

(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4月20日(20.04.2017)



(10) 国際公開番号

WO 2017/065236 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/312 (2006.01) H01L 21/31 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2016/080437
- (22) 国際出願日: 2016年10月13日(13.10.2016)
- (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 2015-203845 2015年10月15日(15.10.2015) 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10号 Hyogo (JP).
- (72) 発明者: 松元 俊二(MATSUMOTO, Shunji); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10号 住友精密工業株式会社内 Hyogo (JP). 滝川 敏二(TAKIGAWA, Toshiji); 〒6600891 兵庫県尼崎市扶桑町1番10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13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, DJ, 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, 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),

[続葉有]

(54) Title: FILLING METHOD AND FILLING APPARATUS

(54) 発明の名称: 充填方法および充填装置

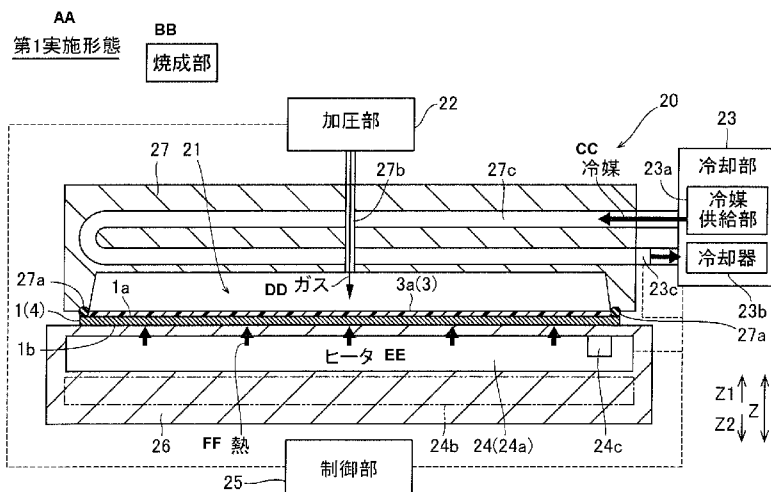


FIG. 4:
22 Pressurization unit
23 Cooling unit
23a Coolant supply unit
23b Cooling device
25 Control unit
AA First embodiment
BB Firing unit
CC Coolant
DD Gas
EE Heater
FF Heat

(57) Abstract: This filling method comprises: a pressurization step for applying a pressure to the surface of a thermosetting resin (3) that is supplied from above a wafer (1) by means of a gas, said surface being exposed within a processing chamber (21); a cooling step for cooling the gas applying a pressure to the thermosetting resin (3); and a heating step for heating a back surface (1b) of the wafer (1), said back surface (1b) being on the reverse side of the surface on which the thermosetting resin (3) is supplied.

(57) 要約: この充填方法は、ウェハ(1)上側から供給された熱硬化性樹脂(3)を、処理室(21)内に露出している表面からガスにより加圧する加圧工程と、熱硬化性樹脂(3)を加圧するガスを冷却する冷却工程と、ウェハ(1)のうち熱硬化性樹脂(3)が供給された面とは反対側の裏面(1b)を加熱する加熱工程とを備える。

WO 2017/065236 A1

WO 2017/065236 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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： 充填方法および充填装置

技術分野

[0001] この発明は、充填方法および充填装置に関し、特に、ウェハの微細空間に熱硬化性樹脂を充填する充填方法および充填装置に関する。また、さらに好適には、この発明は、熱硬化性樹脂を用いた絶縁層形成方法および絶縁層形成装置に関する。

背景技術

[0002] 従来、ウェハの微細空間に熱硬化性樹脂を充填する充填方法が知られている。このようなウェハの微細空間に熱硬化性樹脂を充填する充填方法は、たとえば、特許第5330323号公報に開示されている。

[0003] 特許第5330323号公報には、ウェハに設けられたビア（微細空間）に流動性絶縁物（熱硬化性樹脂）を充填する充填方法が開示されている。この充填方法では、ビア内に熱硬化性樹脂を流し込んだ後、大気圧を超える強制外力を印加した状態で、流動性絶縁物を硬化させる。強制外力には、プレス圧、射出圧、転圧または遠心力の少なくとも1種が選択される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5330323号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 熱硬化性樹脂は、樹脂材料と溶剤とを含んだ混合物となっており、熱硬化性樹脂を硬化させる際には、熱硬化性樹脂を加熱することにより、溶剤の蒸発（蒸散）と、樹脂の架橋反応とを生じさせる。そのため、溶剤の蒸散に伴う体積減少に応じて基板表面側から微細空間内に熱硬化性樹脂を補充しながら、微細空間内のボイド（気泡）または空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上することが求められている。この点に関して、特許第53

