

(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
2019年12月5日(05.12.2019)



(10) 国際公開番号

WO 2019/230967 A1

- (51) 国際特許分類:
C23C 14/02 (2006.01) C23C 14/34 (2006.01)
C23C 14/14 (2006.01) H05K 3/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/021818
- (22) 国際出願日: 2019年5月31日(31.05.2019)
- (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 2018-106445 2018年6月1日(01.06.2018) JP
特願 2018-167359 2018年9月6日(06.09.2018) JP
- (71) 出願人: 株式会社島津製作所 (SHIMADZU CORPORATION) [JP/JP]; 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 Kyoto

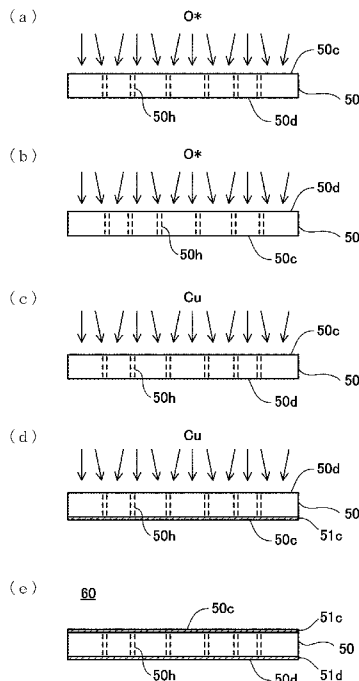
(JP). 学校法人関東学院 (KANTO GAKUIN SCHOOL CORPORATION) [JP/JP]; 〒2368501 神奈川県横浜市金沢区六浦東一丁目50番1号 Kanagawa (JP).

(72) 発明者: 猿渡 哲也 (SARUWATARI, Tetsuya); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 吉岡 尚規 (YOSHIOKA, Naoki); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 大岸 厚文 (OGISHI, Atsufumi); 〒6048511 京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内 Kyoto (JP). 渡邊 充広 (WATANABE, Mitsuhiro); 〒2368501 神奈川県横浜市金沢区六浦東1-50-1 関東学院大学内 Kanagawa (JP). 本間 英夫 (HONMA,

(54) Title: METHOD FOR FORMING ELECTROCONDUCTIVE FILM, AND METHOD FOR MANUFACTURING WIRING SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 導電膜形成方法、および配線基板の製造方法

【図1】



(57) Abstract: This method for forming an electroconductive film includes disposing an object to be processed in a position separated from a high-density plasma generation source installed in a pressure-resistant chamber, reducing the pressure inside the pressure-resistant chamber, supplying a reaction gas to the plasma generation source and forming a plasma state, exposing the object to be processed to the reaction gas rendered highly reactive in the plasma generation source, forming a seed layer film on a portion of the surface of the object to be processed without exposing to the atmosphere the object to be processed which has been exposed to the reaction gas, forming a metal film by electroless plating, electroplating, or a dry film formation process on a portion of the surface of the seed layer formed on the object to be processed, and heat-treating the object to be processed on which the seed layer and the metal film are formed.

(57) 要約: 導電膜形成方法は、耐圧チャンバ内に設置されている高密度プラズマ発生源から離れた位置に処理対象物を配置すること、耐圧チャンバ内を減圧すること、プラズマ発生源に反応ガスを供給してプラズマ状態を形成すること、処理対象物をプラズマ発生源において高反応性化された反応ガスに晒すこと、反応ガスに晒した処理対象物を大気に晒すことなく処理対象物の表面の一部にシード層を成膜すること、処理対象物に成膜されたシード層の表面の一部に、無電解めっき、電解めっき、またはドライ成膜プロセスにより金属膜を形成すること、シード層および金属膜が形成された処理対象物を熱処理すること、とを含む。

Hideo); 〒2368501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学内 Kanagawa (JP). コルドニエ, クリストファー アネスト ジョン (**CORDONIER, Christopher Ernest John**); 〒2368501 神奈川県横浜市金沢区六浦東 1-50-1 関東学院大学内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 永井 冬紀, 外 (**NAGAI, Fuyuki et al.**); 〒1080075 東京都港区港南一丁目 6 番 4 1 号 品川クリスタルスクエア 901 永井特許事務所 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, 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))

明 細 書

発明の名称：導電膜形成方法、および配線基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、導電膜形成方法、および配線基板の製造方法に関する。

背景技術

[0002] ガラスなどの無機材料からなる絶縁体の表面に金属めっきにより導電膜を形成するために、絶縁体の表面に無電解めっきによりシード層と呼ばれる薄い導電層を形成し、このシード層を電極としてシード層の上に金属を電解めっきすることが行われている。

絶縁体の表面へのシード層の形成方法として、絶縁体の表面にエッチング処理等で微小な凹凸を形成し、そこにパラジウム等の触媒を添加したうえで、無電解めっきを行うことが知られている（特許文献1）。

一方、樹脂に対して金属膜を成膜する際に、プラズマ処理により樹脂の表面に金属との密着性を高めるための化合物層を形成し、その化合物層の上に金属膜を形成する成膜方法および成膜装置も提案されている（特許文献2）。

[0003] 一般に、プラズマ処理は、反応ガスを満たした2つの電極間に高電圧を印加して放電を行うことによりプラズマ化した反応ガスを用いて行う。従来においては、2つの電極間に処理対象物を配置し、電極間の放電により生じたプラズマを処理対象物に照射することが一般的である。処理対象物自体または処理対象物を保持する金属製の保持機構を、2つの電極のうち一方として使用する場合もある。

特許文献3には、放電のための2つの電極の外部に処理対象物を配置するプラズマ発生装置も提案されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：日本国特許第5615881号公報

特許文献2：日本国特開2016-211051号公報

特許文献3：日本国特開2002-180257号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 導電膜の形成に使用する従来のめっき方法においては、絶縁体の基材とめっき膜との密着性が十分でなく、剥離が生じ易いという課題がある。

また、特許文献2に開示されるような成膜方法および成膜装置は、プラズマにより樹脂の表面に樹脂および金属との密着性が良好な化合物層を形成するものであり、樹脂とは化学的な性質が異なるガラス等の無機材料に対して適用することは困難である。さらに、ガラス等の無機材料はプラズマの照射による急激または局所的な温度変化に弱いという問題もある。

一方、特許文献3に開示されるプラズマ処理装置は、処理対象物の温度上昇を押さえることはできるが、処理対象物を大気圧下に配置して処理を行うものであり、高処理能力の処理を行うことは困難である。

課題を解決するための手段

[0006] 第1の態様の導電膜形成方法は、耐圧チャンバ内に設置されている、高密度プラズマ電極および前記高密度プラズマ電極に対向して配置されている対極を含むプラズマ発生源に対し、前記高密度プラズマ電極から前記対極とは反対側に離れた位置に、処理対象物を配置すること、前記耐圧チャンバ内を減圧すること、前記プラズマ発生源に反応ガスを供給してプラズマ状態を形成すること、前記処理対象物を、前記プラズマ発生源において高反応性化された前記反応ガスに晒すこと、前記反応ガスに晒した前記処理対象物を大気に晒すことなく、前記処理対象物の表面の少なくとも一部にシード層を成膜すること、前記処理対象物に成膜された前記シード層の表面の少なくとも一部に、電解めっき、無電解めっき、またはドライ成膜プロセスにより金属膜を形成すること、前記シード層および前記金属膜が形成された前記処理対象物を熱処理すること、とを含む。

第2の態様の配線基板の製造方法は、基板を用意すること、前記基板に第

1の態様の導電膜形成方法により導電膜を形成すること、とを含む。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、ガラス等の無機材料に対して密着性の高い膜を形成する高処理能力の導電膜形成方法および配線基板の製造方法を実現できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]図1は、導電膜形成方法の概略を説明する図で、工程の前段を説明する図。

[図2]図2は、導電膜形成方法の概略を説明する図で、工程の中段を説明する図。

[図3]図3は、導電膜形成方法の概略を説明する図で、工程の後段を説明する図。

[図4]図4は、本発明の導電膜形成方法のうち、プラズマ処理工程と、成膜工程で使用する装置を示す図。

[図5]図5は、図4の装置の中のホローカソードを示す図。

[図6]図6は、プラズマ処理工程における反応ガスの圧力および投入する電力の時間変化を示す図。図6(a)は、反応ガスの圧力の時間変化を示す図、図6(b)は、プラズマ発生装置に投入する電力の時間変化を示す図。

[図7]図7は、熱処理における金属酸化膜56の形成を説明する図である。

発明を実施するための形態

[0009] (導電膜形成方法の実施形態の概要)

図1から図3を参照して、実施形態の導電膜形成方法の概要を説明する。

図1は、ガラス等の無機材料を含む処理対象物50に対する、プラズマ処理工程およびシード層の成膜処理工程を説明する図である。

[0010] 始めに、図1(a)に示すとおり、処理対象物50のおもて面50cに対して酸素ラジカル(O^*)および酸素プラズマ等を用いたプラズマ処理を行なう。プラズマ処理の詳細については、後述する。

処理対象物50は、一例として無アルカリガラス、ソーダガラス、または石英ガラスからなる基板であり、おもて面50cと裏面50dをつなぐ貫通

孔50hが複数形成されている。

なお、貫通孔50hの少なくとも一部は、おもて面50cまたは裏面50dのみに形成され、おもて面50cと裏面50dを貫通しない非貫通孔であっても良い。また、おもて面50cまたは裏面50dに、溝が形成されていても良い。

次に、処理対象物50を反転させ、図4（b）に示すとおり、裏面50dをプラズマ処理する。酸素ラジカル（O*）は、処理対象物50のおもて面50cおよび裏面50dのみでなく、貫通孔50hの内側面にも照射され、これらの部分を活性化する。

[0011] 処理対象物50へのプラズマ処理の終了後に、図1（c）に示すとおり、処理対象物50のおもて面50cに対して、スパッタリング等の成膜方法により銅（Cu）等の金属を成膜する。この際の成膜方法についても詳細は後述する。後述するとおり、図1（b）に示すプラズマ処理の終了後、処理対象物50は、大気に晒されることなく、図1（c）に示す成膜処理が行われる。

