

(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
2015 年 10 月 22 日(22.10.2015)



(10) 国際公開番号
WO 2015/159983 A1

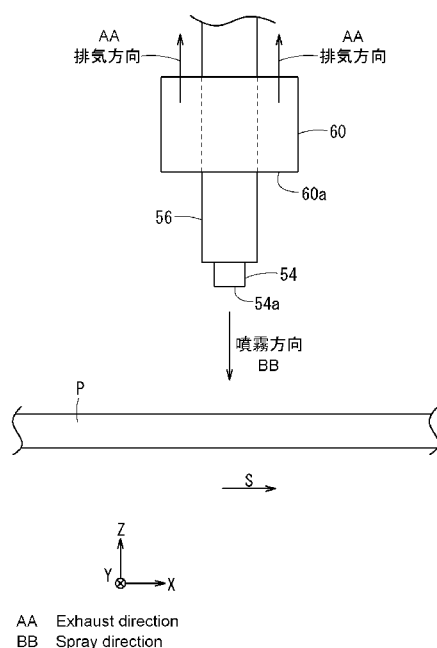
- (51) 国際特許分類:
C23C 16/455 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
B05B 15/12 (2006.01) *H01L 21/31* (2006.01)
B05D 1/02 (2006.01) *H01L 21/316* (2006.01)
B05D 3/06 (2006.01) *H01L 51/50* (2006.01)
B05D 7/24 (2006.01) *H05B 33/02* (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01) *H05B 33/10* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/061898
- (22) 国際出願日: 2015 年 4 月 17 日(17.04.2015)
- (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 2014-086033 2014 年 4 月 18 日(18.04.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION)
[JP/JP]; 〒1086290 東京都港区港南二丁目 1 5 番
3 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 西康孝(NISHI Yasutaka); 〒1086290 東京都
港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニコン内
Tokyo (JP). 中積誠(NAKAZUMI Makoto); 〒1086290
東京都港区港南二丁目 1 5 番 3 号 株式会社ニ
コン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 千葉剛宏, 外(CHIBA Yoshihiro et al.); 〒
1510053 東京都渋谷区代々木 2 丁目 1 番 1 号
新宿マインズタワー 16 階 Tokyo (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, 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), ユー
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).

[続葉有]

(54) Title: FILM FORMING APPARATUS, SUBSTRATE PROCESSING APPARATUS AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 成膜装置、基板処理装置、および、デバイス製造方法

FIG. 2



(57) Abstract: Provided are: a film forming apparatus which improves uniformity of the film thickness of a thin film that is formed on a substrate by spraying a thin film starting material; a substrate processing apparatus; and a device manufacturing method. This film forming apparatus (20) which forms a thin film on a substrate (P) is provided with a nozzle (54) that sprays a thin film starting material and an exhaust unit (60) that discharges a gas. An exhaust port (60a) of the exhaust unit (60) is arranged on a side that is opposite to the direction in which the gravity acts with respect to the substrate (P). This substrate processing apparatus (12) performs a specific processing on the substrate (P) with use of this film forming apparatus (20). This device manufacturing method manufactures a device with use of this film forming apparatus (20).

(57) 要約: 薄膜原料を噴霧することで基板上に形成される薄膜の膜厚の均一性を向上させる成膜装置、基板処理装置、および、デバイス製造方法を提供する。基板 (P) 上に薄膜を形成する成膜装置 (20) は、薄膜原料を噴霧するノズル (54) と、気体を排気する排気部 (60) と、を備え、排気部 (60) の排気口 (60a) は、基板 (P) に対して、重力が働く方向とは反対側に配置されている。基板処理装置 (12) は、成膜装置 (20) を用いて基板 (P) に対して所定の処理を施すものであり、デバイス製造方法は、成膜装置 (20) を用いてデバイスを製造するものである。

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

成膜装置、基板処理装置、および、デバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、薄膜原料を噴霧することで基板に薄膜を形成する成膜装置、基板処理装置、および、デバイス製造方法に関する。

背景技術

[0002] 特開 2002-075641 号公報には、ミストを噴霧することで基板上に薄膜を形成して、デバイスを製造することが記載されている。

発明の概要

[0003] しかしながら、薄膜原料を含む液体をミスト化して基板上に塗布する場合は、基板の表面に局所的に液溜まりが生じる等の理由によって、均一の膜厚で薄膜を基板上に形成することが困難であった。

[0004] 本発明の第 1 の態様は、基板上に薄膜を形成する成膜装置であって、薄膜原料を噴霧する噴霧部と、気体を排気する排気部と、を備え、前記排気部の排気口は、前記基板に対して、重力が働く方向とは反対側に配置されている。

[0005] 本発明の第 2 の態様は、基板処理装置であって、前記した第 1 の態様の成膜装置と、前記成膜装置によって薄膜が形成された前記基板に光を照射して、所定のパターンを前記基板に露光する露光装置と、を備える。

[0006] 本発明の第 3 の態様は、デバイスを製造するデバイス製造方法であって、前記した第 1 の態様の成膜装置を用いて、前記基板上に薄膜を形成する成膜工程と、前記成膜工程で成膜された前記基板に光を照射して、所定のパターンを前記基板に露光する露光工程と、を備える。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]第 1 の実施の形態における基板に対して所定の処理を施してデバイスを製造する基板処理装置の概略構成を示す図である。

[図2]実施例1におけるノズルおよび排気部と基板との配置関係を示す図である。

[図3]比較例1におけるノズルおよび排気部と基板との配置関係を示す図である。

[図4]水平面に対するノズルの噴霧方向の噴霧角度、水平面に対する基板の傾斜角度、および、水平面に対する排気部の排気方向の排気角度の説明図である。

[図5]実施例2の実験結果を示すグラフである。

[図6]実施例3の実験結果を示すグラフである。

[図7]実施例4の実験結果を示すグラフである。

[図8]実施例5の実験結果を示すグラフである。

[図9]実施例6の実験結果を示すグラフである。

[図10]第3の実施の形態および実施例7におけるノズル、供給管、排気部、および、基板の配置構成を示す図である。

[図11]比較例2におけるノズル、供給管、排気部、および、基板の配置関係を示す図である。

[図12]比較例3におけるノズル、供給管、および、基板の配置関係を示す図である。

[図13]比較例3における膜厚の均一性の評価結果を示す図である。

[図14]変形例1において、基板上に形成された $\text{ZnO}:\text{Al}$ の膜上に、 SiO_2 の薄膜を形成して得られたデバイスの構造を示す図である。

発明を実施するための形態

[0008] 本発明の態様に係る成膜装置、成膜装置を備える基板処理装置、および、成膜装置を用いてデバイスを製造するデバイス製造方法について、好適な実施の形態を掲げ、添付の図面を参照しながら以下、詳細に説明する。なお、本発明の態様は、これらの実施の形態に限定されるものではなく、多様な変更または改良を加えたものも含まれる。

[0009] [第1の実施の形態]

図 1 は、基板 P に対して所定の処理を施してデバイスを製造する基板処理装置 1 2 の概略構成を示す図である。なお、以下の説明においては、X Y Z 直交座標系を設定し、図に示す矢印にしたがって、X 方向、Y 方向、および Z 方向を説明する。

[0010] 基板処理装置 1 2 は、例えば、デバイスとしてのフレキシブル・ディスプレイを製造するシステムである。フレキシブル・ディスプレイとしては、例えば、有機 EL ディスプレイ等がある。基板処理装置 1 2 は、フレキシブルの基板（シート基板）P をロール状に巻いた供給ロール 1 4 から基板 P が送出され、送出された基板 P に対して基板処理装置 1 2 が各種処理を連続的に施した後、各種処理後の基板 P を回収ロール 1 6 で巻き取る、いわゆる、ロール・ツー・ロール（Roll to Roll）方式の構造を有する。この基板 P は、基板 P の移動方向が長手方向（長尺）となり、幅方向が短手方向（短尺）となる帯状の形状を有する。各種処理後の基板 P は、複数のデバイスが連なった状態となっており、多面取り用の基板となっている。供給ロール 1 4 から送られた基板 P は、順次、基板処理装置 1 2 の洗浄装置 1 8、成膜装置 2 0、および露光装置 2 2 等で各種処理が施され、回収ロール 1 6 で巻き取られる。

[0011] なお、X 方向は、水平面内において、基板 P が搬送される方向であり、Y 方向は、水平面内において X 方向に直交する方向であり、基板 P の幅方向である。Z 方向は、X 方向と Y 方向とに直交する方向（上方向）である。−Z 方向は、重力方向（重力が働く方向、つまり、重力がかかる方向）であり、水平面を、重力方向と直交する面とする。

[0012] 基板 P の材料としては、例えば、樹脂フィルム、または、ステンレス鋼等の金属または合金からなる箔（フォイル）等が用いられる。樹脂フィルムの材質としては、例えば、ポリエチレン樹脂、ポリエーテル樹脂、ポリプロピレン樹脂、ポリエステル樹脂、エチレンビニル共重合体樹脂、ポリ塩化ビニル樹脂、ポリフェニレンスルフィド樹脂、ポリアリレート樹脂、セルロース樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミド樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリスチ

レン樹脂、および、酢酸ビニル樹脂のうち、少なくとも１つ以上を含んだものを用いてもよい。また、基板Pの厚みや剛性（ヤング率）は、基板Pに座屈による折れ目や非可逆的なシワが生じないような範囲であればよい。基板Pの母材として、厚みが $25\mu\text{m}$ ～ $200\mu\text{m}$ 程度のPET（ポリエチレンテレフタレート）やPEN（ポリエチレンナフタレート）、PES（ポリエーテルスルホン）等のフィルムは、シート基板の典型である。

[0013] 基板Pは、基板処理装置12で施される各処理において熱を受ける場合があるため、熱膨張係数が顕著に大きくない材質の基板を選定することが好ましい。例えば、無機フィラーを樹脂フィルムに混合することによって熱膨張係数を抑えることができる。無機フィラーは、例えば、酸化チタン、酸化亜鉛、アルミナ、または酸化ケイ素等でもよい。また、基板Pは、フロート法等で製造された厚さ $100\mu\text{m}$ 程度の極薄ガラスの単層体であってもよいし、この極薄ガラスに上記の樹脂フィルム、または、箔等を貼り合わせた積層体であってもよい。

[0014] 洗浄装置18は、連続的に搬送された基板Pを洗浄する。洗浄装置18は、基板Pをアルコール洗浄液で超音波洗浄する超音波洗浄装置30と、超音波洗浄が行われた基板Pに対して基板P上（基板Pの表面）に残留しているアルコール洗浄液を除去する送風機32と、送風機32によってアルコール洗浄液が除去された基板Pの表面に対して紫外線（UV：ultraviolet）を照射するUV照射装置34とを備える。

[0015] 超音波洗浄装置30は、アルコール洗浄液が貯蔵された洗浄槽36と、図示しないポンプを有し、洗浄槽36に貯蔵されているアルコール洗浄液を循環させるための循環系38とを有する。この洗浄槽36の底面には、超音波振動を発生する超音波振動子40が設けられている。この超音波振動子40が機械的に振動することで、洗浄槽36内に超音波が出力される。したがって、洗浄槽36に搬送された基板Pがアルコール洗浄液によって超音波洗浄される。アルコール洗浄液としては、メタノール、エタノール、イソプロピルアルコール（IPA）等が用いられる。なお、循環系38は、設けなくて

もよい。

[0016] 送風機 32 は、基板 P に対して風を送ることで基板 P 上に残留しているアルコール洗浄液を除去する。UV 照射装置 34 は、紫外線を発生する低圧水銀ランプ 34a を有し、連続的に搬送された基板 P の表面に対して紫外線を照射する。基板 P に対して紫外線を照射することで、基板 P の表面の有機物汚染の除去、表面改質を行う UV オゾン洗浄を行うことができる。この紫外線によって、基板 P の表面が親水性に改質される。紫外線は、200nm 以下の波長であることが好ましい。オゾンを効率よく基板 P に照射できるようにするため、UV 照射装置 34 は、ある程度密閉された空間内で基板 P に対して紫外線を照射することが好ましい。