30323号公報の充填方法では、大気圧を超える強制外力を印加した状態で熱硬化性樹脂を硬化させることが開示されているものの、微細空間内の充填不良を十分に抑制できず、歩留まりを向上させることが困難であるという問題点がある。

[0006] また、大気圧を超える強制外力の印加方法によっても不都合が生じる。たとえば加圧板を用いたプレス圧によって強制外力を印加する場合、基板表面に供給した樹脂に加圧板を接触させる必要がある。そのため、第1に、加圧板の表面に樹脂が付着するため生産性が低下する、第2に、基板表面側が加圧板により塞がれるため蒸散した溶剤を逃がす空間を確保するのが困難になる、第3に、加圧板への樹脂の付着の影響も加わり、基板表面に供給された樹脂を均一に加圧することが困難になる。これらによっても、微細空間内の充填不良の抑制および歩留まりを向上が困難になる。

[0007] 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、この発明の目的は、微細空間内のボイド（気泡）または空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることが可能な充填方法および充填装置を提供することである。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、この発明による充填方法は、基板に設けられた微細空間に熱硬化性樹脂を充填する充填方法であって、基板上側から供給された熱硬化性樹脂を、処理室内に露出している表面からガスにより加圧する加圧工程と、熱硬化性樹脂を加圧するガスを冷却する冷却工程と、基板のうち熱硬化性樹脂が供給された面の裏面を加熱する加熱工程とを備え、冷却工程と、加熱工程とは、加圧工程の実施中に時間的に重複して実施される。なお、「微細空間」とは、主にエッチング処理によりウェハに形成された100 μ m以下の幅を有する微細な溝や100 μ m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。

[0009] この発明による充填方法では、上記のように、熱硬化性樹脂を加圧するガスを冷却する冷却工程と、基板のうち熱硬化性樹脂が供給された面の裏面を

加熱する加熱工程とを設け、冷却工程と、加熱工程とを、加圧工程の実施中に時間的に重複して実施する。これにより、加圧環境下で、熱硬化性樹脂が露出する表面側を冷却された相対的に低温のガスにより加圧し、微細空間内の底部側（裏面側）を相対的に高温にして底部側から溶剤の蒸散や樹脂の硬化（架橋）を行うことができる。これにより、熱硬化性樹脂が露出する表面側よりも底部側から順に積極的に溶剤を蒸散させて行くことができる。この結果、溶剤の蒸散に伴う底部側の熱硬化性樹脂の体積減少分を、溶剤蒸散が抑制された流動性の高い表面側から効率的に補充できるので、ボイド等の発生を抑制できる。また、低温のガスによる表面側の加圧により、熱硬化性樹脂の表面側が硬化（架橋）されるのを抑制しつつ、底部側の加熱により、底部側から順に熱硬化性樹脂を硬化させて行くことができる。その結果、微細空間内にボイド等が存在しても、圧力によってボイドの大きさを減少させることができるとともに、熱硬化性樹脂が未硬化の表面側にボイドを押し出す作用も期待できる。これらの結果、本発明によれば、微細空間内のボイドまたは空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができる。

[0010] 上記発明による充填方法において、好ましくは、冷却工程において、ガスは、加熱工程の加熱温度よりも低い所定温度に維持するか、または、加熱工程の加熱温度に対して所定の温度差を有するように、冷却される。このように構成すれば、充填される熱硬化性樹脂材料に応じた適切な温度にガスの温度を制御することができる。たとえば、ガスの温度を蒸発温度よりも低い所定温度に維持することで、熱硬化性樹脂の表面側での溶剤の蒸散を抑制しつつ、底部側では溶剤の蒸散および樹脂の硬化を進行させることができる。また、たとえば、底部側の加熱温度よりも所定の温度差分だけ低くなるようにガスの温度を制御すれば、底部側の熱硬化性樹脂の反応（溶剤蒸散や硬化）に対して、温度差分に相当する時間差だけ遅れるように、表面側の熱硬化性樹脂の反応を進行させることができる。このような温度制御を材料に応じて行うことにより、より効果的に充填不良を抑制することができるようになる。

