ノズルの構成を示す斜視図である。

[図3A]図3Aは、図1Aの塗布装置に設けられたヘリウムガスを吐出するガスノズルの構成の一例を示す正面図である。

[図3B]図3Bは、図3Aのガスノズルの構成を示す断面図である。

[図4]図4は、図3Aのガスノズルの側周壁の構成の一例を示す縦断面図である。

[図5]図5A乃至図5Dは、図1Aの塗布装置によってレジスト液をウエハに塗布する様子を示す工程図である。

[図6A]図6Aは、ガスノズルの傾きを変えてガス吐出を行う様子を示す縦正面図である。

[図6B]図6Bは、ガスノズルの傾きを変えてガス吐出を行う様子を示す平面図である。

[図7A]図7Aは、ヘリウムガスを吐出するガスノズルの構成の他の例を示す正面図である。

[図7B]図7Bは、図7Aのガスノズルの構成を示す下面図である。

[図8]図8A及び図8Bは、図7Aのガスノズルを用いてウエハにガス吐出を行う様子を示す斜視図である。

[図9A]図9Aは、ヘリウムガスを吐出するガスノズルの構成の他の例を示す正面図である。

[図9B]図9Bは、図9Aのガスノズルの構成を示す下面図である。

[図10A]図10Aは、図9Aのガスノズルを用いてウエハにガス吐出を行う様子を示す斜視図である。

[図10B]図10Bは、図9Aのガスノズルを用いてウエハにガス吐出を行う様子を示す

平面図である。

[図11A]図11Aは、ヘリウムガスを吐出するガスノズルの構成の他の例を示す正面図である。

[図11B]図11Bは、図11Aのガスノズルの構成を示す横断平面図である。

[図11C]図11Cは、図11Aのガスノズルを用いてウエハにガス吐出を行う様子を示す斜視図である。

[図12A]図12Aは、ヘリウムガスを吐出するガスノズルの構成の他の例を示す正面図である。

[図12B]図12Bは、図12Aのガスノズルの構成を示す下面図である。

[図13A]図13Aは、他の構成のガスノズルを用いてウエハにガス吐出を行う様子を示す斜視図である。

[図13B]図13Bは、図13Aの要部断面図である。

[図14A]図14Aは、他の構成のガスノズルを用いてウエハにガス吐出を行う様子を示す斜視図である。

[図14B]図14Bは、他の構成のガスノズルを用いてウエハにガス吐出を行う様子を示す斜視図である。

[図15]図15A及び図15Bは、ガスノズルのウエハに対する角度及び高さを変えてウエハに油膜を形成した際の、油膜の状態を説明する図及び表である。

[図16]図16A乃至図16Dは、それぞれ、異なる構成のガスノズルを用いて各ウエハにガス吐出を行う様子を示す説明図である。

[図17]図17A及び図17Bは、それぞれ、異なる構成のガスノズルを用いて各ウエハにガス吐出を行う様子を示す説明図である。

[図18]図18A乃至図18Cは、各ウエハの表面の様子を示す斜視図である。

[図19]図19は、ウエハの回転数と各工程を開始するタイミングとヘリウムガスを吐出するタイミングと、の関係を示すグラフである。

[図20]図20は、乾燥工程におけるウエハの回転数とウエハの表面の様子との関係を示す表である。

[図21]図21A及び図21Bは、実施例で用いられたガスノズルの構成概略図である。

[図22]図22A乃至図22Cは、実施例における、各ガスノズルからウエハにガスを吐出する様子を示す説明図である。

[図23]図23は、乾燥工程におけるウエハの回転数とウエハの表面の様子との関係を示す表である。

[図24]図24は、ウエハの中心からの距離とウエハ表面のレジストの膜厚との関係を示すグラフである。

[図25]図25A及び図25Bは、ウエハWに遷移流が形成される様子を示す説明図である。

[図26]図26A及び図26Bは、ウエハの周囲のガス動粘性係数が変化したときの層流が形成される領域の変化を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

[0033] 本発明の一実施の形態として、基板であるウエハWに薬液としてレジスト液を塗布する塗布装置2について説明する。

[0034] 図1A及び図1Bは、夫々、本実施の形態の塗布装置2の縦断側面図及び横断平面図である。図中20は、筐体である。図中21は、例えば不図示の搬送機構によりウエハWの搬送が行われる搬送用通路に面するように設けられたウエハWの搬送口である。図中21aは、搬送口21に設けられた開閉自在なシャッタである。シャッタ21aは、ウエハWが前記搬送機構により筐体20内に搬入される場合及びウエハWが筐体20内から搬送機構により搬出される場合を除いて、閉鎖されるように構成されている。これにより、搬送用通路から筐体20内への気体の流入が抑えられるようになっている。

図中31は、筐体20内に設けられたウエハWの裏面側中央部を吸引吸着してウエハWを水平に保持するための基板保持部であるスピンチャックである。このスピンチャック31は、軸部32を介して、駆動部33に接続されている。スピンチャック31は、この駆動部33を介して、ウエハWを保持した状態で、鉛直軸周りに回転自在かつ昇降自在である。

[0035] 図中34は、スピンチャック31に保持されたウエハWの周縁外側に当該ウエハWを囲むように設けられた、上部側が開口したカップである。カップ34の側周面上端側は

、内側に傾斜している。カップ34の底部側には、凹部状をなす液受け部35が、ウェハWの周縁下方側においてウェハWの全周に亘って設けられている。この液受け部35は、外側領域と内側領域とに区画されている。外側領域の底部には、貯留されたレジスト液のドレインを排出するための排液口36が設けられている。

[0036] また、内側領域の底部には、2つの排気口37, 38が設けられている。排気口37, 38には、夫々、排気管39の一端が接続されている。排気管39の他端は、合流して、バルブV1を介して、例えば排気ポンプなどの排気手段30に接続されている。これにより、例えばバルブV1の開度を調節することで、カップ34内の気体を例えば $1\text{m}^3/\text{min} \sim 3\text{m}^3/\text{min}$ の排気量で排気できるようになっている。このように、バルブV1を開いて排気が行われると、後述するように、ウェハW上に吐出されたHeガス及びウェハWの周囲に供給された空気が、排気口37, 38を介して排気管39内に流入して筐体20内から除去される。また、このように形成される排気流に乗って、ウェハWの回転により飛散したミスト状のレジスト液が、液受け部35を介して、排液口36から排出されるようになっている。

[0037] また、スピンチャック31に保持されたウェハWの下方側には、円形板3Aが設けられている。また、円形板3Aの外側を囲むようにして、断面が山形のリング部材3Bが設けられている。さらに、リング部材3Bの外端には、下方に伸びる端板3Cが、前記液受け部35の外側領域内に進入するように設けられている。これにより、ウェハWからこぼれ落ちるレジスト液は、リング部材3B及び端板3Cの表面を伝って、液受け部35の外側領域へとガイドされるようになっている。

[0038] 次に、筐体20内に設けられた各ノズルの構成について、図2をも参照して説明する。図中41は、ウェハWにレジスト液を吐出するための薬液ノズルとして設けられたレジスト液供給ノズルである。レジスト液供給ノズル41には、レジスト液供給管42の一端が接続されている。レジスト液供給管42の他端は、バルブV2及び液体流量制御部43を介して、レジスト液が貯留されたレジスト液供給源44に接続されている。また、レジスト液供給ノズル41には、当該レジスト液供給ノズル41を支持するアーム体45の一端が接続されている。このアーム体45の他端は、駆動部46に接続されている。駆動部46は、例えば水平に、筐体20の長さ方向に沿って敷設されたガイドレール4

7に沿って移動できるように構成されている。

[0039] 図1B中22は、カップ34の外側に設けられた各ノズルの待機領域である。待機領域22は、レジスト液供給ノズル41の待機用バス22aを備えている。スピチャック31と搬送機構との間でウエハWの受け渡しが行われる際、レジスト液供給ノズル41及び後述のガスノズル51は、この待機領域22にて待機するようになっている。既述の駆動部46の移動に伴って、レジスト液供給ノズル41は、アーム体45を介して、待機領域22からスピチャック31に載置されたウエハWの中心部上まで移動自在に構成されている。そして、レジスト液供給ノズル41がウエハWの中心部上に移動すると、バルブV2が開かれ、レジスト液供給源44からレジスト液供給管42に流れ込むレジスト液が液体流量制御部43により流量制御されて、所定の流量のレジスト液がレジスト液供給ノズル41からウエハWの中心部上に吐出されるようになっている。

[0040] また、図中51は、ウエハWに層流形成用ガスであるHeガスを吐出するためのガスノズルである。図3A及び図3Bをも参照しながら説明すると、このガスノズル51は、一端側が塞がれた円筒状に構成されており、例えばウエハWの半径よりも若干長く形成されている(例えば150mm以上)。当該ガスノズル51の他端側には、ガス流入口52が設けられている。ガス流入口52は、ガスノズル51内に当該ガスノズル51の長さ方向に沿って設けられたガス流路53に連通している。

[0041] 図4は、ガスノズル51の側周壁を模式的に示した図である。図4中501は、この側周壁の骨格部をなす例えばアルミナセラミックスからなる本体部であり、多孔質体をなし、前記ガス流路53に隣接している。本体部501には、細かい多数の気孔502が形成されている。これら気孔502の多くは、互いに連通することで、本体部501全体において三次元網目状の気体の流路503を形成している。

[0042] ガスノズル51のガス流入口52には、ガス供給管54の一端が接続されている。ガス供給管54の他端は、バルブV3及びガス流量制御部55を介して、Heガスが貯留されたガス供給源56に接続されている。バルブV3が開かれると、ガス供給源56からガス供給管54にHeガスが流れ込む。このHeガスは、ガス流量制御部55により流量制御されながら、ガスノズル51のガス流路53に流入する。ガス流路53に流入したHeガスは、本体部501のガス流路503に流入し、このガス流路503を介してノズル51の外

部に向かう。既述のように、ガス流路503は、本体部501全体において網目状に形成されているため、本体部501を通過した前記Heガスは、図3A及び図3Bに矢印で示すように、ガスノズル51の側周壁の略全体から略均一な流速でガスノズル51の外部へと吐出される。なお、本体部501の気孔502は、特許請求の範囲でいうガスノズルの吐出口に相当する。

[0043] また、図1及び図2に示すように、ガスノズル51は、例えば水平方向に伸長するように、支持部材57aを介してアーム体57の一端に接続されている。アーム体57の他端は、移動自在に構成された駆動部58に接続されている。そして、後述するように、ウエハWにレジスト液の塗布を行う際には、駆動部58と共にガスノズル51が、アーム体57及び支持部材57aを介して、待機領域22から例えば図1B及び図2に示すようにスピチャック31に載置されたウエハWの中心部及びその径方向をカバーするHeガスの吐出位置へと移動し、当該中心部を含んだ径方向に沿ってウエハW上にHeガスが吐出される。なお、図1中100は、制御部であり、駆動部33及びバルブV3に接続されており、例えば駆動部33を介してレジスト液を乾燥させるための回転数でウエハWを回転し始めた時点あるいはそれよりも前において前記バルブV3を開き、また、例えばバルブV3が開かれてから所定時間経過後に当該バルブV3を閉じる、というように駆動部33及びバルブV3を制御する。

[0044] なお、Heガスの吐出位置としては、このような位置に限られない。例えば、ガスノズル51の長さ方向の中心がウエハWの中心部上に位置するというように設定してもよい。もっとも、後述するレジスト液の乾燥工程の初期、例えば乾燥工程の開始後10秒程度、の間はウエハWの中心部にHeガスが供給されることは必要である。また、ウエハWに向かってダウンフローされる空気は、ウエハWの遠心力により、ウエハWの中心側から周縁側へ向かって渦巻き状に流れる。そして、ウエハWの中心にHeガスが吐出されると、その吐出されたHeガスは前記空気の流れと合流してウエハWの周縁側へ行き渡る。これにより、ウエハW表面全体に空気とHeガスとの混合気体によって構成される層が形成される。この層における動粘性係数は、空気単独の動粘性係数よりも高くなる。このため、ウエハW上における遷移流の発生を抑えることができる。

[0045] なお、ガスノズル51がHeガスを吐出する位置に移動したとき、図1で示すノズル51

の下端からウエハWの表面までの高さhは、混合気体層中の空気とHeガスとの混合比にもよるが、例えばウエハWに供給されたレジスト液の乾燥を行う際にウエハWを2600rpmあるいは3000rpmで回転させる場合、0.2mm～70mmであることが好ましい。hが0.2mmよりも小さいと、ガスノズル51がウエハWに接触するおそれがあり、また、ガスノズル51によりウエハW上に形成される気流が攪乱されて、ウエハWの各部においてレジスト液の蒸発乾燥速度が不安定ないし不均一になって、形成されるレジスト膜の膜厚が不均一になるおそれがある。一方、hが70mmを超える場合は、ウエハW上の空気がHeに置換される時間が長くなるおそれがある他、HeガスをウエハWに供給してもウエハWの周縁部におけるガスの動粘性係数の値を十分に上昇させることができず、本発明の効果を十分に得られないおそれがある。

[0046] 図1Aに示すように、筐体20内の上部には、パーティクルを除去するためのフィルタ61が設けられている。フィルタ61の上部には、区画された空間である通気室62が設けられている。通気室62には、ガス供給管63の一端が開口しており、ガス供給管63の他端は、バルブV4を介して、雰囲気ガスである空気が貯留された空気供給源64に接続されている。バルブV4を開くと、空気供給源64の空気が例えば所定の流量でガス供給管63を介して通気室62に流入する。この通気室62に流入した空気は、フィルタ61を通過して当該空気に含まれていたパーティクルが除去された後に、筐体20内に供給されるようになっている。なお、フィルタ61、ガス供給管63及び空気供給源64は、特許請求の範囲で言う気流形成手段に相当するものである。

[0047] また、図示は省略しているが、例えば筐体20の下部には、筐体20内の気体を排気する排気部が設けられている。既述のように、フィルタ61から空気が供給されるとともに、当該排気部が前記排気手段30とは別途に、例えば所定の流量で、排気を行うことにより、筐体20内に空気のダウンフローが形成されるようになっている。

[0048] 次に、本実施の形態の塗布装置2の作用について、図5A乃至図5Dを参照しながら説明する。

[0049] 先ず、バルブV4及びバルブV1が開かれ、さらに、筐体20の下部の排気部から排気が行われ、筐体20内に図5A乃至図5Dに実線の矢印で示すように空気のダウンフローが形成される。続いて、図示されない搬送機構が、ウエハWを保持した状態で

、搬送口21を介して筐体20内に進入する一方、駆動部33を介してスピンチャック31が例えばカップ34の外へと上昇する。そして、スピンチャック31がウエハWの裏面中央部を吸着してウエハWを水平に保持した後、当該スピンチャック31は下降し、これによりウエハWがカップ34内に収まる。その後、駆動部46を介してレジスト液供給ノズル41がウエハWの中心部上に移動するとともに、駆動部58を介してガスノズル51がウエハWの周縁付近に移動する。

[0050] 続いて、駆動部33を介してスピンチャック31に保持されたウエハWが鉛直軸周りに例えば2000rpmで回転される。これにより、ダウフローでウエハW上に降りてくる空気は、この回転するウエハW上を周縁部に向けて遠心力により渦巻き状に広がる。次いで、バルブV2が開かれ、レジスト液供給ノズル41から供給されたレジスト液4AがウエハWの中心部に吐出される。ウエハWに供給されたレジスト液4Aは、遠心力により伸展するいわゆるスピニングによって、ウエハW上の中心部から周縁部に広げられる(図5A)。

[0051] ウエハWの表面全体がレジスト液4Aに覆われると、バルブV2が閉じられ、レジスト液供給ノズル41からのレジスト液4Aの供給が停止し、スピンチャック31の回転数が例えば100rpmに低下される。これにより、塗布されたレジスト液4Aのレベリング(厚さが均一になるようにレジスト液をならすこと)が行われる。またこのとき、レジスト液供給ノズル41が駆動部46を介してウエハWの中心から退避すると共に、ガスノズル51が既述のHeガス吐出位置へと移動される(図5B)。

[0052] ガスノズル51の移動後、バルブV3が開かれ、Heガス供給源56からガス供給管54に供給されるHeガスの流量が流量制御部55により制御されつつ、ガスノズル51である多孔質体の周面からHeガスがシャワー状に吐出される。当該Heガスは、ウエハWの中心部を含む径方向に沿って、例えば40L/minの流量で供給される。このHeガスの吐出と例えば同時かあるいはその吐出に若干遅れて、ウエハWの回転数が例えば2600rpmに上昇され、レジスト液4Aの振り切り乾燥が行われる(図5C参照)。図6A及び図6Bは、このようにHeガスがウエハWに吐出されたときのウエハW周辺の各気体の流れを示す図であり、Heガスの流れを点線で、空気の流れを実線で夫々示している。これらの図に示すように、ウエハW上に供給されたHeガスは、ウエハW表面

に沿って中心から渦巻き状に広がる空気と合流して、Heガスと空気との混合気体からなる層がウェハW上を周縁部へと向かって広がるように渦巻流を形成する。この渦巻流によってウェハW上のレジスト液から溶剤が盛んに蒸発して、レジスト液4Aの乾燥が行われ、塗布膜であるレジスト膜が形成される。なお図5C中の点線は、混合気体の層を示している。