後述するとおり、この成膜工程においては、処理対象物50に形成されている貫通孔50hの内側面にも、金属を成膜することができる。

[0012] 次に、処理対象物50を反転させ、図1（d）に示すとおり、処理対象物50の裏面50dおよび貫通孔50hの内側面に、銅（Cu）等の金属を成膜する。

プラズマ処理および成膜処理における、おもて面50cと裏面50dの処理順は、それぞれ上述の順とは逆であっても良い。

[0013] 以上の工程により、図1（e）に示すとおり、処理対象物50のおもて面50c、裏面50d、および貫通孔50hの内側面には、シード層（金属膜51c、51d）が処理対象物50と高い密着性をもって形成される。また、処理対象物50のおもて面50cまたは裏面50dに形成されている上述の非貫通孔および溝の内側面にも、シード層（金属膜51c、51d）が処理対象物50と高い密着性をもって形成される。図1（e）に示す処理対象

物50およびシード層51c、51dの状態を、シード層付処理対象物60と呼ぶ。

[0014] シード層51c、51dの金属膜の厚さは、100nmから1000nm程度であることが好ましい。100nmより薄い場合には電気抵抗が大きくシード層としての機能が十分に得られない恐れがあり、1000nmより厚い場合には成膜に時間を要し、製造コストが上昇する問題がある。

また、貫通孔50hの直径は、おもて面50cおよび裏面50d付近において20 μ mから50 μ mとし、おもて面50cと裏面50dとの中間部分においては、15 μ mから20 μ mとする。すなわち、おもて面50cおよび裏面50d付近では内径が大きく、内部では内径を相対的に小さくすることが好ましい。

[0015] なお、上記では処理対象物50のおもて面50c、裏面50d、および貫通孔50hの内側面の全ての部分にシード層（金属膜51c、51d）を形成しているが、これに限るわけではない。例えば、成膜処理に先立って、処理対象物50の表面（おもて面50c、裏面50d）の一部をマスキングすることで、マスキングした部分以外にシード層51c、51dを形成することもできる。

また、形成するシード層51c、51dの材料としては、銅に限らず、銅を含む合金や、ニッケル、アルミニウム、クロム等の他の金属およびそれらを含む合金であっても良い。

[0016] 次に、シード層51c、51dの形成されたシード層付処理対象物60の表面の少なくとも一部に、電解めっきによりさらに銅等の金属の膜を形成する。

図2（a）は、この電解めっきの工程を表す図であり、シード層付処理対象物60は電解めっき装置45の電解液46中に浸され、シード層51c、51dの表面には、電源47に接続されている導線49aが接続されている。電解液46中には、対向電極48が設置されており、対向電極48には、電源47に接続されている導線49bが接続されている。

[0017] 電解液 46 は一例として銅イオンを含み、導線 49a に導線 49b よりも所定の電位差だけ低い電位を印加することにより、シード層付処理対象物 60 のシード層 51c、51d の表面に銅が析出して、電解めっきが行われる。対向電極 48 としては、一例として銅板を使用する。電解液 46 は貫通孔 50h の内部にも浸透し、また貫通孔 50h の内側面にもシード層が形成されているので、貫通孔 50h の内部にも銅がめっきされる。同様に、上述の処理対象物 50 のおもて面 50c または裏面 50d に形成されている非貫通孔および溝の内部にも、銅がめっきされる。

なお、めっき工程に際しても、事前にシード層 51c、51d の表面の一部をマスクキングすることにより、シード層 51c、51d の表面に部分的にめっきを施すこともできる。

[0018] 図 2 (b) に、めっき工程が終了した中間製品 70 を示す。

処理対象物 50 のおもて面 50c、裏面 50d の少なくとも一部には、銅めっき膜（金属膜）52c、52d が施され、複数の貫通孔 50h の少なくとも一部にもめっきにより銅 52e が充填されている。なお、図 2 (b) では、シード層 51c、51d は図示を省略している。

なお、このめっき工程は、上述の電解めっきに限らず、無電解めっきにより行うこともできる。あるいは、めっきでなく、蒸着等のドライ成膜プロセスにより行うこともできる。

[0019] 次に、金属膜 52c、52d の形成された中間製品 70 に対して、熱処理（アニール）を行う。

図 3 (a) は、中間製品 70 を熱処理している状態を示す。

熱処理炉 61 は、その内部にヒータ 63a、63b を備え、ヒータ 63a、63b は加熱電源 62 からの電力により加熱される。ヒータ 63a、63b からの熱により、中間製品 70 は加熱され、熱処理される。

[0020] この熱処理により、処理対象物 50 の表面、シード層 51c、51d、および金属膜 52c、52d は、一層強固に結合され、丈夫で剥離しにくく、かつ電気抵抗の低い導電膜が形成される。

熱処理に際し、金属膜 5 2 c、5 2 d およびシード層 5 1 c、5 1 d の熱酸化を防止するために、熱処理炉 6 1 に対して配管 6 4 から窒素等の不活性ガスを供給しても良い。熱処理炉 6 1 内の気体は、配管 6 5 から排気される。

[0021] この熱処理は、100℃以上であって処理対象物 5 0、シード層 5 1 c、5 1 d、または金属膜 5 2 c、5 2 d の融点までの温度において、10秒から24時間程度行うことが好ましい。温度が100℃より低い、または処理時間が10秒より短いと、処理対象物 5 0 の表面、シード層 5 1 c、5 1 d、および金属膜 5 2 c、5 2 d の結合が十分に進まず、強固で低抵抗の導電膜を得難い。また温度が各構成材料の融点より高いと処理対象物 5 0、シード層 5 1 c、5 1 d および金属膜 5 2 c、5 2 d が変形または破損する恐れがある。また、処理時間が24時間より長いと、導電膜形成方法としての生産性が低下する恐れがある。

[0022] この熱処理により、実施形態の導電膜形成方法は完了する。

なお、この熱処理による加熱は、ガラス等の無機材料を含む処理対象物 5 0 が変形および破損しない程度の温度上昇速度に設定する。

上述の方法により形成された導電膜は、ガラスなどの無機材料からなる処理対象物 5 0 との間で強固な密着性を有し、その密着強度は、一例として5 N/cm程度以上となる。

[0023] (配線基板の製造方法の実施形態の概要)

上記の方法により導電膜(金属膜 5 2 c、5 2 d)が形成された処理対象物 5 0 に対して、その導電膜(金属膜 5 2 c、5 2 d)の一部をパターンニングして除去することにより、処理対象物 5 0 を、除去されずに残留した導電膜(金属膜 5 2 c、5 2 d)を配線層として有する配線基板とすることができる。

[0024] 図3(b)は、熱処理後の中間製品 7 0 の導電膜(金属膜 5 2 c、5 2 d)に対するパターンニングを示す図である。金属膜 5 2 c の上には、リソグラフィ工程により所望のパターンが形成されたレジストパターン 5 3 が形成さ

れている。そして、このレジストパターン53をエッチングマスクとして、金属膜52cをエッチングすることにより、金属膜52cは、図3(c)に示す配線54cにパターニングされる。

[0025] 不図示ではあるが、図3(b)の金属膜52dに対しても、同様のパターニングが行われ、図3(c)に示す配線54dが形成される。

これにより、図3(c)に示すとおり、配線基板90が完成する。

本実施形態により製造された配線基板90は、例えば、インターポーザとして、半導体集積回路の高密度実装のための配線基板として使用することができる。

[0026] (プラズマ処理工程およびスパッタ成膜工程)

以下、図4から図6を参照して、本実施形態のうちの、プラズマ処理工程と成膜工程について説明する。

[0027] (プラズマ処理工程およびスパッタ成膜工程で用いる装置)

図4は、本実施形態のプラズマ処理工程と成膜工程に使用する成膜装置を示す。

成膜装置100は耐圧構造の耐圧チャンバ1を備え、耐圧チャンバ1の内部には、隔壁4により隔てられたプラズマ処理室2および成膜処理室3を備えている。隔壁4には、プラズマ処理室2および成膜処理室3をつなぐ開口部5が設けられ、開口部5は、開閉扉6により開閉可能となっている。開口部5と開閉扉6は、プラズマ処理室2と成膜処理室3との間を開閉する開閉機構を構成している。

成膜装置100はさらに制御装置7を備えている。

[0028] プラズマ処理室2内には、高密度プラズマ電極12、および対極14と、高密度プラズマ電極12と対極14を保持し、それらの間に密閉空間22を形成する枠部13とを有するプラズマ発生源15が備えられている。

高密度プラズマ電極12として、一例として、ホローカソード12を用いることができる。

[0029] プラズマ処理室2内のプラズマ発生源15とは反対側には、プラズマ処理

の処理対象物 50a を保持するための第 1 保持機構 23 が設けられている。

また、プラズマ処理室 2 には、減圧用配管 26 を介して第 1 減圧ポンプ 25 が接続されており、減圧機構としての第 1 減圧ポンプ 25 および減圧用配管 26 により、プラズマ処理室 2 の内部を減圧することができる。

第 1 減圧ポンプ 25 は、制御装置 7 からの制御信号 S3 によって制御される。

[0030] 図 5 は、図 4 中の処理対象物 50a の側から見たホローカソード 12 を示す図である。

ホローカソード 12 は、通常のホローカソードと同様に、金属等の導体からなる平板 12b を有し、その面内には、多数の中空部（貫通孔）12a が形成されている。図 5 では、中空部 12a は、正方格子上およびそれを構成する各正方形の中心上に配置されるものとしたが、中空部 12a の配列は任意で良い。

ホローカソード 12 は電力供給線 20 を介してプラズマ用電源 19 と接続されている。プラズマ用電源 19 は、たとえば、RF 周波数（例えば 13.56 MHz）の交流電圧（主に負電圧）を発生するものが採用される。一方、対極 14 は接地配線 21 により接地されている。

[0031] 成膜装置 100 は、上記密閉空間 22 に接続された反応ガス供給管 16 と、耐圧チャンバ 1 の外側に延在している反応ガス供給管 16 に接続されている反応ガス供給器 17 と、反応ガス供給器 17 から供給される反応ガスの流量を調節して密閉空間 22 内の圧力を制御する制御弁 18 とをさらに備えている。制御弁 18 の開度の調整は、制御装置 7 からの制御信号 S1 によって制御される。図 4 の例では、制御弁 18 は反応ガス供給器 17 に設けられている。反応ガス供給器 17 には、例えば工場配管 28 を介して反応ガスが供給されるが、ガスボンベから供給されるものとしても良い。

[0032] 耐圧チャンバ 1 の内部の成膜処理室 3 には、処理対象物 50b を保持するための第 2 保持機構 35、および電極部 31 とターゲット材料 32 とからなるスパッタ電極 33 が備えられている。ターゲット材料 32 としては、一例

として銅が使用される。ターゲット材料32としては、アルミニウムや他の金属や上記の金属を含む合金を用いることもできる。スパッタ電極33は、スパッタ用電源34に接続されている。