。

[0011] また、上記発明による充填方法において、好ましくは、加熱工程は、基板の裏面を第1温度に加熱して熱硬化性樹脂に含まれる溶剤を蒸発させる第1加熱段階と、基板の裏面を第1温度よりも高い第2温度に加熱して熱硬化性樹脂を架橋させる第2加熱段階とを含み、冷却工程は、少なくとも第1加熱段階と時間的に重複して実施される。このように構成すれば、溶剤を蒸発させる第1加熱段階に際して、熱硬化性樹脂の表面側の冷却を行うことができる。その結果、確実に、底部側からの溶剤の蒸散と、流動性の高い表面側からの樹脂の補充とを行うことができるので、充填不良の発生を効果的に抑制できる。

[0012] また、上記発明による充填方法において、好ましくは、加圧工程に先だって、熱硬化性樹脂が基板上で所定厚みの膜状となるように、基板上および微細空間内に熱硬化性樹脂を供給する供給工程をさらに備え、加圧工程では、膜状の熱硬化性樹脂の前記処理室内に露出する全表面が加圧される。このように構成すれば、膜状の熱硬化性樹脂の全表面を加圧することにより、膜状部分から微細空間内へと、熱硬化性樹脂の蒸散および硬化収縮による体積減少分が補充されるので、ボイドや空隙の発生を低減しつつ、微細空間内での熱硬化性樹脂の体積減少分を効率よく補充することができる。

[0013] この場合、好ましくは、供給工程は、減圧環境で熱硬化性樹脂を基板上に供給した後、減圧環境の圧力よりも高い圧力で微細空間に熱硬化性樹脂を充填する差圧充填を行う。このように構成すれば、差圧充填によってボイドまたは空隙の発生を抑制しながら、微細空間内に効果的に熱硬化性樹脂を充填させることができる。そのため、予めボイドまたは空隙が抑制された状態で、加圧工程、冷却工程および加熱工程を行うことができるので、より効果的に充填不良を抑制することができるようになる。

[0014] この発明による充填装置は、微細空間が設けられた基板を収容可能な処理室と、処理室内にガスを供給して、基板上側から供給された熱硬化性樹脂を、処理室内に露出している表面からガスにより加圧する加圧部と、熱硬化性

樹脂を加圧するガスを冷却する冷却部と、基板のうち熱硬化性樹脂が供給された面の裏面を加熱する加熱部と、ガスの冷却と、基板の加熱とを、加圧部による加圧中に時間的に重複して実施するように、冷却部と加熱部とを制御する制御部とを備える。

[0015] この発明による充填装置では、上記のように、熱硬化性樹脂を加圧するガスを冷却する冷却部と、基板のうち熱硬化性樹脂が供給された面の裏面を加熱する加熱部と、ガスの冷却と、基板の加熱とを、加圧部による加圧中に時間的に重複して実施するように、冷却部と加熱部とを制御する制御部とを設ける。これにより、加圧環境下で、熱硬化性樹脂が露出する表面側を冷却された相対的に低温のガスにより加圧し、微細空間内の底部側（裏面側）を相対的に高温にして底部側から溶剤の蒸散や樹脂の硬化（架橋）を行うことができる。これにより、熱硬化性樹脂が露出する表面側よりも底部側から順に積極的に溶剤を蒸散させて行くことが可能な充填装置が得られる。この結果、底部側の熱硬化性樹脂の体積減少分を、溶剤蒸散が抑制された流動性の高い表面側から効率的に補充できるので、ボイド等の発生を抑制できる。また、低温のガスによる表面側の加圧により、熱硬化性樹脂の表面側が硬化（架橋）されるのを抑制しつつ、底部側の加熱により、底部側から順に硬化させて行くことが可能な充填装置が得られる。その結果、微細空間内にボイド等が存在しても、加圧状態で底部側から順に熱硬化性樹脂を硬化させることができるので、圧力によってボイドの大きさを減少させることができ、熱硬化性樹脂が未硬化の表面側にボイドを押し出す作用も期待できる。これらの結果、本発明によれば、微細空間内のボイドまたは空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができる。