[0053] レジスト液中の溶剤が蒸発するのに必要な時間が経過した後、例えば更に10秒後に、ウェハの回転はそのまま維持されつつ、バルブV3が閉じられてHeガスの供給が停止される(図5D参照)。Heガスの供給停止後も、しばらくは、スピinchャック31はそのままのスピードで回転され、レジスト液4Aの乾燥が続けられる。その後、乾燥のための回転数での回転を始めてから60秒後に、当該スピinchャック31の回転が停止される。その後、既述のウェハWの搬入時とは逆の手順でウェハが前記搬送機構に受け渡され、この搬送機構によりウェハWが筐体20から搬出される。

[0054] 本実施の形態の塗布装置2は、ウェハWの表面にレジスト液によるスピinchコーティングを行い、その後、レジスト膜を乾燥するにあたって、空気によるダウンフローを行う一方で、ウェハWをレジスト膜の乾燥を行うための回転数(この例では2600rpm)で回転させる前からウェハWの表面の中心を含む径方向に沿って空気よりも動粘性係数の大きい層流形成用ガスであるHeガスを供給する。このため、ウェハWの中心部に向けてダウンフローされウェハWの表面に沿って中心部から周縁部に広がる空気中に、Heガスが混合され、この混合気体がウェハWの表面全体に行き渡る。このため、ウェハW表面の気流の動粘性係数が空気だけの場合に比べて例えば1.5~4倍程度大きくなる。ウェハWの表面に形成される層流領域の半径はガスの動粘性係数に比例することから、層流領域が広がり、12インチサイズのウェハであれば層流領域内に十分収まるようになる。

[0055] また、レジスト膜の溶剤は、ウェハWの回転数を乾燥のための回転数に上げた直後に盛んに蒸発し、また、ウェハWの表面に沿って流れる渦巻流においてウェハWの表面に近い部位の気流はウェハWの中心部に供給されるガスにより形成され、この気流の上にウェハWの中心部よりも外側の部位に供給されるガスの気流が積層される格好になる。従って、レジスト膜の表面の仕上がりは、ウェハWの回転数が乾燥の

ための回転数になった直後において、ウエハWの中心部に供給された気体による気流によって概ね決定される。本実施の形態では、ウエハWが乾燥のための回転数で回転し始めたときには、ウエハWの中心部にはHeガスが供給されているので、ウエハWの表面における風車マークの生成を効果的に抑えることができ、良好な塗布処理を行うことができる。すなわち、本実施の形態によれば、ウエハWのサイズが大型化しても、風車マークの生成を抑えることあるいは回避することができる。

[0056] また、ウエハWの表面に対する層流形成用ガスの供給をガスノズルにより行っているため、ウエハWが置かれている雰囲気全体をHeガス等により置換する場合に比べて、ガスの消費量が少なく済む。また、ガスの置換に長い時間を要するということもない。また、ダウンフローの雰囲気中にウエハWを配置し、ウエハWの周囲から排気するようにしているので、ウエハWの上に蓋を設けて閉空間を形成する手法のようにウエハWから飛散したミストが蓋に付着してパーティクル発生の要因になるといった問題もない。

[0057] また、ガスノズル51は、多孔質を介してガスが吐出するように構成されているので（多孔質によって形成された空隙をガス吐出孔としているので）、Heガスがシャワー状にウエハWの表面に均一に供給される。このため、ウエハWの表面におけるHeガスの圧力分布が均一となり、この点からも、乾燥されたレジスト膜の表面が滑らかとなり、すなわち、乾燥の仕上がりが良好となる。

[0058] なお、供給源64に貯留される雰囲気ガスとしては、空気に限られない。例えば、窒素ガスやAr（アルゴン）ガスが貯留されて、これら窒素ガスやArガスによるダウンフローが筐体20内に形成されてもよい。

[0059] また、層流形成用ガスとしてガスノズル51から吐出されるガスは、雰囲気ガスとして用いられるガスよりも動粘性係数が大きいガスであればよく、Heガスに代えて例えば水素などのガスを用いてもよい。また、層流形成用ガスとして、Heガスと空気との混合ガス、Heガスと窒素ガスとの混合ガスなどを用いてもよい。

[0060] 既述の実施の形態においては、ウエハWに供給されたレジスト液をレベリングした後、ウエハWの回転速度を上昇させたときにHeガスを供給している。しかしながら、レベリング後、ウエハWの回転速度が上昇してから溶剤の殆どが蒸発するまでの間

に、ウエハWの表面に既述のHeガスと空気との混合気体による層が形成されていれば、本発明の効果を達成できる。このため、例えばレベリングの途中から溶剤の殆どが蒸発するまでの間にウエハWにHeガスを吐出するようにしてもよい。ただし、レベリング時にウエハWへのHeガスの吐出を開始するよりも、既述の実施の形態のように、レベリング終了後に乾燥工程のためにウエハWの回転速度を上昇させ、当該乾燥工程の開始時あるいは開始の直前にHeガスの吐出を開始する方が、HeガスによるウエハWの温度への影響が抑えられ、より面内均一性の高いレジスト膜が得られるため、好ましい。

[0061] なお、塗布処理を行うウエハWの表面の面積を $S1$ とし、HeガスをウエハWに供給する際におけるノズル51のウエハへの投影領域の大きさを $S2$ とした場合、本実施の形態においては、投影領域の大きさ $S2$ は、ノズル51の下端面の大きさである。 $S1$ に対する $S2$ の比 $S2/S1$ は、より小さいほど、回転塗布を行う際に飛散してミスト状になったレジスト液が付着しにくくなり、当該レジスト液がパーティクルとなってウエハWに落下することが防がれるため、好ましい。従って、 $S2$ を大きくしたとしても、 $S2/S1$ は $1/2$ 以下であることが望ましい。

[0062] なお、ガスノズルとしては、既述のように多孔質を用いたガスノズル51を用いることが好ましいが、例えば図7A以降に示すような構成を有するものを用いてもよい。図7A及び図7Bは、夫々、他のガスノズル65の側面図及び下面図を示している。このガスノズル65は、円筒状に構成されている。図中66は、吐出口である。図中67は、ガス流路であり、ガスノズル65内に当該ノズル65の長さ方向に沿って設けられ、吐出口66と連通している。このガスノズル65においては、ガス流路67にガス供給管54の一端が接続され、ウエハWにHeガスを吐出する際に吐出口66がウエハWの中心部に向かうようにアーム体57に接続される。なお、ガスノズル65は、例えば図8Aに示すように、吐出口66から吐出されるガスがウエハWの表面の中心部に垂直に向かうように鉛直に起立した姿勢で設けられていてもよいし、あるいは、図8Bに示すように、ウエハWの上方から斜め下方に向かう姿勢で、ガスを前記中心部に向けて吐出するように設けられていてもよい。

[0063] また、Heガスを供給するガスノズルは、例えば図9A及び図9Bに示すガスノズル7

のような構成としてもよい。図9A及び図9Bは、夫々、ガスノズル7の正面図及び下面図を示している。このガスノズル7は、既述のガス供給管54に接続されるガス流路をなす円筒状の垂直基部71と、その長さ方向の中央部に前記基部71の下端が接続された水平管であるガス供給部72と、を備えた逆T字状に構成されている。ガス供給部72の下面においては、当該ガス供給部72の長さ方向全体に亘って、多数の孔部からなる吐出口73が間隔をおいて設けられている。

[0064] ガスノズル7は、例えば図10A及び図10Bに示すように、ウエハWにHeガスを吐出する際に各吐出口73がウエハWの表面に対向し、ガス供給部72の一端側がウエハWの中心部上に位置し且つ他端側がウエハWの周縁部上に位置してガス供給部72がウエハWの半径をカバーするように設けられる。そして、ガス供給管54からガスノズル7に供給されるHeガスが、吐出口73から図10A中に矢印で示すように真下に向けて吐出され、ウエハWの中心部を含んだ径方向に沿って供給されるようになっている。

[0065] また、ガスノズルは、例えば図11A及び図11Bに示すような構成としてもよい。図11A及び図11Bは、夫々、ガスノズル74の正面図及び横断平面図を示している。このガスノズル74は、既述のガスノズル7と略同様に構成されるが、ガス供給部72の下面には吐出口75が設けられておらず、その代わりに、ガス供給部72の両側面に、ガス供給部72の長さ方向全体に亘って、多数の孔部からなる吐出口75が間隔をおいて配列されている。このガスノズル74は、HeガスをウエハWに吐出する際に例えば図11Cに示すように各吐出口75からHeガスが水平に吐出され、吐出されたHeガスがウエハWの表面に沿ってウエハWの中心部上を通過するように設けられる。ただし、吐出口75とウエハWとの距離が大きいと、本発明の作用効果が得られない。このため、吐出口75の中心とウエハWとの距離は、例えば5mm～15mmとされる。

[0066] また、ガスノズルは、例えば図12に示すような構成としてもよい。図12A及び図12Bは、夫々、ガスノズル76の正面図及び下面図を示している。このガスノズル76は、図9A及び図9Bに示されたガスノズル7と略同様に構成されるが、ガス吐出口73に加えて、ガス供給部72の両側面にも、ガス供給部72の長さ方向全体に亘って、多数の孔部からなる吐出口75が間隔をおいて配列されている。このガスノズル76も、例えば図

9A及び図9Bに示されたガスノズル7と同様に、ウエハWにHeガスを供給する際にガス供給部72がウエハWの中心及びその半径をカバーするように設けられ、吐出口75からHeガスが水平方向に吐出されると同時に吐出口73からHeガスが真下に向けて吐出されるようになっている。

[0067] ところで、ウエハWの中心部から周縁部に向かうに従って、ウエハWの周方向の長さは大きくなる。このため、Heガスの密度をウエハWの面内で揃えるためには、ウエハWの中央側から周縁側に向かうに従ってHeガスの流量を大きくすることが好ましい。具体的には、例えば図13Aに示すようなガスノズル8によってウエハWにHeガスを供給することが好ましい。ガスノズル8は、既述のガスノズル7と略同様に構成されていて、すなわち、ガスノズル7と同様にウエハWにHeガスを吐出する際にはそのガス供給部72がウエハWの少なくとも一つの半径をカバーするように構成されているが、吐出口73が均一に設けられる代わりに、同じ口径を持つ吐出口81がウエハWの周縁側に行くほどその配列密度が大となるようにガス供給部72の長手方向に沿って設けられている。なお、この例では、図13A及び図13Bに示すように、各吐出口81が、ウエハWの回転方向に沿って、斜め下方に向けてHeガスを吐出するように設けられているが、ウエハWの回転方向とは逆向きにHeガスを吐出するように設けられていてもよい。また、Heガスは、斜め下方に向けて吐出されることに限られず、例えば真下に向けて吐出されて、ウエハWの中心部を含む径方向に供給されるようになっていてもよい。なお、例えば、ウエハWの各所に供給されるHeガスの流量がウエハWの中心からの距離に比例するように、吐出口81の配列密度が設定され得る。

[0068] 更には、例えば、図14Aに示すようなガスノズル83を用いてもよい。このガスノズル83は、中空の扇形のブロック状に形成されており、その上部にガス供給管54が接続される。そして、扇形ブロックの下面全体に亘り、例えば扇形ブロックの径方向及び周方向に夫々間隔をおいて、同じ口径を有する多数の孔部からなる吐出口84が開口している。ここで、周方向における吐出口84の数は、内側方向から外側方向へ向かうに従って、増加するようになっている。また、最も内側に設けられた吐出口84が、ウエハWの中心部にHeガスを吐出するようになっている。

[0069] また、図14Bに示すように、ウエハWの回転方向に対して順方向に渦を巻くような

中空のブロック状に形成されたガスノズル85を用いてもよい。このガスノズル85の下面には、例えば間隔をおいて、多数の例えば同じ口径の孔部からなる吐出口86が設けられる。そして、ウエハWの周縁側に向かうほど、Heガスの吐出流量が増えるようになっている。

[0070] なお、ウエハWの周縁側に向かうほどHeガスの吐出流量を増やすためには、同じ口径の吐出口を周縁側に向かうほど配列密度が大きくなるように配列する他に、例えば周縁側に配列された吐出口ほど径が大きくなるように各ガスノズルを構成してもよい。さらにまた、小さな孔部を並べる代わりに、ガス供給部(例えばガス供給部72)の長さ方向に伸びるスリットを吐出口として形成してもよい。この場合、ウエハWの周縁側に向かうほどHeガスの吐出流量を増やすためには、ウエハWの周縁に向かうほどスリット幅を連続的にあるいは段階的に大きくすればよい。

[0071] あるいは、図14A及び図14Bに示されたガスノズル83, 85において、ウエハWに面する下側の壁部を既述のガスノズル51の側周壁と同様な多孔質構造として、それら壁部の略全体から下方に向かって略均一な流速でHeガスが吐出されるようにしてもよい。

[0072] また、例えば既述のガスノズル65によりHeガスをウエハWに供給する際に、Heガスの供給位置を中心部から周縁部に移動させるようにしてもよい。具体的には、例えば乾燥工程を開始してから10秒後までの間は図8Aに示すようにウエハWの中心部上にガスノズル65が位置して、ウエハWの中心部にHeガスが供給される一方、その後例えばガスノズル65が水平方向に移動してウエハWの周縁部上で停止して、当該周縁部にHeガスが供給されるというようにしてもよい。また、ガスノズル65を例えば水平面内で回動自在に構成して、Heガスが供給されるポイントをウエハWの中心部からウエハWの周縁部に移動できるようにしてもよい。

[0073] なお、本実施の形態の塗布装置2は、基板にレジスト液を供給して成膜する場合に限られず、例えば薬液として、シリコン酸化膜などの絶縁膜を成膜するために絶縁膜の前駆体を含む薬液などを基板に塗布する場合にも用いることができる。すなわち、本実施の形態の塗布装置2は、広く一般的な薬液を塗布する場合にも適用可能である。

[0074] <実施例>

実施例1では、市販の墨汁と市販の中性洗剤(商品名:ママレモン)とを夫々1対1の割合で混合して調製された油液が、レジスト液の代わりに、供給源44に貯留され、液供給ノズル41から、レジスト液の代わりに、当該油液がウエハWに供給されるような塗布装置が用意された。当該塗布装置のその他の構成は、既述の塗布装置2と同様である。

[0075] そして、既述の実施の形態におけるレジスト液を塗布する手順に従って、前記油液がウエハW上に塗布され、当該油液による油膜が形成された。

[0076] ウエハWは、その直径が300mmであるもの(12インチサイズウエハ)が用いられた(以降説明される各実施例のウエハWのサイズは、すべて直径300mmのものである。)。Heガスを吐出するガスノズルとしては、図7Aに示されたガスノズル65が使用された。また、油液の塗布処理中における筐体20内の排気流量は、 $2\text{m}^3/\text{min}$ とされた。そして、既述の実施形態と略同様の手順で、液供給ノズル41から油液が滴下され、ウエハWに油膜が形成された。ただし、油液の滴下を開始してからレベリングを終了するまでの時間は、20秒とされ、また、レベリング後の乾燥工程は、ウエハWの回転数を3000rpmに設定して、60秒間行われ、当該乾燥工程の開始から終わりまでの間、図8Aに示す位置にガスノズル65が配置され、ウエハWの中心部に60秒間Heガスが吐出された。また、ガスノズル65がHeガスを吐出する際におけるウエハW表面からガスノズル65の吐出口66までの高さは、2.5mmとされ、Heガスの流量 Q_{in} は、 $33\text{L}/\text{min}$ とされた。

[0077] 形成された油膜を評価した結果、その表面には風車マークもHeガスの吐出跡も観察されなかった。

[0078] 続けて、実施例2として、図11A及び図11Bに示されたガスノズル74を用いて、ウエハWにHeガスを供給する際には図11Cに示すようにHeガスがウエハWの表面に沿ってウエハWの中心部上を通るように吐出されるようにして、実施例1と同様に、油液をウエハWに供給して、油膜が形成された。

[0079] 実施例2においては、ウエハWに供給されるHeガスの流量 Q_{in} の値は $19\text{L}/\text{min}$ または $38\text{L}/\text{min}$ にされ、夫々塗布処理が行われ、形成された油膜の評価が行われ

た。その結果、 Q_{in} が $19\text{L}/\text{min}$ の場合には風車マークが油膜に形成されたが、 Q_{in} が $38\text{L}/\text{min}$ の場合には油膜に風車マークの形成もHeガスの吐出跡も見られなかった。

[0080] 続けて、実施例3として、図9A及び図9Bに示されたガスノズル7を用いて、図15Aに示されたようにガスノズル7の下端からウエハWの表面までの高さ h_2 及び吐出口73の中心の向きとウエハWの回転する向きとのなす角 α を夫々変化させて、各ウエハWに、実施例1と同様の手順で油膜が形成された。これらの各油膜を評価した結果が、図15Bの表に示されている。図15Bの表において、横軸には前記 α の値が、縦軸には前記 h_2 の値が、夫々記載されている。表中の丸は、形成された油膜に風車マークもHeガスの吐出跡も形成されていなかったことを示しており、四角は、風車マークは形成されていなかったがHeガスの吐出跡が形成されていたことを示しており、三角は、Heガスの吐出跡は形成されていなかったが風車マークが形成されていたことを示している。なお、実施例3において、 α を 50° 、 h_2 を 1mm としたときにウエハWに供給されたHeガスの流量は $19\text{L}/\text{min}$ とされ、 α を 60° 、 h_2 を 8mm としたときのHeガスの流量は $30\text{L}/\text{min}$ とされた。また、 α を 90° 、 h_2 を 20mm としたときのHeガスの流量は $60\text{L}/\text{min}$ とされた。また、 α 及び h_2 がその他の値の場合は、Heガスの流量は $27\text{L}/\text{min}$ とされた。