[0033] スパッタ用電源34は、スパッタ電極33に対し10kW以上、さらに望ましくは30kW以上の電力を投入することができる。スパッタ用電源34は、制御装置7からの制御信号S5によって制御される。

スパッタ電極33またはその電極部31は、処理対象物50b上に成膜する膜の材料を供給する成膜源と解釈することもできる。

[0034] 成膜処理室3には、減圧用配管37を介して第2減圧ポンプ36が接続されており、減圧機構としての第2減圧ポンプ36および減圧用配管37により、成膜処理室3の内部を減圧することができる。第2減圧ポンプ36は、制御装置7からの制御信号S4によって制御される。

成膜装置100はさらに、成膜処理室3内にアルゴン等の不活性ガスを供給する不活性ガス供給管41と、不活性ガス供給管41に接続されている不活性ガス供給器38と、不活性ガス供給器38から供給される不活性ガスの流量を調節して成膜処理室3内の圧力を制御する制御弁39とを備えている。図4の例では、制御弁39は不活性ガス供給器38に設けられている。制御弁39の開度の調整は、制御装置7からの制御信号S6によって制御される。不活性ガス供給器38には、例えば工場配管40を介して不活性ガスが供給されるが、ガスボンベから供給されるものとしても良い。

[0035] (プラズマ処理工程)

以下、図4および図6を参照して導電膜形成方法の実施形態のうちのプラズマ処理工程について説明する。

プラズマ処理を行う際には、導電膜を形成すべき処理対象物50aは不図示の搬入機構によりプラズマ処理室2内に搬入されて第1保持機構23に保持される。すなわち、処理対象物50aは、耐圧チャンバ1内のプラズマ処理室2に設置されている上述のプラズマ発生源15に対し、ホローカソード12から対極14とは反対側に距離dだけ離れた位置に配置される。

プラズマ処理室 2 内に処理対象物 50a を搬入する際には、プラズマ処理室 2 と成膜処理室 3 の間の開閉扉 6 は閉じておく。

[0036] プラズマ処理室 2 内を、減圧機構としての第 1 減圧ポンプ 25 および減圧用配管 26 により、減圧する。このとき、第 1 減圧ポンプ 25 は制御装置 7 からの制御信号 S3 により制御される。

なお、プラズマ処理室 2 に、上述のように不図示のロードロック室および搬入機構が設けられている場合には、このプラズマ処理室 2 内の減圧は、上述の処理対象物の配置よりも、前に行われることになる。

[0037] (プラズマの形成方法)

プラズマ発生源 15 におけるプラズマの形成方法について説明する。制御装置 7 が制御弁 18 に制御信号 S1 を送ることにより、反応ガス供給器 17 から反応ガス供給管 16 を介してプラズマ発生源 15 内の密閉空間 22 に所定の圧力の反応ガスを供給する。反応ガスとして、例えば酸素を使用するが、窒素を使用することもできる。そして、制御装置 7 がプラズマ用電源 19 に制御信号 S2 を送ることにより、ホローカソード 12 にはプラズマ用電源 19 により電力供給線 20 を介して RF 周波数（例えば 13.56 MHz）の交流直流の電圧（主に負電圧）が印加される。一方、対極 14 は接地配線 21 により接地電位とされている。これにより、ホローカソード 12 と対極 14 の間で放電を発生させ、放電により生じた電子が反応ガスをプラズマ化する。

[0038] 処理対象物 50a を保持する第 1 保持機構 23 も、接地配線 24 により接地電位とされる。ただし、ホローカソード 12 と対極 14 の間の距離に比べて、処理対象物 50a および第 1 保持機構 23 とホローカソード 12 との距離 d は長いため、処理対象物 50a および第 1 保持機構 23 とホローカソード 12 との間の電場は弱い。よって、ホローカソード 12 から放電される電子のほとんどは対極 14 に流れ込むため、処理対象物 50a および第 1 保持機構 23 に電子が衝突してこれを加熱することは、ほとんど抑えられている。

[0039] プラズマ発生源 15 で発生したプラズマは、ホローカソード 12 の中空部 12a を通って、プラズマ発生源 15 の外部に放出される。そして、プラズマは、プラズマ処理室 2 内を図 4 中で右から左に距離 d だけドリフトして、処理対象物 50a に達する。

なお、従来のホローカソードと同様に、本実施形態においても、プラズマ化は特にホローカソード 12 に設けられた中空部 12a 内で発生しやすい。

[0040] プラズマ発生源 15 から放出された段階ではプラズマは高温であるが、プラズマ処理室 2 内をドリフト中に、プラズマ処理室 2 内に存在する反応ガスとの衝突などにより熱エネルギーを失うため、処理対象物 50a に達した時点ではプラズマの温度は低下している。

また、反応ガスとの衝突などにより、プラズマの一部は、プラズマ（帯電状態）から活性化状態（ラジカル状態）に変化している。よって、処理対象物 50a は、反応ガスのプラズマのみではなく、活性化状態（ラジカル状態）の反応ガスにも晒されることになる。本明細書では、プラズマ状態の反応ガスと、活性化状態（ラジカル状態）の反応ガスを、高反応性化された反応ガスと呼ぶ。また、プラズマ状態の反応ガスまたはラジカル状態の反応ガスにより、処理対象物 50a の表面を活性化することをプラズマ処理と呼ぶ。

[0041] このように、処理対象物 50a に到達する際にはプラズマの温度が低下し、ラジカル状態の反応ガスも到達するという効果は、処理対象物 50a が、ホローカソード 12 から対極 14 とは反対側に離れた位置に設けられていることによるものである。換言すると、ホローカソード 12 と処理対象物 50a との距離 d が、ホローカソード 12 と対極 14 との距離よりも長く設定されるように、ホローカソード 12 を挟んで処理対象物 50a と対極 14 とが配置されている。

[0042] ところで、プラズマ発生源 15 と処理対象物 50a の距離を離すことにより、処理対象物 50a に到達する高反応性化された反応ガスの濃度が低下してしまう恐れがある。

しかし、成膜装置 100 に設けられたプラズマ処理装置では、プラズマ発

生源 15 と処理対象物 50a の間の空間を減圧するため、プラズマ発生源 15 で発生したプラズマが必要以上に気体分子（反応ガスの分子）と衝突することを防ぎ、高反応性化された反応ガスの濃度の低下を防止できる。

[0043] プラズマ処理により、処理対象物 50a の表面自体が活性化され、金属原子との結合性が向上する。一例として、プラズマ処理により処理対象物 50a を構成するガラスの表面の親水性が高まる（電氣的な極性が高まる）ことにより、金属原子との結合性が向上する。

[0044] （第 1 プラズマ状態の形成）

図 6（a）は、プラズマ発生源 15 内の反応ガスの圧力 P の時間変化を示す図であり、図 6（b）は、ホローカソード 12 に印加する電力 E の時間変化を示す図である。

[0045] 第 1 プラズマ状態の形成開始時（時刻 t 0）に、制御装置 7 は、制御信号 S 1 により反応ガス供給器 17 内に設けられた制御弁 18 の開度を調整し、プラズマ発生源 15 内の反応ガスの圧力を第 1 圧力 P 1 になるように設定する。制御装置 7 は、制御信号 S 2 によりプラズマ用電源 19 を調整し、ホローカソード 12 に第 1 出力 E 1 の電力を印加する。これにより、ホローカソード 12 と対極 14 の間に放電が発生し、プラズマ発生源 15 に第 1 プラズマ状態が形成される。

[0046] この第 1 圧力 P 1 および第 1 出力 E 1 は、使用するホローカソード 12 の形状等（中空部 12a 中の直径等）に応じて、効率良くプラズマを形成できる条件に設定することが望ましい。これは、言い換えると、使用するホローカソード 12 の形状等を、この第 1 圧力 P 1 および第 1 出力 E 1 に応じて効率良くプラズマを形成できる条件に設定しておくことが好ましいとも言える。

[0047] （第 2 プラズマ状態の形成）

上述のように第 1 プラズマ状態が形成された後、時刻 t 1 において制御装置 7 は制御弁 18 に、開度を開き（大きくし）プラズマ発生源 15 内の反応ガスの圧力 P を上述の第 1 圧力 P 1 より高い第 2 圧力 P 2 に設定する制御信

号 S 1 を送る。同時に、制御装置 7 は、プラズマ用電源 1 9 にホローカソード 1 2 に印加する電力 E を、上述の第 1 出力 E 1 より低い第 2 出力 E 2 に低下させる制御信号 S 2 を送る。

[0048] これにより、時刻 t 2 において、プラズマ発生源 1 5 内の反応ガスの圧力 P は第 2 圧力 P 2 となり、ホローカソード 1 2 に印加する電力は第 2 出力 E 2 に設定される。

なお、プラズマ発生源 1 5 内にプラズマが形成されていない状態では、この第 2 圧力 P 2 および第 2 出力 E 2 の条件では、第 2 圧力 P 2 が高過ぎるために放電が発生せず、プラズマ発生源 1 5 内に新たにプラズマが形成されることはない。しかし、既に第 1 プラズマ状態が形成されており、プラズマ発生源 1 5 内にプラズマおよび電子が存在するため、高い第 2 圧力 P 2 の下でも放電を持続でき、高密度の第 2 プラズマ状態を形成することができる。

[0049] (プラズマ処理)

上記の第 1 プラズマ状態および第 2 プラズマ状態で生成されたプラズマ状態の反応ガスおよび活性化状態（ラジカル状態）の反応ガスからなる高反応性化された反応ガスに処理対象物 5 0 a を晒すことにより、処理対象物 5 0 a のプラズマ処理を行う。

そして、時刻 t 3 において制御装置 7 は、プラズマ発生源 1 5 内への反応ガスの供給を停止または供給量の削減を行うとともに、ホローカソード 1 2 への電力の印加を中止し、プラズマ処理を終了する。

[0050] 本実施形態においては、図 1 (a) および図 1 (b) に示したとおり、処理対象物 5 0 a のおもて面 5 0 c および裏面 5 0 d の双方をプラズマ処理する。従って、時刻 t 2 と時刻 t 3 の間に、第 1 保持機構 2 3 により処理対象物 5 0 a のおもて面 5 0 c と裏面 5 0 d とを反転させる。

あるいは、おもて面 5 0 c に対して、上述の時刻 t 1 から時刻 t 3 までの処理を行った後に、第 1 保持機構 2 3 により処理対象物 5 0 a のおもて面 5 0 c と裏面 5 0 d とを反転させ、再度、時刻 t 1 から時刻 t 3 までの処理を行っても良い。