[0016] 上記発明による充填装置において、好ましくは、処理室は、基板の載置台と、載置台上に載置された基板を覆うカバー部とを含み、冷却部は、カバー部を冷却することにより、ガスを冷却するように構成されている。このように構成すれば、たとえば加圧状態のガスを処理室と冷却器との間で循環させて冷却する構成と比較して、カバー部を冷却するだけでガスを冷却すること

ができるので、装置構成の簡素化および装置の小型化を図ることができる。

[0017] この場合、好ましくは、冷却部は、カバー部に設けられた冷媒配管と、冷媒配管に冷媒を供給する冷媒供給部とを含む。このように構成すれば、冷却する熱量が大きい場合でも、冷媒流量や冷媒温度の制御により、容易にカバー部（ガス）の冷却を行うことができる。

[0018] 冷却部が冷媒配管と冷媒供給部とを含む構成において、好ましくは、制御部は、冷媒の温度を計測する温度計測装置の出力に基づいて、冷却部を制御する。このように構成すれば、カバー部（ガス）との熱交換を行う冷媒の温度あるいは温度変化からガスの温度を把握することができるので、ガス温度のフィードバック制御を行うことができる。その結果、ガスの温度の精密な制御が可能となるので、より効果的に、熱硬化性樹脂の充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができるようになる。

[0019] また、上記発明による充填装置において、好ましくは、処理室と冷却部との間でガスを循環させるガス流路をさらに備え、加圧部は、ガス流路内のガスを加圧状態で循環させるように構成され、冷却部は、ガス流路を通して循環するガスを冷却するように構成されている。このように構成すれば、熱硬化性樹脂を加圧するガスをガス流路内で循環させ、循環するガスを冷却部により直接冷却することができる。これにより、ガスの温度を直接的に制御することができるので、ガスの温度制御の応答性を向上させることができる。

[0020] この場合、好ましくは、制御部は、ガス流路におけるガスの処理室からの出口温度または冷却部の入口温度を計測する温度計測装置の出力に基づいて、冷却部を制御する。このように構成すれば、冷却部に流入する際のガスの温度に基づいて、ガス温度のフィードバック制御を行うことができる。その結果、ガスの温度の精密な制御が可能となるので、より効果的に、熱硬化性樹脂の充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができるようになる。

[0021] また、上記発明による充填装置において、好ましくは、制御部は、載置台に載置される基板に対向するように配置された温度計測装置の出力に基づいて、冷却部を制御する。このように構成すれば、基板を加圧するガスの温度

あるいは基板表面の樹脂の温度を基板の表面付近において計測し、計測した温度に基づくフィードバック制御を行うことができる。これにより、熱硬化性樹脂の近傍でのガス温度をより精密に制御できるので、より一層効果的に、熱硬化性樹脂の充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができるようになる。

[0022] また、上記温度計測装置の出力に基づいて冷却部を制御する構成において、好ましくは、温度計測装置を複数備え、制御部は、複数の温度計測装置の出力に応じて冷却部を制御する。このように構成すれば、複数箇所の温度計測装置の出力から温度変化や温度勾配を把握することができるので、ガス温度をより正確に把握することができる。その結果、ガス温度をより一層精密に制御できるようになる。

[0023] また、上記発明による充填装置において、好ましくは、処理室は、基板の載置台と、載置台上に載置された基板を覆うカバー部とを含み、加熱部は、載置台を加熱することにより、基板の裏面を加熱するように構成されている。このように構成すれば、載置台を介して基板の裏面を加熱することができるので、基板の裏面だけを加熱する構成を容易に得ることができる。

[0024] この場合において、好ましくは、加熱部は、載置台に内蔵されたヒータを含む。このように構成すれば、加熱部（ヒータ）を載置台の外部に設ける構成と比較して、装置を小型化することができるとともに、ヒータの熱を効率的に基板（熱硬化性樹脂）に伝達させることができる。

発明の効果

[0025] 本発明によれば、上記のように、微細空間内のボイド（気泡）または空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0026] [図1]本発明の第1～第6実施形態による充填装置を示した模式図である。