[0081] 図15Bの表に示されるように、 h_2 が $1\text{mm}\sim 20\text{mm}$ の範囲で角 α やHeガスの流量を調節することにより、風車マークの形成を防ぐことができた。また、表中に示されるように、 h_2 と α との大きさによっては、Heガスの吐出跡がウエハWの周方向に溝状に形成されるものがあった。ただし、このような吐出跡は、HeガスがウエハWに衝突するポイントに圧力がかかることで形成されるため、例えば吐出口73をスリット状に形成して、このスリットからHeガスがウエハWの中心部及びその半径をカバーするように吐出されるようにしたり、吐出口73を設ける代わりに水平管であるガス供給部72の周壁を既述のガスノズル51のように多孔質構造として、その孔からHeガスを吐出したりすることで、このような吐出跡の付着は防ぐことができると思われる。

[0082] 続いて、実施例4-1として、既述の実施の形態で示された塗布装置2を用いて、既述の実施の形態の手順と略同様の手順で、ウエハWに対してArFのレジスト膜の成

膜処理が行われた。滴下されたレジスト液をレベリングした後の乾燥工程においては、図16Aに示すように、既述の実施の形態で説明されたガスノズル51(図1乃至図3参照)を用いて、HeガスがウェハWの中心部から周縁部に亘って径方向に沿って吐出された。また、この乾燥工程におけるウェハWの回転数は2600rpmとされ、Heガスの流量は40L/minとされた。また、図1にhで示されたガスノズル51の下端とウェハWとの距離は、2mmとされた。

[0083] また、実施例4-2として、既述の実施例4-1と略同様の手順で、ウェハWに対してレジスト膜の成膜処理が行われた。ただし、この実施例4-2のガスノズル51は、図16Bに示すように、Heガスを吐出する際にガスノズル51のウェハWの周縁部上に位置する端部がカバー91で覆われて、ウェハWの周縁部に向けてはHeガスが吐出されないようにした。

[0084] 次に、実施例4-3として、既述の実施例4-1及び4-2と略同様に、ウェハWに対してレジスト膜の成膜処理が行われた。この実施例4-3においては、ガスノズル51の代わりに、ガスノズル92が用いられた。このガスノズル92は、ガスノズル51よりもその周壁が長いことを除いて、ガスノズル51と同様に構成されている。ウェハWにHeガスを吐出する際において、このガスノズル92は、図16Cに示すように、その一端がウェハWの周縁部上に位置するとともに、その他端が中心部上を十分通るように長く構成され、ウェハWの直径上に水平方向に設けられている。

[0085] さらに、実施例4-4として、実施例4-3と同様にガスノズル92を用いて、実施例4-3と同様にレジスト膜の成膜処理が行われた。ただし、Heガスを吐出する際に、ガスノズル92は、図16Dに示すように、ウェハWの周縁上に位置するその一端よりもウェハWの中央側のその他端が高くなるように傾けられて設けられた。

[0086] 続いて、比較例4-1として、実施例4-1と同様に、塗布装置2を用いてウェハWにレジスト膜の成膜処理が行われた。ただし、図17Aに示すように、Heガスを吐出する際にガスノズル51のウェハWの中心部上に位置する側の端部がカバー91で覆われ、中心部に向けてはHeガスが吐出されないようにした。

[0087] また、比較例4-2として、図17Bに示すように、ガスノズル51の両端がカバー91で覆われ、ウェハWの中心部及び周縁部に向けてHeガスが吐出されないようにした。

- [0088] 図18A乃至図18Cは、実施例4-1乃至実施例4-4、及び、比較例4-1乃至4-2、で成膜処理されたウエハWを示す図である。
- [0089] 実施例4-1乃至実施例4-3においては、図18Aに示すように、各ウエハWの中心部上にHeガスの吐出跡93が形成され、また、各ウエハWの周縁部に風車マークは形成されていなかった。
- [0090] 実施例4-4においては、図18Bに示すように、風車マークもHeガスの吐出跡93も見られなかった。
- [0091] 比較例4-1及び比較例4-2のウエハWについては、図18Cで示すように、ウエハWの内側領域に風車マーク94が形成されていた。また、風車マーク94が形成された部位の外側の部位は、乱流に曝され、この乱流の流れが転写されたことによる筋が多数見られた。
- [0092] 従って、これらの実施例4-1乃至実施例4-4及び比較例4-1乃至比較例4-2から、中心部を含んだ領域にHeガスを供給することでウエハWの表面近傍の気体の動粘性係数が上昇し、層流の形成領域が増大して、風車マークの形成が防止され、レジスト膜の膜厚が均一となる領域を広げることができる、ということが確認された。
- [0093] また、実施例4-1乃至実施例4-4から明らかなように、実施例4-1乃至実施例4-3におけるHeガスの吐出跡93については、ガスノズル51とウエハWとの距離を調節することで改善できる。なお、この吐出跡93は、中心部に供給されるHeガスの流量が多いために圧力がかかることによって形成されたものであり、Heガスの流量を調節することによっても改善できると考えられる。
- [0094] また、塗布装置2を用いて、Heガスの供給開始のタイミングと供給停止のタイミングとを夫々変化させて、各ウエハWにレジスト膜が成膜された。図19は、そのHeガスの吐出及び停止のタイミング、ウエハWにレジストを滴下するタイミング、レベリングを開始するタイミング、及び、レジスト液の乾燥を開始するタイミング、をグラフに表したものである。このグラフにおいて、横軸は時間を、縦軸はウエハWの回転数を、夫々示している。
- [0095] このグラフに示すように、ウエハWの回転数を2000rpmにしてウエハWにレジスト液を滴下し、レジスト液を滴下してから3秒後にウエハWの回転数を100rpmにしてレ

ベリングを10秒間行い、その後ウエハWの回転数を2600rpmにして60秒間レジスト液の乾燥が行われた。ガスノズルとしては、既述の実施形態と同様に、ガスノズル51が用いられ、ウエハWの中心部から周縁部にかけて径方向にHeガスが吐出されるようにした。また、この乾燥工程におけるHeガスの流量は、40L/minとされた。また、図1にhで示されたガスノズル51の下端とウエハWとの距離は、2mmとされた。

[0096] 以上のような条件において、実施例5-1として、レベリング開始から5秒後にHeガスの吐出が開始され、乾燥工程を開始してから10秒後にガスの吐出が停止された。実施例5-2としては、レベリング工程の開始と同時にHeガスが吐出され、乾燥工程を開始してから10秒後にHeガスの供給が停止された。実施例5-3としては、レベリング工程の開始から5秒前にHeガスが吐出され、乾燥工程を開始してから10秒後にHeガスの供給が停止された。実施例5-4としては、乾燥工程の開始と同時にHeガスが吐出され、吐出してから5秒後にHeガスの供給が停止された。実施例5-5としては、乾燥工程の開始と同時にHeガスが吐出され、吐出してから10秒後にHeガスの供給が停止された。実施例5-6としては、乾燥工程の開始と同時にHeガスが吐出され、吐出してから15秒後にHeガスの供給が停止された。

[0097] 結果としては、実施例5-1乃至実施例5-3、及び、実施例5-5乃至実施例5-6において、図18Aで示すように、ウエハWの周縁部に吐出跡93が形成されていた。一方、実施例5-4においては、図18Cに示すように、ウエハWの内側領域に風車マークが形成されていた。既述のように、乾燥工程においてHeガスを供給することが、レジスト膜の均一性を高めるためには好ましい。これらの実施例5-1乃至実施例5-6から、乾燥工程においてのみHeガスを供給しても、十分な時間Heガスを供給すれば、本発明の効果が得られるということが分かった。なお、実施例5-4においては、Heガスの供給時間が短く、レジスト膜が硬化するまでの期間に渡ってガスが供給されなかったために、風車マークが形成されたものと考えられる。

[0098] 続けて、塗布装置2において、ガスノズル51の高さ(図1で示すhの大きさ)、ガスノズル51から吐出されるHeガスの流量、及び、乾燥工程におけるウエハWの回転数、を夫々変化させて、既述の実施形態の手順に従って各ウエハWにレジスト膜の成膜を行った。実施例6-1として、h=5mm、Heガス流量=20L/minに設定した。実

実施例6-2として、 $h=5\text{mm}$ 、Heガス流量 $=40\text{L}/\text{min}$ に設定した。実施例6-3として、 $h=2\text{mm}$ 、Heガス流量 $=20\text{L}/\text{min}$ に設定した。実施例6-4として、 $h=2\text{mm}$ 、Heガス流量 $=40\text{L}/\text{min}$ に設定した。そして、実施例6-1乃至実施例6-4の乾燥工程において、処理を行うウエハ毎に、その回転数を $1600\text{rpm}\sim 3000\text{rpm}$ の範囲で 100rpm 毎に変化させて、成膜処理が行われた。また、比較例6-1として、ガスノズル51からHeガスの代わりに N_2 ガスをウエハWに対して流量 $40\text{L}/\text{min}$ で吐出した他は実施例6-1と同様に、成膜処理が行われた。ガスノズル51とウエハWとの距離 h は、 5mm とされた。

[0099] 図20の表は、実施例6-1乃至実施例6-4の結果、及び、比較例6-1の結果を示したものである。表中の○は、ウエハWに風車マークが形成されていなかったことを示している。また×は、風車マークが形成されていたこと、××は風車マーク及び風車マークの外側に乱流に曝されたことによる筋が形成されていたことを示している。この表に示すように、実施例6-1では 2200rpm まで、実施例6-2では 2200rpm まで、実施例6-3では 2300rpm まで、実施例6-4では 2600rpm まで、夫々風車マークの形成が抑えられ、良好な成膜処理が行われた。また、実施例6-1では 2500rpm まで、実施例6-2では 2500rpm まで、実施例6-3では 2800rpm まで、実施例6-4では 2900rpm まで、ウエハW上において乱流の形成が抑えられていることが分かる。それに対して、比較例6-1では、 1800rpm までしか風車マークの形成が抑えられず、 2400rpm 以上の回転数で乱流が発生したことが分かる。以上から、HeガスをウエハWに供給することで、層流の形成領域が広げられ、ウエハW表面における遷移流及び乱流の形成が抑制される、ということが分かる。

[0100] 続いて、本発明の効果を確認するために、比較例7-1、実施例7-1乃至実施例7-3の成膜が行われた。図21Aは、これら比較例7-1、実施例7-1乃至実施例7-3で使用されたガスノズル101の構成について示している。図中102は、下面が開口している扁平な円筒形状に構成されたガス供給ヘッドである。そして、ガス供給ヘッド102の開口部を塞ぐように、例えば多孔質のセラミックスによって構成されたガス供給板103が設けられている。図21Bに示すように、ガス供給板103は円形であり、その直径は 50mm である。図中104は、ガス供給ヘッド102及びガス供給板103に

より囲まれる通気室であり、ガス供給ヘッド102の上部中央に接続されたガス供給管54に連通している。ガス供給管54から通気室104に供給されるHeガスは、ガス供給板103に設けられた孔を通過して、図中に矢印で示すように、ガス供給板103の下面全体から下方に向けてシャワー状に吐出される。

[0101] 続いて、比較例7-1として、図22Aに示すように、ガスノズル51に代えてガスノズル101が用いられ、実施例6-1乃至実施例6-4と同様の手順に従って、レジストの乾燥工程において夫々回転数を変化させたウエハWに対して、Heガスを供給しながらレジスト膜の成膜が行われた。ただし、比較例7-1においては、HeガスをウエハWに供給する際、ガスノズル101は、図中にh3で示されたその下端とウエハW表面との距離が25mmになる高さ位置に設けられた。なお、当該高さ位置において、ガスノズル101のガス供給板103は、ウエハWに対して平行であり、ウエハWの中心部を覆っている。また、Heガスの流量は、10L/minに設定された。

[0102] 続いて、実施例7-1として、Heガスの流量が30L/minにされた他は比較例7-1と同様の手順及び同様の処理条件で、各ウエハWに異なる回転数で成膜処理が行われた。

[0103] また、実施例7-2として、図22Bに示すように、ガスノズル101の代わりにガスノズル95が用いられ、当該ガスノズル95からHeガスが供給されながら、実施例7-1と同様に各ウエハW毎にそのレジストの乾燥工程における回転数を変化させてレジスト膜の成膜が行われた。このガスノズル95は、実施例6-1乃至実施例6-4で用いられたガスノズル51と略同様に構成されているが、その長さはガスノズル51よりも短く、100mmであった。また、ガスノズル95は、Heガスを供給する際にはウエハWの径方向に沿うように設けられるが、図22Bに示すように、ウエハWの中心部及び端部をカバーしておらず、ウエハWの中心部にはダウンフローされた空気が供給されるようになっている。また、図中h4で示されたウエハW表面からHeガスを供給する際のガスノズル95の下端までの高さは、2mmに設定され、Heガスの流量は30L/minに設定された。

[0104] さらに、実施例7-3として、図22Cに示されるように、ガスノズル101及びガスノズル95から夫々Heガスを供給しながら、各ウエハW毎にレジストの乾燥工程における

回転数を変化させて、レジスト膜の成膜を行った。この実施例7-3においては、ウエハWにHeガスを供給する際のガスノズル101及びガスノズル95の位置が、夫々、実施例7-1及び実施例7-2と同様に設定された。また、ガスノズル101からのHeガスの流量、ガスノズル95からのHeガスの流量は、夫々、10L/min、30L/minに設定された。

[0105] 比較例7-1、及び、実施例7-1乃至実施例7-3の結果が、表として図23に示されている。表中の○、×、××の各記号は、図20にて用いられた各記号と同一の意味を表している。図23の表に示すように、実施例7-1では2200rpmまで、実施例7-2では2200rpmまで、実施例7-3では2400rpmまで、夫々風車マークの形成が抑えられ、良好な成膜処理が行われた。また、比較例7-1については、比較例6-1と同じデータを示しており、このことから、 $h3=25\text{mm}$ でHe流量が10L/minの場合においては、実質的にHeを流す効果がないということが判る。

[0106] また、実施例7-2の結果から、Heガスは、既述の実施例6-1乃至実施例6-4のようにウエハWの中心部に供給されなくても、風車マークの発生を抑えるということが分かる。すなわち、ウエハWの中心の上方空間に層流が形成されており、かつ、ウエハ表面が雰囲気ガス(例えば空気)で満たされていてHeが無い状態において、遷移流が発生する場所より上流側(ウエハの中心寄り)の位置からHeを流せば、風車マークの発生を抑制することが出来るものと考えられる。

[0107] また、既述の比較例4-1及び比較例4-2のウエハWの表面においては、図18Cに示すように、風車マークが形成されてレジストの膜厚が不均一となった。これは、フィルタ61からダウンフローされた空気をもカバー91に遮られてしまって、ウエハWの中心上方空間に層流が供給されなかったためと考えられる。

[0108] さらに、実施例7-3のように、ガスノズル95とノズル101とからHeガスが夫々ウエハWの異なる位置、この例では中心部と中心部よりも外側の領域と、に供給されるように構成された場合には、Heガスを供給するガスノズル95及びノズル101からウエハWまでの距離や、各ノズルから供給されるガス流量について、これらのパラメータを夫々独立して調整することができる。このため、レジストの膜厚の均一性を、より一層向上させることができる。従って、ウエハWの中心部において実施例4-1乃至実施例4-

3でみられたようなHeガスの吐出跡93が形成されることを抑えることができる。なお、実施例7-2から明らかなように、ガスノズル101からは、Heガスに代えて空気を吐出するようにしてもよい。

[0109] 続いて、実施例6-3及び実施例7-3において各々同一の回転数(2200rpm)で処理されたウエハWを選択し、これらのウエハWのレジストの膜厚を測定した。図24は、各ウエハについての中心からの位置と、当該位置におけるレジストの膜厚と、の関係を示したグラフである。このグラフに示すように、実施例7-3において処理されたウエハWの方が、レジスト膜の膜厚の均一性は高かった。

[0110] なお、上述の各実施例及び各比較例において示されたHeガスの流量は、空気及びN₂ガスの流量を測定するための簡易フローメータにより測定されたものである。従って、Heガスの実際の流量は、各々示された流量の1.4倍程度に大きいものと考えられる。