[0051] なお、上記の第1圧力 P_1 は、例えば、 0.1 Pa 以上、 50 Pa 以下の圧力であることが好ましい。 0.1 Pa より低圧であると、初期のプラズマの濃度が薄くなり、安定した放電を維持することが難しくなる。一方、 50 Pa より高圧であると、放電を行うことが難しくなる。

また、上記の第2圧力 P_2 は、例えば、 1 Pa 以上、 100 Pa 以下の圧力であることが好ましい。 1 Pa より低圧であると、プラズマの濃度が薄くなり高い処理能力を発揮することが難しくなる。一方、 100 Pa より高圧であると、放電を維持することが難しくなる。

[0052] なお、第1プラズマ状態の形成時にホローカソード12に印加する電力である第1出力 E_1 は、ホローカソード12の単位面積当たり、 2 W/cm^2 以上、 5 W/cm^2 以下であることが好ましい。

第1出力 E_1 が 2 W/cm^2 より小さいと、プラズマ発生源15内で放電を発生させプラズマを形成することが困難になる。一方、第1出力 E_1 が 5 W/cm^2 より大きいと、プラズマ発生源15内で異常放電が発生する恐れがある。

[0053] また、第2プラズマ状態の形成時にホローカソード12に印加する電力である第2出力 E_2 は、ホローカソード12の単位面積当たり、 0.5 W/cm^2 以上、 2 W/cm^2 以下であることが好ましい。

第2出力 E_2 が 0.5 W/cm^2 より小さいと、プラズマ発生源15内での放電およびプラズマ形成を維持することが困難になる。一方、第1出力 E_1 が 2 W/cm^2 より大きいと、プラズマ発生源15内で異常放電が発生する恐れがある。

[0054] なお、上記のプラズマ処理において、ホローカソード12から処理対象物50aまでの距離 d は、 50 mm 以上、 300 mm 以下であることが好ましい。この距離 d が、 50 mm より短いと処理対象物50aが高温化してしまう恐れがあり、 300 mm より長いとプラズマの濃度が薄くなり高い処理能力を発揮することが難しくなる。

[0055] なお、第2プラズマ状態の継続時間（時刻 t_2 から時刻 t_3 までの時間）

は、第1プラズマ状態の継続時間（時刻 t_0 から時刻 t_1 までの時間）の、10倍以上であることが好ましい。

第2プラズマ状態は、第1プラズマ状態よりも、高い濃度の高反応性化された反応ガスを生成することができるので、第2プラズマ状態を長くすることで、より効率の良い、すなわち生産性の高い成膜方法を実現できる。

[0056] （処理対象物の搬送）

プラズマ処理が終了した処理対象物50aは、プラズマ処理室2内に設けられている搬送機構30によりプラズマ処理室2内の第1保持機構23から、大気に晒されることなく成膜処理室3内の第2保持機構35に搬送される。この搬送に先立って、制御装置7が第2減圧ポンプ36に制御信号S4を送ることにより成膜処理室3内を減圧しておく。この搬送時には開閉扉6は開かれ、この搬送の終了後には開閉扉6は閉じられる。

処理対象物50aは、成膜処理室3内の第2保持機構35に保持される。搬送され、成膜処理室3内の第2保持機構35に保持された処理対象物50aを、処理対象物50bと呼ぶ。

[0057] （スパッタ成膜工程）

不活性ガス供給器38から不活性ガス供給管41を介して成膜処理室3内にアルゴン等の不活性ガスを供給するとともに、スパッタ用電源34からスパッタ電極33に電力を供給することで、処理対象物50bに対する成膜（スパッタリング）を行う。

スパッタリングに際して、スパッタ用電源34からスパッタ電極33に10kW以上、より好ましくは30kW以上の電力が供給される。この電力により成膜処理室3内のスパッタ電極33近傍の不活性ガスがイオン化され、スパッタ電極33の電場により加速されターゲット材料32に衝突し、ターゲット材料32を構成する銅または他の金属の原子が成膜処理室3内に放出され、処理対象物50b上に堆積する。

[0058] すなわち、上述のプラズマ処理により活性化されている処理対象物50bの表面に対し、その活性化された部分が大気中の水蒸気や酸素等により不活

性化されることがないまま金属原子が成膜されるため、処理対象物 50b との結合性の高い、すなわち密着性の高い金属膜が成膜される。

[0059] 従来のスパッタ処理においては、成膜する膜の純度を高めるために、スパッタ装置内の圧力を 0.1 Pa 程度に減圧して成膜を行うのが一般的である。スパッタ装置内の圧力がこれより高いと、スパッタ装置内に残留する、あるいは処理対象物から放出される水等の不純物の除去が困難であり、その結果、不純物が膜に混入し膜の品質が低下するためである。

[0060] しかし、このような低圧下においては、ターゲット材料 32 から射出された金属原子の大部分は、成膜処理室 3 内の不活性ガスの分子に衝突して散乱されることなく、直進性を保ったまま処理対象物 50b に照射されしまう。このため、従来のスパッタ処理においては、処理対象物に凹凸形状があると、その凹凸形状の側面部分には十分な金属原子が照射されないため、凹凸形状を有する処理対象物に均一な成膜を行うことは困難であった。

[0061] 本例のスパッタ処理においては、成膜処理室 3 内の圧力を、0.5 Pa から 10 Pa 程度に設定する。これにより、ターゲット材料 32 から射出された金属原子を成膜処理室 3 内の不活性ガスの分子に高頻度で衝突させることができ、金属原子の直進性を低下させる、すなわち、金属原子の進行方向を拡散させることができる。従って、凹凸形状を有する処理対象物 50b に対しても、均一な膜を成膜することができる。これにより、図 1(c)、図 1(d) に示した貫通孔 50h の内側面に対しても、金属膜を形成することができる。

成膜処理室 3 内の圧力が 0.5 Pa 以下では、ターゲット材料 32 から放出される際の金属原子を十分に散乱させることが難しく、10 Pa 程度以上では、成膜処理室 3 内の不純物の濃度が高くなり膜の質が低下する恐れがある。

[0062] 成膜処理室 3 内の圧力を従来の圧力より高く（0.5 Pa から 10 Pa 程度）設定すると、成膜される膜への不純物の混入が懸念される。しかし、本例においては、上述のとおり、スパッタ電極 33 に対し 10 kW 以上、さら

に望ましくは30kW以上の大電力を投入することで、不純物の混入を防止している。

[0063] スパッタ電極33投入される電力が大電力であると、通常の電力が投入される場合に比べて、ターゲット材料32から放出される銅等の金属原子の量が増大するとともに、金属原子の持つ運動エネルギーも増大する。この結果、本実施形態では、成膜処理室3内の不純物の濃度が金属原子の濃度に対して相対的に低下することで、処理対象物50bに成膜される膜の純度が向上する。さらに、処理対象物50bに衝突する金属原子の運動エネルギーが大きいことにより、処理対象物50bを構成する分子と金属原子とが安定的に結合するため、処理対象物50bに対する密着性がさらに高い膜を成膜することができる。

[0064] 本実施形態においては、図1(c)および図1(d)に示したとおり、処理対象物50aのおもて面50cおよび裏面50dの双方に対して成膜処理を行う。上述のスパッタ処理は、処理対象物50aのおもて面50cに対して行った後に、第2保持機構35により処理対象物50aのおもて面50cと裏面50dとを反転させ、処理対象物50aの裏面50dに対しても行う。

[0065] 成膜が終了した処理対象物50bは不図示の搬出機構により成膜処理室3から搬出される。不図示の搬出機構は、ロードロック室を有するものであることが好ましい。処理対象物50bの搬出時には、プラズマ処理室2と成膜処理室3の間の開閉扉6は閉じておく。

なお、上記の実施形態においては、共に耐圧チャンバ1内にあって隔壁4で仕切られているプラズマ処理室2および成膜処理室3において、それぞれプラズマ処理と成膜処理（スパッタリング）を行うとしたが、各処理を行う場所はこれに限られるものではない。

[0066] 例えば、隔壁4のない耐圧チャンバ1内でプラズマ処理と成膜処理を行っても良い。

あるいは、プラズマ処理と成膜処理とを別々の耐圧チャンバ内で行うこと

もできる。この場合には、プラズマ処理室2でプラズマ処理した処理対象物50aを、大気に晒すことなく成膜処理室3に搬送するために、プラズマ処理室2と成膜処理室3の間に、減圧可能または不活性ガスにガス置換可能な搬送路を設けることが望ましい。

[0067] 別々の耐圧チャンバ内で、あるいは隔壁4を設けた耐圧チャンバ1内で、プラズマ処理室と成膜処理を行う場合には、それぞれの処理室内の圧力を独立して制御することができる点で好ましい。また、プラズマ処理と成膜処理を並列して行うことが可能となり、より高い処理能力をもって導電膜を形成することができる。

また、プラズマ処理と成膜処理との間の相互のコンタミネーションを最小限とすることができるので、成膜される膜の品質を一層向上することができる。

[0068] 上記の実施形態においては、成膜はスパッタリングにより行うものとしたが、これに限らず、蒸着やCVD等を用いて成膜を行うこともできる。

また、成膜する金属材料としては、銅、ニッケル、クロム、白金、金、パラジウム、チタン、クロム合金、ステンレス合金、アルミニウム、アルミニウム合金、ニッケル合金、チタン合金、銅合金、タンタル、タンタル合金、銀、銀合金、錫、錫合金、金、金合金、プラチナ合金、パラジウム合金、シリコン、シリコン合金、コバルト、コバルト合金、ニオブ、ニオブ合金、インジウム、インジウム合金、タングステン、タングステン合金、の少なくとも1つを含む金属材料を用いることができる。

[0069] ところで、上述の熱処理においては、シード層51c、51dと処理対象物50との界面に存在する酸素が、熱処理の熱によりシード層51c、51dを構成する金属と反応し、金属酸化膜を形成する場合がある。

図7は、熱処理における金属酸化膜56の形成を説明する図である。図7(a)は中間製品70のおもて面に形成されたシード層51c、および銅めっき膜(金属膜)52cの熱処理前の状態を示し、図7(b)は熱処理後の状態を示す、部分拡大図である。

[0070] 図7(a)に示す熱処理前には、処理対象物50とシード層51cの間には、シード層を構成する金属の酸化物、処理対象物50の組成物、および処理対象物50の組成物が上述のプラズマ処理により酸化等の変質を受けた変形物を含む境界層55aが形成されている。プラズマ処理により酸化等の変質を受けた変形物には、処理対象物50の組成物の酸化物や、プラズマ処理により部分的に切断された、処理対象物50の組成物を構成する分子構造の一部（例えば官能基）も含まれる。