[0017] なお、送風機 32 と対向する位置に、ドレイン流路 DR1 が設けられ、このドレイン流路 DR1 から、基板 P 上に残留しているアルコール洗浄液が図示しない排水処理装置に向けて排出される。

[0018] 成膜装置 20 は、洗浄装置 18 によって洗浄されて連続的に搬送される基板 P の表面に対して薄膜を形成する。成膜装置 20 は、成膜室 50 を有し、成膜室 50 内に搬送された基板 P 上に薄膜を形成する。成膜装置 20 は、薄膜原料を含むミストを噴霧することで、大気圧下において基板 P 上に薄膜を形成する。なお、薄膜の形成は、大気圧下ではなく、所定の圧力下で行ってもよい。

[0019] 具体的には、成膜装置 20 は、成膜室 50、ミスト供給装置 52、ノズル（噴霧部）54、供給管 56、フィルタ 58、排気部 60、および、吸引装置 62 を有する。ミスト供給装置 52 は、薄膜を形成するための薄膜原料を含む液体を霧化させ、霧化した液体、つまり、ミストを所定の流速でノズル 54 に供給する。ミスト供給装置 52 は、供給管 56 を介してノズル 54 と接続されており、ミストは供給管 56 を通ってノズル 54 に供給される。

[0020] ミストの発生方法については種々あるが、例えば、超音波振動子により液体を超音波振動させて液体同士の結合を外すことで液体を霧化させる手法や、ミストを噴霧する細管に直接電圧をかけて液体を霧化させる静電式等があ

る。また、圧力を加え流速を増加させたガスと液体とを衝突させることによって、液体を飛散させて霧化させる加圧式や、高速回転しているディスク上に液体の液滴を滴下し、液滴を遠心力によって飛散させて霧化させる回転ディスク式等もある。さらに、マイクロサイズの孔を有するオリフィス板に液体の液滴を通す際に、圧電素子等によって振動を加えることによって液滴を切断して霧化させるオリフィス振動式等もある。コストやパフォーマンス等に応じて適宜これらの方法の中から任意の方法を選択することができる。なお、複数の方法を組み合わせて、ミストを発生させてもよい。

[0021] この薄膜原料を含むミストをノズル 5 4 に供給する具体的な方法として、圧縮ガスであるキャリアガスを用いる。つまり、ミスト供給装置 5 2 には、キャリアガスが供給されており、ミスト供給装置 5 2 は、供給されたキャリアガスを供給管 5 6 に流すことで、キャリアガスとともに霧化したミストをノズル 5 4 に供給する。なお、キャリアガスを供給管 5 6 に流す流量 (NL/min) を変えることで、ノズル 5 4 に供給するミストの流速を変えることができる。

[0022] 成膜に用いられる液体 (成膜用液体) としては、例えば、溶媒に薄膜原料が溶けこんだ溶液であってもよく、薄膜原料である微粒子を分散媒に分散させた分散液であってもよい。薄膜原料としては、例えば、インジウム、亜鉛、錫、シリコン、チタン等の導電性を有する金属微粒子またはこれらのうち少なくとも 1 つを含む金属酸化物微粒子を用いることができる。また、溶媒または分散媒として、水溶媒、若しくは、エタノール、イソプロピルアルコール (IPA) 等の単独で霧化が可能なものを用いることもできる。具体的には、液体として、薄膜原料としての ITO (酸化インジウムスズ) の微粒子を含む水分散液や、薄膜原料としての SiO₂ (二酸化ケイ素) の微粒子を IPA 分散媒に分散させた分散液等が挙げられる。また、キャリアガスとしては、窒素や希ガス等の不活性ガスを用いることができる。

[0023] 供給管 5 6 には、フィルタ 5 8 が設けられている。このフィルタ 5 8 は、ミスト供給装置 5 2 からノズル 5 4 に供給されるミストに含まれる薄膜原料

(微粒子)のうち、所定の粒子径より小さい薄膜原料(微粒子)を透過するものである。これにより、所定の粒子径以上の薄膜原料(微粒子)がノズル54に供給されることはなく、成膜精度を向上させることができる。また、このフィルタ58を設けることで、液体にゴミ等の異物が入り込んだ場合等であっても、該異物のノズル54への供給をブロックすることができる。

[0024] 供給管56の下流側の先端に設けられているノズル54は、成膜室50内に挿入されている。供給管56の下流側とは、ミストの供給方向からみて下流側のことをいう。ノズル54に供給されたミストは、キャリアガスとともにノズル54の噴霧口54aから噴霧される。これにより、成膜室50内で、連続的に搬送された基板Pの表面に成膜を行うことができる。この成膜により基板Pの表面には、機能性材料層が形成される。なお、ノズル54は、薄膜原料を噴霧する噴霧方向を変更可能な図示しない可動部を有してもよい。これにより、成膜材料、成膜条件、成膜時間、成膜状況等によって、薄膜原料の噴霧方向の調整が可能となる。

[0025] 成膜の際は、基板Pに噴霧されるミストが基板Pの軟化点より低い温度であることが好ましい。この軟化点とは、基板Pを加熱した場合に、基板Pが軟化して変形を起し始める温度のことをいう。この軟化点は、例えば、JIS K7207(A法)に準じた試験方法により求めることができる。なお、本第1の実施の形態においては、供給管56は、その軸心が水平面に対して垂直となるように成膜室50に設けられている。

[0026] なお、この成膜の際には、ヘリウム等のガスを用い、高周波電圧を印加することで大気圧プラズマによる成膜補助を行ってもよい。この場合に用いるガスとしては、ヘリウムが望ましいが、窒素、アルゴン、空気を採用してもよい。高周波電圧の印加は、例えば、ノズル54と基板Pとの間に設けた一対の電極(図示略)に対して行う。

[0027] 成膜室50には、成膜室50内の気体を排気する排気部60が設けられている。詳しくは、排気部60は、この成膜室50の外壁50aに設けられ、排気部60の排気口60aは、成膜室50内(成膜室50の外壁50aも含

む)に設けられている。成膜室50内の気体は、排気口60aから排気部60内に導入する。排気部60には、気体を吸引する吸引装置62が設けられている。これにより、成膜室50内の気体が排気口60aから排気部60に吸い込まれて外部(成膜室50の外)に排気される。排気部60の排気口60aは、ノズル54の噴霧口54aに対して重力方向とは反対側(+Z方向側)に配置されており、排気口60aと噴霧口54aとは離間して設けられている。なお、排気部60は、ミストを含む気体やキャリアガスを含む気体等を排気してもよい。例えば、吸引装置62は、少なくともノズル54が噴霧したミストの9割以上が排気部60によって排気されない程度の吸引力で気体等を吸引する。

[0028] 本第1の実施の形態においては、排気部60は、筒状の形状を有する排気管であり、排気管の軸心が水平面に対して垂直となるように設けられている。また、供給管56は排気部60の中を貫通するように設けられ、排気部60の下方であって、供給管56の先端にノズル54が設けられている。つまり、排気部60は、供給管56の周りに設けられている。したがって、ノズル54の噴霧口54aから離れた位置の供給管56に排気口60aを設けることができる。これにより、噴霧口54aから噴霧されたミストを、排気口60aから排気させ難くすることができる。この供給管56と排気部60とは一体に設けられていてもよい。

[0029] なお、基板Pの成膜表面近傍の成膜空間を規定するフード部材を供給管56に設けてもよい。このフード部材は、例えば、円錐型、方形型、円筒型等様々な形状を有してもよく、前記フード部材の形状を変えることで、基板Pの成膜表面近傍の成膜環境を調整することができる。また、前記フード部材を、供給管56ではなく、排気部60に設けてもよい。排気部60に前記フード部材を設けることによって、前記フード部材によって覆われた成膜空間にノズル54の噴霧口54aからミストを噴霧することができ、基板Pに形成される薄膜の膜厚の均一性を高めることが可能となる。その結果、基板Pへの成膜を高精度に行うことができる。成膜室50は、方形型、円筒型、半

円筒型、多角形型等様々な形状の空間規定部材を有してもよい。それぞれの形状を採用することによって、成膜室50は、成膜が行われる空間の成膜環境を調整することができる。成膜環境の調整とは、例えば、ミストやキャリアガスの環境内での気流（流れ）、湿度、温度、ガスの分圧等の調整のことをいう。

[0030] 成膜室50には、ドレイン流路DR2が設けられ、このドレイン流路DR2から基板P上に定着しなかった薄膜原料や溶媒、分散媒が図示しない排水処理装置に向けて排出される。また、成膜装置20は、成膜された基板Pに対して、膜焼成処理や、マイクロ波または紫外線を照射する照射処理等を行ってもよい。

[0031] 露光装置22は、成膜装置20によって成膜されて連続的に搬送される基板Pの表面に対して露光を行う。露光装置22は、成膜された基板Pに対して、光（例えば、レーザ光）を照射して、所定のパターンを基板Pに露光する。露光装置22は、マスクを用いない直描方式の露光装置、いわゆるラスタスキャン方式の露光装置であってもよく、マスクを用いる露光装置であってもよい。また、デジタルマイクロミラーデバイス（DMD：Digital Micromirror Device）を用いて所定のパターンを露光する露光装置であってもよい。露光装置22は、基板Pに対して、フレキシブル・ディスプレイ等のデバイスの製造に必要な回路または配線等の所定のパターンを露光する。

[0032] 基板処理装置12は、さらに基板搬送装置70を備える。基板搬送装置70は、供給ロール14から回収ロール16に搬送される基板Pを、所定の速度で搬送する。基板搬送装置70は、駆動ローラR1～R6と、テンションローラRT1、RT2とを有する。駆動ローラR1～R6は、基板Pの搬送方向Sに沿って間隔を空けて配置されている。駆動ローラR1～R6は、基板Pの表裏両面を保持しながら回転し、基板Pを回収ロール16に向けて所定の速度で搬送する。駆動ローラR1～R6は、この順番で、基板Pの搬送方向Sの上流側から下流側に向かって設けられている。なお、この駆動ローラR1～R6は、図示しないモータ等によって回転する。

[0033] 駆動ローラ R 1、R 2 は、洗浄槽 3 6 の + Z 方向側に設けられ、駆動ローラ R 1 は、駆動ローラ R 2 に対して搬送方向 S の上流側に設けられている。駆動ローラ R 3 は、送風機 3 2 と UV 照射装置 3 4 との間に設けられ、駆動ローラ R 4 は、UV 照射装置 3 4 と成膜室 5 0 との間に設けられている。駆動ローラ R 5 は、成膜室 5 0 と露光装置 2 2 との間に設けられ、駆動ローラ R 6 は、露光装置 2 2 と回収ロール 1 6 との間に設けられている。テンションローラ R T 1、R T 2 は、駆動ローラ R 1 と駆動ローラ R 2 との間で搬送される基板 P に対して所定のテンションを与えると同時に、基板 P を洗浄槽 3 6 内のアルコール洗浄液に浸す役割を果たす。つまり、テンションローラ R T 1 は、駆動ローラ R 1 より - Z 方向であって洗浄槽 3 6 内に設けられており、テンションローラ R T 2 は、駆動ローラ R 2 より - Z 方向であって洗浄槽 3 6 内に設けられている。テンションローラ R T 1、R T 2 の Z 方向の位置は互いに同一である。

[0034] なお、この駆動ローラ R 4 と駆動ローラ R 5 の Z 方向の位置を変えることで、基板搬送装置 7 0 は、基板 P を水平面に対して任意に傾斜させた状態で成膜装置 2 0（成膜室 5 0 内）に搬送することができる。つまり、成膜装置 2 0（成膜室 5 0 内）に搬送される基板 P を水平面に対して任意に傾斜させることができる。また、駆動ローラ R 4 と駆動ローラ R 5 の Z 方向の位置を同じにすることで、基板搬送装置 7 0 は、基板 P を水平面と平行にした状態で成膜装置 2 0（成膜室 5 0 内）に搬送することができる。これにより、成膜装置 2 0 は、水平面に対して傾斜して搬送されている基板 P 上、または、水平面と平行に搬送されている基板 P 上に薄膜を形成することができる。