請求の範囲

- [1] 基板を水平に保持する基板保持部と、
基板保持部に水平に保持された基板の中心部に薬液を供給する薬液ノズルと、
遠心力により基板の表面に薬液を広げて塗布するため、基板保持部を回転させる
回転機構と、
基板保持部に水平に保持された基板の表面に、雰囲気ガスのダウンフローを形成
する気流形成手段と、
基板の周囲の雰囲気を排気する排気手段と、
雰囲気ガスよりも動粘性係数の大きい層流形成用ガスを基板の表面に供給するガ
スノズルと、
を備え、
前記雰囲気ガスあるいは前記層流形成用ガスは、基板の中心部に供給されるよう
になっている
ことを特徴とする塗布装置。
- [2] 前記ガスノズルは、基板の中心部の上方から基板の径方向に沿って開口するガス
吐出口を有している
ことを特徴とする請求項1に記載の塗布装置。
- [3] 前記ガスノズルは、基板の中心部の上方から基板の径方向に沿って配列された多
数の孔からなるガス吐出口を有している
ことを特徴とする請求項1に記載の塗布装置。
- [4] 前記ガスノズルは、多孔質体を有している
ことを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載の塗布装置。
- [5] 前記ガスノズルは、基板の周縁により近い領域において、吐出流量がより大きくなっ
ている
ことを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載の塗布装置。
- [6] 前記ガスノズルは、基板の中心部と当該中心部から離れている領域との両方に、層
流形成用のガスを供給するように構成されている
ことを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の塗布装置。

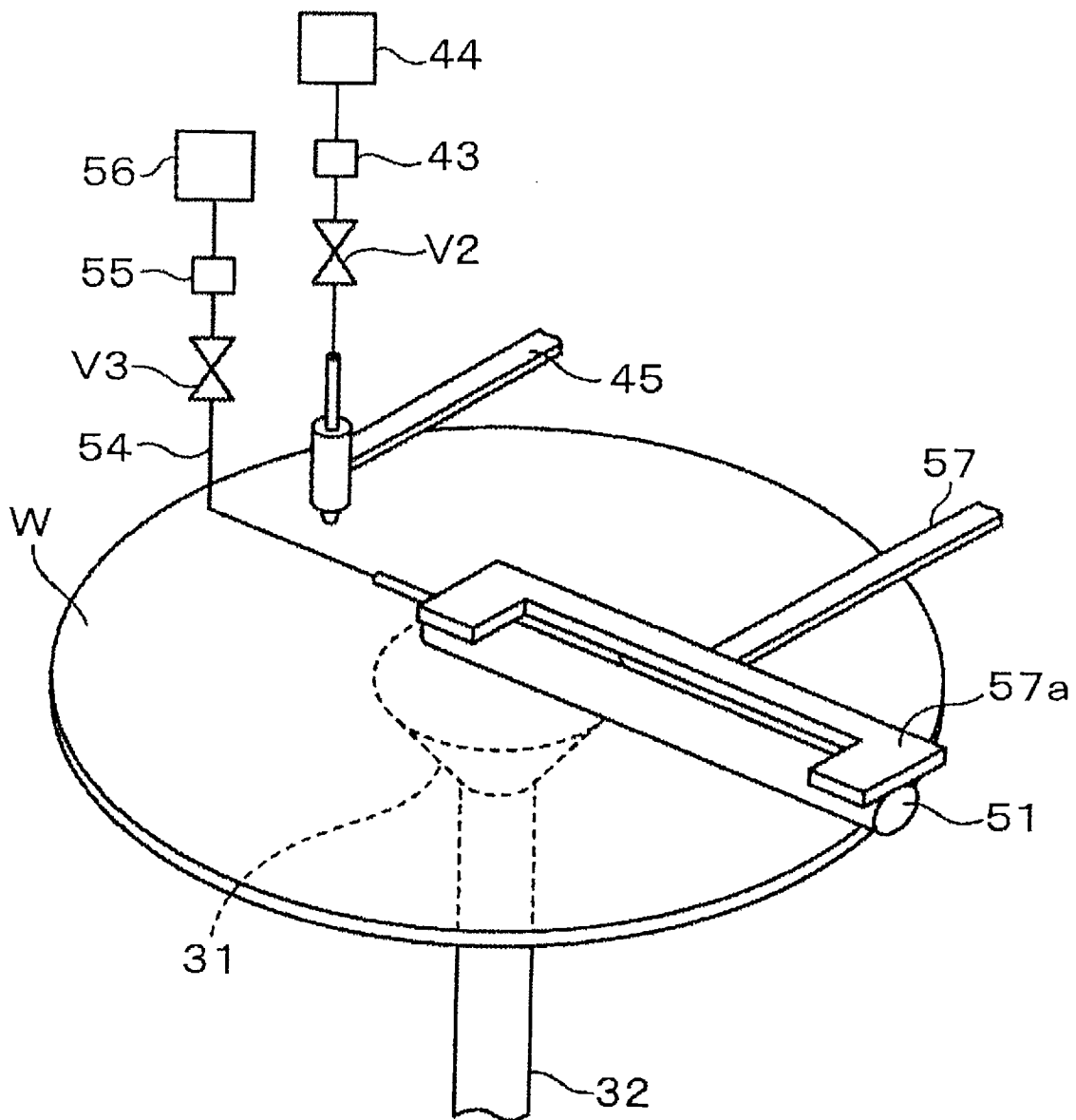
- [7] 前記ガスノズルは、基板の中心部から離れている領域に層流形成用のガスを供給するように構成されており、
基板の中心部は、雰囲気ガスのダウンフローに曝されるように構成されていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の塗布装置。
- [8] 前記ガスノズルとは別個に、基板の中心部に層流形成用のガスまたは雰囲気ガスを供給するための第2ガスノズルが設けられていることを特徴とする請求項1乃至5のいずれかに記載の塗布装置。
- [9] 基板を基板保持部に水平に保持させる工程と、
基板保持部に保持された基板の表面に雰囲気ガスのダウンフローを形成しながら基板の周囲の雰囲気を排気する工程と、
基板の中心部に薬液ノズルから薬液を供給し、基板保持部を回転させ、遠心力によって基板の表面に薬液を広げて塗布する塗布工程と、
前記塗布工程の後、基板を回転させている状態で、前記雰囲気ガスよりも動粘性係数の大きい層流形成用ガスをガスノズルから基板の表面に供給すると共に、基板の中心部に前記雰囲気ガスまたは前記層流形成用ガスを供給して、薬液を乾燥させる乾燥工程と、
を備えたことを特徴とする基板に対する薬液の塗布方法。
- [10] 層流形成用ガスを基板の表面に供給すると共に基板の中心部に前記雰囲気ガスまたは前記層流形成用ガスを供給するタイミングは、薬液を乾燥させるのに好適な回転数で基板が回転し始めた時点、あるいは、当該時点よりも前であることを特徴とする請求項9に記載の塗布方法。
- [11] 前記ガスノズルは、基板の中心部の上方から基板の径方向に沿って開口するガス吐出口を有していることを特徴とする請求項9または10に記載の塗布方法。
- [12] 前記ガスノズルは、基板の中心部の上方から基板の径方向に沿って配列された多数の孔からなるガス吐出口を有していることを特徴とする請求項9または10に記載の塗布方法。
- [13] 前記ガスノズルは、多孔質体を有している

ことを特徴とする請求項9乃至12のいずれかに記載の塗布方法。

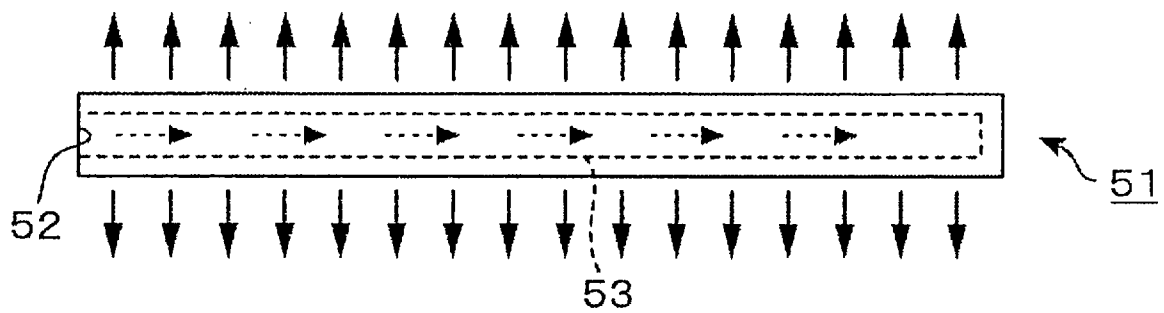
- [14] 前記ガスノズルは、基板の周縁により近い領域において、吐出流量がより大きくなっている

ことを特徴とする請求項9乃至13のいずれかに記載の塗布方法。

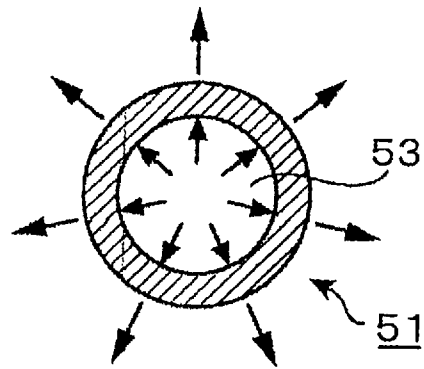
[図2]



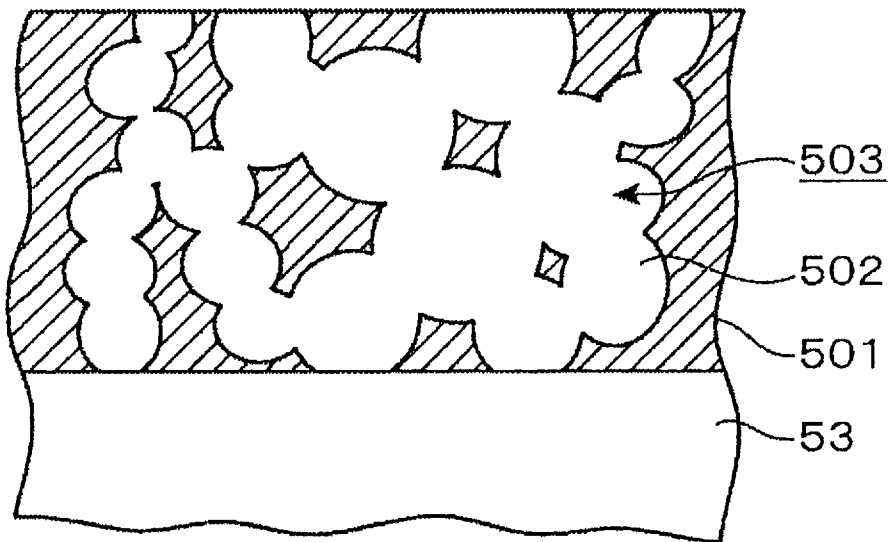
[図3A]



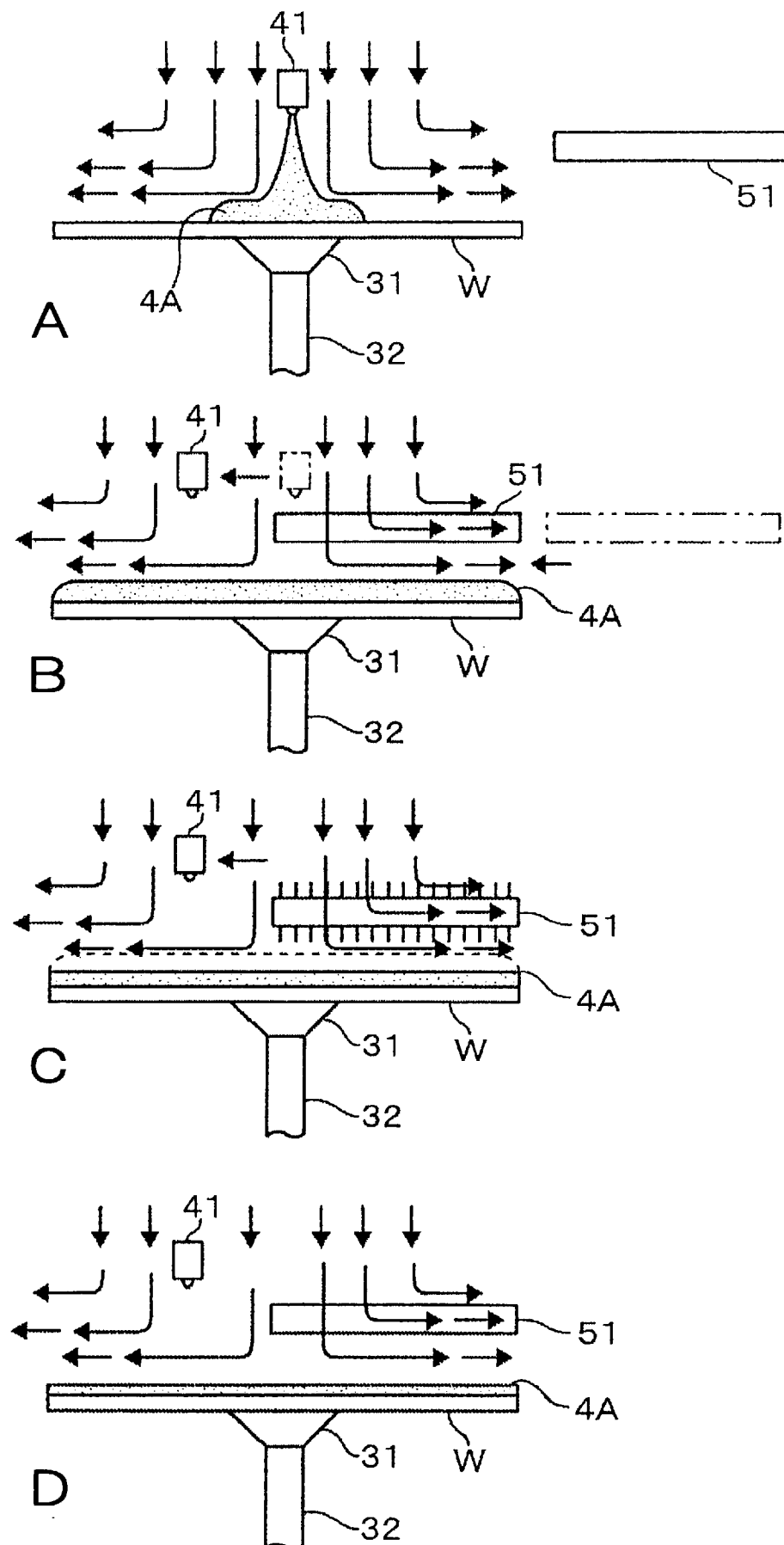
[図3B]



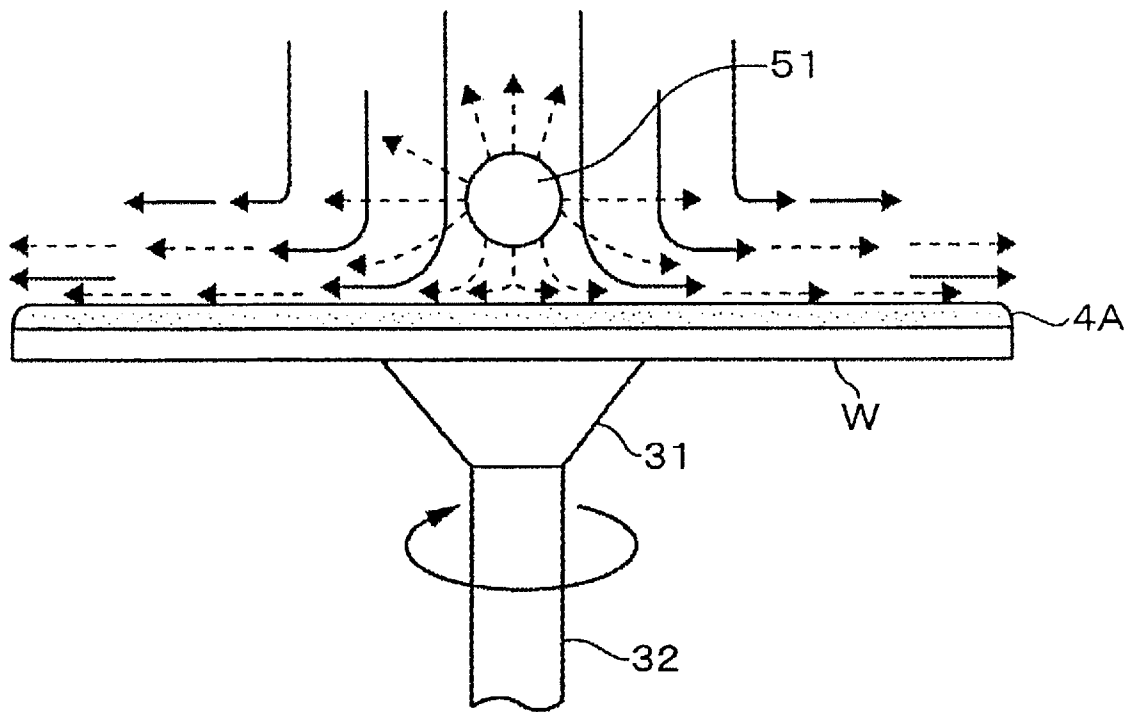
[図4]



