

(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
2017 年 2 月 9 日(09.02.2017)



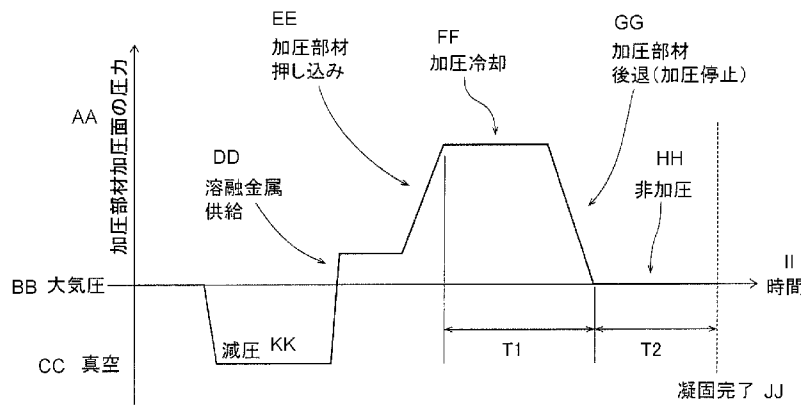
(10) 国際公開番号
WO 2017/022138 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3205 (2006.01) *H01L 21/768* (2006.01)
B22D 19/00 (2006.01) *H01L 23/522* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/072798
- (22) 国際出願日: 2015 年 8 月 11 日(11.08.2015)
- (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 2015-155783 2015 年 8 月 6 日(06.08.2015) JP
- (71) 出願人: 住友精密工業株式会社(SUMITOMO PRECISION PRODUCTS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 今井 修(IMAI, Osamu); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 山口 征隆(YAMAGUCHI, Yuki-taka); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 荒田 和彦(ARATA, Kazuhiko); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町 1 番 1 0 号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP).
- (74) 代理人: 宮園 博一(MIYAZONO, Hirokazu); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 5 丁目 1 3 番 9 号 新大阪MTビル 1 号館 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, 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), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,

[続葉有]

(54) Title: METAL FILLING DEVICE AND METAL FILLING METHOD

(54) 発明の名称: 金属充填装置および金属充填方法



(57) Abstract: This metal filling device is configured to cool molten metal (3) supplied into a processing chamber (4) while applying pressure by means of a pressure application member (13), and to stop the pressure application before solidification of the molten metal is complete.

(57) 要約: この金属充填装置は、処理室(4)内に供給された溶融金属(3)を加圧部材(13)により加圧しながら冷却し、溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止するように構成されている。

- AA Pressure on pressure-applied surface of pressure-application member
BB Atmospheric pressure
CC Vacuum
DD Molten metal supplied
EE Pressure-application member pushed in
FF Cooled while pressure is applied
GG Pressure-application member retracted (pressure application stopped)
HH No pressure applied
II Time
JJ Solidification complete
KK Depressurized



ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, 添付公開書類:

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).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：金属充填装置および金属充填方法

技術分野

[0001] この発明は、金属充填装置および金属充填方法に関し、特に、処理対象物の微小空間に熔融金属を充填する金属充填装置および金属充填方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、処理対象物の微小空間に熔融金属を充填する金属充填方法が知られている。このような金属充填方法は、たとえば、特許第4 2 7 8 0 0 7号公報、特許第4 5 0 5 5 4 0号公報および特許第4 6 1 1 4 2 9号公報に開示されている。

[0003] 特許第4 2 7 8 0 0 7号公報、特許第4 5 0 5 5 4 0号公報および特許第4 6 1 1 4 2 9号公報には、処理対象物であるウェハに設けられた微小空間に熔融金属を供給し、熔融金属を加圧しながら硬化させる金属充填方法が開示されている。これらの金属充填方法では、ウェハが設置された処理室内で熔融金属が加圧手段によって加圧され、加圧手段による加圧状態が、熔融金属が冷却により硬化するまで維持される。加圧手段としては、処理室を構成する支持体（加圧部材）をプレス機で押圧することにより処理室内の熔融金属を加圧することなどが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第4 2 7 8 0 0 7号公報
特許文献2：特許第4 5 0 5 5 4 0号公報
特許文献3：特許第4 6 1 1 4 2 9号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ここで、微小空間に充填される金属材料には様々なものがあり、加圧部材

に付着しやすい材料、凝固時にヒケ（冷却凝固に伴う体積減少）が生じる材料、液相温度と固相温度との差が大きい材料、などの充填が難しい材料も含まれる。

[0006] 加圧部材に付着しやすい材料の場合、凝固した金属材料の加圧部材への付着が発生すると、加圧部材から金属材料を剥離させる際に微小空間から金属材料が引き抜かれたり、ウェハに割れ等のダメージを与えたりする可能性がある。この場合、金属充填処理の歩留まり向上の妨げとなる。

[0007] 凝固時にヒケが生じる材料の場合、ヒケにより加圧部材と金属材料との間に形成された真空の空洞に引っ張られて、微小空間から金属材料が引き抜かれたり、ウェハ表面の金属残渣が剥がれたりする可能性がある。この場合にも、金属充填処理の歩留まり向上の妨げとなる。

[0008] 液相温度と固相温度との差が大きい材料の場合、液相温度付近から固相温度に到達するまでの冷却時間が増大するので、長時間、加圧部材による加圧状態を維持し続ける必要がある。そのため、ウェハ１枚当たりの処理時間が増大して金属充填の処理効率を向上させることが困難となる場合がある。

[0009] 以上のような事情から、処理対象物に対する金属充填処理の更なる歩留まりや処理効率の向上を図ることが望まれている。

[0010] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたものであり、この発明の１つの目的は、金属充填処理の更なる歩留まりや処理効率の向上を図ることが可能な金属充填装置および金属充填方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0011] 上記目的を達成するために、この発明による金属充填装置は、処理対象物の表面に開口するように形成された微小空間内に熔融金属を充填する金属充填装置であって、処理対象物を保持する保持部と、微小空間の周囲を取り囲む筒状部材と、筒状部材の内側に処理対象物に向けて進退可能に配置された加圧部材と、保持部または処理対象物と、筒状部材と、加圧部材とにより気密状に形成される処理室内に、熔融金属を供給する金属供給部とを備え、処理室内に供給された熔融金属を加圧部材により加圧しながら冷却し、熔融金

属の凝固が完了する前に加圧を停止するように構成されている。なお、「微小空間」とは、処理対象物に形成された $100\mu\text{m}$ 程度以下の幅を有する微細な溝や $100\mu\text{m}$ 程度以下の孔径を有する微細な貫通孔および非貫通穴を意味する。

[0012] この発明による金属充填装置では、上記のように、処理室内に供給された溶融金属を加圧部材により加圧しながら冷却し、溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止するように構成する。これにより、微小空間内に充填された溶融金属を加圧しながら冷却する場合でも、溶融金属が完全に固相に変化する（凝固が完了する）前の不完全凝固の段階で加圧部材を溶融金属（処理対象物）から離間させることができる。そのため、加圧部材に付着しやすい金属材料の場合でも、付着強度が弱い段階で加圧部材を離間させて、金属材料や処理対象物に作用する応力を低減することができる。また、凝固時にヒケが生じる金属材料の場合、加圧部材と金属材料との間の空洞が成長しきる凝固完了前のより早い段階で加圧部材を離間させて、空洞部の真空化による加圧部材と溶融金属との吸引密着力を低減することができる。また、液相温度と固相温度との差が大きい金属材料の場合、固相温度よりも低温になる前のより早い段階で加圧を停止して、処理対象物の搬出および次の処理対象物の処理を早期に開始することができる。以上の結果、本発明によれば、金属充填処理の歩留まりや処理効率の向上を図ることができる。

[0013] 上記発明による金属充填装置において、好ましくは、処理室内の溶融金属を加圧しながら冷却する加圧期間の後、加圧を行わない非加圧期間において溶融金属の凝固を完了させるように構成されている。このように構成すれば、溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止する場合にも、充填不良の発生を抑制することができる。

[0014] この場合において、好ましくは、加圧期間において、溶融金属が冷却されて凝固が完了する前に加圧部材を処理対象物から後退させて加圧を停止し、非加圧期間において、外部環境と略等しい圧力環境で溶融金属を冷却して凝固を完了させるように構成されている。このように構成すれば、加圧部材を

処理対象物から離間させた状態で、たとえば大気圧下で溶融金属の凝固を完了させることができるので、処理対象物の搬出や次の処理対象物の処理をより早期に開始することができる。

[0015] 上記発明による金属充填装置において、好ましくは、溶融金属の液相温度よりも低く、かつ、固相温度よりも高い固相温度側の温度まで溶融金属が冷却された時点で、溶融金属の加圧を停止するように構成されている。このように構成すれば、溶融金属の凝固が完了する前に、確実に加圧を停止することができる。また、凝固がある程度進行した固相温度側の温度まで冷却されてから溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止することにより、溶融金属を充填する加圧が不足することはなく、充填不良の発生を抑制することができる。なお、本明細書において、固相温度は、その温度以下で金属材料が完全に凝固する（固相になる）温度であり、液相温度は、その温度以上で金属材料が完全に溶融する（液相になる）温度である。「固相温度側の温度」とは、たとえば、液相温度と固相温度とを平均した温度（ $[\text{液相温度} + \text{固相温度}] / 2$ ）を境界として、固相温度側にある温度域に含まれる温度である。