[0035] [実施例]

（実施例 1）

図 2 は、実施例 1 におけるノズル 5 4 および排気部 6 0 と基板 P との配置関係を示す図である。実施例 1 では、成膜室 5 0 内における搬送方向 S における基板 P の傾斜角度を 0 度、つまり、基板 P を水平面と平行に搬送している。なお、ノズル 5 4 の噴霧口 5 4 a から基板 P に向かって噴霧されるミス

トの噴霧方向は基板P（水平面）に対して垂直であり、排気部60の排気口60aから排気（吸引）される気体等の排気方向は基板P（水平面）に対して垂直である。すなわち、本実施例1では、ミストは、図2の噴霧方向と付された矢印の方向に噴霧されている。また、気体は、図2の排気方向と付された矢印の方向に排気されている。なお、図2においては、成膜室50の図示を省略している。

[0036] また、実施例1では、液体としてITOの微粒子を含む水分散液（Nano Tek（登録商標）Slurry：シーアイ化成製）を用いた。このITOの微粒子の粒子径は、10nm～50nm、平均粒子径は30nmであり、水分散液中の金属酸化物微粒子の濃度は15wt%であった。また、ミスト供給装置52では、超音波振動子に電圧を印加して超音波振動子を2.4MHzで振動させて液体を霧化し、キャリアガスとして窒素を用い、4NL/minでキャリアガスを供給管56に流しこむことで、霧化したミストをノズル54まで運んだ。基板Pの材質としては、PETを採用した。なお、成膜中は、無加熱とする。この条件下で、薄膜の膜厚が300nmとなるようにミストの噴霧時間を調整して成膜を行った。

[0037] 形成された2cm（基板Pの幅方向）×10cm（基板Pの搬送方向S）の領域の薄膜に対して、2端子法にて抵抗値を測定して膜厚の均一性を評価した。抵抗値の測定は、2cm×10cmの薄膜に対して、基板Pの搬送方向Sと幅方向とに沿って2cm間隔毎に測定した。膜厚の均一性の評価値は52%となった。求めた膜厚の均一性の評価値は、その値が低いほど膜厚がより均一であることを示している。また、成膜速度は、60nm/minとなった。

[0038] なお、膜厚の均一性の評価値を、

$$\text{膜厚の均一性の評価値} = (R_{s_{\max}} - R_{s_{\min}}) / R_{s_{\min}} \times 100 \quad \dots (1)$$

の数式を用いて算出した。但し、 $R_{s_{\max}}$ は抵抗値の最大値を示し、 $R_{s_{\min}}$ は抵抗値の最小値を示す。つまり、2cm×10cmの薄膜に対して測定した複数の抵抗値のうち、最も高い抵抗値 $R_{s_{\max}}$ と、最も低い抵抗値 $R_{s_{\min}}$ とによっ

て算出した。

[0039] (比較例 1)

図 3 は、比較例 1 におけるノズル 5 4 および排気部 6 0 と基板 P との配置関係を示す図である。比較例 1 では、実施例 1 とは異なり、排気部 6 0 を、基板 P より - Z 方向側であって、基板 P の搬送方向 S の上流側と下流側とにそれぞれ配置した。その他の種々の条件、例えば、基板 P の材質および傾斜角度、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量、ノズル 5 4 の噴霧方向等の条件は、実施例 1 と同一である。この条件下で、薄膜の膜厚が 3 0 0 n m となるようにミストの噴霧時間を調整して成膜を行った。なお、図 3 においても、成膜室 5 0 の図示を省略している。なお、本比較例 1 では、ミストは、図 3 の噴霧方向と付された矢印の方向に噴霧されている。また、気体は、図 3 の排気方向と付された矢印の方向に排気されている。

[0040] 形成された 2 c m (基板 P の幅方向) × 1 0 c m (基板 P の搬送方向 S) の領域の薄膜に対して、2 端子法にて抵抗値を測定して膜厚の均一性を評価した。膜厚の均一性の評価値は、1 2 0 % となり、実施例 1 に比べ均一性が劣る結果となった。また、成膜速度は、2 0 n m / m i n となり、実施例 1 に比べ遅い結果となった。なお、比較例 1 における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例 1 と同様とする。

[0041] 実施例 1 が比較例 1 に対して膜厚の均一性が向上する理由としては、排気部 6 0 の排気口 6 0 a をノズル 5 4 の噴霧口 5 4 a に対して重力方向とは反対側に設けたことによる。詳しく説明すると、ノズル 5 4 の噴霧口 5 4 a から噴霧されたミストは、重力によって下方 (- Z 方向) に移動する。しかしながら、ノズル 5 4 の噴霧口 5 4 a より上方 (+ Z 方向) にある排気部 6 0 の排気口 6 0 a によって成膜室 5 0 内の気体等が上方 (+ Z 方向) に排気 (吸引) される。これにより、基板 P の上方側 (表面側または成膜表面近傍) でミストが滞留しやすくなり、膜厚の均一性が向上する。また、ノズル 5 4 の噴霧口 5 4 a から離れた位置に排気部 6 0 の排気口 6 0 a を設けるので、

噴霧口 54 a から噴霧されたミストが排気口 60 a から排気され難くなる。したがって、ミストが基板 P の表面側または成膜表面近傍に滞留しやすくなり、形成される薄膜の膜厚の均一性をさらに向上させることができる。

[0042] これに対して、比較例 1 のように、ノズル 54 の噴霧口 54 a より下方（-Z 方向）に排気部 60 の排気口 60 a を設けると、重力によって下方に移動するミストが、排気部 60 の排気口 60 a による排気（吸引）によってさらに下方に移動する。その結果、基板 P の上方側でミストが滞留し難くなり、膜厚の均一性が低下する。

[0043] なお、排気部 60 の排気口 60 a を、ノズル 54 の噴霧口 54 a に対して重力が働く方向とは反対側に配置しなくても、排気部 60 の排気口 60 a を、基板 P に対して重力が働く方向とは反対側に配置すれば、比較例 1 に比べ、基板 P の上方側でミストが滞留しやすくなるので、膜厚の均一性が向上する。

[0044] [第 2 の実施の形態]

第 1 の実施の形態では、排気部 60 の排気口 60 a をノズル 54 の噴霧口 54 a に対して重力方向とは反対側に配置することで膜厚の均一性が向上することを述べた。本第 2 の実施の形態においては、排気口 60 a を噴霧口 54 a に対して重力方向とは反対側に配置した状態で、さらに、図 4 に示す、水平面に対するノズル 54 の噴霧方向の噴霧角度 α 、水平面に対する基板 P の傾斜角度 β 、および、水平面に対する排気部 60 の排気方向の排気角度 γ を、任意に変えたときの膜厚の均一性について説明する。

[0045] 図 4 は、噴霧角度 α は、基板 P の搬送方向 S 側からの水平面に対するノズル 54 によって噴霧されるミストの噴霧方向の角度を示している。また、傾斜角度 β は、基板 P の搬送方向 S 側からの水平面に対する基板 P の傾斜角度を示し、排気角度 γ は、基板 P の搬送方向 S 側からの水平面に対する排気部 60 によって排気される気体等の排気方向の角度を示している。したがって、ノズル 54 の噴霧方向と排気部 60 の排気方向との角度差は $|\alpha - \gamma|$ で表される。また、基板 P に対するノズル 54 の噴霧方向の角度は $|\alpha - \beta|$

で表され、基板Pに対する排気部60の排気方向の角度は $|\gamma - \beta|$ で表される。なお、本実施形態では、ミストは、図4の噴霧方向と付された矢印の方向に噴霧されている。また、気体は、図4の排気方向と付された矢印の方向に排気されている。第2の実施の形態において、特に説明しない限り、成膜装置20を含む基板処理装置12の構成は、上記第1の実施の形態と同様とする。

[0046] なお、基板Pの傾斜角度 β は、上述したように、基板搬送装置70の駆動ローラR4と駆動ローラR5のZ方向の位置を変えることで、成膜室50内に搬送される基板Pを水平面に対して任意に傾斜させることができる。また、ノズル54の噴霧角度 α は、供給管56に設けるノズル54の配置角度を変えることで任意に変えることができるし、ノズル54の前記可動部によって噴霧角度 α を任意に変えることもできる。また、排気角度 γ は、成膜室50に設けられる排気部60の配置角度を変えることで任意に変えることができる。

[0047] [実施例]

(実施例2)

実施例2では、ノズル54の噴霧方向を基板Pに対して垂直にし($\alpha - \beta = 90$ 度)、排気部60の排気方向を水平面に対して垂直にした($\gamma = 90$ 度)状態で、基板Pの傾斜角度 β を0度~105度まで変化させたときの膜厚の均一性を評価した。図5にその実験結果のグラフを示す。なお、実施例2では、基板Pの材質としてソーダライムガラスを用いたが、ノズル54の噴霧角度 α および基板Pの傾斜角度 β 以外のその他の種々の条件、例えば、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量、排気部60の排気角度 γ 等の条件は、実施例1と同一である。また、薄膜の膜厚が300nmとなるようにミストの噴霧時間を調整して成膜を行っている。

[0048] 実施例2では、ノズル54の噴霧方向は基板Pに対して垂直であり、排気部60の排気方向は水平面に対して垂直なので、基板Pの傾斜角度 β と、ノズル54の噴霧方向と排気部60の排気方向との角度差($\alpha - \gamma$)とは等し

くなる。つまり、 $\beta = \alpha - \gamma$ となる。図5中の線100は、基準値を示している。この基準値は、成膜装置20のノズル54および排気部60が基準姿勢（ノズル54の噴霧角度 α が90度および排気部60の排気角度 γ が90度）で、基板Pを傾斜させない（基板Pの傾斜角度 β が0度）ときに評価した膜厚の均一性の評価値（51.3%）である。つまり、この基準値は、図2に示すノズル54および排気部60と基板Pとの配置関係のときに評価した膜厚の均一性の評価値である。この基準値（51.3%）が、実施例1での膜厚の均一性の評価値（52%）と異なるのは、基板Pの材質が異なるからである。また、図5中の複数の丸い黒点は、複数の傾斜角度 β で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線102は、この複数の丸い黒点から求めた近似曲線である。なお、実施例2における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例1と同様とする。

[0049] 図5の実験結果を示すグラフから、基板Pの傾斜角度 β （ノズル54の噴霧方向と排気部60の排気方向との角度差（ $\alpha - \gamma$ ））が0度以上、85度以下の場合、基板Pを傾斜させない条件と略同等若しくはそれより優れた膜厚の均一性が得られることが確認できた。その理由としては、基板Pが傾斜している場合は、ノズル54の噴霧口54aから噴霧されたミストは、重力によって基板Pの表面に沿って斜め下方に移動し、基板Pの傾斜角度 β が0度より大きく、85度以下の範囲内である場合は、噴霧されたミストが基板Pの表面側または成膜表面近傍に滞留する時間がさらに長くなるからである。また、排気部60による排気によってさらに噴霧されたミストが基板Pの表面側または成膜表面近傍に滞留する時間が長くなる。これにより、膜厚の均一性がより一層向上する。

[0050] 好ましくは、基板Pの傾斜角度 β （ノズル54の噴霧方向と排気部60の排気方向との角度差（ $\alpha - \gamma$ ））を10度以上、75度以下の範囲内にする。これにより、得られる膜厚の均一性の評価値を略40%以下にすることができる。また、基板Pの傾斜角度 β （ノズル54の噴霧方向と排気部60の排気方向との角度差（ $\alpha - \gamma$ ））を20度以上、70度以下の範囲内

にすると、得られる膜厚の均一性の評価値を略30%以下にすることができ、より好ましい。基板Pの傾斜角度 β （角度差（ $\alpha - \gamma$ ））が、40度～60度の範囲内である場合では、均一性の評価値が略20%以下となり、さらに好ましい。これにより、さらに優れた膜厚の均一性を得ることができる。