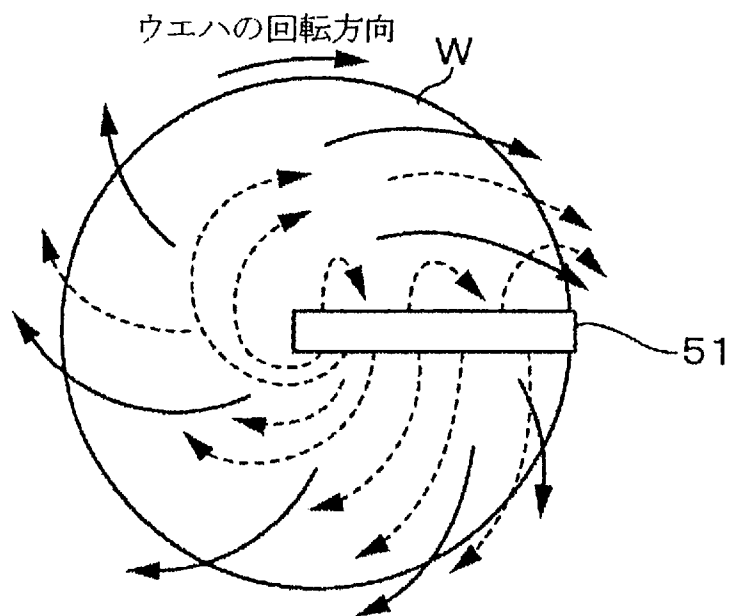
[図5]



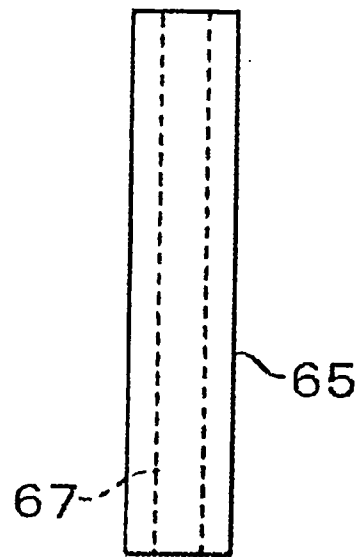
[図6A]



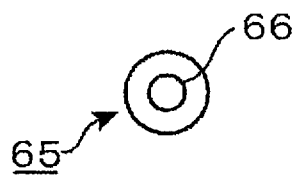
[図6B]



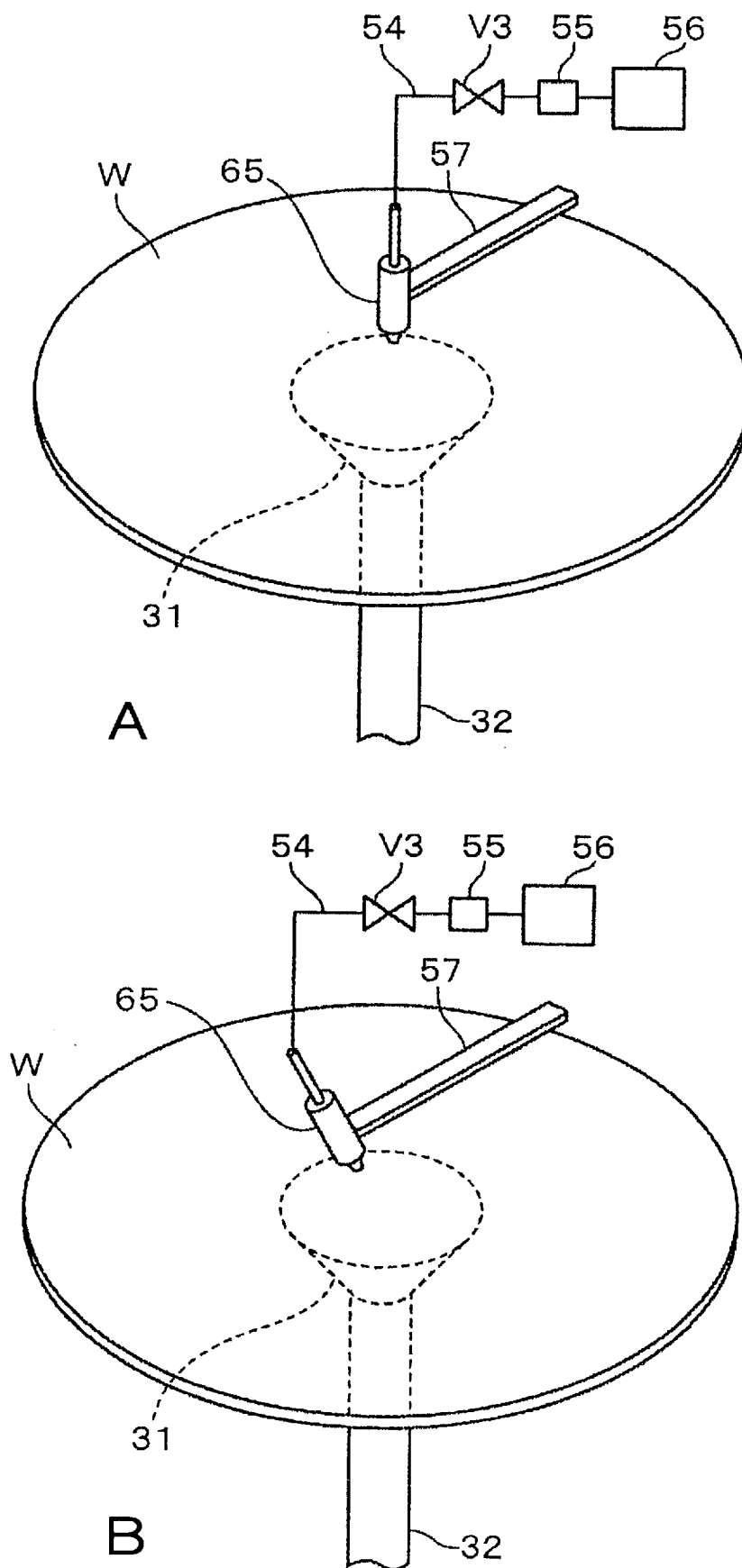
[図7A]



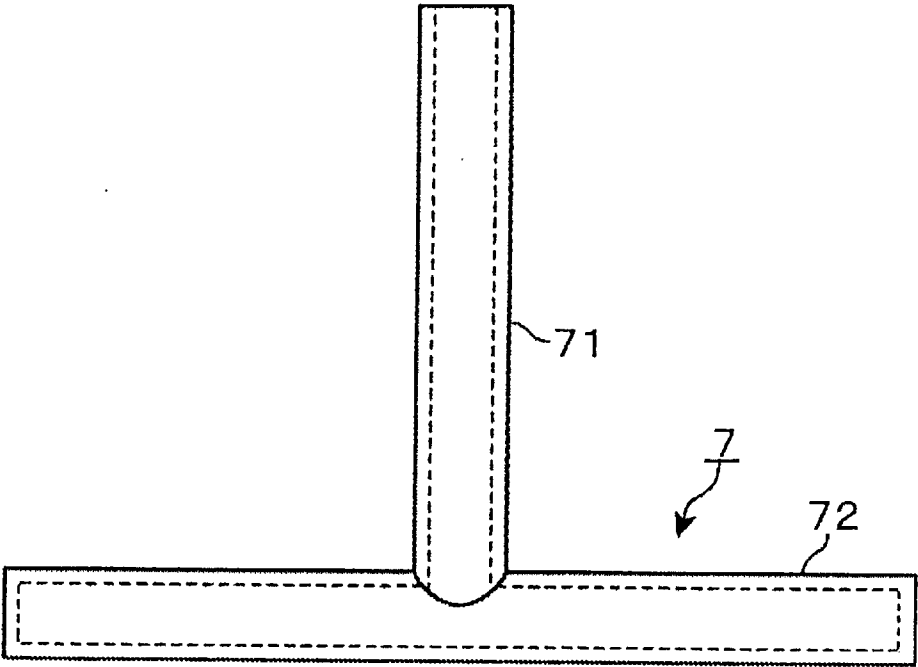
[図7B]



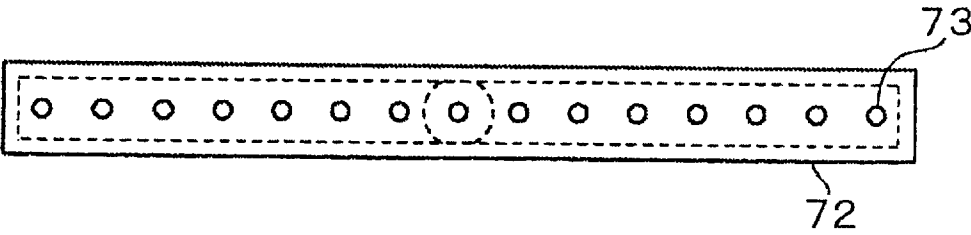
[図8]



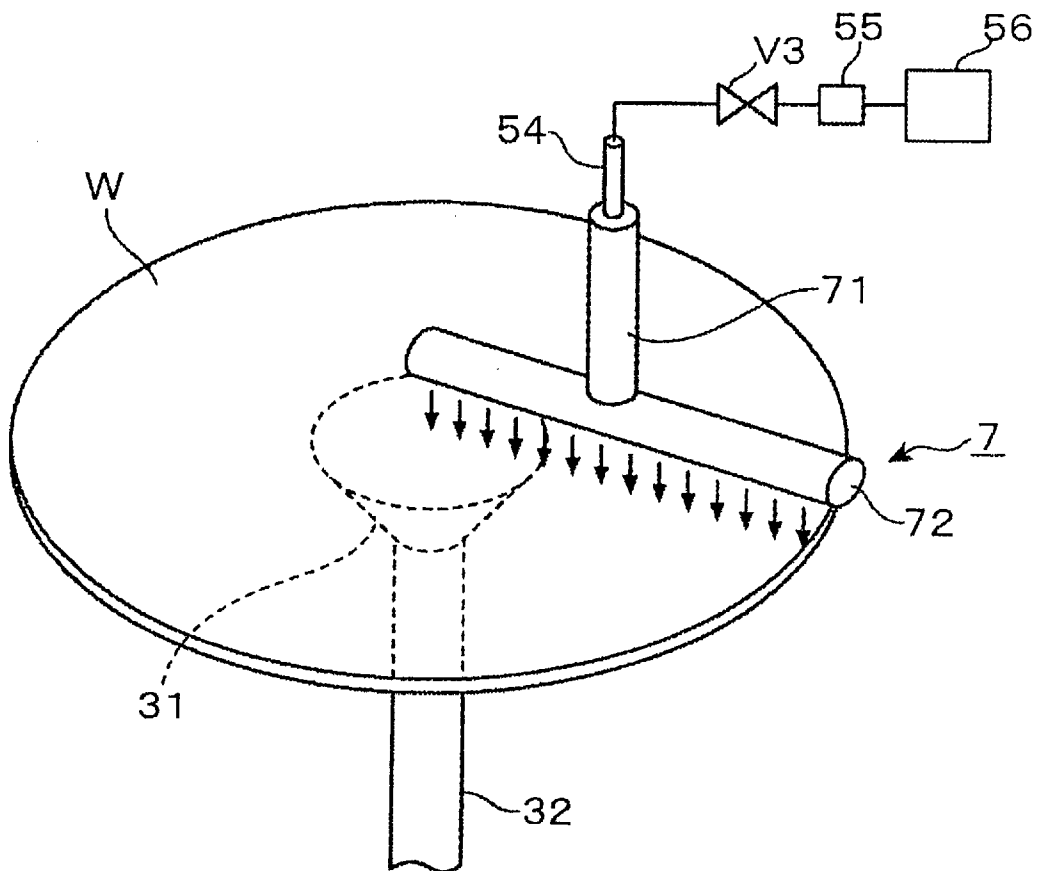
[図9A]



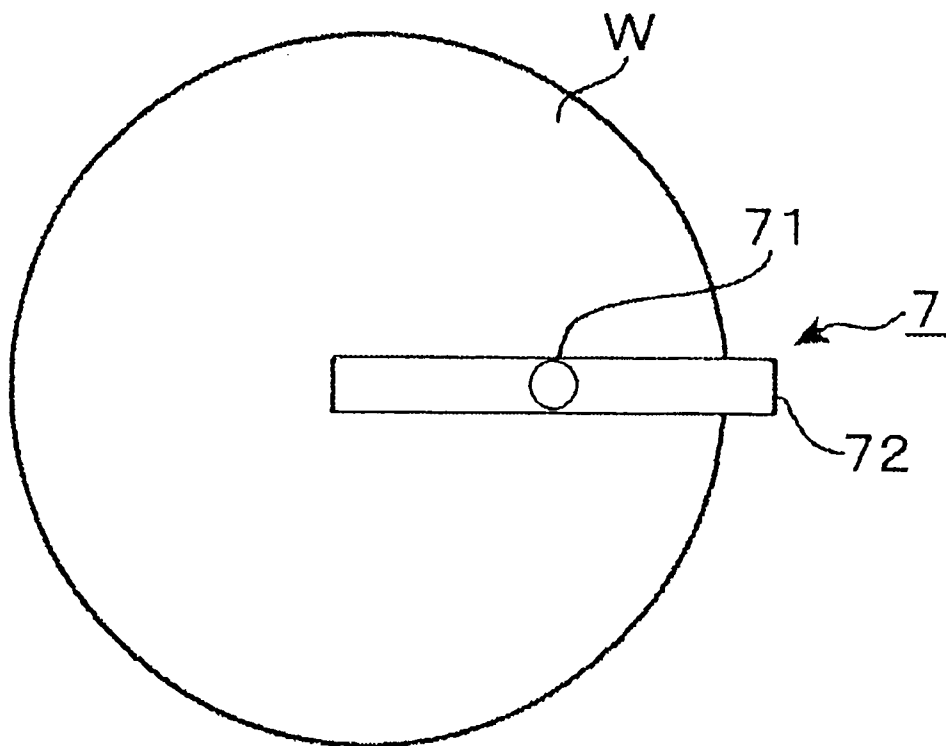
[図9B]



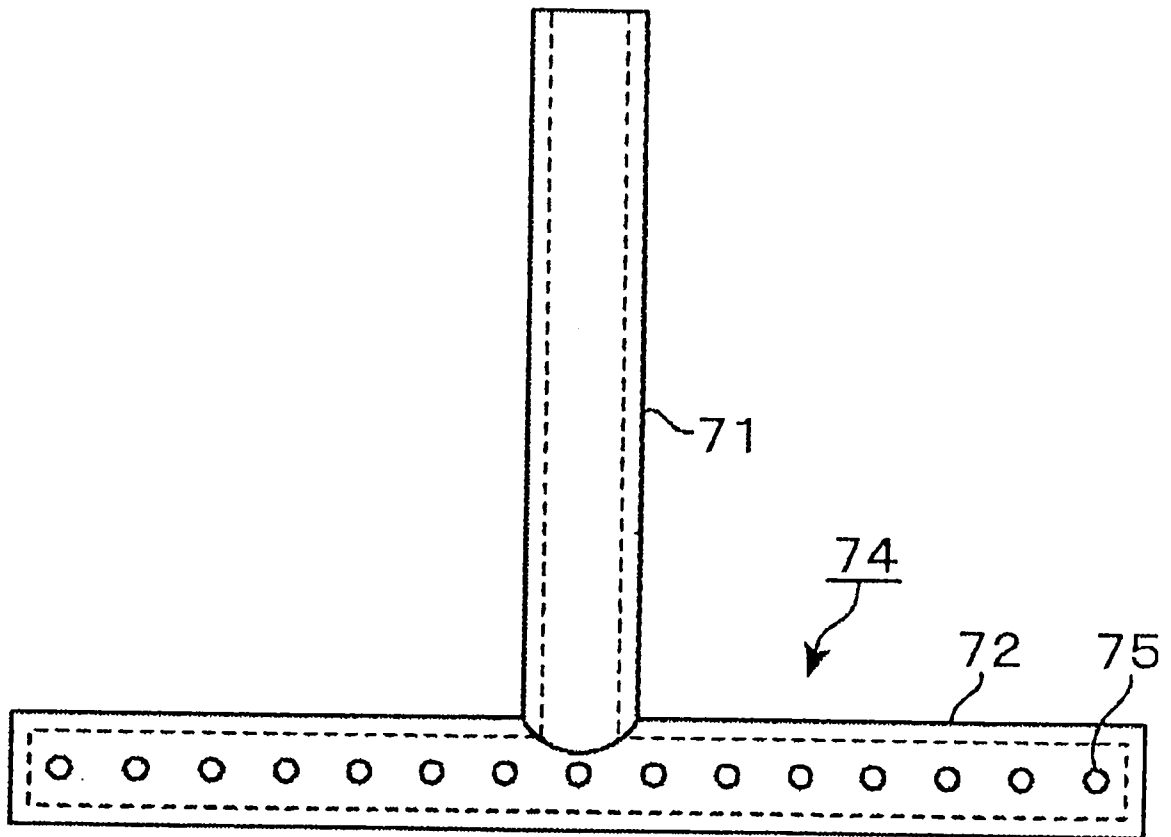
[図10A]



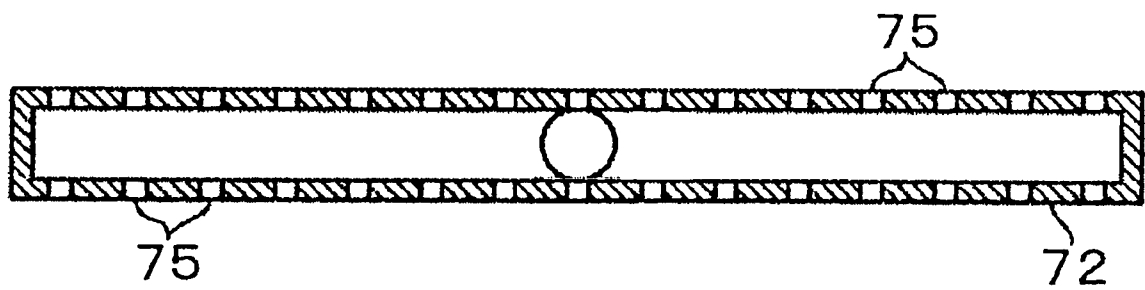
[図10B]