[0016] 上記発明による金属充填装置において、好ましくは、溶融金属が冷却されて凝固が完了する前に、加圧を停止するとともに処理室を開放するように構成されている。このように構成すれば、溶融金属の凝固が完了する前段階で、処理対象物の搬送（または搬送準備）を開始することができるので、処理効率をさらに向上させることができる。

[0017] 上記発明による金属充填装置において、好ましくは、不活性ガスを供給するガス供給部をさらに備え、加圧を停止した後、溶融金属の凝固が完了するまでの間は、処理対象物が不活性ガス雰囲気配置されるように構成されている。このように構成すれば、処理対象物の表面に形成される金属材料の残渣膜が酸化されるのを抑制することができる。金属材料の酸化物は、金属の硬度や靱性などの材料特性を変化させるので、金属充填後の残渣膜の除去工程での歩留まりに影響する。そのため、本発明によれば、残渣膜の酸化に伴う材料特性の変化を抑制することができるので、除去工程の歩留まりを向上

させることができる。

[0018] この発明による金属充填方法は、処理対象物の表面に開口するように形成された微小空間内に溶融金属を充填する金属充填方法であって、処理対象物が配置された気密状の処理室内に、溶融金属を供給する工程と、処理室内に充填された溶融金属を加圧部材により加圧しながら冷却する工程と、溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止する工程とを備える。

[0019] この発明による金属充填方法では、上記のように、処理室内に充填された溶融金属を加圧部材により加圧しながら冷却する工程と、溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止する工程とを設ける。これにより、微小空間内に充填された溶融金属を加圧しながら冷却する場合でも、溶融金属が完全に固相に変化する（凝固が完了する）前の不完全凝固の段階で加圧部材を溶融金属（処理対象物）から離間させることができる。そのため、金属材料や処理対象物に作用する応力の低減、ヒケ発生時の空洞部の真空化による加圧部材と溶融金属との吸引密着力を低減、および、処理対象物の搬出および次の処理対象物の処理の早期開始を図ることができる。以上の結果、本発明によれば、金属充填処理の更なる歩留まりや処理効率の向上を図ることができる。

[0020] 上記発明による金属充填方法において、好ましくは、溶融金属の加圧を停止する工程の後、加圧を行わない非加圧期間において、溶融金属の凝固を完了させる工程をさらに備える。このように構成すれば、溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止する場合にも、充填不良の発生を抑制することができる。

[0021] 上記発明による金属充填方法において、好ましくは、溶融金属を凝固させた後、処理対象物の表面上に残留した金属膜を研磨等により除去する工程をさらに備える。このように構成すれば、たとえば処理対象物上の金属膜（残渣）を除去するために処理対象物を加熱して金属膜を再溶融させる必要がないので、更なる処理効率向上を図ることができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、上記のように、金属充填処理の更なる歩留まりや処理効

率の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の第1実施形態による金属充填装置を示した模式図である。

[図2]ウェハに形成された微小空間を示した拡大断面図である。

[図3]加圧時におけるウェハと加圧部材とを示した拡大図である。

[図4]S n－P b半田の状態図である。

[図5]S n－B i半田の状態図である。

[図6]熔融金属に用いる金属材料の固相温度および液相温度を説明するための図である。

[図7]本発明の第1実施形態による金属充填方法における加圧部材加圧面の圧力の時間変化を示した図である。

[図8]本発明の第1実施形態による金属充填方法を説明するためのフロー図である。

[図9]加圧部材に付着しやすい金属材料を充填する場合に発生する状況を説明するための模式図である。

[図10]凝固時にヒケが生じる金属材料を充填する場合に発生する状況を説明するための模式図である。

[図11]本発明の第2実施形態による金属充填装置を示した模式図である。

[図12]本発明の第1実施形態による金属充填装置の変形例を示した模式図である。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0025] [第1実施形態]

まず、図1～図8を参照して、第1実施形態による金属充填装置100について説明する。

[0026] (金属充填装置の構成)

図1に示すように、第1実施形態による金属充填装置100は、処理対象物の一例である半導体ウェハ（以下、単にウェハ1という）の表面に開口す

るように形成されたビアなどの微小空間 2（図 2 参照）内に導体金属を充填する装置である。充填された導体金属により、シリコン貫通電極（Through-silicon via; TSV）が形成される。

[0027] ウェハ 1 は、一般的なシリコンなどの半導体材料から構成されている。ウェハ 1 は、たとえば約 200 mm 等の所定の直径を有する略円形状であり、複数のチップを切り出すことが可能である。また、ウェハ 1 は、エッチング処理などの前工程により複数の微小空間 2（図 2 参照）が形成された状態で、金属充填装置 100 に搬入される。微小空間 2 の形状および寸法は特に限定されるものではないが、たとえば直径が数 μm 、深さが数十 μm 程度の丸穴である。

[0028] 金属充填装置 100 は、ウェハ 1 を保持する保持部 11 と、微小空間 2 の周囲を取り囲むように設けられた筒状部材 12 と、筒状部材 12 の内側にウェハ 1 に向けて進退可能に配置された加圧部材 13 と、熔融金属 3 を供給する金属供給部 14 とを備える。保持部 11 またはウェハ 1 と、筒状部材 12 と、加圧部材 13 とにより、気密状の処理室 4 が形成される。

[0029] また、金属充填装置 100 は、保持部 11 を昇降させる昇降機構 15 と、加圧部材 13 を進退させる加圧機構 16 と、処理室 4 内を減圧する減圧部 17 と、処理室 4 内に不活性ガスを加圧供給するガス供給部 18 と、処理室 4 内に供給された熔融金属 3 を回収する回収部 19 と、を備える。さらに、金属充填装置 100 は、上記の各部の動作を制御する制御部 20 を備えている。

[0030] 保持部 11 は、ウェハ 1 の保持台である。保持部 11 は、平坦な載置面上に載置されたウェハ 1 を負圧吸引などにより保持するように構成されている。筒状部材 12 は、処理室 4 の周壁を構成するハウジングである。筒状部材 12 は、内部に空間が形成された中空（筒状）形状を有し、ウェハ 1 上の微小空間 2 の形成領域を取り囲むように設けられている。筒状部材 12 は、一端（下端面）がウェハ 1 と対向し、上下方向に延びるように設けられている。

[0031] 保持部 1 1 は、昇降機構 1 5 によって上下方向（筒状部材 1 2 に対して近接または離間する方向）に移動可能である。昇降機構 1 5 によって保持部 1 1 を筒状部材 1 2 に向けて上昇させ、ウェハ 1 の上面を筒状部材 1 2 の下端部に当接させることにより、気密状の処理室 4 が形成される。筒状部材 1 2 の下端面にはＯリングなどのシール部材 1 2 a が設けられ、筒状部材 1 2 とウェハ 1 との間の気密性が確保されている。筒状部材 1 2 の内周面にはシール部材 1 2 b が設けられ、加圧部材 1 3 と筒状部材 1 2 との間の気密性が確保されている。シール部材 1 2 b は、筒状部材 1 2 の上端部近傍と、筒状部材 1 2 の下部とに設けられている。下側のシール部材 1 2 b は、処理室 4 の容積を極力小さくする（ウェハ 1 側に位置する）ように、配管（配管 2 1 a および配管 2 1 b）の上側近傍の位置に配置されている。

[0032] 加圧部材 1 3 は、処理室 4 の容積を変化させるように移動可能なピストンである。加圧部材 1 3 は、筒状部材 1 2（シール部材 1 2 b）の内側に摺動可能に嵌合されており、筒状部材 1 2 の内面に沿って上下に進退移動できるように設けられている。加圧部材 1 3 の保持部 1 1 と対向する面（下面）には、耐熱性を有する材料により形成された押圧部分 1 3 a が設けられている。押圧部分 1 3 a のうち溶融金属 3 と接する領域には、溶融金属 3 の付着を抑制する表面処理が施されている。付着抑制のための表面処理は、たとえば鏡面加工や、ＤＬＣ（ダイヤモンドライクカーボン）などの皮膜処理である。加圧部材 1 3 は、加圧機構 1 6 によって、保持部 1 1（ウェハ 1）に対して近接または離間するように移動可能である。加圧部材 1 3 は、保持部 1 1 に近接する方向に移動されることにより、溶融金属 3 をウェハ 1 側に押圧し、溶融金属 3 に圧力を付与する（加圧する）ことが可能である。

[0033] 図 3 に示すように、加圧部材 1 3 の押圧部分 1 3 a の下面には、封止部 1 3 b が設けられている。封止部 1 3 b は、弾性体からなり、円形のウェハ 1 の外周に沿う環状形状を有する。処理室 4 内に溶融金属 3 が供給された状態で加圧部材 1 3 を前進させて封止部 1 3 b をウェハ 1 の表面に当接させることにより、溶融金属 3 を封止部 1 3 b の内側領域に閉じ込めることが可能で