[0051] （実施例3）

実施例3では、ノズル54の噴霧方向を基板Pに対して45度傾斜させ（ $\alpha - \beta = 45$ 度）、排気部60の排気方向を水平面に対して垂直にした（ $\gamma = 90$ 度）状態で、基板Pの傾斜角度 β を0度～105度まで変化させたときの膜厚の均一性を評価した。図6にその実験結果のグラフを示す。なお、実施例3では、ノズル54の噴霧角度 α および基板Pの傾斜角度 β 以外のその他の種々の条件、例えば、基板Pの材質、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量、排気部60の排気角度 γ 等の条件は、実施例2と同一である。また、薄膜の膜厚が300nmとなるようにミストの噴霧時間を調整して成膜を行っている。

[0052] 実施例3では、ノズル54の噴霧方向は基板Pに対して45度傾斜しており、排気部60の排気方向は水平面に対して垂直なので、ノズル54の噴霧方向と排気部60の排気方向との角度差（ $\alpha - \gamma$ ）は、基板Pの傾斜角度 β に比べ45度小さくなる。つまり、 $\beta - 45 = \alpha - \gamma$ 、となる。図6中の線100は、実施例2で説明した基準値（51.3%）を示している。また、図6中の複数の丸い黒点は、複数の傾斜角度 β で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線104は、この複数の丸い黒点から求めた近似曲線である。なお、実施例3における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例1と同様とする。

[0053] 図6の実験結果を示すグラフから、基板Pの傾斜角度 β が15度以上、75度以下の場合、つまり、角度差（ $\alpha - \gamma$ ）が-30度以上、30度以下の場合は、基準値（51.3%）と略同等若しくはそれより低い評価値が得られることが確認できた。すなわち、基板Pの傾斜角度 β が15度～75度の範囲内である場合は、成膜装置20のノズル54および排気部60が基準姿

勢で、基板Pを傾斜させない条件と略同等若しくはそれより優れた膜厚の均一性が得られる。その理由としては、基板Pの傾斜角度 β が15度～75度の範囲内である場合は、噴霧されたミストが基板Pの表面側または成膜表面近傍に滞留する時間がさらに長くなるからである。また、排気部60による排気によってさらに噴霧されたミストが基板Pの表面側または成膜表面近傍に滞留する時間が長くなる。これにより、膜厚の均一性がより一層向上する。

[0054] 好ましくは、基板Pの傾斜角度 β を20度以上、70度以下、つまり、角度差($\alpha - \gamma$)を-25度以上、25度以下の範囲内にとするとよい。これにより、得られる膜厚の均一性の評価値を略40%以下にすることができる。また、基板Pの傾斜角度 β を23度以上、65度以下、つまり、角度差($\alpha - \gamma$)を-22度以上、20度以下の範囲内にとすると、得られる膜厚の均一性の評価値を略30%以下にすることができ、より好ましい。基板Pの傾斜角度 β が25度～60度の範囲内である場合、つまり、角度差($\alpha - \gamma$)が-20度～15度の範囲内である場合では、膜厚の均一性の評価値が略20%以下となり、さらに好ましい。これにより、さらに優れた膜厚の均一性を得ることができる。

[0055] (実施例4)

実施例4では、ノズル54の噴霧方向を基板Pに対して135度傾斜させ($\alpha - \beta = 135$ 度)、排気部60の排気方向を水平面に対して垂直にした($\gamma = 90$ 度)状態で、基板Pの傾斜角度 β を0度～105度まで変化させたときの膜厚の均一性を評価した。図7にその実験結果のグラフを示す。なお、実施例4では、ノズル54の噴霧角度 α および基板Pの傾斜角度 β 以外のその他の種々の条件、例えば、基板Pの材質、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量、排気部60の排気角度 γ 等の条件は、実施例2と同一である。また、薄膜の膜厚が300nmとなるようにミストの噴霧時間を調整して成膜を行っている。

[0056] 実施例4では、ノズル54の噴霧方向は基板Pに対して135度傾斜して

おり、排気部 60 の排気方向は水平面に対して垂直なので、基板 P の傾斜角度 β は、ノズル 54 の噴霧方向と排気部 60 の排気方向との角度差 ($\alpha - \gamma$) に比べ 45 度小さくなる。つまり、 $\beta + 45 = \alpha - \gamma$ 、となる。なお、図 7 中の線 100 は、実施例 2 で説明した基準値 (51.3%) を示している。また、図 7 中の複数の四角状の黒点は、複数の傾斜角度 β で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線 106 は、この複数の四角状の黒点から求めた近似曲線である。なお、実施例 4 における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例 1 と同様とする。

[0057] 図 7 の実験結果を示すグラフから、基板 P の傾斜角度 β が 10 度以上で、45 度以下の場合、つまり、角度差 ($\alpha - \gamma$) が 55 度以上で、90 度以下の場合、基準値 (51.3%) と略同等若しくはそれより低い評価値が得られることが確認できた。すなわち、基板 P の傾斜角度 β が 10 度～45 度の範囲内である場合は、成膜装置 20 のノズル 54 および排気部 60 が基準姿勢で、基板 P を傾斜させない条件と略同等若しくはそれより優れた膜厚の均一性が得られる。その理由としては、基板 P の傾斜角度 β が 10 度～45 度の範囲内である場合は、噴霧されたミストが基板 P の表面側または成膜表面近傍に滞留する時間がさらに長くなるからである。また、排気部 60 による排気によってさらに噴霧されたミストが基板 P の表面側または成膜表面近傍に滞留する時間が長くなる。これにより、膜厚の均一性がより一層向上する。

[0058] 好ましくは、基板 P の傾斜角度 β を 13 度以上、35 度以下、つまり、角度差 ($\alpha - \gamma$) を 58 度以上、80 度以下の範囲内にとるとよい。これにより、得られる均一性の評価値を略 40% 以下にすることができる。また、基板 P の傾斜角度 β が 17 度～30 度の範囲内である場合、つまり、角度差 ($\alpha - \gamma$) が 62 度～75 度の範囲内である場合では、膜厚の均一性の評価値が略 30% 以下となり、さらに好ましい。これにより、さらに優れた膜厚の均一性を得ることができる。

[0059] (実施例 5)

実施例 5 では、ノズル 5 4 の噴霧方向と排気部 6 0 の排気方向との角度差 $|\alpha - \gamma|$ ($|\quad|$ は絶対値を示す) を、0 度、4 5 度、7 5 度、9 0 度のそれぞれに固定した状態で、基板 P の傾斜角度 β を 0 度 ~ 1 0 5 度まで変化させたときの膜厚の均一性を評価した。図 8 にその実験結果のグラフを示す。なお、実施例 5 では、ノズル 5 4 の噴霧角度 α 、基板 P の傾斜角度 β 、および、排気部 6 0 の排気角度 γ 以外のその他の種々の条件、例えば、基板 P の材質、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量等の条件は、実施例 2 と同一である。

[0060] 図 8 中の線 1 0 0 は、実施例 2 で説明した基準値 (5 1. 3 %) を示している。図 8 中の複数の三角 ($\triangle$) 状の黒点は、角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 0 度の状態で、複数の傾斜角度 β で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線 1 0 8 は、この複数の三角状の黒点から求めた近似曲線である。図 8 中の複数の丸い黒点は、角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 4 5 度の状態で、複数の傾斜角度 β で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線 1 1 0 は、この複数の丸い黒点から求めた近似曲線である。図 8 中の複数の逆三角 (∇) 状の黒点は、角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 7 5 度の状態で、複数の傾斜角度 β で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線 1 1 2 は、この複数の逆三角状の黒点から求めた近似曲線である。図 8 中の四角状の黒点は、角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 9 0 度の状態で、複数の傾斜角度 β で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線 1 1 4 は、この複数の四角状の黒点から求めた近似曲線である。なお、実施例 5 における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例 1 と同様とする。

[0061] 図 8 の実験結果を示すグラフから、ノズル 5 4 の噴霧方向と排気部 6 0 の排気方向との角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 9 0 度を超えると、基板 P の傾斜角度 β にかかわらず、膜厚の均一性の評価値は、基準値 (5 1. 3 %) より高くなることが確認できた。すなわち、角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 9 0 度を超えると、基板 P の傾斜角度 β にかかわらず、膜厚の均一性は、成膜装置 2 0 のノズル 5 4 および排気部 6 0 が基準姿勢で基板 P を傾斜させない条件のときより劣る。

[0062] また、少なくともノズル 5 4 の噴霧方向と排気部 6 0 の排気方向との角度

差 $|\alpha - \gamma|$ が 75 度以下の場合は、基板 P の傾斜角度 β が一定の角度範囲内（少なくとも、15 度以上、75 度以下）にあることを条件として、基準値（51.3%）と同等若しくはそれより低い評価値が得られることが確認できた。すなわち、角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 75 度以下で、且つ、基板 P の傾斜角度 β が一定の角度範囲内にある場合は、噴霧されたミストが基板 P の表面側または成膜表面近傍に滞留する時間がさらに長くなるので、成膜装置 20 のノズル 54 および排気部 60 が基準姿勢で、基板 P を傾斜させない条件と同等若しくはそれより優れた膜厚の均一性が得られる。したがって、少なくともノズル 54 の噴霧方向と排気部 60 の排気方向との角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 75 度以下の場合に、成膜装置 20 が、水平面に対して 15 度～75 度の範囲内で傾斜して搬送されている基板 P 上に薄膜を形成することで、より優れた膜厚の均一性が得られる。

[0063] なお、少なくとも角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 75 度以下で、且つ、基板 P の傾斜角度 β が一定の角度範囲内（少なくとも、15 度～75 度の範囲内）であれば、基準値（51.3%）と同等若しくはそれより低い評価値が得られることは、上記実施例 2～実施例 4 で示した図 5～図 7 の実験結果のグラフからも確認することができる。

[0064] （実施例 6）

実施例 6 では、上記実施例 5 の実験結果も踏まえ、基板 P の傾斜角度 β を 60 度に固定した状態で、ノズル 54 の噴霧方向と排気部 60 の排気方向との角度差 $|\alpha - \gamma|$ を 0 度～90 度まで変化させたときの膜厚の均一性を評価した。図 9 にその実験結果のグラフを示す。なお、実施例 6 では、ノズル 54 の噴霧角度 α 、基板 P の傾斜角度 β 、および、排気部 60 の排気角度 γ 以外のその他の種々の条件、例えば、基板 P の材質、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量等の条件は、実施例 2 と同一である。

[0065] 図 9 中の線 100 は、実施例 2 で説明した基準値（51.3%）を示している。また、図 9 中の複数の四角状の白点（□）は、複数の角度差 $|\alpha - \gamma|$

| で得られた膜厚の均一性の評価値を表し、曲線 116 は、この複数の四角状の白点から求めた近似曲線である。なお、実施例 6 における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例 1 と同様とする。

[0066] 図 9 の実験結果を示すグラフからも、基板 P の傾斜角度 β が、15 度～75 度の範囲内である 60 度のときに、少なくとも角度差 $|\alpha - \gamma|$ が 75 度以下の場合には、基準値（51.3%）と同等若しくはそれより低い評価値が得られることが確認できた。

[0067] [第 3 の実施の形態]

第 3 の実施の形態では、少なくとも基板 P の搬送方向 S に沿って複数のノズル 54 を設けることで、成膜速度の向上を図っている。なお、第 3 の実施の形態において、特に説明しない限り、成膜装置 20 を含む基板処理装置 12 の構成は、上記第 1 の実施の形態と同様とする。

[0068] 図 10 は、第 3 の実施の形態におけるノズル 54、供給管 56、排気部 60、および、基板 P の配置構成を示す図である。なお、図 10 においても、成膜室 50 の図示を省略している。第 3 の実施の形態においては、基板 P の搬送方向 S において、基板 P を水平面に対して傾斜させ、傾斜した基板 P の搬送方向 S に沿って複数のノズル 54 を配置している。具体的には、基板 P の傾斜角度 β を 15 度～75 度の範囲内にある 45 度とし、傾斜した基板 P の搬送方向 S に沿って 3 つのノズル 54 を配置した。