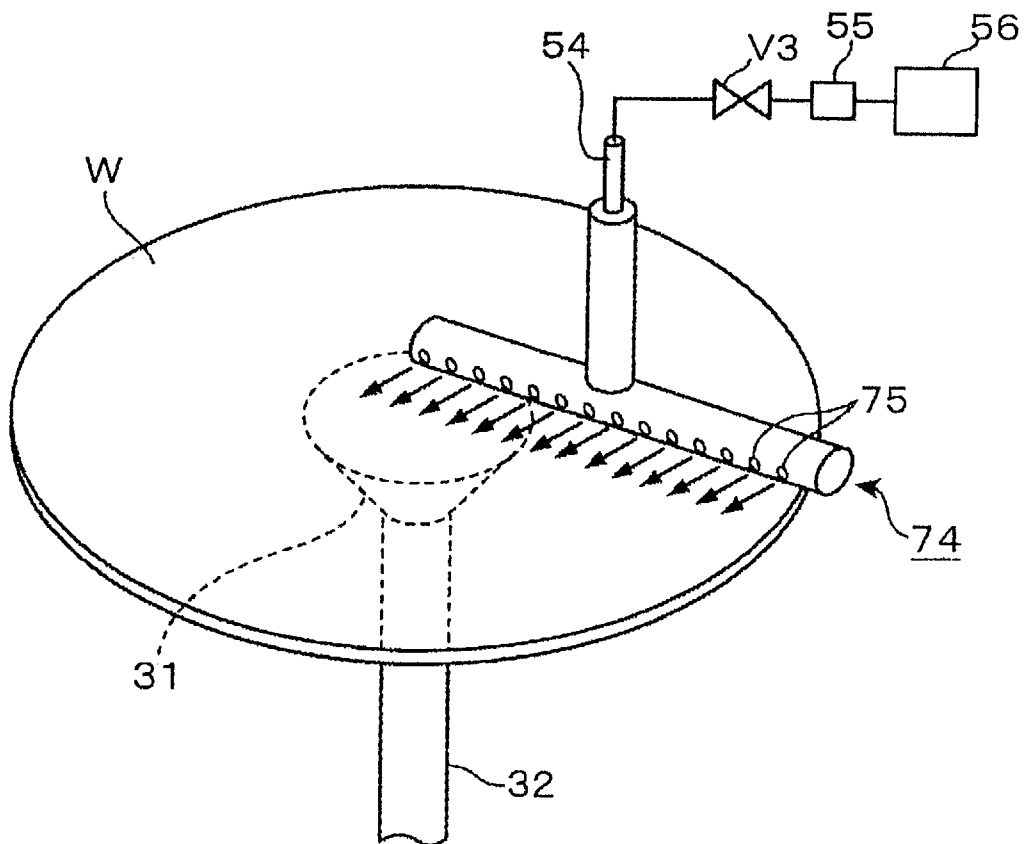
[図11A]



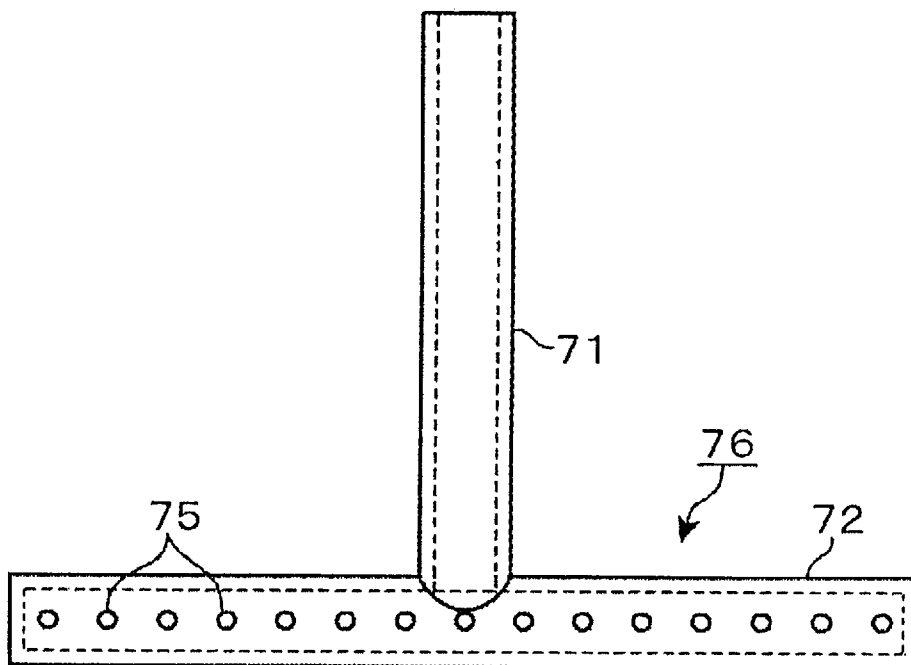
[図11B]



[図11C]



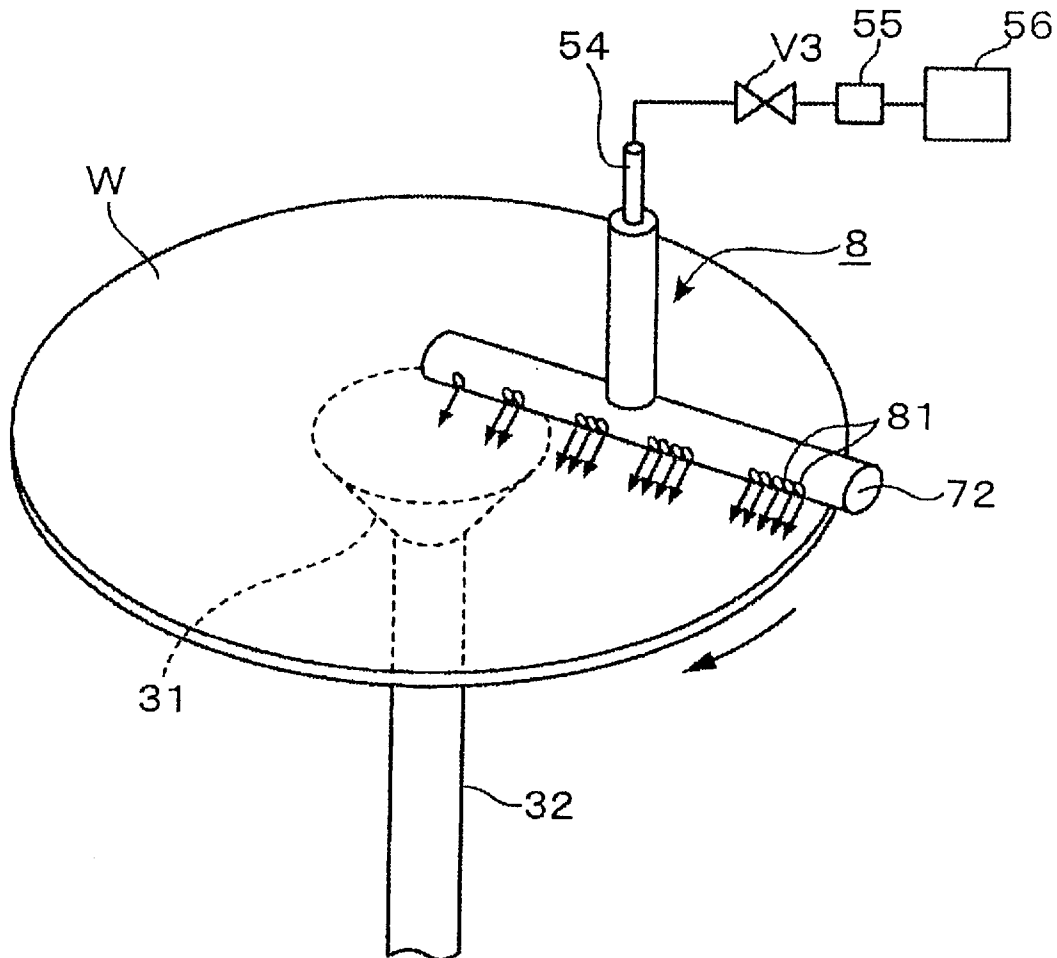
[図12A]



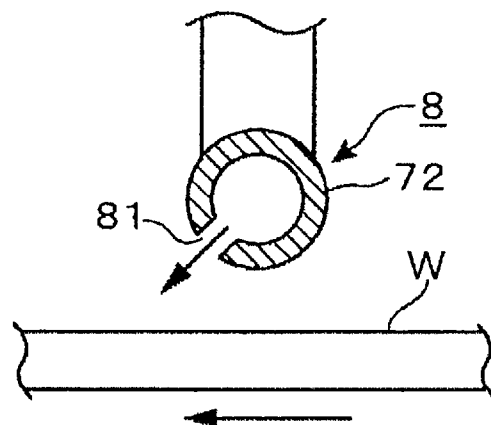
[図12B]



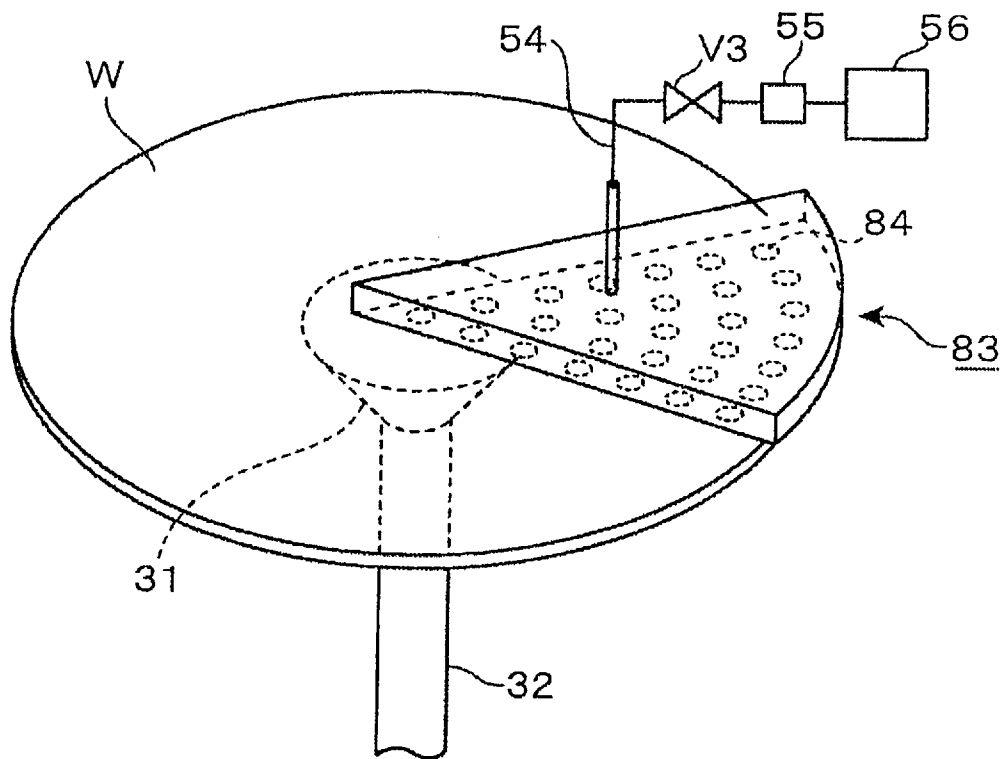
[図13A]



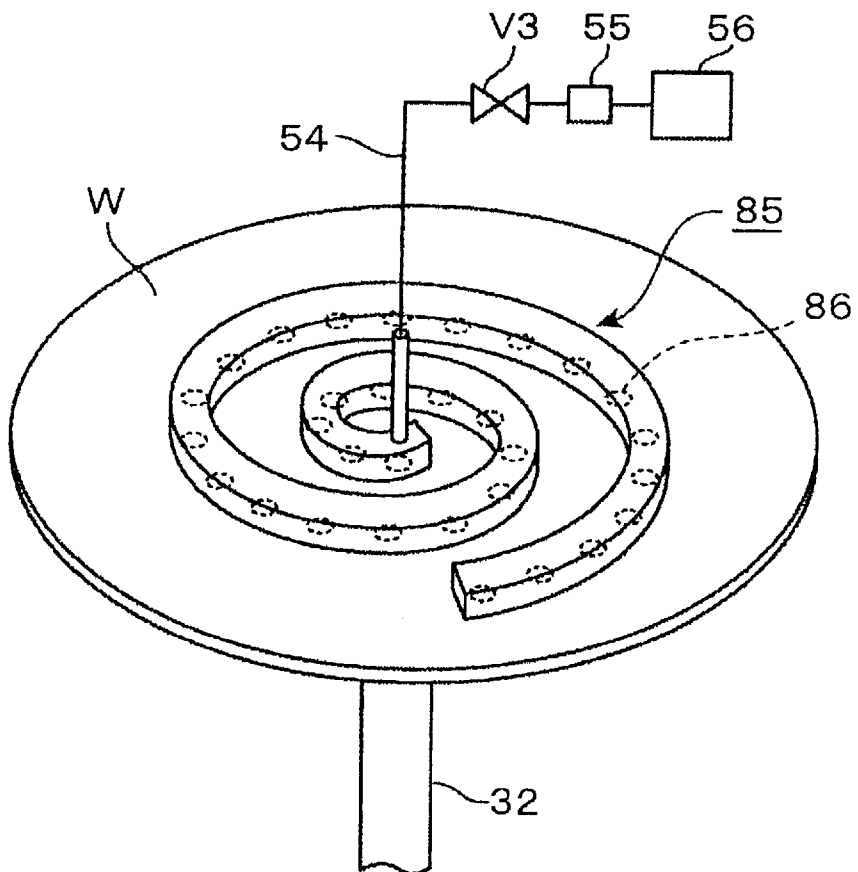
[図13B]



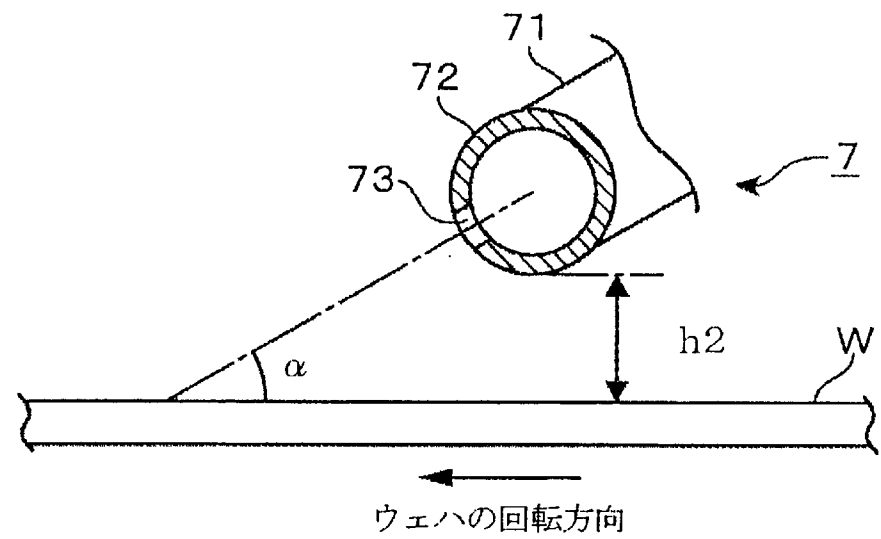
[図14A]



[図14B]



[図15]



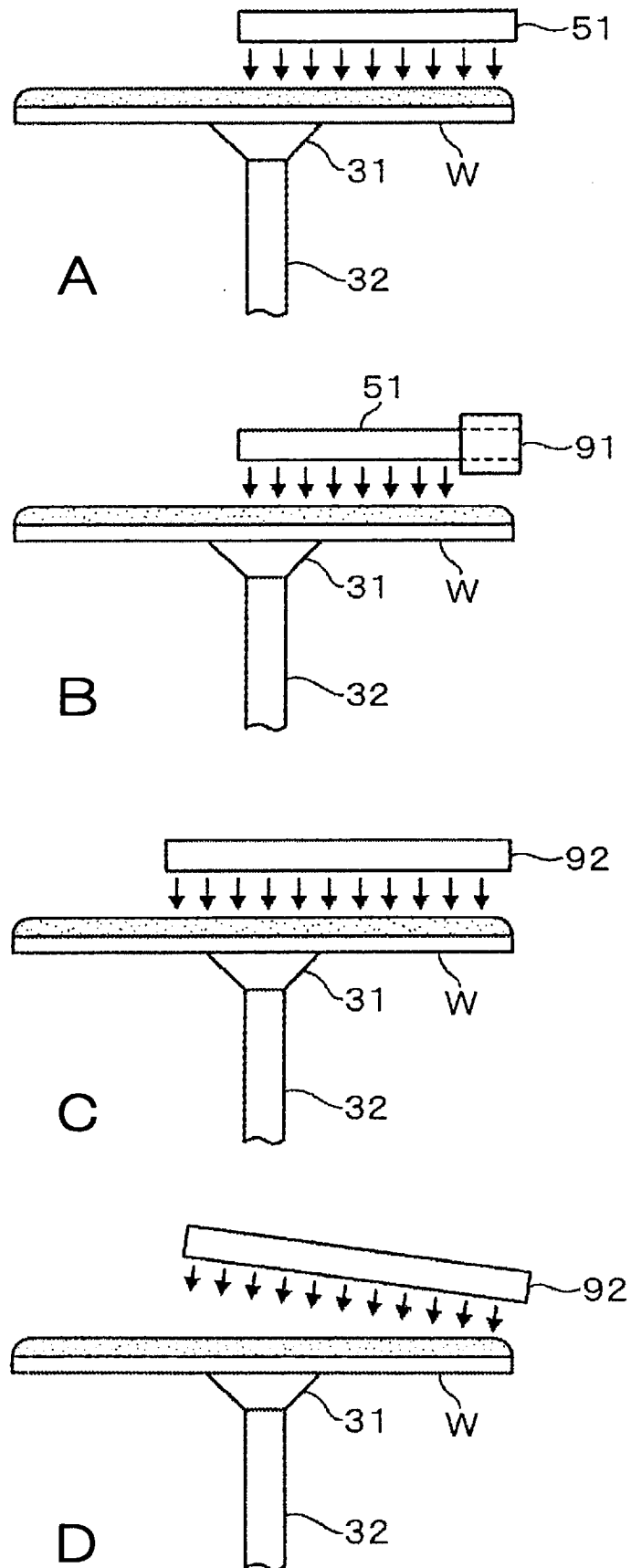
A

流量27L/min (カッコ書きのあるものを除く)