[0071] この状態から、シード層51cおよび金属膜52cの形成された処理対象物50を熱処理（アニール）すると、境界層55a中に含まれていた酸素が、熱によりシード層51c中の金属原子と反応する。その結果、境界層55aとシード層51cの間に、シード層51cを構成する金属の酸化物を主成分とする、金属酸化物層56が形成される。以下、この金属酸化物層56を、第1層56とも呼ぶ。

一方、境界層55aに含まれていた酸素の一部は、シード層51c中の金属原子と反応により境界層55aから失われるため、境界層55aの厚さは熱処理により減少する。以下、熱処理後の境界層55を、第2層55とも呼ぶ。

[0072] 処理対象物50に対するシード層51cの密着力は、シード層51cが境界層55aのみを介して接合している熱処理前の状態よりも、シード層51cが、第1層56および第2層55を介して接合している熱処理後の状態の方が強くなる。このため、熱処理により、シード層51cの処理対象物50に対する密着力を、さらに高めることができる。

なお、中間製品70の裏面50dに形成されたシード層51dの熱処理の前後での変化も、上述のおもて面50cに形成されたシード層51cの場合と同様である。

[0073] 境界層55aとシード層51c、51dの間に第1層56を形成し、処理対象物50に対するシード層51c、51dの密着力をさらに高めるためには、シード層51c、51dを構成する材料は、酸素との反応性の高い金属

であることが好ましい。

一例として、シード層 5 1 c、5 1 d は、銅、ニッケル、クロム、チタン、クロム合金、ステンレス合金、アルミニウム、アルミニウム合金、チタン合金、銅合金、タンタル、タンタル合金、錫、錫合金、シリコン、シリコン合金、ニオブ、ニオブ合金、インジウム、インジウム合金、タングステン、タングステン合金、の少なくとも 1 つを含む金属材料で成膜することが好ましい。

[0074] 強力な密着力を得るためには、第 1 層 5 6 の厚さ T 5 3 は、0.5 nm 以上であることがさらに好ましい。一方、熱処理に要する時間を考慮すると、第 1 層 5 6 の厚さ T 5 6 は、5 nm 以下であることがさらに好ましい。

また、強力な密着力を得るためには、第 2 層 5 5 の厚さ T 5 5 は、2 nm 以上であることがさらに好ましい。一方、プラズマ処理に要する時間を考慮すると、第 2 層 5 5 の厚さ T 5 5 は、5 nm 以下であることがさらに好ましい。

[0075] 熱処理により、処理対象物 5 0 とシード層 5 1 c、5 1 d の間に第 1 層 5 6 が形成されたものを、第 1 層付中間製品 7 1 と呼ぶ。第 1 層付中間製品 7 1 に対して、上述の導電膜のパターニングを行うこともできる。

[0076] (導電膜形成方法の実施形態の効果)

(1) 以上の導電膜形成方法の実施形態は、耐圧チャンバ 1 内に設置されている、高密度プラズマ電極 1 2 および高密度プラズマ電極 1 2 に対向して配置されている対極 1 4 を含むプラズマ発生源 1 5 に対し、高密度プラズマ電極 1 2 から対極 1 4 とは反対側に離れた位置に、処理対象物 5 0 を配置すること、耐圧チャンバ 1 内を減圧すること、プラズマ発生源 1 5 に反応ガスを供給してプラズマ状態を形成すること、処理対象物 5 0 a をプラズマ発生源 1 5 において高反応性化された反応ガスに晒すこと、反応ガスに晒した処理対象物 5 0 を大気に晒すことなく、処理対象物 5 0 の表面の少なくとも一部にシード層 5 1 c、5 1 d を成膜すること、処理対象物 5 0 に成膜されたシード層 5 1 c、5 1 d の表面の少なくとも一部に、無電解めっき、電解めっ

き、またはドライ成膜プロセスにより金属膜52c、52dを形成すること、シード層51c、51dおよび金属膜52c、52dが形成された処理対象物（中間製品）70を熱処理すること、とを含む。

このような構成としたので、成膜の前処理として行なうプラズマ処理においては処理対象物50が急激に、または局所的に高温化することを防止しつつその表面を活性化することができ、成膜処理においては、処理対象物50の表面に処理対象物50との密着性の高いシード層51c、51dを形成することができる。そして、金属膜52c、52d形成後の熱処理により、処理対象物50とシード層51c、51dと金属膜52c、52dとの密着性をさらに向上することができ、密着性が高く剥離しにくい導電層を形成することができる。

[0077] (2) 処理対象物としてガラスを用いることができる。従来の成膜方法では、ガラスに対して密着性の高い金属膜を形成することは困難であったが、本実施形態においては、プラズマ処理等によりガラス表面への金属の密着性を向上させることができる。

(3) 反応ガスとして酸素、アルゴン、ヘリウム、水素、フッ素、またはアミンを含有する化合物の少なくとも1つを含むガスを用いることにより、プラズマ処理により処理対象物50の表面を一層活性化し、より密着性の高い導電層を形成することができる。

(4) プラズマ発生源15におけるプラズマ状態の形成に、プラズマ発生源15に第1圧力の反応ガスを供給し第1出力の電力を印加して第1プラズマ状態を形成すること、第1プラズマ状態が形成されたプラズマ発生源15に、第1圧力より高い第2圧力の反応ガスを供給し第1出力の電力より低い第2出力の電力を印加して第2プラズマ状態を形成すること、とを含ませることで、より高い密度のプラズマを形成し、プラズマ処理の処理時間を短縮し、処理能力を一層向上することができる。

[0078] (5) シード層の成膜は、スパッタ電極に10kW以上の電力を投入してスパッタリングにより行うこともできる。これにより、不純物の混入が少なく

質の良い導電層を形成することができる。

(6) (5)において、スパッタリングを、耐圧チャンバ内の気圧を0.5 Pa以上、10 Pa以下として行うことにより、凹凸形状を有する処理対象物50に対しても、均一な導電層を形成することができる。

[0079] (7) シード層51c、51dを、銅、ニッケル、クロム、チタン、クロム合金、ステンレス合金、アルミニウム、アルミニウム合金、ニッケル合金、チタン合金、銅合金、タンタル、タンタル合金、錫、錫合金、シリコン、シリコン合金、ニオブ、ニオブ合金、インジウム、インジウム合金、タングステン、タングステン合金、の少なくとも1つを含む金属材料で成膜することにより、上記熱処理において、シード層51c、51dと処理対象物50との間に金属材料の酸化物層(第1層56)を形成することができる。これにより、シード層51c、51dと処理対象物50との間の密着性を、より一層高めることができる。

[0080] (配線基板の製造方法の実施形態の効果)

(8) 以上の配線基板の製造方法の実施形態は、基板を用意すること、基板に、導電膜形成方法の実施形態により導電膜を形成すること、とを含む。

このような構成により、ガラス等の無機材料からなる基板に対して密着性の高い配線層を有する配線基板を実現することができる。

[0081] 上記では、種々の実施形態および変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。また、各実施形態および変形例は、それぞれ単独で適用しても良いし、組み合わせて用いても良い。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

[0082] 次の優先権基礎出願の開示内容は引用文としてここに組み込まれる。

日本国特許出願2018年第106445号(2018年6月1日出願)

日本国特許出願2018年第167359号(2018年9月6日出願)

符号の説明

[0083] 100：成膜装置、1：耐圧チャンバ、2：プラズマ処理室、3：成膜処理室、7：制御装置、12：高密度プラズマ電極(ホローカソード)、14

：対極、１５：プラズマ発生源、１６：反応ガス供給管、１７：反応ガス供給器、１８：制御弁、１９：プラズマ用電源、２３：第１保持機構、２５：第１減圧ポンプ、３３：プラズマ電極、３４：スパッタ用電源、３５：第２保持機構、３６：第２減圧ポンプ、４５：電解めっき装置、６１：熱処理炉、５０，５０ａ，５０ｂ：処理対象物、５１ｃ，５１ｄ：シード層、５２ｃ，５２ｄ：金属膜、７０：中間製品、９０：配線基板

請求の範囲

- [請求項1] 耐圧チャンバ内に設置されている、高密度プラズマ電極および前記高密度プラズマ電極に対向して配置されている対極を含むプラズマ発生源に対し、前記高密度プラズマ電極から前記対極とは反対側に離れた位置に、処理対象物を配置すること、
- 前記耐圧チャンバ内を減圧すること、
- 前記プラズマ発生源に反応ガスを供給してプラズマ状態を形成すること、
- 前記処理対象物を、前記プラズマ発生源において高反応性化された前記反応ガスに晒すこと、
- 前記反応ガスに晒した前記処理対象物を大気に晒すことなく、前記処理対象物の表面の少なくとも一部にシード層を成膜すること、
- 前記処理対象物に成膜された前記シード層の表面の少なくとも一部に、無電解めっき、電解めっき、またはドライ成膜プロセスにより金属膜を形成すること、
- 前記シード層および前記金属膜が形成された前記処理対象物を熱処理すること、とを含む、導電膜形成方法。
- [請求項2] 請求項1に記載の導電膜形成方法において、
- 前記処理対象物はガラスである、導電膜形成方法。
- [請求項3] 請求項1に記載の導電膜形成方法において、
- 前記反応ガスは酸素、アルゴン、ヘリウム、水素、フッ素、またはアミンを含有する化合物の少なくとも1つを含むガスである、導電膜形成方法。
- [請求項4] 請求項1に記載の導電膜形成方法において、
- 前記プラズマ発生源における前記プラズマ状態の形成は、
- 前記プラズマ発生源に、第1圧力の反応ガスを供給し、第1出力の電力を印加して、第1プラズマ状態を形成すること、
- 前記第1プラズマ状態が形成された前記プラズマ発生源に、前記第

1 圧力より高い第2圧力の反応ガスを供給し、前記第1出力の電力より低い第2出力の電力を印加して、第2プラズマ状態を形成すること、を含む、導電膜形成方法。

[請求項5] 請求項4に記載の導電膜形成方法において、
前記第1圧力は、0.1Pa以上、50Pa以下の圧力であり、
前記第2圧力は、1Pa以上、100Pa以下の圧力である、導電膜形成方法。

[請求項6] 請求項4に記載の導電膜形成方法において、
前記高密度プラズマ電極は、ホローカソードであり、
前記第1出力は、ホローカソードの単位面積当たり、2から5W/cm²であり、
前記第2出力は、ホローカソードの単位面積当たり、0.5から2W/cm²である導電膜形成方法。