[0069] ノズル 54 の噴霧方向は基板 P に対して直角、つまり、ノズル 54 の噴霧角度 α は 135 度であり、排気部 60 の排気角度 γ は 90 度である。したがって、ノズル 54 の噴霧方向と排気部 60 の排気方向との角度差 $|\alpha - \gamma|$ は、75 度以下である 45 度となる。すなわち、本第 3 の実施の形態では、ミストは、図 10 の噴霧方向と付された矢印の方向に噴霧されている。また、気体は、図 10 の排気方向と付された矢印の方向に排気されている。

[0070] この排気部 60 は、その軸心が水平面に対して垂直となるように設けられ、供給管 56 は、その軸心が水平面に対して垂直となるように排気部 60 の中を貫通した後に、基板 P の表面と平行に、基板 P の上流側に向かって延び

た延出部 56a を有する。この延出部 56a に、噴霧方向が基板 P に対して垂直となるように 3 つのノズル 54 が基板 P の表面と平行に設けられている。なお、少なくとも排気部 60 の排気口 60a、延出部 56a、および、ノズル 54 は、成膜室 50 の内側に設けられている。

[0071] [実施例]

(実施例 7)

実施例 7 においては、図 10 に示すノズル 54、供給管 56、排気部 60、および、基板 P の配置関係を採用した。実施例 7 では、ノズル 54 の数および噴霧角度 α と傾斜角度 β 以外のその他の種々の条件、例えば、基板 P の材質、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量、排気角度 γ 等の条件は、実施例 1 と同一である。この条件下で、2 分間ミストをノズル 54 から噴霧したところ、得られた薄膜の膜厚は 300 nm であった。

[0072] 形成された 2 cm (基板 P の幅方向) $\times$ 10 cm (基板 P の搬送方向 S) の領域の薄膜に対して、2 端子法にて抵抗値を測定して膜厚の均一性を評価した。膜厚の均一性の評価値は 18% となり、上記実施例 1 (均一性の評価値は 52%) に比べ膜厚の均一性が飛躍的に向上した。また、成膜速度は 150 nm/min となり、上記実施例 1 (60 nm/min) に比べ高い成膜速度が得られることが確認できた。なお、実施例 7 における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例 1 と同様とする。

[0073] (比較例 2)

図 11 は、比較例 2 におけるノズル 54、供給管 56、排気部 60、および、基板 P の配置関係を示す図である。比較例 2 では、実施例 7 とは異なり、排気部 60 を、基板 P より -Z 方向側であって、基板 P の搬送方向 S の上流側と下流側とにそれぞれ配置した。その他の種々の条件、例えば、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量、ノズル 54 の数および噴霧角度 α 、基板 P の材質および傾斜角度 β 等の条件は、実施例 7 と同一である。この条件下で、薄膜の膜厚が 300 nm となるようにミストの

噴霧時間を調整して成膜を行った。なお、図 11 においても、成膜室 50 の図示を省略している。なお、本比較例 2 では、ミストは、図 11 の噴霧方向と付された矢印の方向に噴霧されている。また、気体は、図 11 の排気方向と付された矢印の方向に排気されている。

[0074] 形成された 2 cm（基板 P の幅方向）× 10 cm（基板 P の搬送方向 S）の領域の薄膜に対して、2 端子法にて抵抗値を測定して膜厚の均一性を評価した。膜厚の均一性の評価値は 130% となり、実施例 1（均一性の評価値は 52%）および実施例 7（均一性の評価値は 18%）に比べ膜厚の均一性が劣る結果となった。また、成膜速度は 30 nm/min となり、実施例 7（150 nm/min）に比べ遅い結果となった。比較例 2 における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例 1 と同様とする。

[0075] なお、排気部 60 の排気口 60a を、ノズル 54 の噴霧口 54a に対して重力が働く方向とは反対側に配置しなくても、排気部 60 の排気口 60a を、基板 P に対して重力が働く方向とは反対側に配置すれば、比較例 2 に比べ、基板 P の上方側でミストが滞留しやすくなるので、膜厚の均一性が向上する。

[0076] （比較例 3）

図 12 は、比較例 3 におけるノズル 54、供給管 56、および、基板 P の配置関係を示す図である。比較例 3 では、実施例 7 とは異なり、排気部 60 を設けていない。また、比較例 3 では、キャリアガスの流量を 1 NL/min ~ 5 NL/min まで変化させた。その他の種々の条件、例えば、液体の種類、ミストの発生方法、キャリアガスの種類、ノズル 54 の数および噴霧角度 α 、基板 P の材質および傾斜角度 β 等の条件は、実施例 7 と同一である。この条件下で、キャリアガスの流量毎に、薄膜の膜厚が 300 nm となるようにミストの噴霧時間を調整して成膜を行った。なお、図 12 においても、成膜室 50 の図示を省略している。なお、本比較例 3 では、ミストは、図 12 の噴霧方向と付された矢印の方向に噴霧されている。

[0077] その結果、キャリアガスの流量毎に、形成された 2 cm（基板 P の幅方向

) × 10 cm (基板 P の搬送方向 S) の領域の薄膜に対して、2 端子法にて抵抗値を測定して膜厚の均一性を評価した。その膜厚の均一性の評価結果を図 13 に示す。なお、比較例 3 における膜厚の均一性の評価値の算出方法は、実施例 1 と同様とする。

[0078] 図 13 に示すように、キャリアガスの流量が 1 NL/min の場合は、膜厚の均一性の評価値は 165% となり、成膜速度は 140 nm/min となった。キャリアガスの流量が 2 NL/min の場合は、膜厚の均一性の評価値は 154% となり、成膜速度は 135 nm/min となった。キャリアガスの流量が 3 NL/min の場合は、膜厚の均一性の評価値は 145% となり、成膜速度は 132 nm/min となった。また、キャリアガスの流量が 4 NL/min の場合は、膜厚の均一性の評価値は 140% となり、成膜速度は 130 nm/min となった。キャリアガスの流量が 5 NL/min の場合は、膜厚の均一性の評価値は 120% となり、成膜速度は 130 nm/min となった。

[0079] 以上のことから、キャリアガスの流量が 5 NL/min のときに膜厚の均一性の評価値が 120% となり、最も優れる。しかしながら、膜厚の均一性が最も優れたものであっても、実施例 1 (均一性の評価値は 52%) および実施例 7 (均一性の評価値は 18%) と比べると膜厚の均一性は劣る結果となった。また、キャリアガスの流量が 4 NL/min または 5 NL/min のときは、成膜速度が 130 nm/min となり最も速くなるが、実施例 7 (150 nm/min) と比べると成膜速度も遅い結果となった。

[0080] このように、実施例 7 が比較例 2、3 に対して膜厚の均一性が向上する理由としては、上記第 1 の実施の形態で説明したように、排気部 60 の排気口 60a をノズル 54 の噴霧口 54a に対して重力方向とは反対側に離間して設けたことによる。また、実施例 7 が、上記実施例 1 に対して膜厚の均一性が向上する理由としては、上記第 2 の実施の形態で説明したように、基板 P を 15 度～75 度の範囲内で傾斜させ、ノズル 54 の噴霧方向と排気部 60 の排気方向との角度差 $|\alpha - \gamma|$ を 75 度以下にしたからである。

[0081] (変形例1)

なお、変形例1では、図10に示すノズル54、供給管56、排気部60、および、基板Pの配置関係において、薄膜原料としての SiO_2 の微粒子をIPA分散媒に分散させた液体（分散液）を用いて成膜した場合について説明する。変形例1では、液体の種類以外のその他の種々の条件、例えば、ミストの発生方法、キャリアガスの種類および流量、ノズル54の数および噴霧角度 α 、基板Pの材質および傾斜角度 β 、排気部60の排気角度 γ 等の条件は、実施例7と同一である。この条件下で、5分間ミストをノズル54から噴霧したところ、得られた薄膜の膜厚は300nmであった。なお、変形例1では、基板P上に形成された $\text{ZnO}:\text{Al}$ （アルミニウムが添加された酸化亜鉛）の膜上に、 SiO_2 の薄膜を形成した。

[0082] 形成された SiO_2 の薄膜のうち、2cm（基板Pの幅方向）×10cm（基板Pの搬送方向S）の領域に対して、触針式の膜厚計によって直接膜厚を測定して膜厚の均一性を評価した。膜厚の測定は、2cm×10cmの薄膜に対して、基板Pの搬送方向Sと幅方向とに沿って2cm間隔毎に測定した。膜厚の均一性の評価値は、15%となった。求めた膜厚の均一性の評価値は、その値が低いほど膜厚がより均一であることを示している。また、成膜速度は、60nm/minとなった。

[0083] なお、変形例1においては、膜厚の均一性の評価値を、

$$\text{膜厚の均一性の評価値} = (T_{\max} - T_{\min}) / T_{\min} \times 100 \quad \dots (2)$$

の数式を用いて算出した。但し、 $T_{\max}$ は測定した膜厚の最大値を示し、 $T_{\min}$ は測定した膜厚の最小値を示す。つまり、2cm×10cmの薄膜に対して測定した複数の膜厚のうち、膜厚が最も高い最大値 $T_{\max}$ と、膜厚が最も低い最小値 $T_{\min}$ とによって算出した。

[0084] 図14に、基板P上に形成された $\text{ZnO}:\text{Al}$ （アルミニウムが添加された酸化亜鉛）の膜上に、 SiO_2 の薄膜を形成して得られたデバイスの構造を示す。この $\text{ZnO}:\text{Al}$ の膜のキャリア密度は、 $8 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ である。そして、このデバイス（ SiO_2 の薄膜が形成された基板P）を1時間300度

大気雰囲気にて焼成した。このZnO:Alのキャリア生成の一因は、酸素空孔により発生する電子となっており、酸化雰囲気に曝されることによって欠陥が補填されてキャリア密度が減少する。しかしながら、ZnO:Alの膜上にSiO₂の膜を形成したので、焼成後のZnO:Alの膜のキャリア密度は $6.8 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ となり、焼成前のキャリア密度と然程変わらない値となっている。したがって、形成したSiO₂の薄膜が酸素バリア膜としての効果を発揮していることが確認できた。

[0085] このように、本発明の態様によれば、成膜装置20の排気部60の排気口60aを、ノズル54の噴霧口54aに対して、重力が働く方向とは反対側に配置したので、薄膜原料が基板Pの表面側または成膜表面近傍に滞留しやすくなり、基板Pに形成される薄膜の膜厚の均一性を向上させることができる。

[0086] 成膜装置20は、重力が働く方向と直交する水平面に対して15度～75度の範囲で傾斜している基板Pに対して薄膜を形成し、ノズル54の噴霧方向と排気部60の排気方向との角度差 $|\alpha - \gamma|$ は、75度以下であるので、薄膜原料が基板Pの表面側または成膜表面近傍に滞留する時間がさらに長くなり、形成される薄膜の膜厚の均一性をさらに向上させることができる。

[0087] 排気口60aは、ノズル54の噴霧口54aから離れた位置の供給管56に設けられているので、噴霧された薄膜原料は排気口60aから排気され難くなる。したがって、薄膜原料が基板Pの表面側または成膜表面近傍に滞留しやすくなり、基板Pに形成される薄膜の膜厚の均一性を向上させることができる。また、ノズル54は、少なくとも基板Pの搬送方向Sに沿って複数配置されているので、成膜速度を速くすることができる。

[0088] なお、上記第1～第3の実施の形態では、成膜装置20は、搬送されている基板Pに対して、薄膜を形成する成膜処理を行うようにしたが、停止している基板Pに対して成膜を行ってもよい。成膜装置20の排気部60の排気口60aを、ノズル54の噴霧口54aに対して、重力が働く方向とは反対側に配置しているので、停止している基板Pに対して成膜を行っても、基板