ある。この結果、封止部 1 3 b の内側領域に閉じ込められた溶融金属 3 に、加圧機構 1 6 の推力を加圧部材 1 3 によって効率的に印加することができ、封止部 1 3 b の外側の溶融金属 3 を処理室 4 から外部に逃がして、残渣となる余剰金属の量を減少させることが可能である。

[0034] 図 1 に戻って、金属供給部 1 4 は、微小空間 2 内に充填される金属を、融点（液相温度）よりも高い温度の溶融金属 3 の状態で保持することが可能な供給容器を含む。金属供給部 1 4 は、筒状部材 1 2 の下端側の側壁を内側まで貫通する配管 2 1 a を介して、処理室 4 の内部と連通している。また、金属供給部 1 4 と処理室 4 との間の配管 2 1 a には、制御弁 2 2 a が設けられている。制御弁 2 2 a の開閉によって、溶融金属 3 の供給開始および停止と、供給圧力とを調整することが可能である。制御弁 2 2 a の開閉は制御部 2 0 により制御される。

[0035] 溶融金属 3 は、たとえば、鉛フリー半田である。鉛フリー半田は、充填に用いられる材料の内では比較的低い融点を有するため取り扱いが容易である。溶融金属 3 に用いる金属材料としては、微小空間 2 に充填する目的や充填金属の機能に応じて、Au、Ag、Cu、Pt、Pd、Ir、Al、Ni、Sn、In、Bi、Zn やこれらの合金を採用することができるし、上記以外の金属材料を用いてもよい。

[0036] 昇降機構 1 5 は、トルクモータなどを含む。加圧機構 1 6 は、いわゆる油圧機構などにより構成され、作動油の供給および排出により、加圧部材 1 3 を進退させる。昇降機構 1 5 および加圧機構 1 6 のそれぞれの動作は、制御部 2 0 により制御される。

[0037] 減圧部 1 7 は、筒状部材 1 2 の下端側の側壁を内側まで貫通する配管 2 1 b を介して、処理室 4 の内部と連通している。減圧部 1 7 は、真空ポンプを含み、処理室 4 内の気体を排気して減圧することが可能である。また、減圧部 1 7 と処理室 4 との間の配管 2 1 b には、制御弁 2 2 b が設けられている。制御弁 2 2 b の開閉と減圧部 1 7 の動作とが制御部 2 0 により制御されることによって、処理室 4 内を略真空状態まで減圧することが可能である。

- [0038] ガス供給部 18 は、配管 21 b に接続された配管 21 c と、配管 21 b とを介して、処理室 4 の内部と連通している。また、ガス供給部 18 と処理室 4 との間の配管 21 c には、制御弁 22 c が設けられている。ガス供給部 18 は、制御弁 22 c を開放することにより不活性ガスを処理室 4 内に所定圧力で供給することが可能である。制御弁 22 c の開閉とガス供給部 18 の動作とは、制御部 20 により制御される。また、ガス供給部 18 は、配管 21 e を介して、処理室 4 の外部（処理室 4 を含む各部を覆う外殻あるいはケースの内部）にも不活性ガスを供給することが可能である。これにより、処理室 4 の内部および外部を不活性ガス雰囲気の状態にすることが可能である。
- [0039] 回収部 19 は、配管 21 a に接続された配管 21 d と、配管 21 a とを介して、処理室 4 の内部と連通している。また、回収部 19 と処理室 4 との間の配管 21 d には、制御弁 22 d が設けられている。回収部 19 は、たとえば、溶融金属 3 を貯留する回収タンクと、回収タンクに接続された排気装置とを含んで構成される。制御弁 22 d の開閉と回収部 19 の動作とが制御部 20 により制御されることによって、処理室 4 内の余剰の溶融金属 3 を回収部 19 に回収することが可能である。
- [0040] ここで、第 1 実施形態では、金属充填装置 100 は、処理室 4 内に充填された溶融金属 3 を加圧部材 13 により加圧しながら冷却し、溶融金属 3 の凝固が完了する前に加圧を停止するように構成されている。金属充填装置 100 の加圧冷却および加圧停止の制御は、制御部 20 により行われる。
- [0041] 特に複数の金属材料の合金からなる金属材料を溶融あるいは凝固させる場合、金属材料の液相温度と固相温度との間に温度差が存在する。液相温度と固相温度との間の温度域では、液相と固相とが混じった状態にあり、この状態を半溶融状態とする。
- [0042] 例として、図 4 では Sn-Pb 半田の状態図を示し、図 5 では Sn-Bi 半田の状態図を示す。いずれの図も、縦軸が温度、横軸が合金の組成を表す。図 4 および図 5 に示す二元共晶系の合金の場合、固相線 31、液相線 32 および共晶等温線 33 に囲まれる領域 34 が、半溶融状態となる領域である

。二元共晶系の合金では、共晶点 3 5（共晶組成）を除いて半溶融状態が存在する。すなわち、ある組成に着目して、縦軸方向（温度変化）における状態変化を見ると、図 6 に示すように、液相温度と固相温度との間の温度域が、半溶融状態の温度域となる。

[0043] 溶融金属 3 は、液相温度以上で処理室 4 内に供給された後、液相温度を下回ると凝固し始める。温度低下とともに凝固が進み、固相温度を下回ると、凝固が完了する。したがって、第 1 実施形態では、金属充填装置 1 0 0 は、溶融金属 3 を加圧部材 1 3 により加圧しながら冷却し、溶融金属 3 の温度が固相温度を下回る前に、溶融金属 3 の加圧を停止する。

[0044] 加圧を停止するタイミングとして、第 1 実施形態では、溶融金属 3 の液相温度よりも低く、かつ、固相温度よりも高い固相温度側の温度まで溶融金属 3 が冷却された時点で、溶融金属 3 の加圧を停止する。固相温度側の温度は、図 6 において、液相温度 t_1 と固相温度 t_2 とを平均した温度 t_3 （ $[t_1 + t_2] / 2$ ）を境界として、固相温度 t_2 側にある温度域に含まれる温度である。

[0045] なお、金属充填装置 1 0 0 は、図 1 に示すように、保持部 1 1 の温度を検出する温度検出部 2 3 a、加圧部材 1 3 の温度を検出する温度検出部 2 3 b、および、筒状部材 1 2 の温度を検出する温度検出部 2 3 c を備えている。それぞれの温度検出部は、たとえば熱電対を含み、制御部 2 0 に検出温度を出力する。制御部 2 0 は、これらの温度検出部のうち、いずれか 1 つまたは複数の検出温度に基づいて、加圧を停止するか否かを判断する。

[0046] 溶融金属 3 の冷却は、図示しない水冷管により、溶融金属 3 の熱が溶融金属 3 の周囲の加圧部材 1 3、保持部 1 1 および筒状部材 1 2 に奪われていくことによって進行する。このため、溶融金属 3 の温度は、これらの周囲の部材よりも低くなることはないと考えてよいので、温度検出部の検出温度が固相温度よりも高い時点で溶融金属 3 の加圧を停止すれば、確実に溶融金属 3 の凝固が完了する前に加圧を停止することが可能である。溶融金属 3 の凝固が完了する前に加圧を停止して加圧部材 1 3 をウェハ 1 から離間させること

で、凝固完了時点で既に処理室４からウェハ１を搬出可能な状態にしておくことが可能となる。そのため、処理すべきウェハ１を１枚ずつ処理室４内で加熱、冷却する構成において、凝固完了後、速やかにウェハ１を搬出し、次のウェハ１のための加熱を早期に開始することができるので、より顕著に処理効率を向上させることが可能である。

[0047] また、第１実施形態では、金属充填装置１００は、図７に示すように、処理室４内の溶融金属３を加圧しながら冷却する加圧期間Ｔ１の後、加圧を行わない非加圧期間Ｔ２において溶融金属３の凝固を完了させるように構成されている。

[0048] 具体的には、金属充填装置１００は、加圧期間Ｔ１において、溶融金属３が冷却されて凝固が完了する前に加圧部材１３をウェハ１から後退させて加圧を停止する。加圧期間Ｔ１では、少なくとも加圧部材１３により、処理室４内の圧力が所定の加圧圧力値に維持される。加圧部材１３に加えて、ガス供給部１８によるガス圧をさらに印加してもよい。

[0049] また、金属充填装置１００は、非加圧期間Ｔ２において、外部環境と略等しい圧力環境で溶融金属３を冷却して凝固を完了させるように構成されている。外部環境と略等しい圧力環境とは、強制的な圧力を付与しない状況を意味する。外部環境と略等しい圧力は、金属充填装置１００を含む半導体製造装置の装置構成や金属充填装置１００の設置環境にもよるが、たとえば大気圧である。第１実施形態において、非加圧期間Ｔ２では、加圧部材１３による加圧を行わない。