[請求項7] 請求項4に記載の導電膜形成方法において、
前記第2プラズマ状態の継続時間は、前記第1プラズマ状態の継続時間の10倍以上である、導電膜形成方法。

[請求項8] 請求項1に記載の導電膜形成方法において、
前記高密度プラズマ電極から前記処理対象物までの距離は、50mm以上、300mm以下である、導電膜形成方法。

[請求項9] 請求項1に記載の導電膜形成方法において、
前記処理対象物を前記反応ガスに晒すことと、前記処理対象物に成膜することとを、前記耐圧チャンバ内の異なる処理室で行う、導電膜形成方法。

[請求項10] 請求項1に記載の導電膜形成方法において、
前記シード層の前記成膜は、スパッタリングにより行う、導電膜形成方法。

[請求項11] 請求項10に記載の導電膜形成方法において、
前記スパッタリングは、スパッタ電極に10kW以上の電力を投入

して行う、導電膜形成方法。

[請求項12]

請求項10に記載の導電膜形成方法において、

前記スパッタリングは、前記耐圧チャンバ内の気圧を0.5 Pa以上、10 Pa以下として行う、導電膜形成方法。

[請求項13]

請求項1から請求項12までのいずれか一項に記載の導電膜形成方法において、

前記シード層は、銅、ニッケル、クロム、白金、金、パラジウム、チタン、クロム合金、ステンレス合金、アルミニウム、アルミニウム合金、ニッケル合金、チタン合金、銅合金、タンタル、タンタル合金、銀、銀合金、錫、錫合金、金、金合金、プラチナ合金、パラジウム合金、シリコン、シリコン合金、コバルト、コバルト合金、ニオブ、ニオブ合金、インジウム、インジウム合金、タングステン、タングステン合金、の少なくとも1つを含む金属材料で成膜する、導電膜形成方法。

[請求項14]

請求項1から請求項12までのいずれか一項に記載の導電膜形成方法において、

前記シード層は、銅、ニッケル、クロム、チタン、クロム合金、ステンレス合金、アルミニウム、アルミニウム合金、ニッケル合金、チタン合金、銅合金、タンタル、タンタル合金、錫、錫合金、シリコン、シリコン合金、ニオブ、ニオブ合金、インジウム、インジウム合金、タングステン、タングステン合金、の少なくとも1つを含む金属材料で成膜するとともに、

前記熱処理において、前記シード層と前記処理対象物との間に前記金属材料の酸化物層を形成する、導電膜形成方法。

[請求項15]

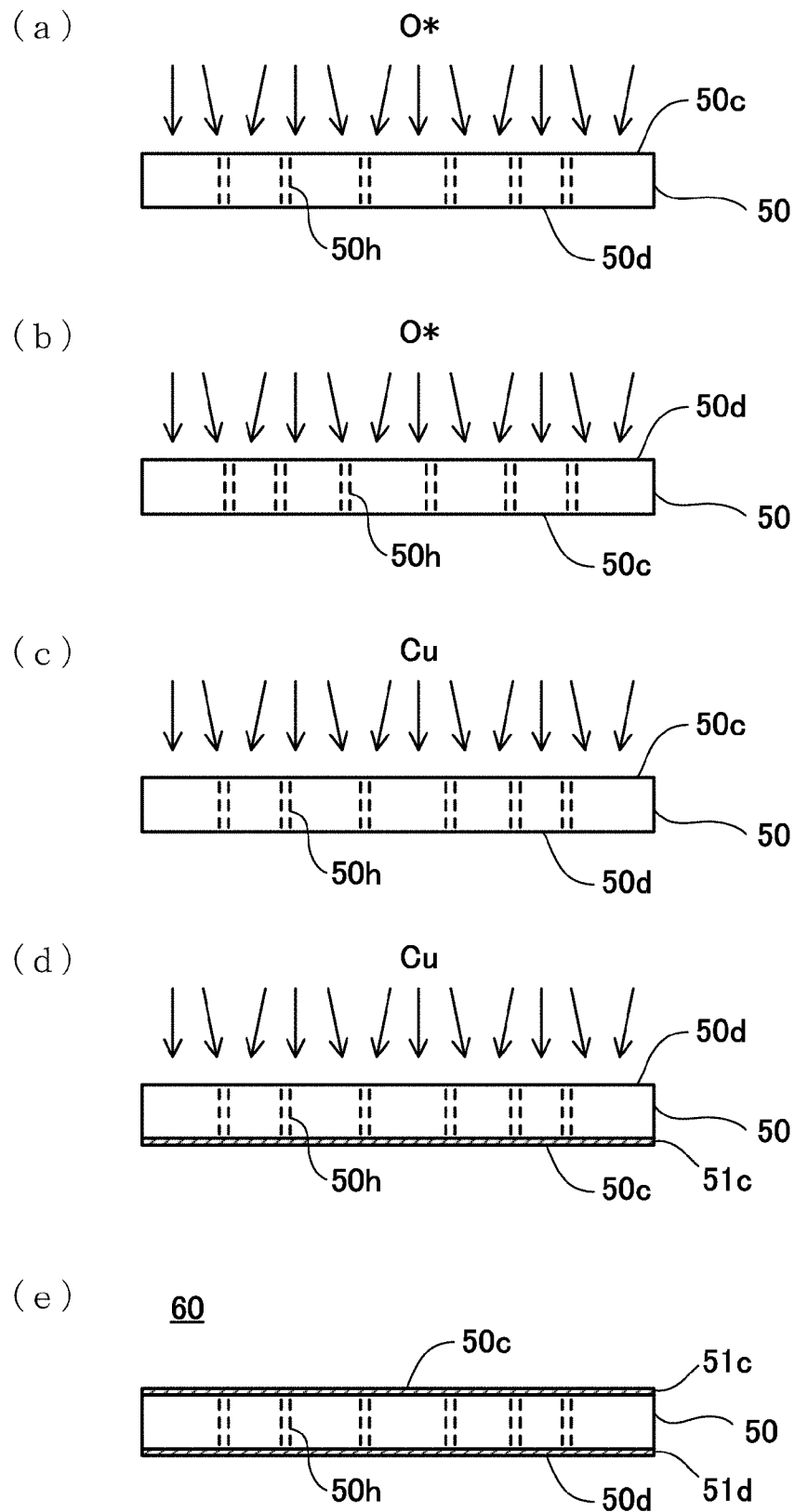
請求項1から請求項12までのいずれか一項に記載の導電膜形成方法において、

前記シード層の厚さが1 nm以上、1000 nm以下である、導電膜形成方法。

- [請求項16] 請求項 1 から請求項 1 2 までのいずれか一項に記載の導電膜形成方法において、
- 前記熱処理を100℃から、前記処理対象物、前記シード層、または前記金属膜の融点までの間の温度で行う、導電膜形成方法。
- [請求項17] 請求項 1 から請求項 1 2 までのいずれか一項に記載の導電膜形成方法において、
- 前記熱処理の処理時間が10秒以上、24時間以下である、導電膜形成方法。
- [請求項18] 基板を用意すること、
- 前記基板に、請求項 1 から請求項 1 7 のいずれか一項に記載の導電膜形成方法により、導電膜を形成すること、とを含む、配線基板の製造方法。
- [請求項19] 請求項 1 8 に記載の配線基板の製造方法において、
- 前記基板には貫通孔、非貫通孔、および溝の少なくとも1つが設けられているとともに、
- 前記導電膜の形成において、前記貫通孔、前記非貫通孔または前記溝の少なくとも一部の内部に導電材料を充填する、配線基板の製造方法。

[図1]

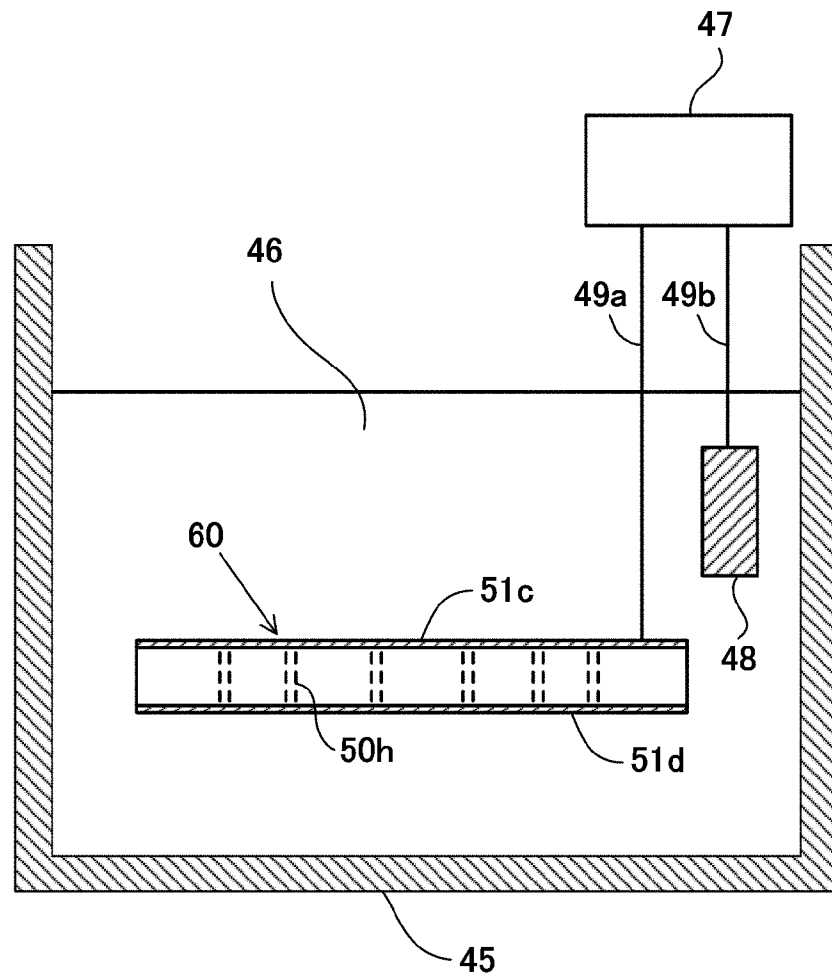
【図1】



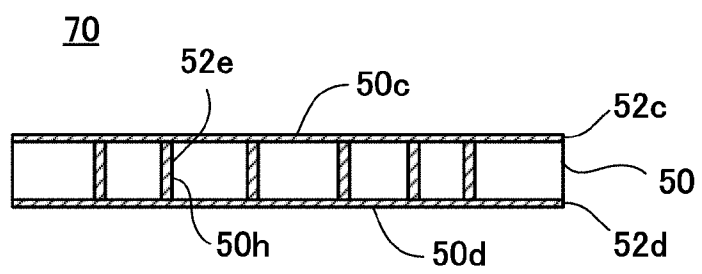
[図2]