Pに形成される薄膜の膜厚の均一性を向上させることができる。

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に薄膜を形成する成膜装置であって、
薄膜原料を噴霧する噴霧部と、
気体を排気する排気部と、
を備え、
前記排気部の排気口は、前記基板に対して、重力が働く方向とは反対側に配置されている、成膜装置。
- [請求項2] 請求項1に記載の成膜装置であって、
前記排気部の排気口は、前記噴霧部の噴霧口に対して、重力が働く方向とは反対側に配置されている、成膜装置。
- [請求項3] 請求項1または2に記載の成膜装置であって、
前記成膜装置は、重力が働く方向と直交する水平面に対して15度～75度の範囲で傾斜している前記基板に対して薄膜を形成し、
前記噴霧部による薄膜原料の噴霧方向と前記排気部による気体の排気方向との角度差は、75度以下である、成膜装置。
- [請求項4] 請求項3に記載の成膜装置であって、
前記成膜装置は、
前記水平面に対して25度～60度の範囲内で傾斜している前記基板上に薄膜を形成し、
前記噴霧方向と前記排気方向との角度差が40度～60度の範囲となるように、前記噴霧部と前記排気部とが設けられている、成膜装置。
- [請求項5] 請求項1～4のいずれか1項に記載の成膜装置であって、
前記噴霧部は、薄膜原料を供給する供給管に設けられ、
前記排気部の排気口は、前記噴霧部の噴霧口から離れた位置の前記供給管に設けられている、成膜装置。
- [請求項6] 請求項1～5のいずれか1項に記載の成膜装置であって、
前記基板に薄膜を形成するための成膜室を備え、

前記噴霧部は、前記成膜室内に挿入され、

前記排気部は、前記成膜室の外壁に設けられて、前記成膜室内の気体を排気する、成膜装置。

[請求項7] 請求項1～6のいずれか1項に記載の成膜装置であって、

前記噴霧部は、少なくとも前記基板の搬送方向に沿って複数配置されている、成膜装置。

[請求項8] 請求項1～7のいずれか1項に記載の成膜装置と、

前記成膜装置によって薄膜が形成された前記基板に光を照射して、所定のパターンを前記基板に露光する露光装置と、

を備える基板処理装置。

[請求項9] 請求項8に記載の基板処理装置であって、

前記基板を重力が働く方向と直交する水平面に対して15度～75度の範囲内で傾斜させた状態で、前記成膜装置に前記基板を搬送する基板搬送装置をさらに備える、基板処理装置。

[請求項10] デバイスを製造するデバイス製造方法であって、

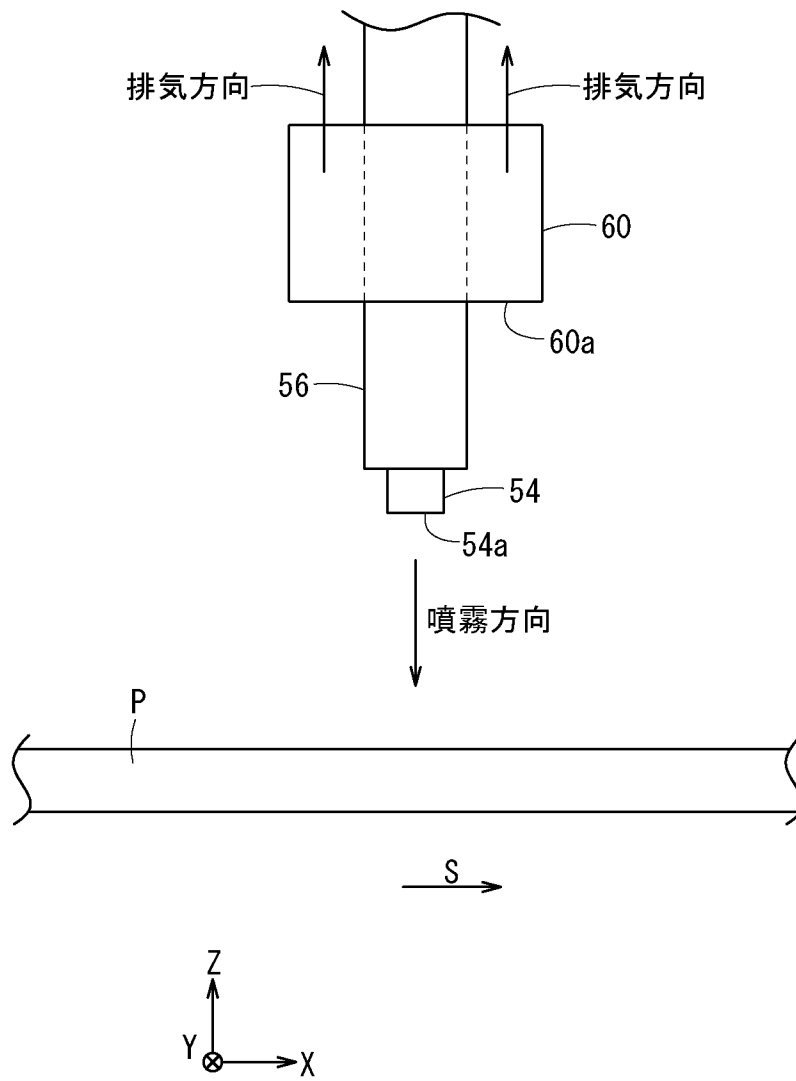
請求項1～7のいずれか1項に記載の成膜装置を用いて、前記基板上に薄膜を形成する成膜工程と、

前記成膜工程で成膜された前記基板に光を照射して、所定のパターンを前記基板に露光する露光工程と、

を備える、デバイス製造方法。

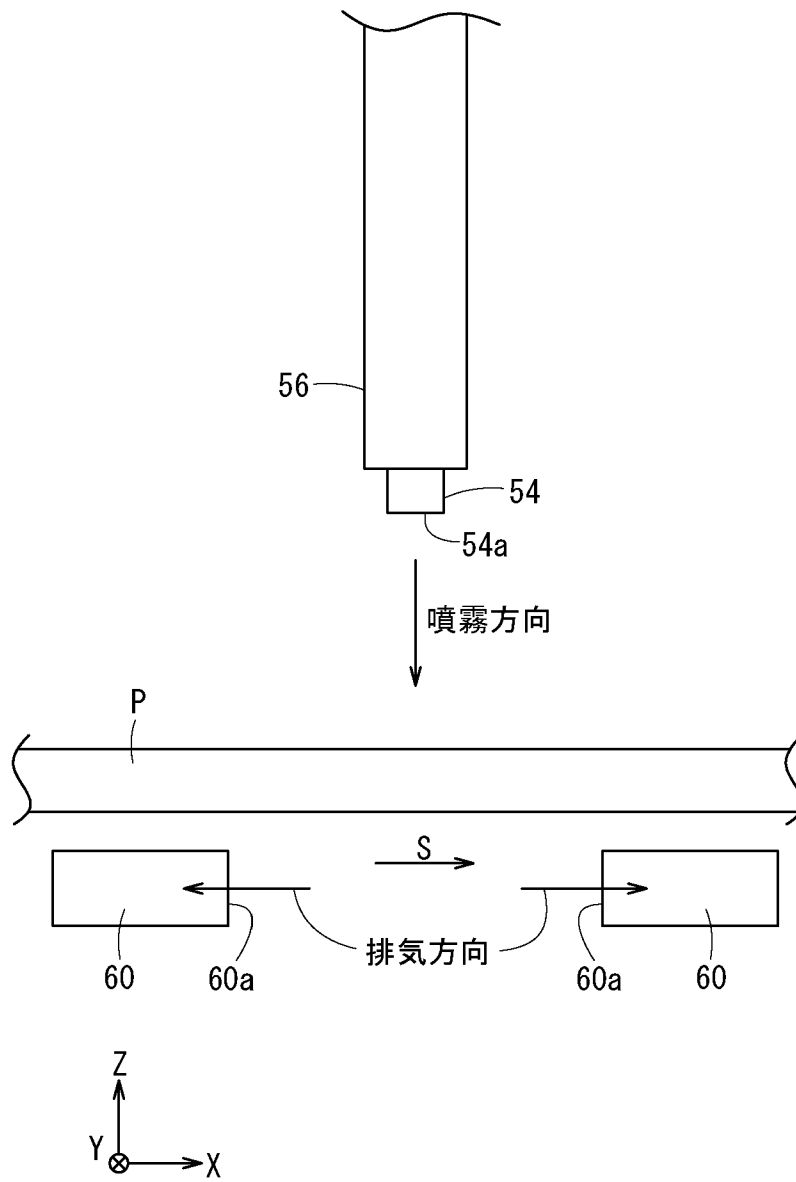
[図2]

FIG. 2



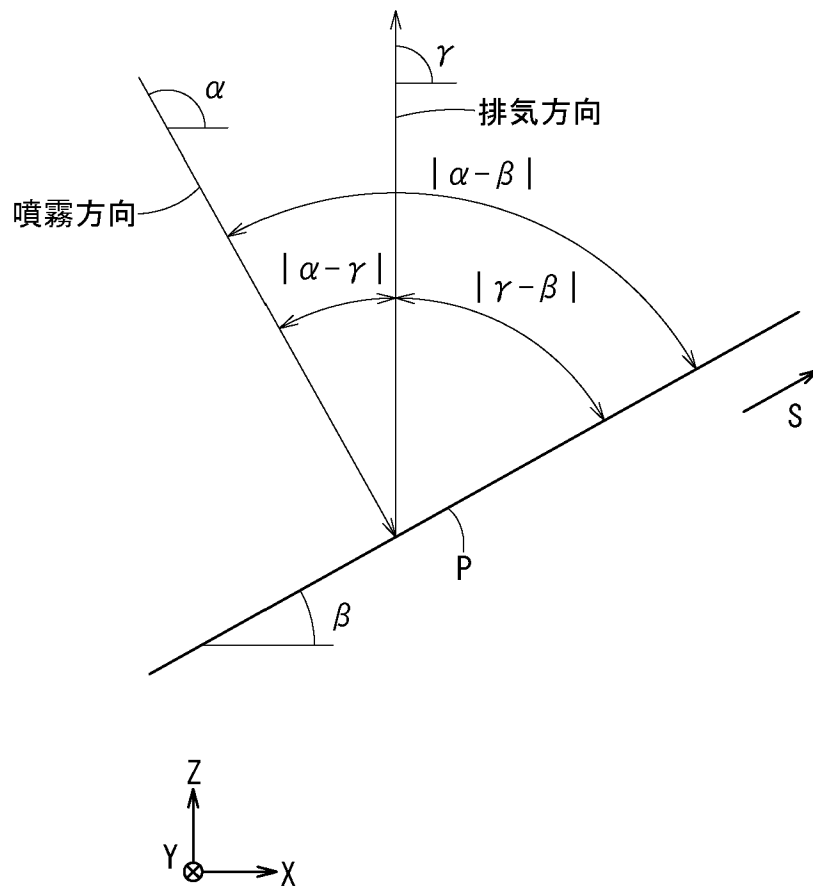
[図3]