[0050] （金属充填方法の説明）

次に、図１～図３、図７および図８を参照して、第１実施形態による金属充填装置１００における金属充填方法について説明する。金属充填装置１００の動作制御は、制御部２０によって行われる。なお、金属充填装置１００の各部については、図１を参照するものとする。

[0051] まず、図８のステップＳ１において、ウェハ１が保持部１１上に載置された後、処理室４が形成される。具体的には、制御部２０は、昇降機構１５に

より保持部 11 を下降させて筒状部材 12 から離間させる。保持部 11 には、表面に微小空間 2 が形成されたウェハ 1 が、表面を上にした状態で載置される。ウェハ 1 が保持部 11 に載置された後、制御部 20 は、昇降機構 15 により保持部 11 を上昇させ、ウェハ 1 の上面を筒状部材 12 の下端面（シール部材 12 a）に当接させて処理室 4 を形成する。この結果、気密状の処理室 4 内にウェハ 1 が保持される。

[0052] ステップ S2 において、制御部 20 は、制御弁 22 b を開いて減圧部 17 を作動させ、処理室 4 内の気体を排気させる。制御部 20 は、図 7 に示すように、処理室 4 内（すなわち、微小空間 2 内）を略真空状態まで減圧させる。

[0053] ステップ S3 において、制御部 20 は、減圧部 17 を停止させ制御弁 22 b を閉じる一方、制御弁 22 a を開いて金属供給部 14 を作動させて処理室 4 内に熔融金属 3 を供給する。熔融金属 3 は、処理室 4 内に所定の供給圧力で加圧供給される。そのため、図 7 に示すように、処理室 4 内の圧力は、所定の供給圧力に達するまで熔融金属 3 の供給に伴って上昇する。処理室 4 内が熔融金属 3 により満たされると、制御部 20 は、金属供給部 14 を停止させて制御弁 22 a を閉じる。

[0054] ステップ S4 において、制御部 20 は、加圧機構 16 を制御して加圧部材 13 をウェハ 1 に向けて前進させ、処理室 4 内から余剰の熔融金属 3 を排出する。図 1 および図 3 に示したように、封止部 13 b がウェハ 1 の上面に当接するまでは、制御部 20 は、制御弁 22 d を開放（絞り開放）して、処理室 4 内の余剰の熔融金属 3 を回収部 19 に回収させる。加圧部材 13 の押し込み（前進）に伴って、処理室 4 内の圧力は上昇（図 7 参照）する。

[0055] また、加圧部材 13 の封止部 13 b がウェハ 1 の上面に当接すると、制御部 20 は、制御弁 22 d を全開放するとともに制御弁 22 c を開放し、ガス供給部 18 を作動させて、処理室 4 内に不活性ガスを加圧供給させる。この結果、処理室 4 内の熔融金属 3 のうち、封止部 13 b の外側に存在する部分（封止部 13 b の内側領域に閉じ込められた熔融金属を除いた余剰分）が、

処理室 4 内から排出される。なお、処理室 4 からの余剰の溶融金属 3 の排出が完了するまで、処理室 4 の内部の温度は、図示しない加熱機構によって金属材料の液相温度以上に維持される。

[0056] 次に、ステップ S 5 において、制御部 20 は、処理室 4 内に供給された溶融金属 3 を加圧部材 13 により加圧しながら冷却する加圧冷却を開始する。すなわち、制御部 20 は、加圧機構 16 を制御して加圧部材 13 をウェハ 1 の表面に押し付け、加圧部材 13 とウェハ 1 との間の溶融金属 3 を加圧させるとともに、処理室 4 内の加熱を停止し、溶融金属 3 の冷却を開始する。この結果、図 7 に示したように、加圧部材 13 の加圧面の圧力（溶融金属 3 に作用する圧力）が、所定の加圧圧力に維持された状態で、溶融金属 3 が冷却される。加圧冷却は、上述の通り、金属材料の固相温度よりも高い所定の加圧停止温度になるまでの加圧期間 T 1 の間、継続される。

[0057] 次に、ステップ S 6 において、制御部 20 は、溶融金属 3 の凝固完了前に、加圧を停止させる。制御部 20 は、加圧機構 16 を制御して加圧部材 13 をウェハ 1 からゆっくりと後退させ、加圧部材 13 をウェハ 1 から離間させる。この結果、処理室 4 内は、不活性ガスの雰囲気下で外部環境の圧力（大気圧）と同等の非加圧状態になる。

[0058] ステップ S 7 において、制御部 20 は、加圧しない非加圧状態で、溶融金属 3 の凝固が完了するまで冷却を継続する。すなわち、図 7 に示したように、制御部 20 は、溶融金属 3 の加圧を停止するステップ S 6 の後、加圧を行わない非加圧期間 T 2 において、溶融金属 3 の凝固を完了させる。加圧を停止した後、溶融金属 3 の凝固が完了するまでの非加圧期間 T 2 の間は、ウェハ 1 が不活性ガス雰囲気に配置される。溶融金属 3 の温度が固相温度を下回ると、凝固が完了する。この結果、ウェハ 1 の微小空間 2 内に凝固した溶融金属 3 が充填されるとともに、ウェハ 1 の表面上に金属膜 5（図 2 参照）が残留する。金属膜 5 は、加圧部材 13 の下面の封止部 13b の内側領域に閉じ込められた溶融金属 3 が凝固して形成された残渣である。

[0059] 次に、ステップ S 8 において、制御部 20 は、処理室 4 を開放させ、ウェ

ハ１を搬出させる。制御部２０は、昇降機構１５により保持部１１を下降させて筒状部材１２から離間させる。保持部１１上のウェハ１は、図示しない搬送機構により、次工程に搬送される。

[0060] ステップＳ９において、ウェハ１は、図示しない研磨装置に搬送され研磨処理が施される。これによりウェハ１の表面上に残留した金属膜５が研磨により除去される。研磨は、たとえば、CMP（化学機械研磨）やポリッシャーなどの機械研磨であり、ウェハ１の表面に対して行われる。ウェハ１の表面から金属膜５が除去される結果、表面の微小空間２に金属が充填されたウェハ１が得られる。なお、ステップＳ８とＳ９との間には、ウェハ１に対する他の処理工程が介在してもよい。

[0061] （第１実施形態の効果）

第１実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0062] 第１実施形態では、上記のように、処理室４内に供給された熔融金属３を加圧部材１３により加圧しながら冷却し、熔融金属３の凝固が完了する前に加圧を停止するように構成する。これにより、微小空間２内に充填された熔融金属３を加圧しながら冷却する場合でも、熔融金属３が完全に固相に変化する（凝固が完了する）前の不完全凝固の段階で加圧部材１３を熔融金属３（ウェハ１）から離間させることができる。その結果、第１実施形態によれば、金属充填処理の歩留まりや処理効率の向上を図ることができる。

[0063] たとえば、図９に示すように、加圧部材１３に付着しやすい金属材料の場合、付着部分６を機械的に剥離する必要がある。この場合、完全に凝固した後では、ウェハ１に外力Ｆ１が作用してダメージを受ける場合や、剥離時に微小空間２内の金属材料に引き抜き方向の外力Ｆ２が作用して微小空間２内から金属材料が引き抜かれる場合が生じうる。これに対して、第１実施形態では、凝固が完了する前の付着強度が弱い段階で加圧部材１３を離間させて、金属材料やウェハ１に作用する応力を低減することができる。

[0064] また、図１０に示すように、凝固時にヒケが生じる金属材料の場合、加圧部材１３と金属材料（金属膜５）との間に略真空の空洞７が生じる。この場

合、空洞 7 の真空化による吸引密着力 F_3 によって、微小空間 2 内に充填された金属が引き抜かれるおそれがある。これに対して、第 1 実施形態では、加圧部材 1 3 と金属材料（金属膜 5）との間の空洞 7 が成長しきる凝固完了前のより早い段階で加圧部材 1 3 を離間させて、空洞 7 の真空化による加圧部材 1 3 と金属材料（金属膜 5）との吸引密着力 F_3 を低減することができる。

[0065] また、溶融金属 3 の組成に起因して、図 6 に示した液相温度と固相温度との差が大きく（たとえば 100°C 程度）になる場合には、溶融金属 3 の凝固が完了するまでの冷却時間が増大する。これに対して、第 1 実施形態では、固相温度よりも低温になる前のより早い段階で加圧を停止し、加圧部材 1 3 を離間させておくことができる。そのため、凝固が完了してから加圧を停止して加圧部材 1 3 を離間させる場合と比較して、ウェハ 1 の搬出および次のウェハ 1 の処理を早期に開始することができる。

[0066] また、第 1 実施形態では、上記のように、処理室 4 内の溶融金属 3 を加圧しながら冷却する加圧期間 T_1 の後、加圧を行わない非加圧期間 T_2 において溶融金属 3 の凝固を完了させる。これにより、溶融金属 3 の凝固が完了する前に加圧を停止する場合にも、充填不良の発生を抑制することができる。