【図2】

(a)

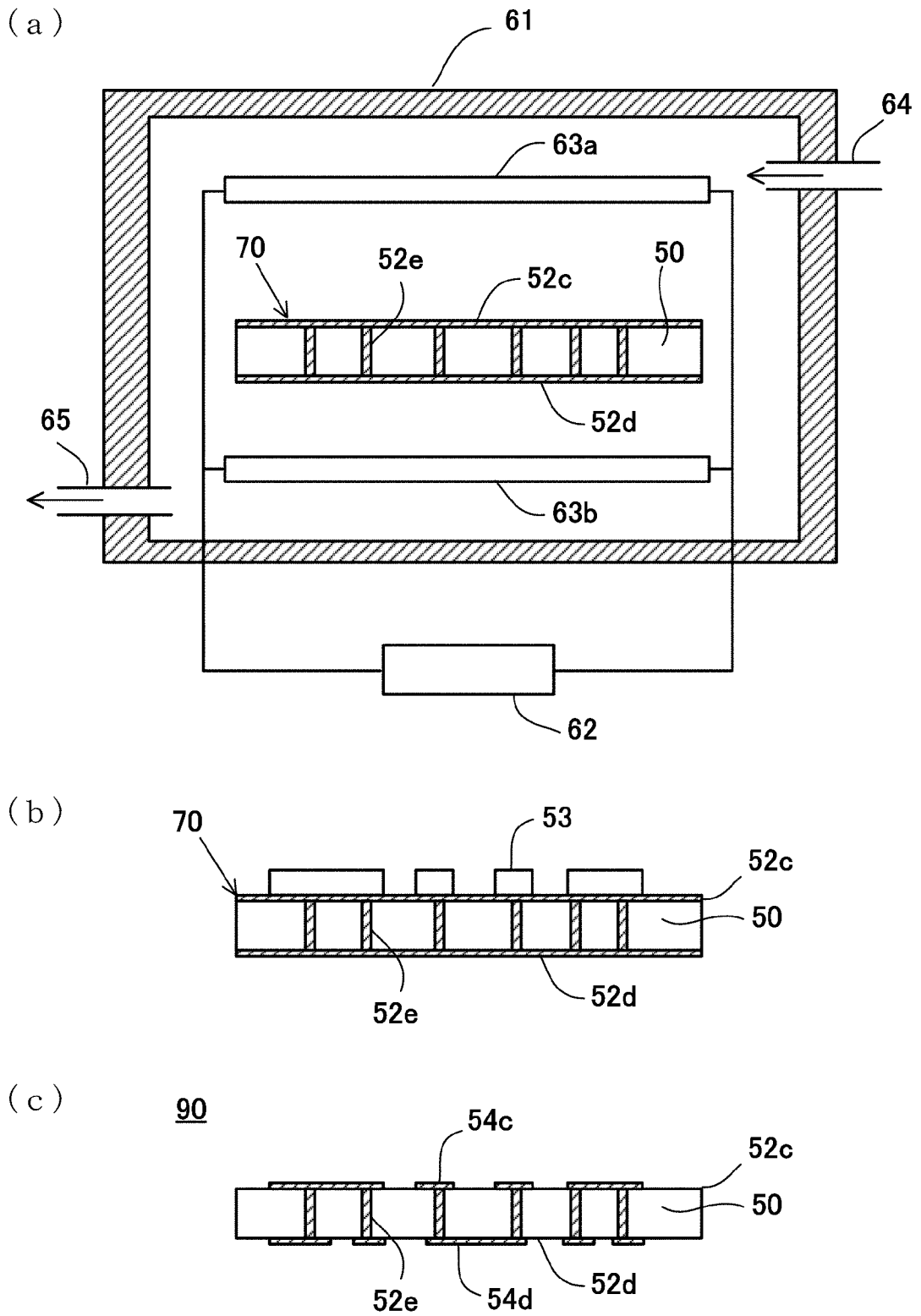


(b)



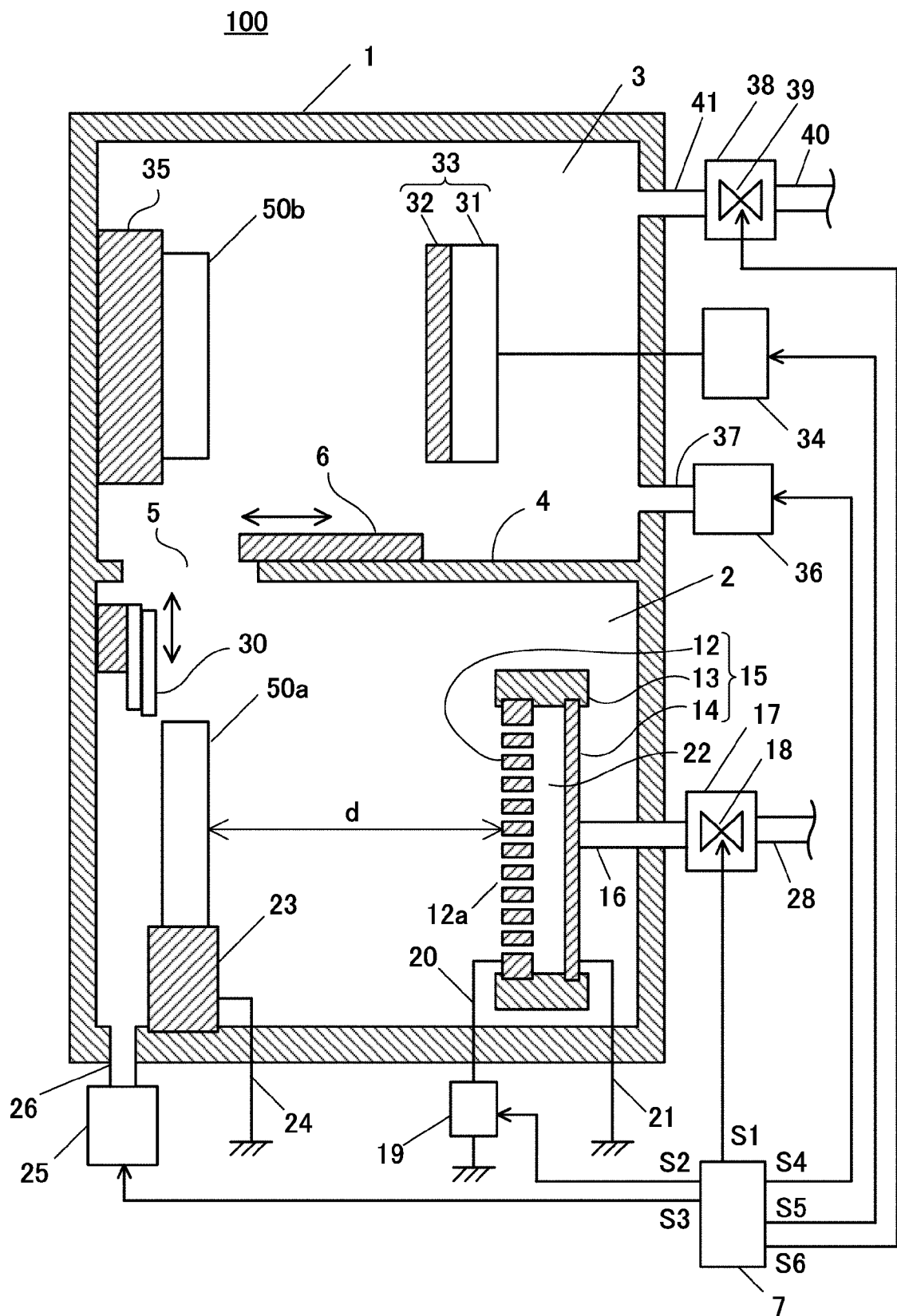
[図3]

【図3】



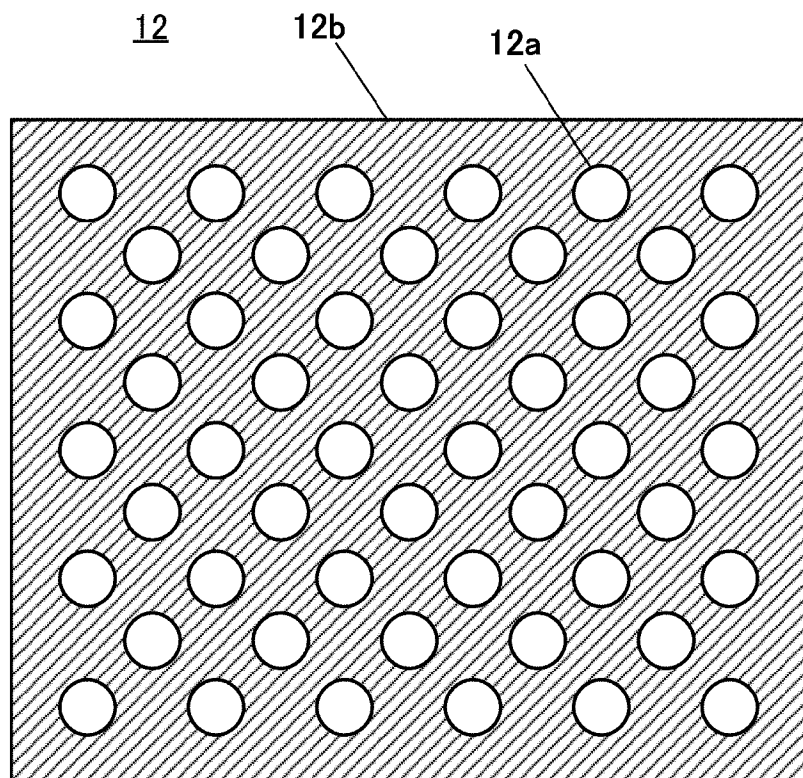
[図4]