FIG. 3



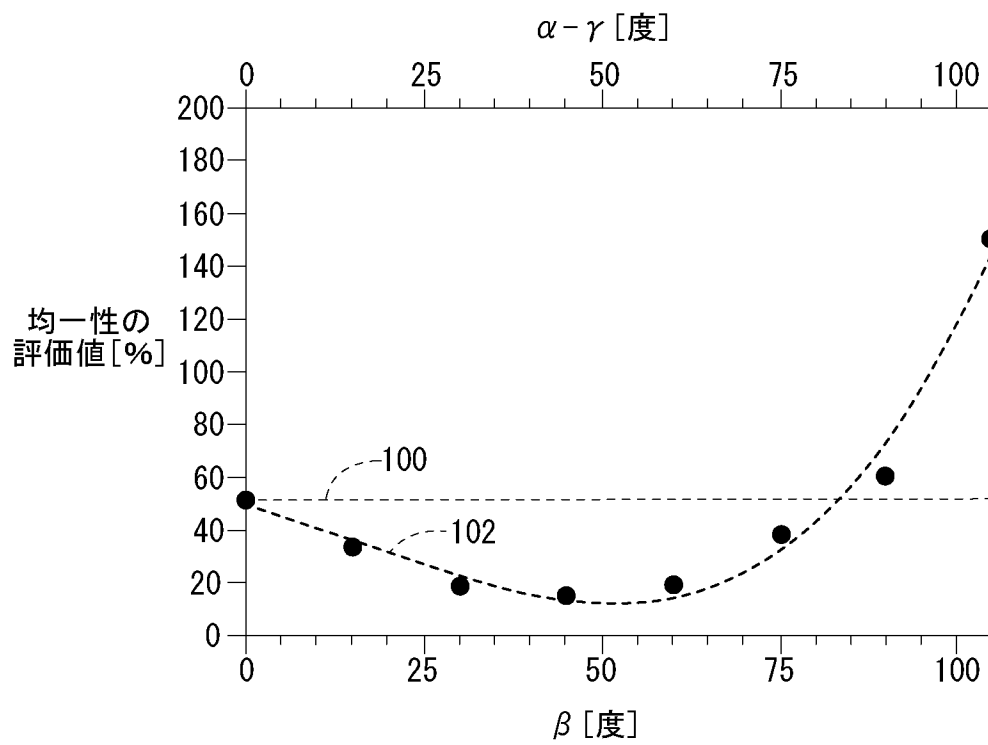
[図4]

FIG. 4



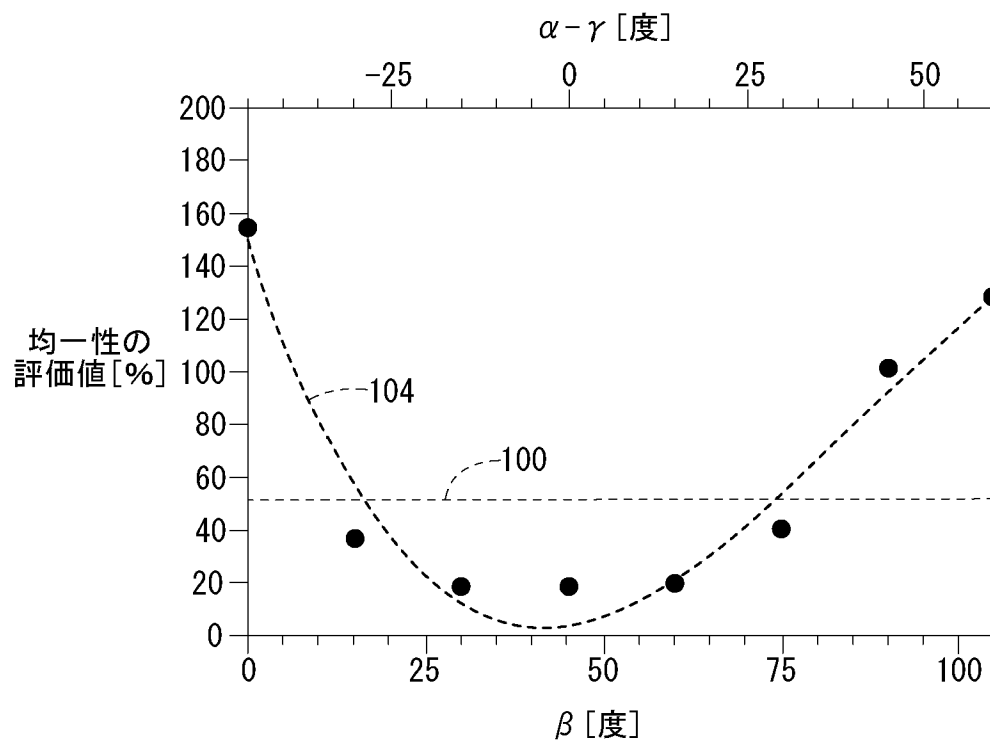
[図5]

FIG. 5



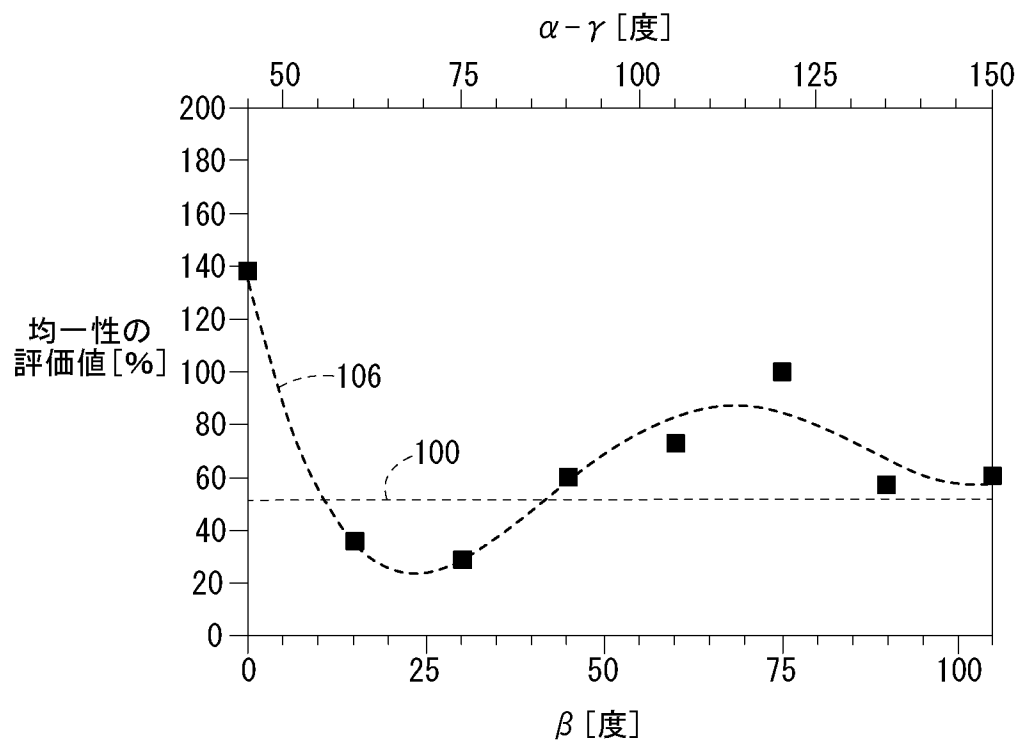
[図6]

FIG. 6



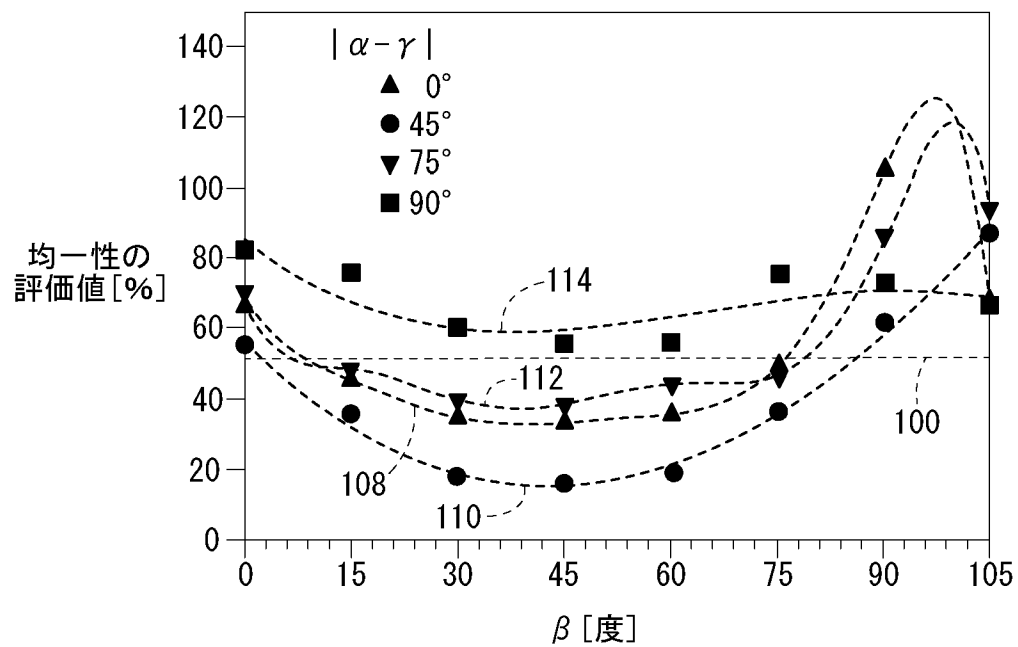
[図7]

FIG. 7



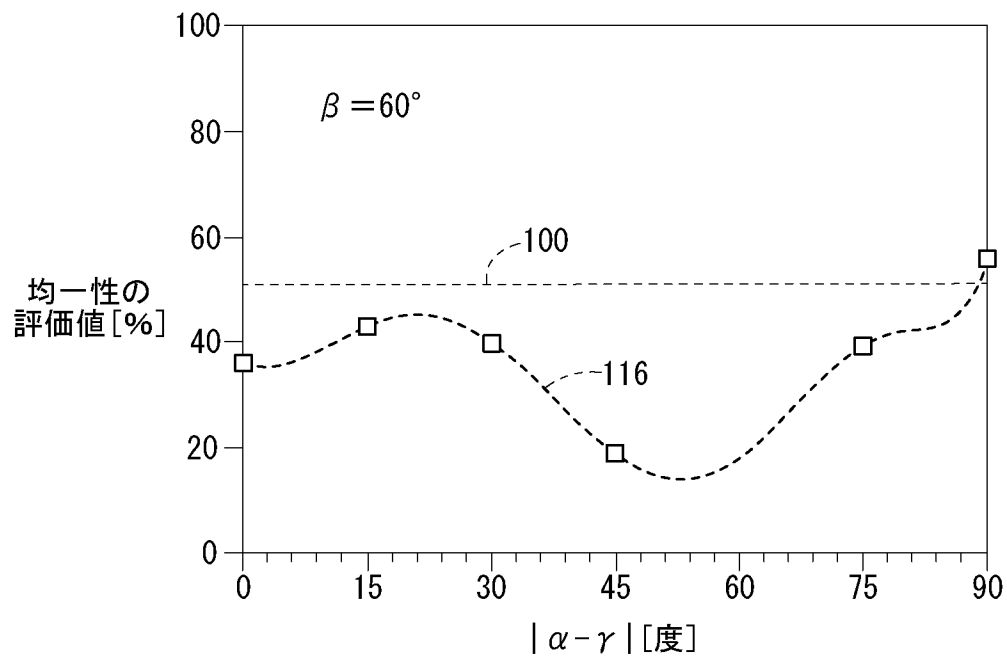
[図8]