[0067] また、第 1 実施形態では、上記のように、加圧期間 T_1 において、溶融金属 3 が冷却されて凝固が完了する前に加圧部材 1 3 をウェハ 1 から後退させて加圧を停止し、非加圧期間 T_2 において、外部環境と略等しい圧力環境（大気圧）で溶融金属 3 を冷却して凝固を完了させる。これにより、加圧部材 1 3 をウェハ 1 から離間させた状態で、大気圧下で溶融金属 3 の凝固を完了させることができるので、処理室 4 内で処理を完了させなくてもよく、ウェハ 1 の搬出や次のウェハ 1 の処理をより早期に開始することができる。

[0068] また、第 1 実施形態では、上記のように、溶融金属 3 の液相温度よりも低く、かつ、固相温度よりも高い固相温度側の温度まで溶融金属 3 が冷却された時点で、溶融金属 3 の加圧を停止する。これにより、溶融金属 3 の凝固が完了する前に、確実に加圧を停止することができる。また、凝固がある程度

進行した固相温度側の温度まで冷却されてから溶融金属 3 の凝固が完了する前に加圧を停止することにより、溶融金属 3 を充填する加圧が不足することではなく、充填不良の発生を抑制することができる。

[0069] また、第 1 実施形態では、上記のように、加圧を停止した後、溶融金属 3 の凝固が完了するまでの間（非加圧期間 T 2）は、ウェハ 1 が不活性ガス雰囲気中に配置されるように構成する。これにより、ウェハ 1 の表面に形成される金属膜 5 が酸化されるのを抑制することができる。金属材料の酸化物は、金属の硬度や靱性などの材料特性を変化させるので、金属充填後の金属膜 5 の除去工程（ステップ S 9 参照）での歩留まりに影響する。そのため、第 1 実施形態によれば、金属膜 5 の酸化に伴う材料特性の変化を抑制することができるので、除去工程の歩留まりを向上させることができる。

[0070] また、第 1 実施形態では、上記のように、溶融金属 3 を凝固させた後、ウェハ 1 の表面上に残留した金属膜 5 を研磨により除去する。これにより、たとえばウェハ 1 上の金属膜 5（残渣）を除去するためにウェハ 1 を加熱して金属膜 5 を再溶融させる必要がないので、更なる処理効率向上を図ることができる。

[0071] [第 2 実施形態]

次に、図 1 1 を参照して、第 2 実施形態による金属充填装置 2 0 0 について説明する。この充填装置 2 0 0 では、上記第 1 実施形態による金属充填装置 1 0 0 とは異なり、減圧部 1 1 7 により処理室 4 内の減圧を行いながら処理室 4 への溶融金属 3 の供給ができるように構成した例について説明する。なお、第 1 実施形態と同一の構成については、同一の符号を付すとともに説明を省略する。

[0072] （金属充填装置の構成）

図 1 1 に示すように、第 2 実施形態による金属充填装置 2 0 0 では、減圧部 1 1 7 が、筒状部材 1 2 の上端側の側壁を内側まで貫通する配管 1 2 1 を介して、処理室 4 の内部と連通している。また、減圧部 1 1 7 と処理室 4 との間の配管 1 2 1 には、制御弁 2 2 b が設けられている。配管 1 2 1 は、溶

融金属 3 の液面よりも十分に上方の位置となるように、筒状部材 1 2 の上端近傍に設けられている。これにより、減圧部 1 1 7 による減圧（処理室 4 内の気体の排気）を継続したままの状態、金属供給部 1 4 から溶融金属 3 を供給することが可能である。なお、処理室 4 内への溶融金属 3 の供給は、液面が配管 1 2 1 の高さに到達する前に停止される。第 2 実施形態では、溶融金属 3 を所定の供給圧力で加圧しながら処理室 4 内に供給する構成ではない。

[0073] ガス供給部 1 1 8 は、分岐した配管 1 2 2 によって、金属供給部 1 4 側の配管 2 1 a と、減圧部 1 1 7 側の配管 1 2 1 とにそれぞれ接続されている。ガス供給部 1 1 8 は、配管 1 2 2 と、配管 2 1 a および配管 1 2 1 とを介して処理室 4 の内部と連通している。ガス供給部 1 1 8 と配管 2 1 a との間には、制御弁 1 2 3 a が設けられ、ガス供給部 1 1 8 と配管 1 2 1 との間には、制御弁 1 2 3 b が設けられている。

[0074] 回収部 1 1 9 は、配管 1 2 4 を介して、処理室 4 の内部と連通している。また、回収部 1 1 9 と処理室 4 との間の配管 1 2 4 には、制御弁 2 2 d が設けられている。

[0075] 制御部 2 0 は、制御弁 1 2 3 b を開放するとともに他の制御弁 1 2 3 a、2 2 a、2 2 b および 2 2 d を閉じて、ガス供給部 1 1 8 から処理室 4 内に不活性ガスを所定圧力で供給させ、加圧部材 1 3 とともに溶融金属 3 を加圧させるように構成されている。また、制御部 2 0 は、この状態でさらに制御弁 1 2 3 a および 2 2 d を開いて、処理室 4 内の余剰の溶融金属 3 を回収部 1 1 9 側に送り出して回収させるように構成されている。

[0076] 第 2 実施形態のその他の構成は、上記第 1 実施形態と同様である。

[0077] （第 2 実施形態の効果）

第 2 実施形態でも、上記第 1 実施形態と同様に、処理室 4 内に供給された溶融金属 3 を加圧部材 1 3 により加圧しながら冷却し、溶融金属 3 の凝固が完了する前に加圧を停止するように構成する。これにより、微小空間 2 内に充填された溶融金属 3 を加圧しながら冷却する場合でも、溶融金属 3 が完全

に固相に変化する前の段階で加圧部材 1 3 を溶融金属 3（ウェハ 1）から離間させることができるので、金属充填処理の歩留まりや処理効率の向上を図ることができる。

[0078] [変形例]

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

[0079] たとえば、上記第 1 および第 2 実施形態では、微小空間 2 の例として、所定深さの丸穴（図 2 参照）を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、微小空間は、貫通孔であってもよいし底部を有する非貫通穴であってもよい。微小空間は、直線状、曲線状または屈曲したクランク状などの形状であってよいし、途中で分岐していてもよい。微小空間の開口部分の形状も、円形状、矩形形状その他の多角形状などであってよく、任意である。また、微小空間は、孔以外の溝などの凹部であってよい。

[0080] また、上記第 1 および第 2 実施形態では、処理対象物の例として半導体ウェハ 1 を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、処理対象物は、溶融金属が充填される微小空間が形成されていればよく、半導体ウェハ以外であってよい。

[0081] また、上記第 1 実施形態では、図 8 のステップ S 7 において溶融金属 3 の凝固を完了させてから、処理室 4 を開放（ステップ S 8）する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、溶融金属 3 が冷却されて凝固が完了する前に、加圧を停止するとともに処理室 4 を開放するように構成してもよい。すなわち、ステップ S 7 とステップ S 8 とを並行して行ってもよい。この場合、非加圧状態での溶融金属 3 の冷却は、処理室 4 の外部で行ってもよい。

[0082] たとえば、図 1 2 の変形例に示すように、処理室 4 とは異なる別の処理室 1 0 4 で凝固を完了させてもよい。この変形例の場合、加圧部材 1 3 による

加圧を停止した後に、凝固完了前のウェハ 1 を処理室 4 から別の処理室 104 に移送し、処理室 104 において非加圧状態で溶融金属 3 の凝固を完了させる。この他、加圧部材 13 による加圧を停止した直後に処理室 4 を開放して次の処理工程へのウェハ 1 の移送を開始し、この移送中に溶融金属 3 の凝固を完了させてもよい。いずれの場合でも、処理室 4 の内部温度が金属材料の固相温度よりも下がる前に次のウェハの処理を開始することができるので、金属充填装置の処理効率を向上させることができる。

[0083] 一方、金属材料の種類によっては凝固完了前のウェハ 1 を処理室 4 から大気下に搬出するとその温度により酸化が著しく進展する。残留した金属部の酸化物は金属の硬度や靱性を変化させ、除去工程での歩留まりに影響する。これを防止するため非加圧期間 T2 の期間中、処理室 4 内に不活性ガスを供給し不活性ガス雰囲気中で冷却することで残渣膜（金属膜 5）の酸化を抑制することができる。この場合、冷却時間が長くなり次のウェハの処理を開始するのが遅れるが、加圧部材 13 を溶融金属 3（ウェハ 1）から離間させることによる、金属充填処理の歩留まり向上や処理効率向上の効果に変わりはない。残留した金属膜 5 の酸化および特性変化を抑制し、研磨の歩留まりを向上させることができる。

[0084] この金属膜 5 の酸化抑制の観点からは、図 12 の変形例の場合、処理室 104 内にも不活性ガスを供給し不活性ガス雰囲気中で冷却することが好ましい。これにより、凝固完了前のウェハ 1 を別の処理室 104 に移送する構成においても、金属膜 5 の酸化抑制を図ることが可能である。さらに、図 1 に示したように、ガス供給部 18 から配管 21e を介して処理室 4 の外部（ケース 201 の内部）にも不活性ガスを供給して、処理室 4 の外部を不活性ガス雰囲気にしておくことが好ましい。このようにすれば、凝固完了前に処理室 4 を開放する構成においても、金属膜 5 の酸化抑制を図ることが可能である。