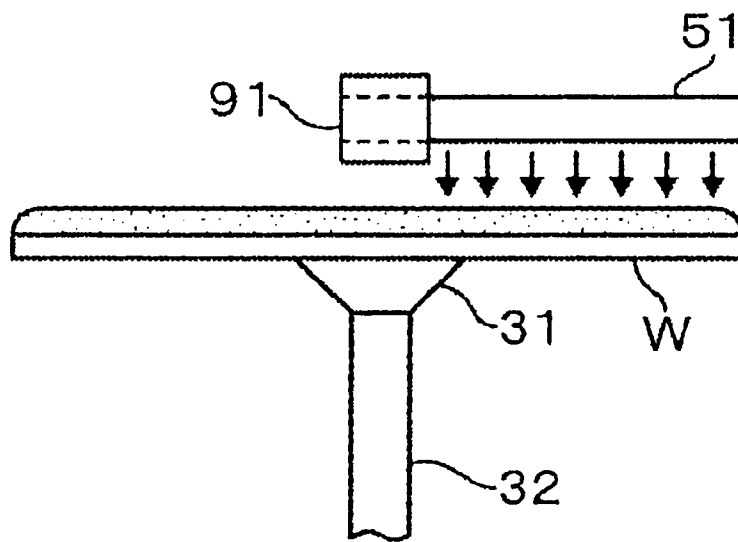
		噴射角度 α [°]					
		20	40	50	60	90	160
$h2$ [mm]	1		□	□ (19L/min)			
	2.5	○				□	
	5	○					
	8	▲			□ (30L/min)		▲
	20					○ (60L/min)	

B

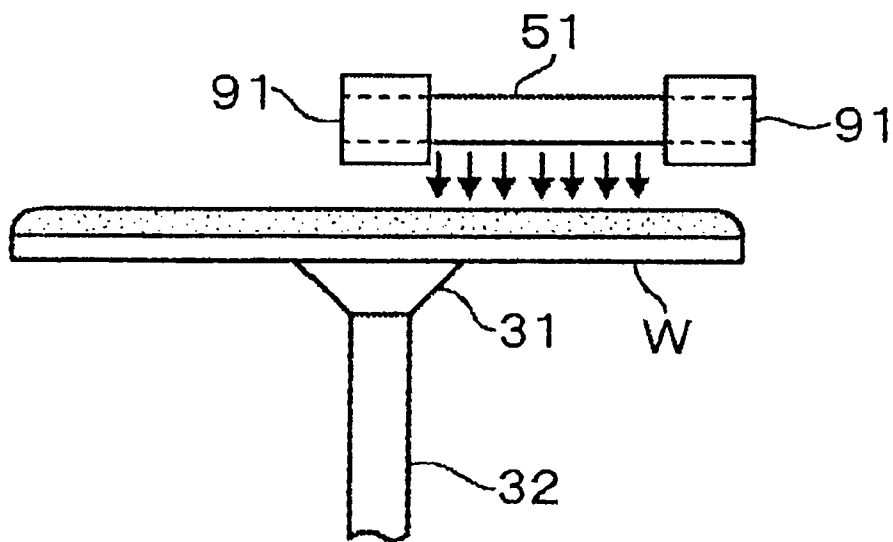
[図16]



[図17]

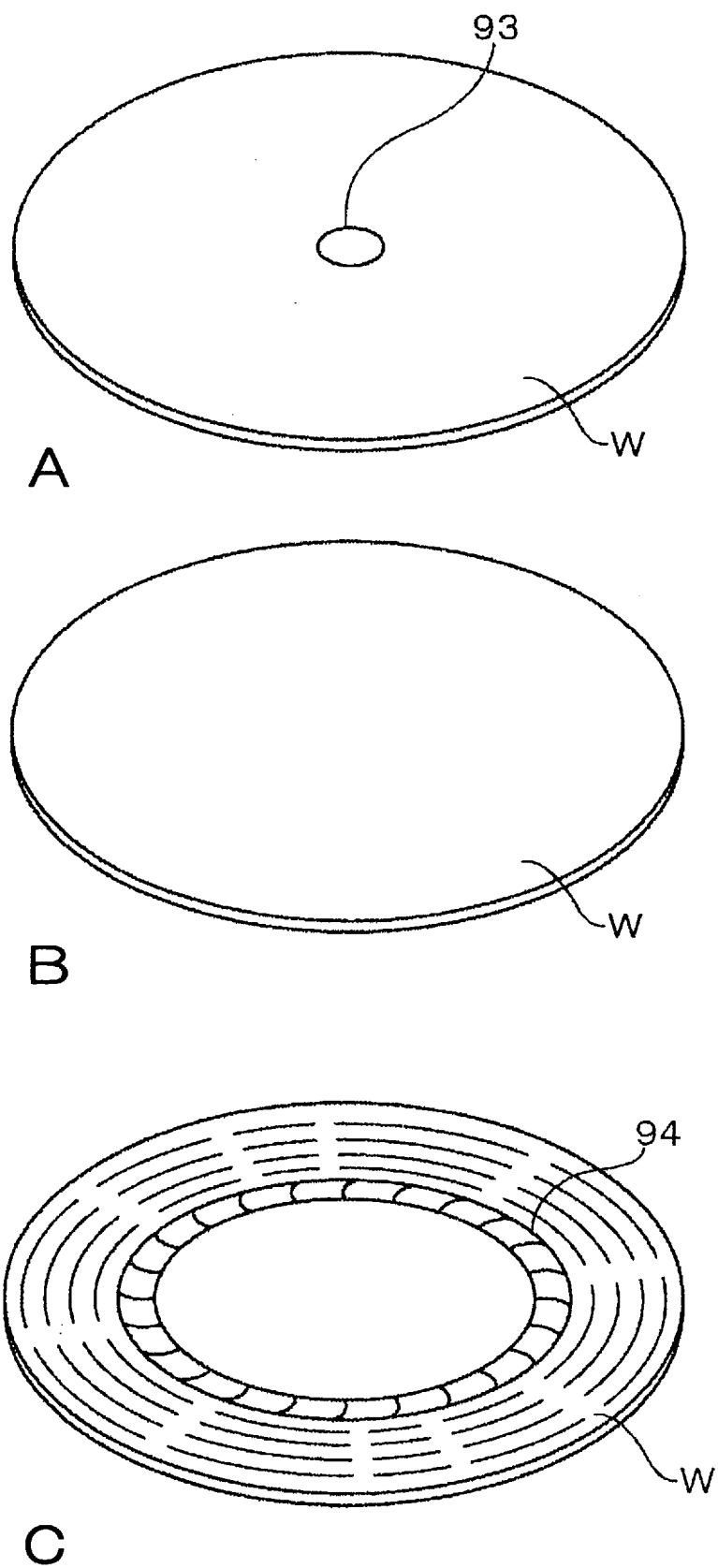


A

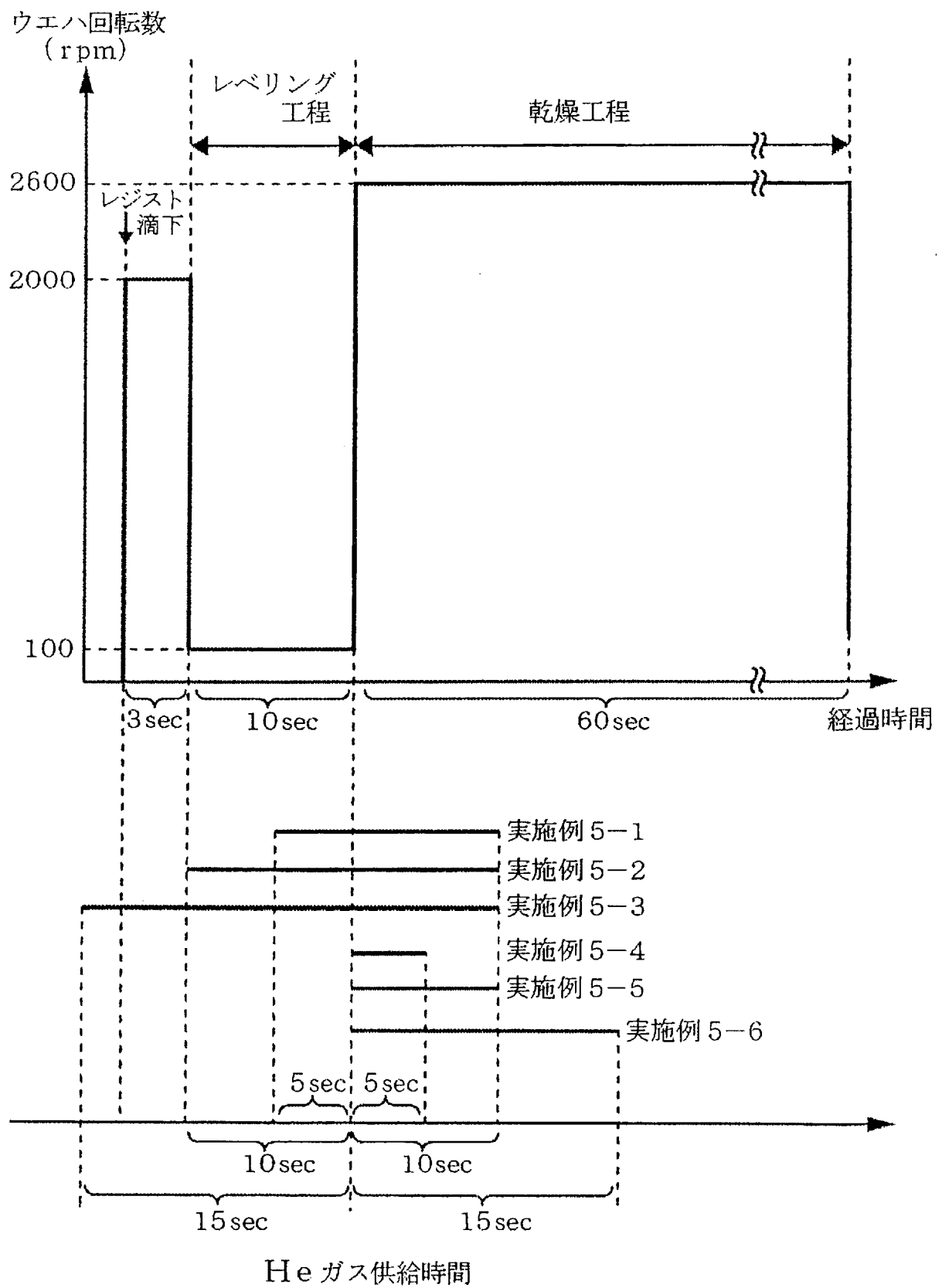


B

[図18]



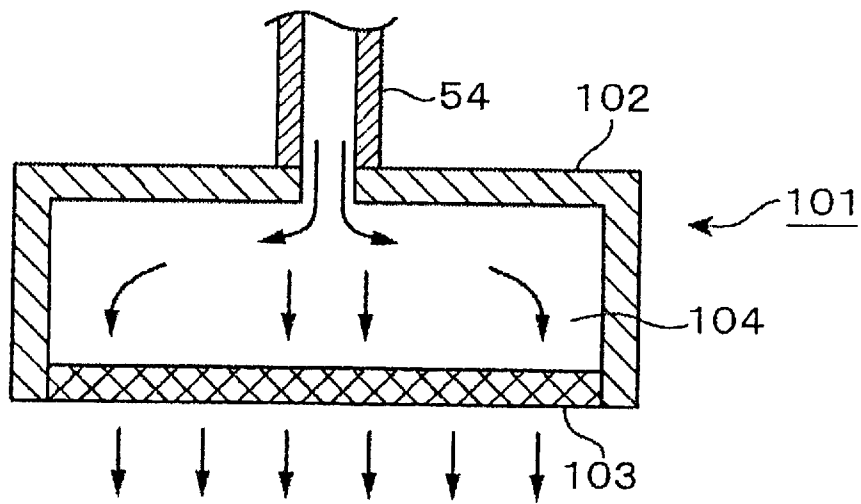
[図19]



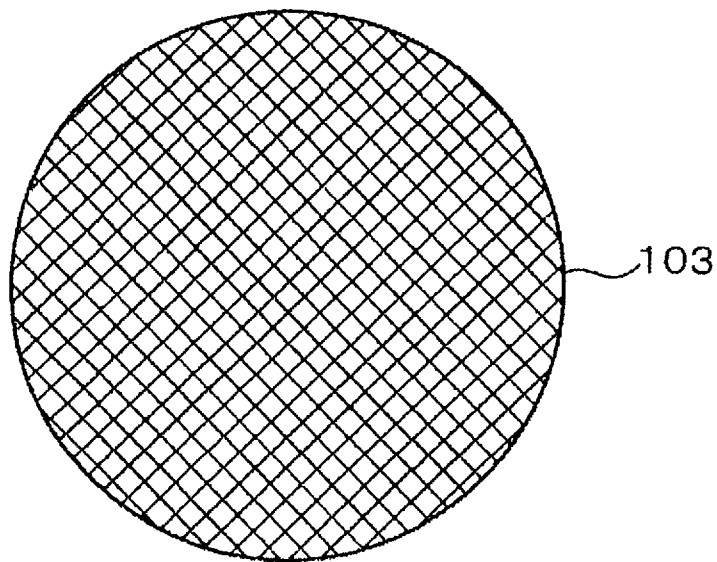
[図20]

	実施例 6-1	実施例 6-2	実施例 6-3	実施例 6-4	比較例 6-1
ウエハからの高さ h(mm)	5	5	2	2	5
He ガス流量 (L/min)	20	40	20	40	
回転数 (rpm)					
1600	○	○	○	○	○
1700	○	○	○	○	○
1800	○	○	○	○	○
1900	○	○	○	○	×
2000	○	○	○	○	×
2100	○	○	○	○	×
2200	○	○	○	○	×
2300	×	×	○	○	×
2400	×	×	×	○	×
2500	×	×	×	○	×
2600	×	×	×	○	×
2700	×	×	×	×	×
2800	×	×	×	×	×
2900	×	×	×	×	×
3000	×	×	×	×	×

[図21]