FIG. 8



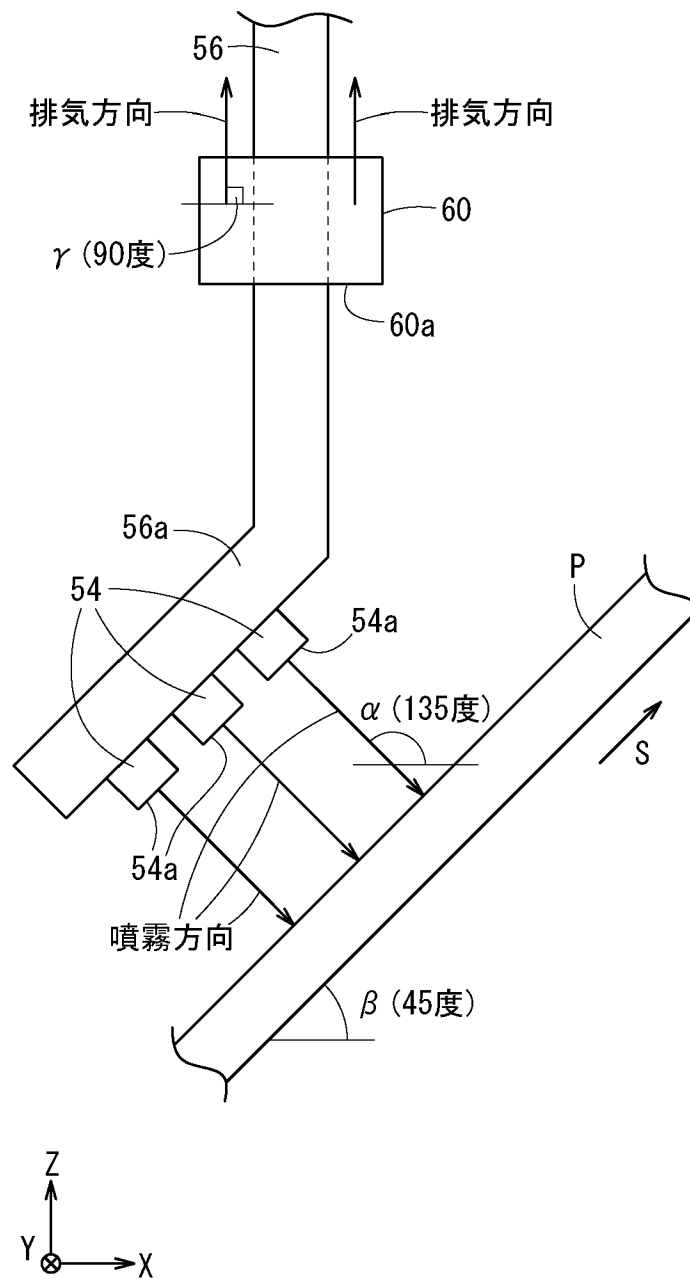
[図9]

FIG. 9



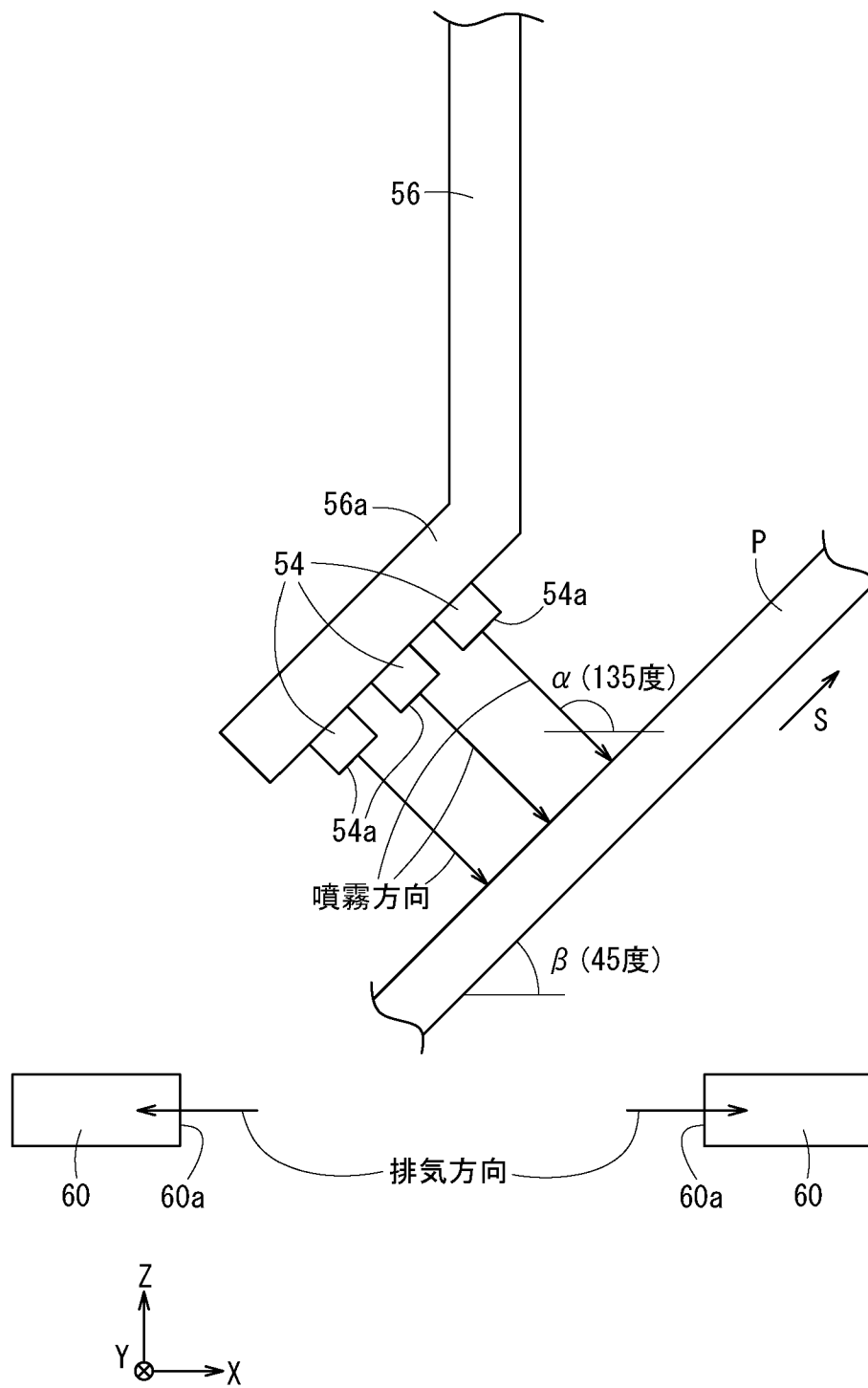
[図10]

FIG. 10



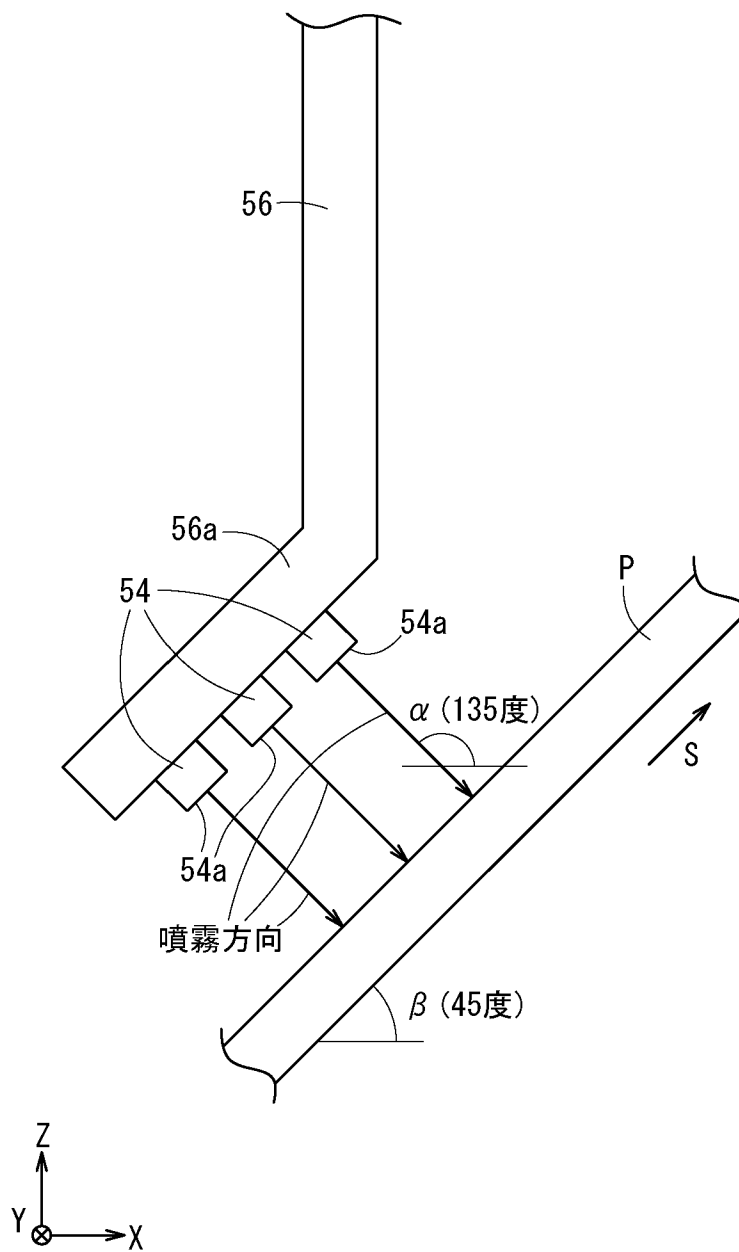
[図11]

FIG. 11



[図12]

FIG. 12



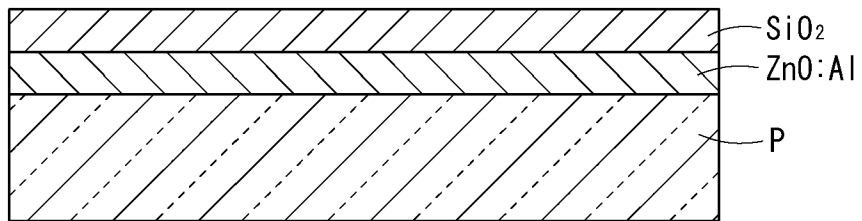
[図13]

FIG. 13

	1NL/min	2NL/min	3NL/min	4NL/min	5NL/min
均一性の 評価値	165%	154%	145%	140%	120%
成膜速度	140nm/min	135nm/min	132nm/min	130nm/min	130nm/min

[図14]

FIG. 14



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/061898

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C23C16/455(2006.01)i, B05B15/12(2006.01)i, B05D1/02(2006.01)i, B05D3/06(2006.01)i, B05D7/24(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L51/50(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)

C23C16/455, B05B15/12, B05D1/02, B05D3/06, B05D7/24, G03F7/20, H01L21/027, H01L21/31, H01L21/316, H01L51/50, H05B33/02, H05B33/10

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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.
X Y A	JP 2002-217530 A (Olympus Optical Co., Ltd.), 02 August 2002 (02.08.2002), paragraphs [0029] to [0066] (Family: none)	1, 2, 5-7 8, 10 3, 4, 9
X	JP 2008-302298 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 18 December 2008 (18.12.2008), paragraphs [0019] to [0050] (Family: none)	1, 2, 5-7
Y	JP 2009-240994 A (Nippon Zeon Co., Ltd.), 22 October 2009 (22.10.2009), paragraphs [0010] to [0062] (Family: none)	8, 10

☐ 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
02 July 2015 (02.07.15)

Date of mailing of the international search report
14 July 2015 (14.07.15)

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

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/061898

Continuation of A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
(International Patent Classification (IPC))

H05B33/02(2006.01)i, H05B33/10(2006.01)i

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

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. C23C16/455(2006.01)i, B05B15/12(2006.01)i, B05D1/02(2006.01)i, B05D3/06(2006.01)i, B05D7/24(2006.01)i, G03F7/20(2006.01)i, H01L21/027(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/02(2006.01)i, H05B33/10(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. C23C16/455, B05B15/12, B05D1/02, B05D3/06, B05D7/24, G03F7/20, H01L21/027, H01L21/31, H01L21/316, H01L51/50, H05B33/02, H05B33/10

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 1 5 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 5 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 5 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
X	JP 2002-217530 A（オリンパス光学工業株式会社）2002.08.02, [0029]～[0066]（ファミリーなし）	1, 2, 5-7
Y		8, 10
A		3, 4, 9
X	JP 2008-302298 A（凸版印刷株式会社）2008.12.18, [0019]～[0050]（ファミリーなし）	1, 2, 5-7

☒ 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

0 2 . 0 7 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 4 . 0 7 . 2 0 1 5

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 1 0 0 - 8 9 1 5
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）

今井 淳一

4 G

9 0 5 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 1 6

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-240994 A (日本ゼオン株式会社) 2009. 10. 22, [0010]～ [0062] (ファミリーなし)	8, 10