[0085] また、上記第 1 および第 2 実施形態では、溶融金属 3 を処理室 4 内に供給する際に、処理室 4 内を略真空状態まで減圧した例を示したが、本発明はこ

れに限られない。

符号の説明

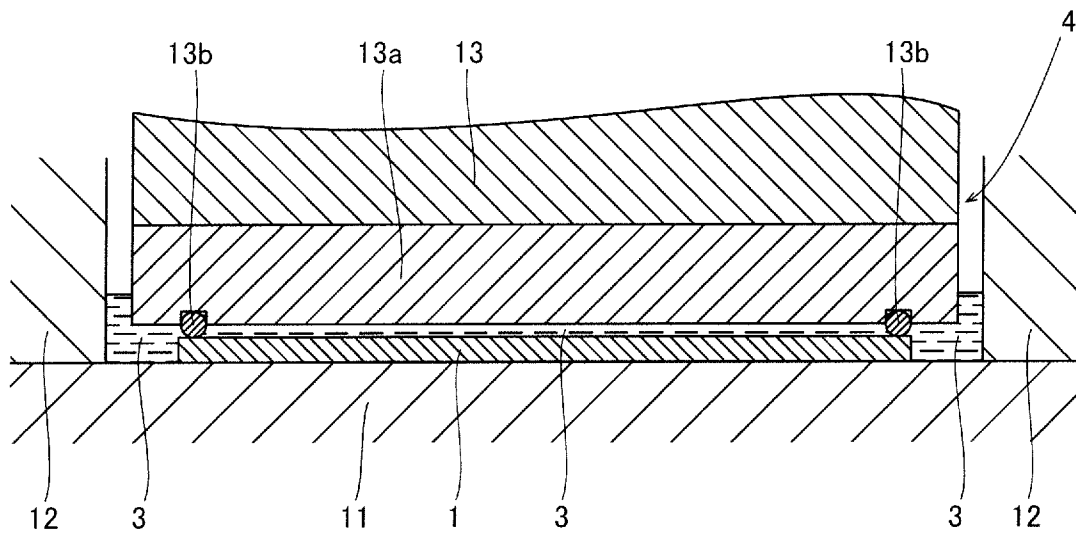
- [0086]
- 1 ウェハ（処理対象物）
 - 2 微小空間
 - 3 熔融金属
 - 4 処理室
 - 5 金属膜
 - 1 1 保持部
 - 1 2 筒状部材
 - 1 3 加圧部材
 - 1 4 金属供給部
 - 1 8、1 1 8 ガス供給部
 - 1 0 0、2 0 0 金属充填装置
 - T 1 加圧期間
 - T 2 非加圧期間

請求の範囲

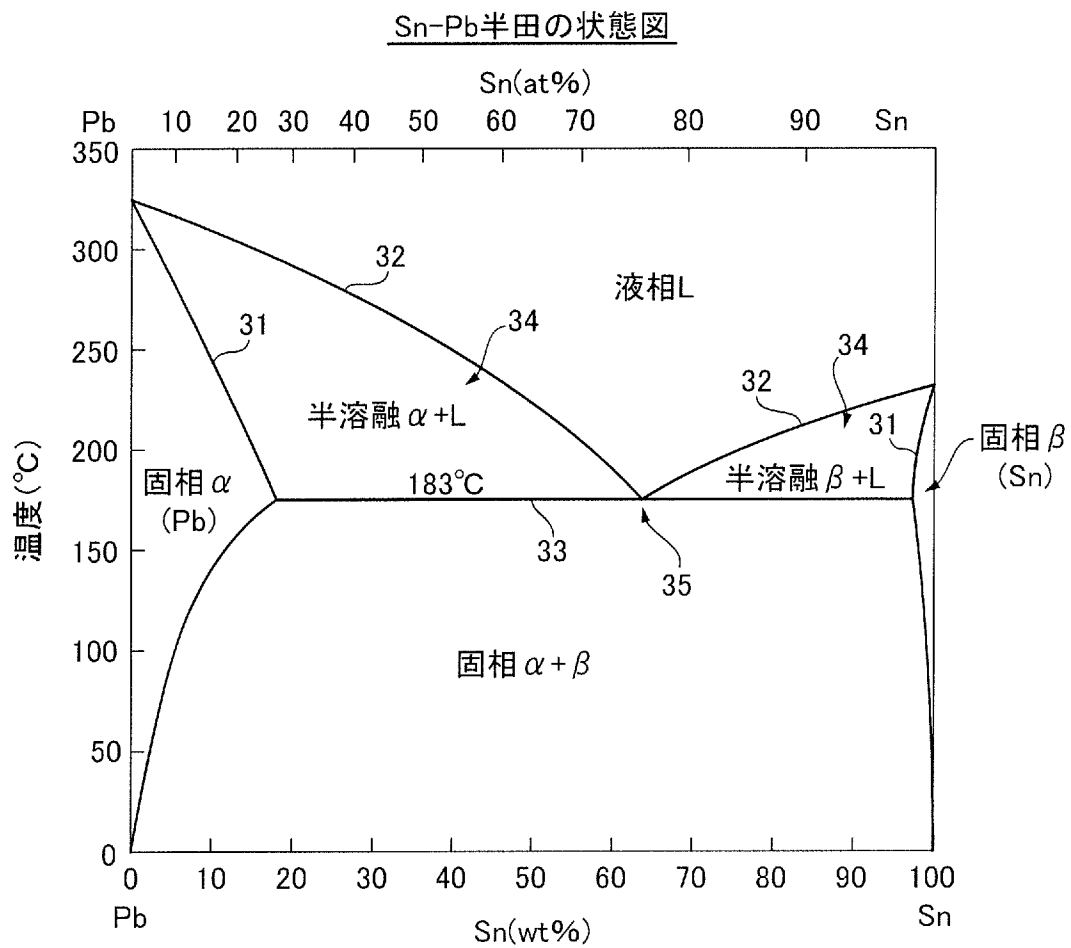
- [請求項1] 処理対象物の表面に開口するように形成された微小空間内に溶融金属を充填する金属充填装置であって、
- 前記処理対象物を保持する保持部と、
- 前記微小空間の周囲を取り囲む筒状部材と、
- 前記筒状部材の内側に前記処理対象物に向けて進退可能に配置された加圧部材と、
- 前記保持部または前記処理対象物と、前記筒状部材と、前記加圧部材とにより気密状に形成される処理室内に、前記溶融金属を供給する金属供給部とを備え、
- 前記処理室内に供給された前記溶融金属を前記加圧部材により加圧しながら冷却し、前記溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止するように構成されている、金属充填装置。
- [請求項2] 前記処理室内の前記溶融金属を加圧しながら冷却する加圧期間の後、加圧を行わない非加圧期間において前記溶融金属の凝固を完了させるように構成されている、請求項1に記載の金属充填装置。
- [請求項3] 前記加圧期間において、前記溶融金属が冷却されて凝固が完了する前に前記加圧部材を前記処理対象物から後退させて加圧を停止し、
- 前記非加圧期間において、外部環境と略等しい圧力環境で前記溶融金属を冷却して凝固を完了させるように構成されている、請求項2に記載の金属充填装置。
- [請求項4] 前記溶融金属の液相温度よりも低く、かつ、固相温度よりも高い前記固相温度側の温度まで前記溶融金属が冷却された時点で、前記溶融金属の加圧を停止するように構成されている、請求項1に記載の金属充填装置。
- [請求項5] 前記溶融金属が冷却されて凝固が完了する前に、加圧を停止するとともに前記処理室を開放するように構成されている、請求項1に記載の金属充填装置。

- [請求項6] 不活性ガスを供給するガス供給部をさらに備え、
前記加圧を停止した後、前記溶融金属の凝固が完了するまでの間は、前記処理対象物が不活性ガス雰囲気配置されるように構成されている、請求項1に記載の金属充填装置。
- [請求項7] 処理対象物の表面に開口するように形成された微小空間内に溶融金属を充填する金属充填方法であって、
前記処理対象物が配置された気密状の処理室内に、前記溶融金属を供給する工程と、
前記処理室内に供給された前記溶融金属を加圧部材により加圧しながら冷却する工程と、
前記溶融金属の凝固が完了する前に加圧を停止する工程とを備える、金属充填方法。
- [請求項8] 前記溶融金属の加圧を停止する工程の後、加圧を行わない非加圧期間において、前記溶融金属の凝固を完了させる工程をさらに備える、請求項7に記載の金属充填方法。
- [請求項9] 前記溶融金属を凝固させた後、前記処理対象物の表面上に残留した金属膜を研磨により除去する工程をさらに備える、請求項7に記載の金属充填方法。