【図4】



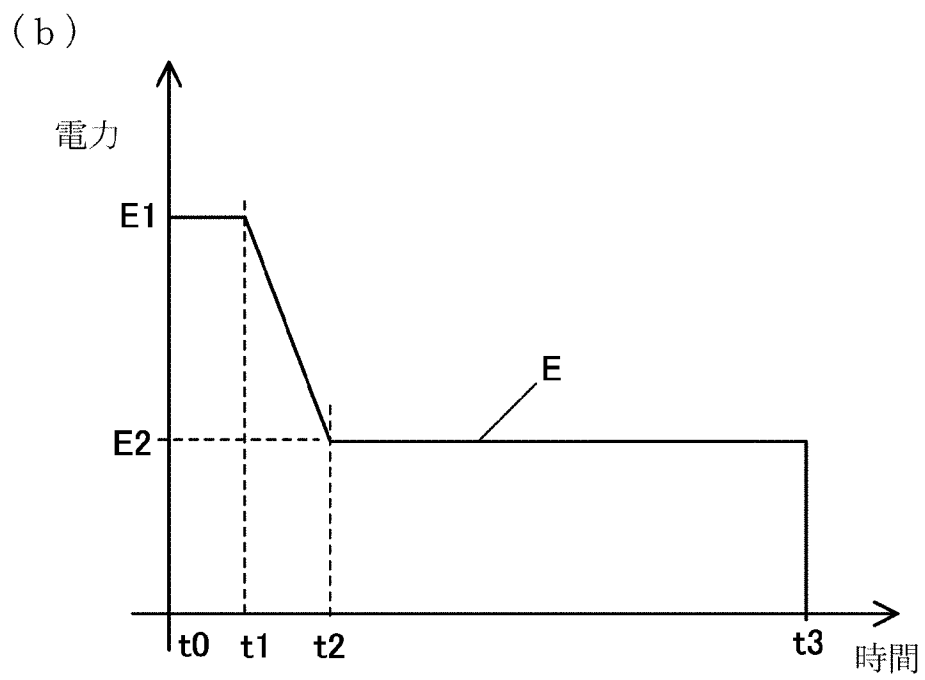
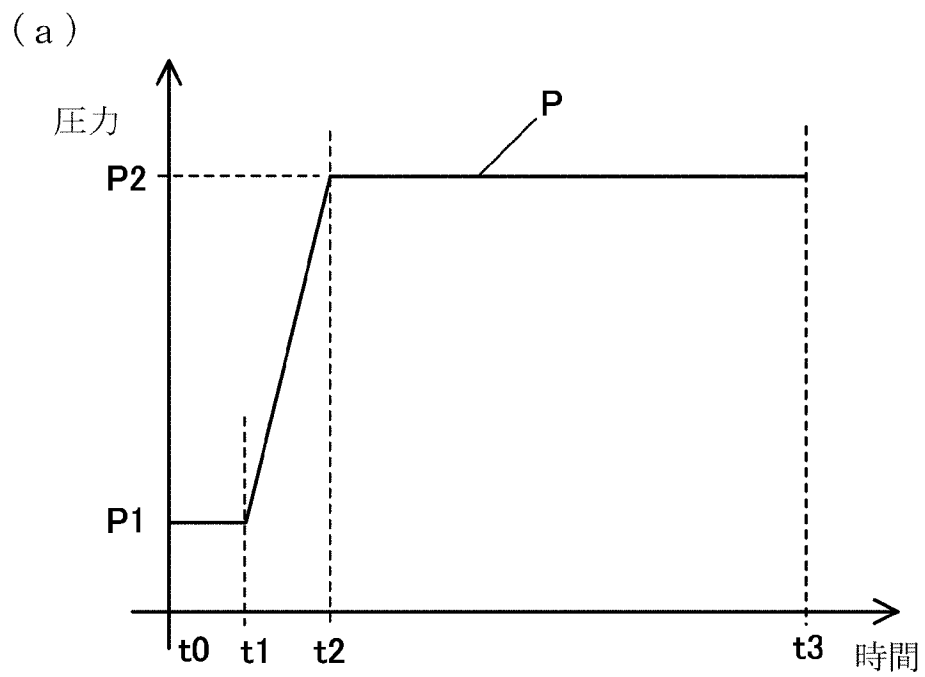
[図5]

【図5】



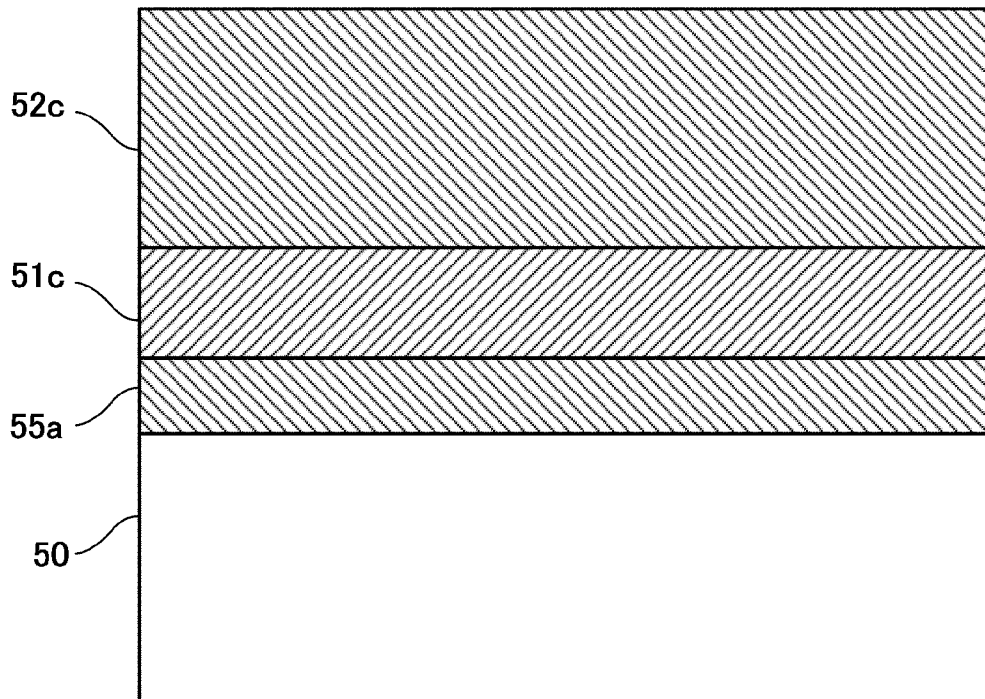
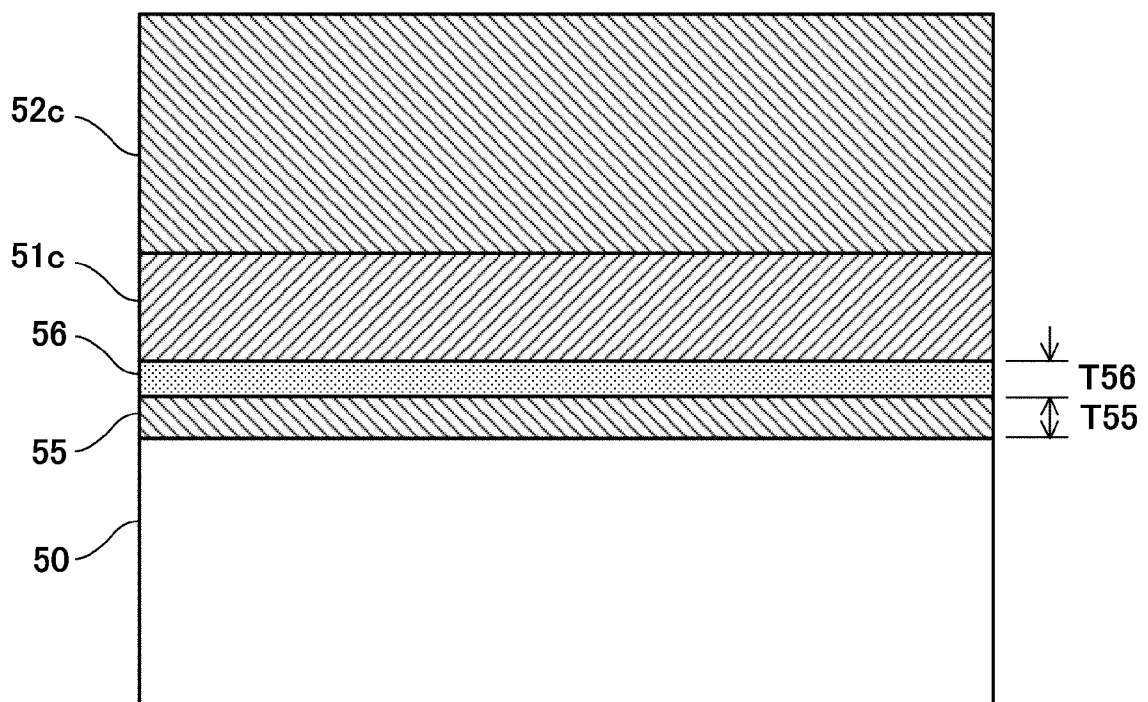
[図6]

【図6】



[図7]

【図7】

(a) 70(b) 71

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/021818

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. C23C14/02 (2006.01) i, C23C14/14 (2006.01) i, C23C14/34 (2006.01) i,
H05K3/16 (2006.01) i

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. C23C14/02, C23C14/14, C23C14/34, H05K3/16

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

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

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.
Y	JP 2015-40324 A (SUMITOMO METAL MINING CO., LTD.) 02 March 2015, paragraphs [0013]-[0051] (Family: none)	1-3, 8-13, 15-18 4-7, 14, 19
A		
Y	WO 2013/008344 A1 (SHIMADZU CORPORATION) 17 January 2013, paragraphs [0010]-[0074] & CN 103493602 A & KR 10-2013-0137034 A	1-3, 8-13, 15-18
Y	JP 49-22346 A (TORAY INDUSTRIES, INC.) 27 February 1974, page 2, lower left column, line 16 to page 9, upper left column, line 18 (Family: none)	2
A	JP 9-3220 A (DENSO CORP.) 07 January 1997, paragraphs [0016]-[0128] (Family: none)	4-7, 14, 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

"I" 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
09 July 2019 (09.07.2019)

Date of mailing of the international search report
30 July 2019 (30.07.2019)

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. C23C14/02(2006.01)i, C23C14/14(2006.01)i, C23C14/34(2006.01)i, H05K3/16(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. C23C14/02, C23C14/14, C23C14/34, H05K3/16

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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
Y	JP 2015-40324 A（住友金属鉱山株式会社）2015.03.02, [0013]～[0051]（ファミリーなし）	1-3, 8-13, 15-18
A		4-7, 14, 19
Y	WO 2013/008344 A1（株式会社島津製作所）2013.01.17, [0010]～[0074] & CN 103493602 A & KR 10-2013-0137034 A	1-3, 8-13, 15-18

☒ 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

09.07.2019

国際調査報告の発送日

30.07.2019

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）

今井 淳一

4G

9055

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

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 49-22346 A (東レ株式会社) 1974.02.27, 第2頁左下欄第16行 ～第9頁左上欄第18行 (ファミリーなし)	2
A	JP 9-3220 A (株式会社デンソー) 1997.01.07, [0016]～[0128] (フ ァミリーなし)	4-7, 14, 19