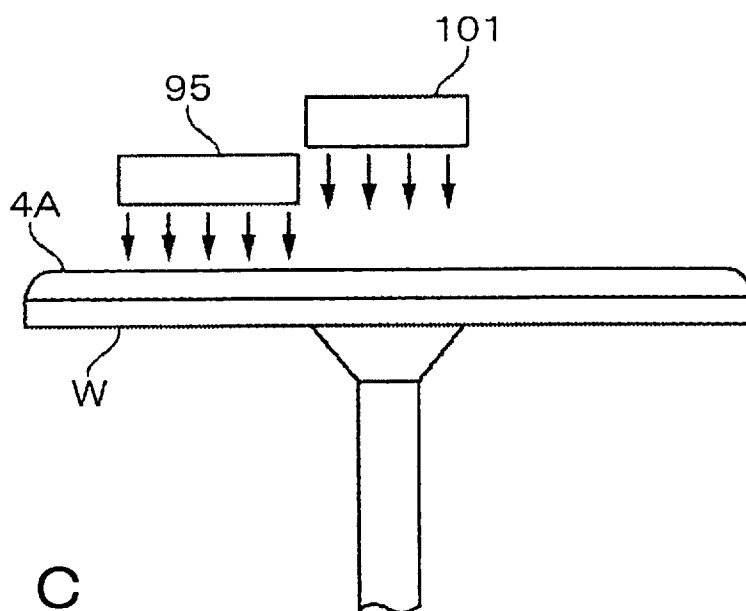
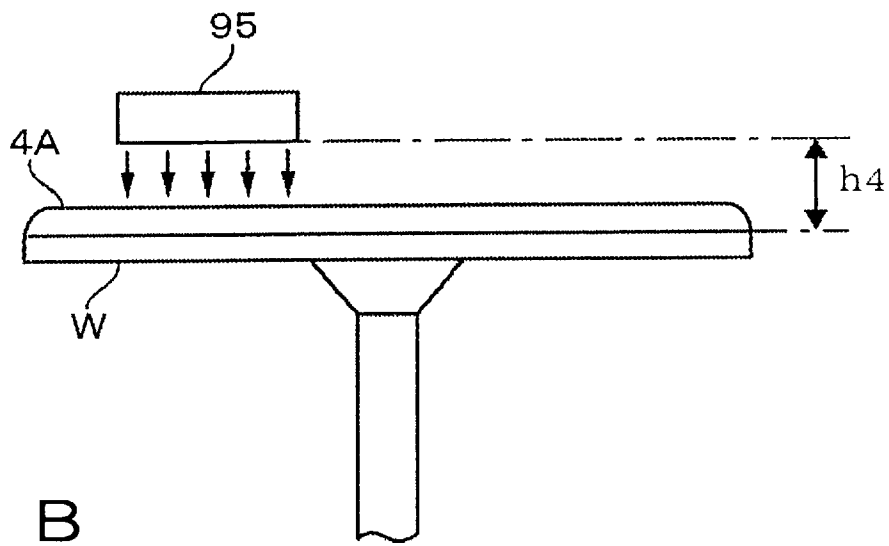
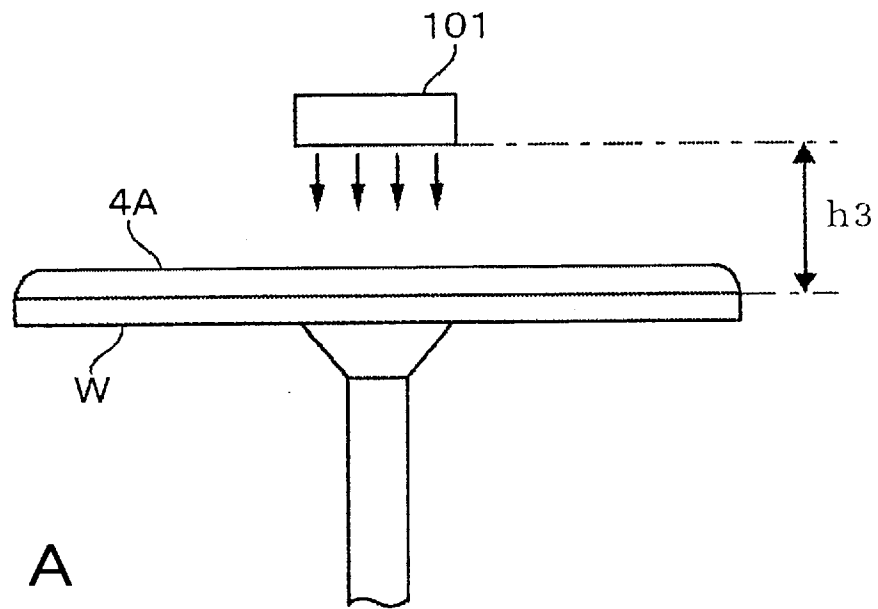


A



B

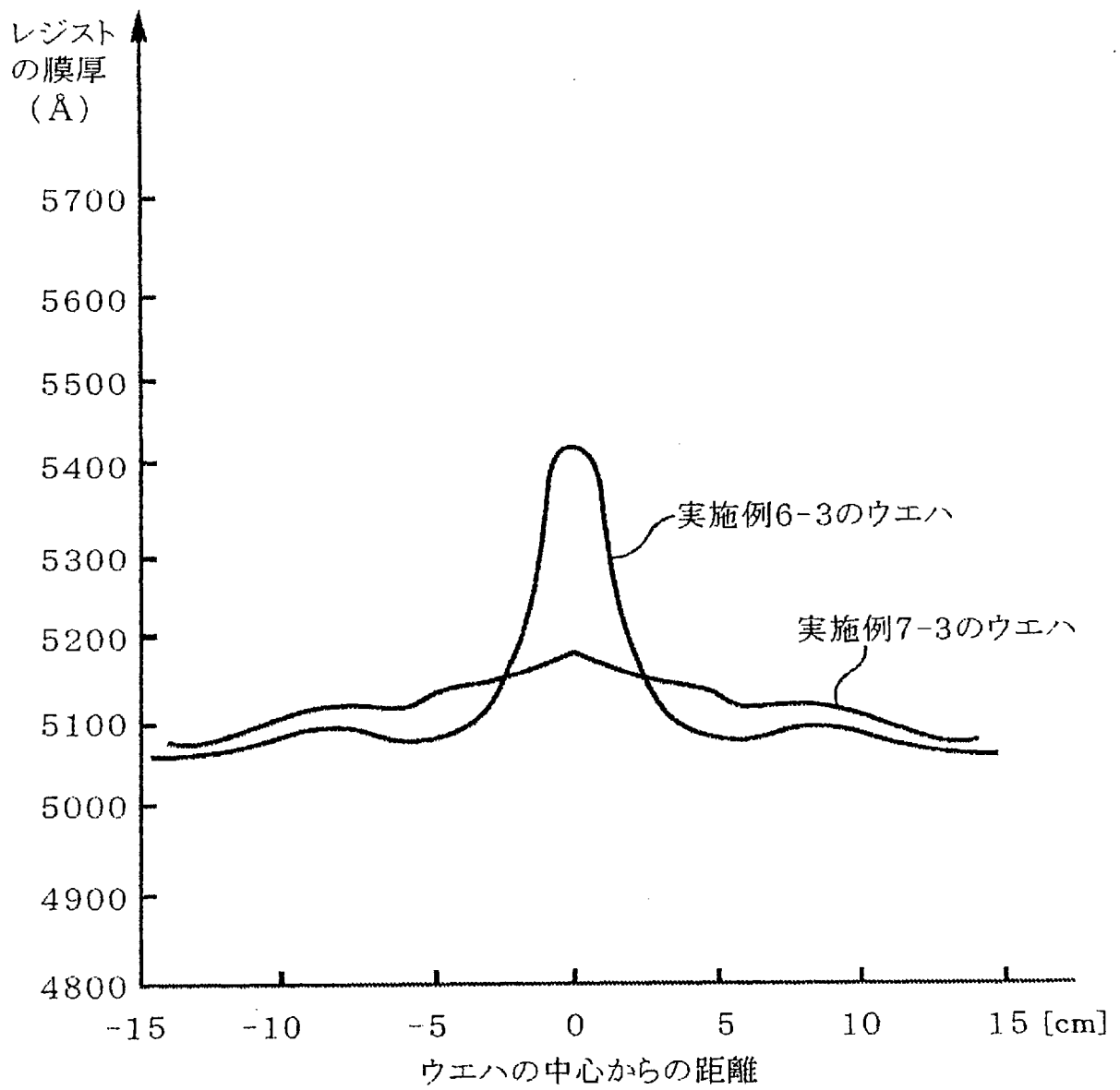
[図22]



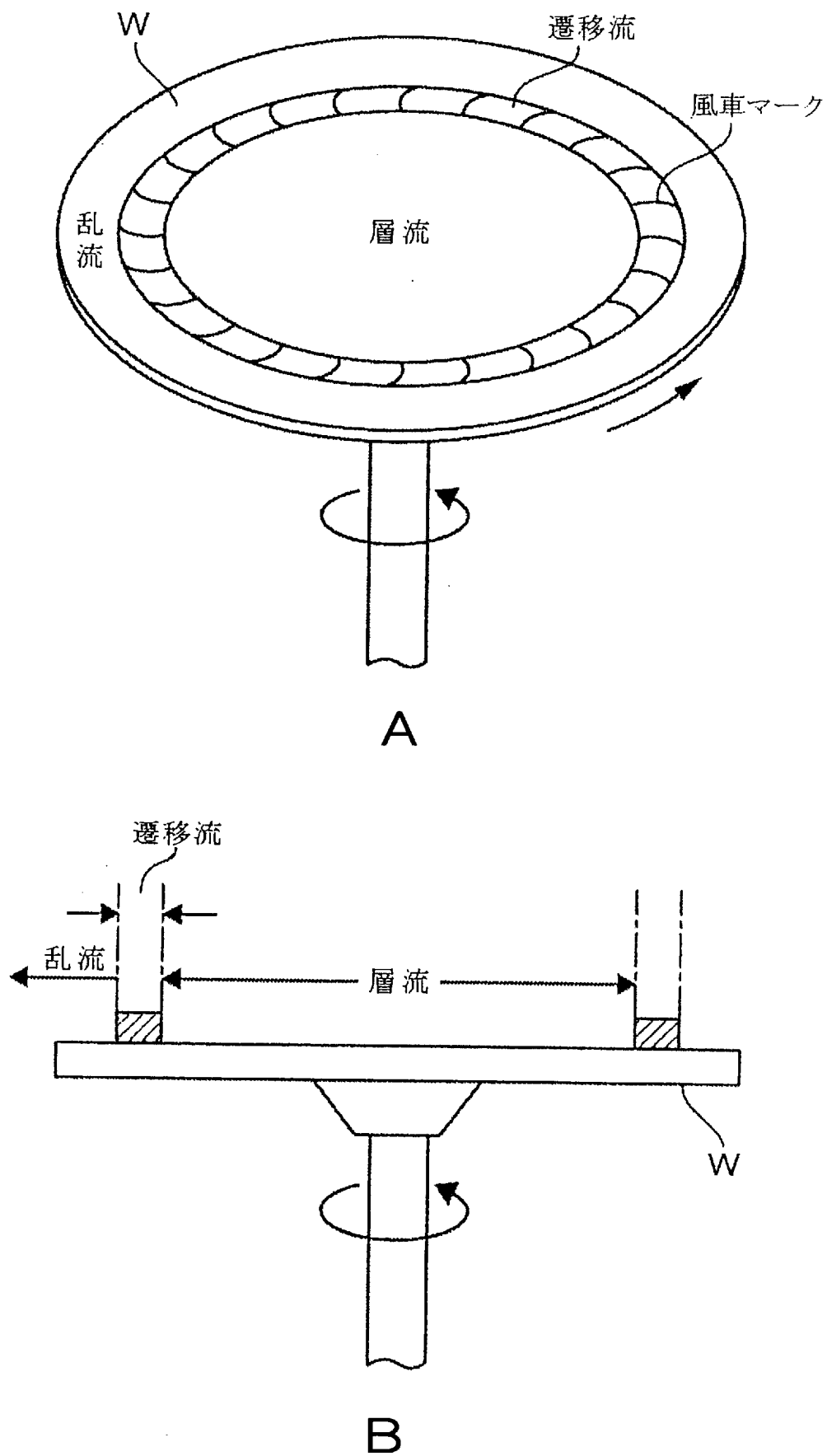
[図23]

	比較例 7-1	実施例 7-1	実施例 7-2	実施例 7-3
ガスノズル101のウエハからの高さh3(mm)	25	25		25
ガスノズル101からのHeガス流量(L/min)	10	30		10
ガスノズル95のウエハからの高さh4(mm)			2	2
ガスノズル95からのHeガス流量(L/min)			30	30
回転数(rpm)				
1600	○	○	○	○
1700	○	○	○	○
1800	○	○	○	○
1900	×	○	○	○
2000	×	○	○	○
2100	×	○	○	○
2200	×	○	○	○
2300	×	×	×	○
2400	×	×	×	○
2500	×	×	×	×
2600	×	×	×	×
2700	×	×	×	×
2800	×	×	×	×
2900	×	×	×	×
3000	×	×	×	×

[図24]

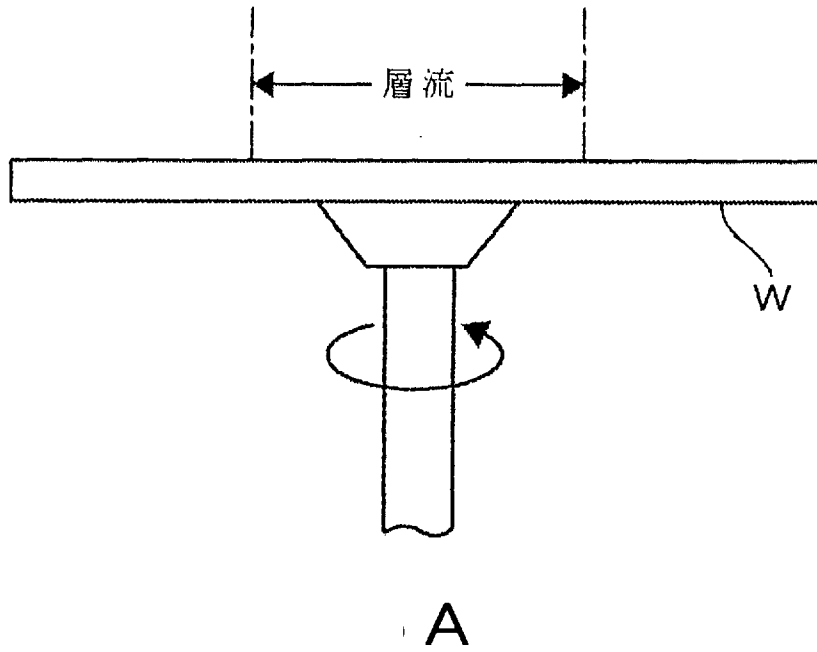


[図25]

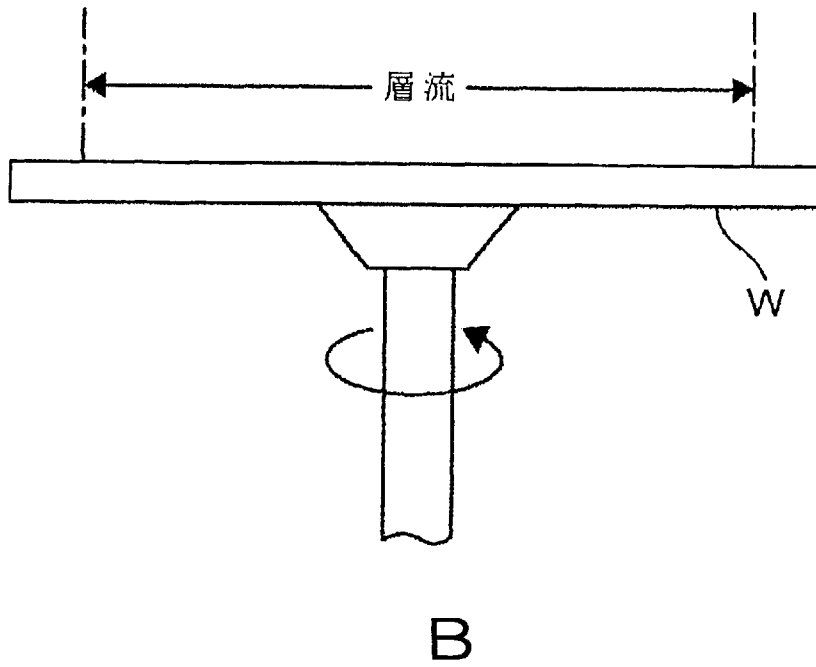


[図26]

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ が小さい}$$



$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \text{ が大きい}$$



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/325060

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01)i, B05C11/08(2006.01)i, B05C15/00(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)

H01L21/027, B05C11/08, B05C15/00

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	1996-2007
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2007	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2007

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 2005-093794 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 07 April, 2005 (07.04.05), Page 1 (Family: none)	1-14
A	JP 2002-118051 A (Tokyo Electron Ltd.), 19 April, 2002 (19.04.02), Page 1 & US 2002/0041935 A1	1-14
A	JP 2005-000726 A (Sharp Corp.), 06 January, 2005 (06.01.05), Page 1 (Family: none)	1-14



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
07 March, 2007 (07.03.07)

Date of mailing of the international search report
20 March, 2007 (20.03.07)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/325060

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 2004-128214 A (Sharp Corp.), 22 April, 2004 (22.04.04), Page 1 (Family: none)	1-14
A	JP 5-166712 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 02 July, 1993 (02.07.93), Page 1 (Family: none)	1-14

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/027(2006.01)i, B05C11/08(2006.01)i, B05C15/00(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（I P C）） Int.Cl. H01L21/027, B05C11/08, B05C15/00			
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 1 9 2 2 - 1 9 9 6 年 日本国公開実用新案公報 1 9 7 1 - 2 0 0 7 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 0 7 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 0 7 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 請求の範囲の番号	
A	JP 2005-093794 A（大日本スクリーン製造株式会社）2005.04.07 第1ページ（ファミリーなし）	1-14	
A	JP 2002-118051 A（東京エレクトロン株式会社）2002.04.19 第1ページ & US 2002/0041935 A1	1-14	
A	JP 2005-000726 A（シャープ株式会社）2005.01.06 第1ページ（ファミリーなし）	1-14	
☒ 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 0 7 . 0 3 . 2 0 0 7		国際調査報告の発送日 2 0 . 0 3 . 2 0 0 7	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / 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） 岩本 勉 電話番号 03-3581-1101 内線 3274	2M 9355

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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 請求の範囲の番号
A	JP 2004-128214 A (シャープ株式会社) 2004. 04. 22 第 1 ページ (ファミリーなし)	1-14
A	JP 5-166712 A (大日本スクリーン製造株式会社) 1993. 07. 02 第 1 ページ (ファミリーなし)	1-14