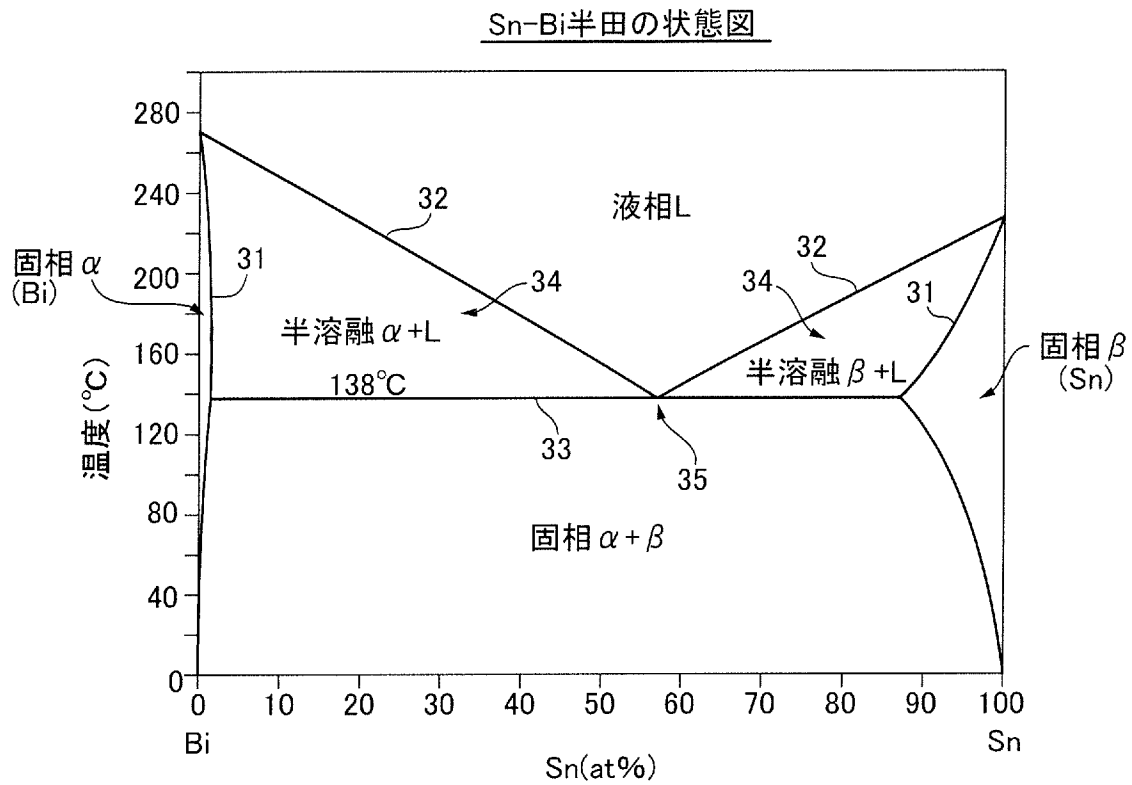
[図3]



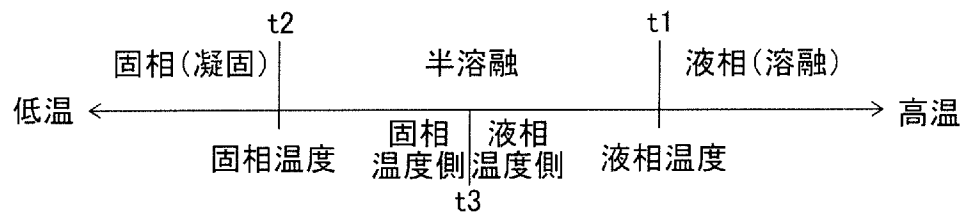
[図4]



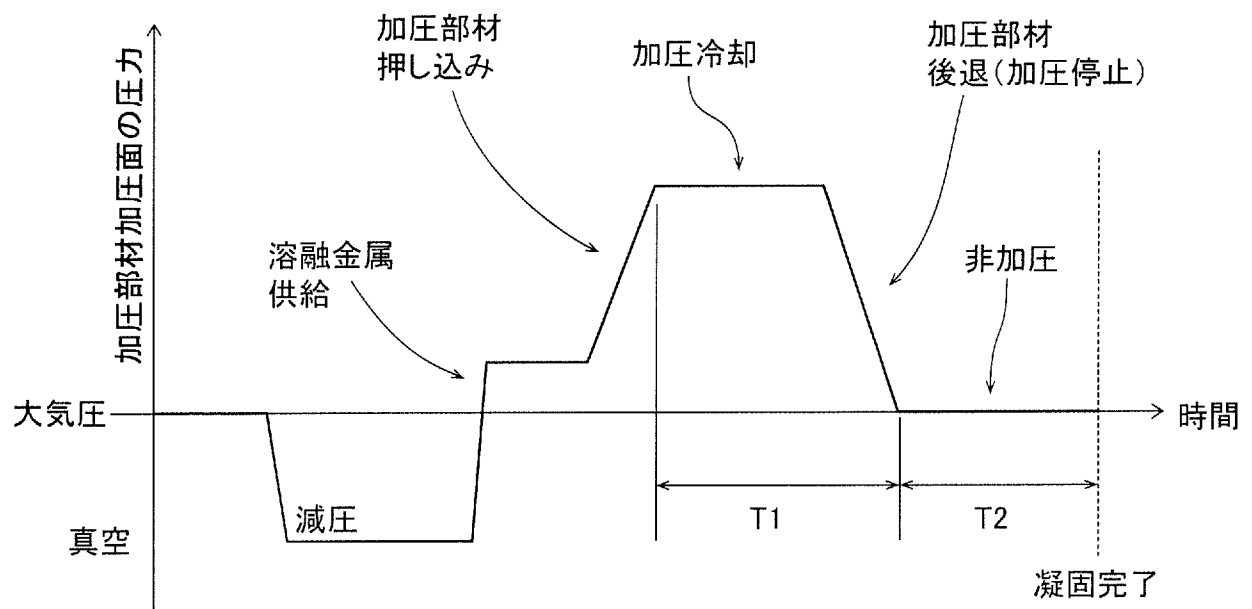
[図5]

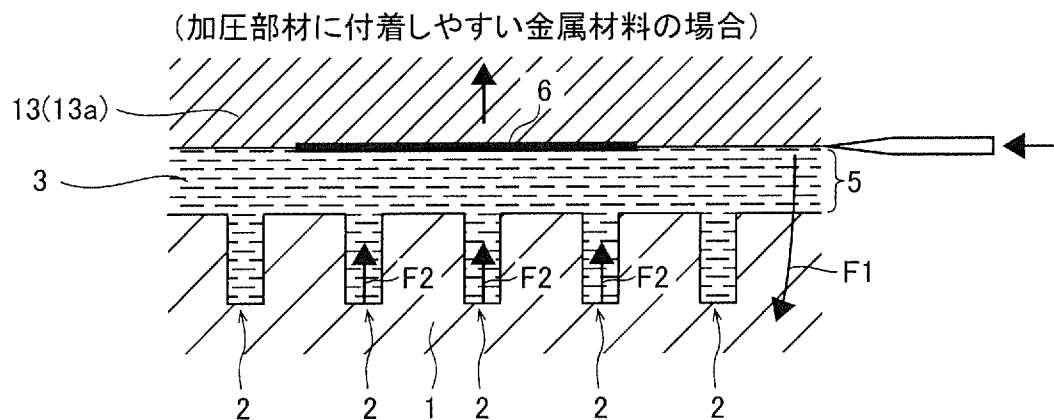


[図6]

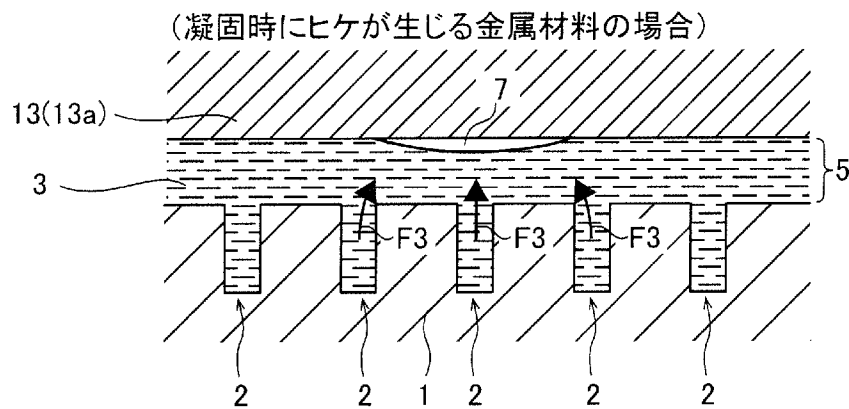


[図7]

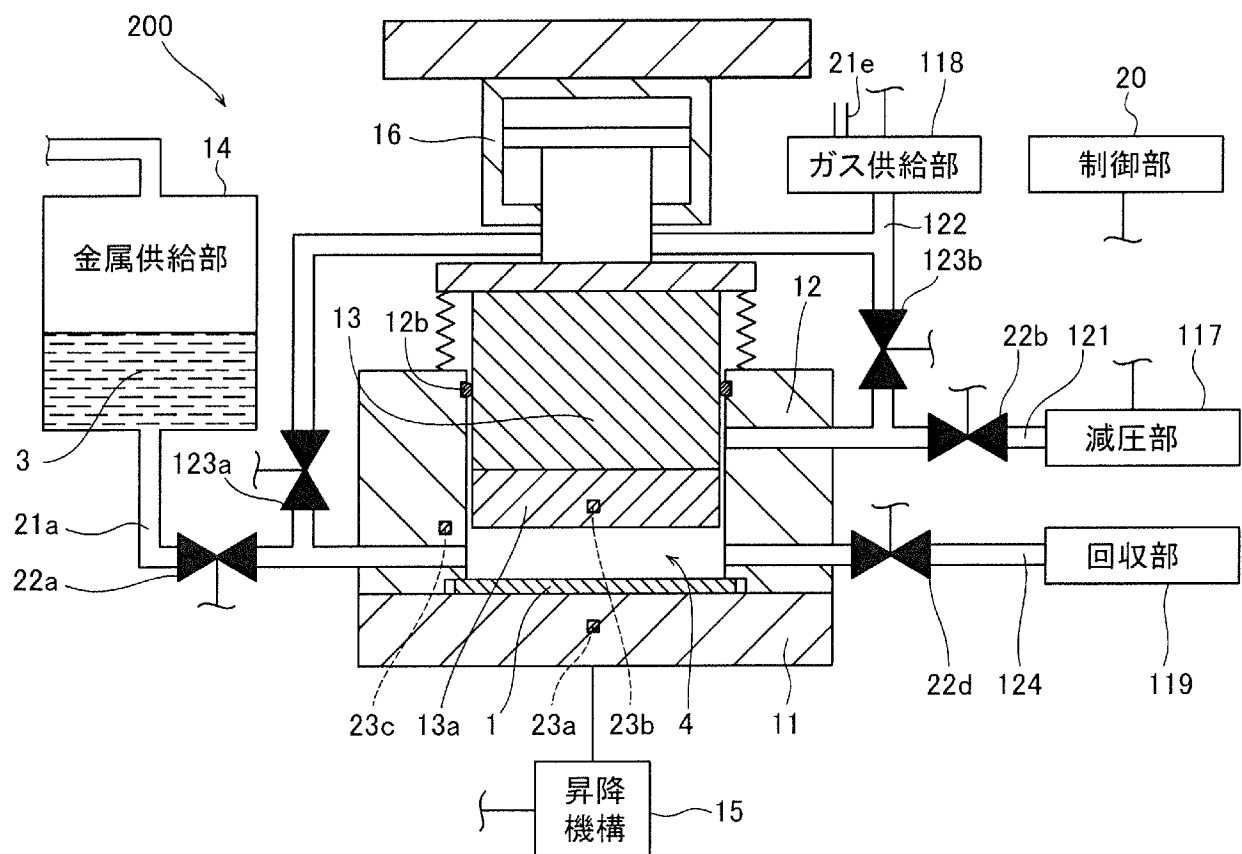




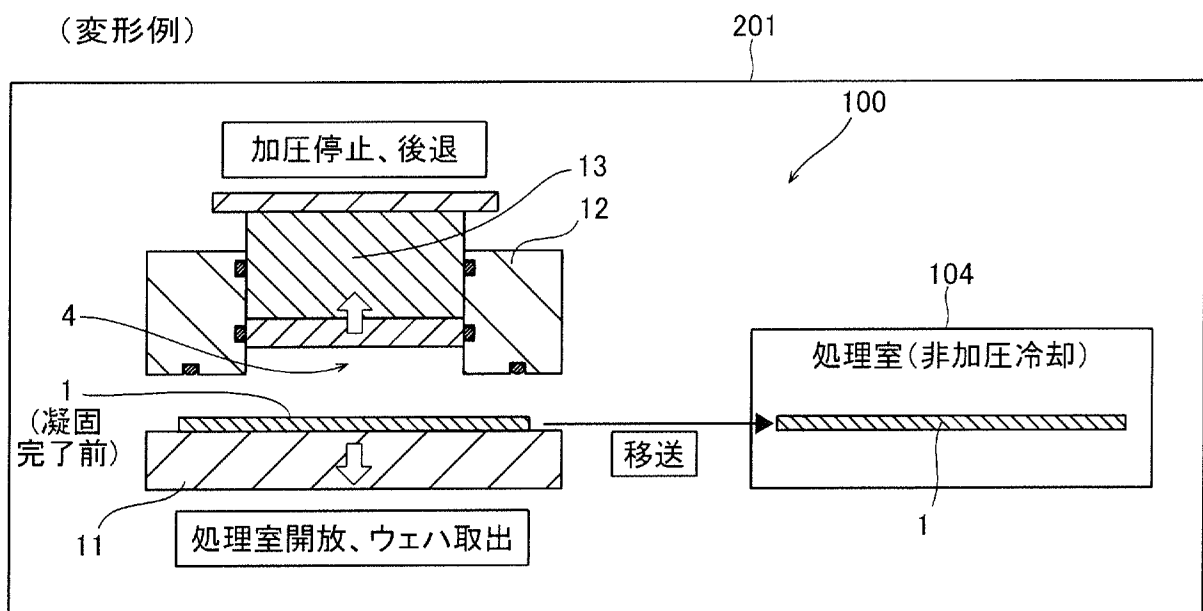
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/072798

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3205(2006.01)i, B22D19/00(2006.01)i, H01L21/768(2006.01)i,
H01L23/522(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)

H01L21/3205, B22D19/00, H01L21/768, H01L23/522

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 2011-228571 A (Napra Co., Ltd.), 10 November 2011 (10.11.2011), paragraphs [0024] to [0050]; fig. 1 to 2 & US 2011/0262762 A1 & EP 2381469 A1 & CN 102237325 A & KR 10-2011-0118093 A & TW 201203460 A	1-3, 6-9 5 4
Y	JP 2002-368083 A (Fujikura Ltd.), 20 December 2002 (20.12.2002), paragraphs [0015] to [0017] (Family: none)	5

☒ 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
29 September 2015 (29.09.15)

Date of mailing of the international search report
13 October 2015 (13.10.15)

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/JP2015/072798

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 2013-115177 A (Napra Co., Ltd.), 10 June 2013 (10.06.2013), entire text; all drawings & US 2013/0136645 A1 & EP 2596884 A1 & CN 103137438 A & KR 10-2013-0059281 A & TW 201331995 A	1-9
A	JP 4278007 B1 (Napra Co., Ltd.), 19 March 2009 (19.03.2009), entire text; all drawings & US 2010/0126688 A1 & EP 2253397 A2 & KR 10-2010-0059654 A & CN 101740425 A & TW 201021122 A & HK 1144615 A	1-9
A	JP 2014-175529 A (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 22 September 2014 (22.09.2014), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	WO 2013/038952 A1 (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.), 21 March 2013 (21.03.2013), entire text; all drawings & JP 2013-75330 A & JP 2013-77806 A & JP 2013-179350 A & US 2014/0246163 A1 & DE 112012003829 T & CN 103765560 A & KR 10-2014-0060514 A & TW 201318091 A	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/3205(2006.01)i, B22D19/00(2006.01)i, H01L21/768(2006.01)i, H01L23/522(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. H01L21/3205, B22D19/00, H01L21/768, H01L23/522

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 2011-228571 A（有限会社ナブラ）2011.11.10, [0024]-[0050],	1-3, 6-9
Y	図 1-2 & US 2011/0262762 A1 & EP 2381469 A1 & CN 102237325 A &	5
A	KR 10-2011-0118093 A & TW 201203460 A	4
Y	JP 2002-368083 A（株式会社フジクラ）2002.12.20, [0015]-[0017] （ファミリーなし）	5

☒ 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

2 9 . 0 9 . 2 0 1 5

国際調査報告の発送日

1 3 . 1 0 . 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）

5 O

9 1 7 3

右田 勝則

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 5 9

C (続き) . 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-115177 A (有限会社ナブラ) 2013.06.10, 全文, 全図 & US 2013/0136645 A1 & EP 2596884 A1 & CN 103137438 A & KR 10-2013-0059281 A & TW 201331995 A	1-9
A	JP 4278007 B1 (有限会社ナブラ) 2009.03.19, 全文, 全図 & US 2010/0126688 A1 & EP 2253397 A2 & KR 10-2010-0059654 A & CN 101740425 A & TW 201021122 A & HK 1144615 A	1-9
A	JP 2014-175529 A (住友精密工業株式会社) 2014.09.22, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-9
A	WO 2013/038952 A1 (住友精密工業株式会社) 2013.03.21, 全文, 全図 & JP 2013-75330 A & JP 2013-77806 A & JP 2013-179350 A & US 2014/0246163 A1 & DE 112012003829 T & CN 103765560 A & KR 10-2014-0060514 A & TW 201318091 A	1-9