[図2]（A）充填前（搬入時）のウェハを示した平面図、（B）（A）の900-900線に沿ったウェハの断面図である。

[図3]本発明の第1実施形態による充填装置の供給部を示した模式図である。

[図4]本発明の第1実施形態による充填装置の焼成部を示した模式図である。

[図5]本発明の第1実施形態による充填方法の加熱工程および冷却工程における温度制御を示した図である。

[図6]本発明の第1実施形態による充填方法の第1部分を説明するための図である。

[図7]本発明の第1実施形態による充填方法の第2部分を説明するための図である。

[図8]本発明の第2実施形態による充填装置の加圧部および冷却部を示した模式図である。

[図9]本発明の第3実施形態による充填装置の加熱部を示した模式図である。

[図10]本発明の第4実施形態による充填装置の加熱部を示した模式図である。

[図11]本発明の第4実施形態による充填装置の載置台の変形例を示した模式図である。

[図12] (A) 本発明の第5実施形態による充填装置の供給部を示した模式図、(B) (A) の910-910線に沿った模式的な水平断面図である、(C) (A) の920-920線に沿った模式的な縦断面図である。

[図13]本発明の第6実施形態による充填装置の供給部を示した模式図である。

発明を実施するための形態

[0027] 以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

[0028] [第1実施形態]

まず、図1～図4を参照して、第1実施形態による充填装置100について説明する。

[0029] (充填装置の構成)

第1実施形態による充填装置100は、ウェハ1 (図2参照) に形成された環状溝などの微細空間2 (図2参照) に、熱硬化性樹脂3 (図6参照) を充填して焼成する装置である。ウェハ1は、特許請求の範囲の「基板」の一

例である。ウェハ1に代えて、ガラス基板101が用いられてもよい。

[0030] 充填装置100は、図1に示すように、供給部10と、焼成部20と、剥離部30と、残さ除去・研磨部40と、洗浄・乾燥部50とをウェハ処理部として備えている。また、充填装置100は、前工程が行われたウェハ1を充填装置100内に搬入し、充填および焼成が行われた後のウェハ1を充填装置100外に搬出する搬入・搬出部60をさらに備えている。また、充填装置100は、ロボットアーム70aによりウェハ1を各々のウェハ処理部および搬入・搬出部60に搬送する搬送部70をさらに備えている。この充填装置100では、搬入・搬出部60により充填装置100内に搬入されたウェハ1が、搬送部70により、供給部10、焼成部20、剥離部30、残さ除去・研磨部40および洗浄・乾燥部50をこの順で搬送される。これにより、ウェハ1の微細空間2に焼成された硬化済み樹脂3b（図6参照）が充填された状態で、ウェハ1の微細空間2の形成面1aが平滑化される。そして、ウェハ1は、搬入・搬出部60により充填装置100外に搬出されて、後工程などが行われる。

[0031] なお、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。また、ウェハ1は、平面的に見てたとえば約200mmの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、図2に示すように、前工程のエッチング処理により複数の微細空間2が形成された状態で、充填装置100（図1参照）内に搬入される。ここで、ウェハ1には、おおよそ100万個の微細空間2が形成されている。なお、微細空間2は、開口2a、内側面2bおよび底部2cを有する環状溝であり、厚み方向に直交する水平方向の幅W1は約100 μ m以下である。また、微細空間2の厚み方向の深さL1は、微細空間2の深さL1と幅W1とのアスペクト比（ $L1/W1$ ）が約2以上約20以下を満たすように、幅W1に応じて決められるのが好ましい。たとえば、微細空間2の幅W1は約2 μ mであり、深さL1は約20 μ mである（アスペクト比（ $L1/W1$ ）＝約10）。

[0032] ウェハ1において、微細空間2の開口2aが形成された側の形成面1a上には、エッチング処理時に設けられた、感光性樹脂などから構成されたマスク4が前工程において除去されずに残存している。なお、マスク4の貫通孔4aと微細空間2とは連通している。マスク4の厚み（マスク4の貫通孔4aの厚み方向の長さ） t_1 は、エッチング処理によって設ける微細空間2の幅 W_1 および深さ L_1 や、微細空間2の開口率によって適宜調整される。なお、マスク4は、NMP（N-メチルピロリジン）、DMSO（ジメチルスルオキシド）とKOH（水酸化カリウム）との混合物、DMSOとMEA（モノメタノールアミン）との混合物、CLAEIANT社製のAZ100REMOVERなどの一般的な剥離剤を用いてウェハ1上から剥離可能である。充填装置100には、マスク4が除去された状態のウェハ1が搬入されてもよい。この場合、充填装置100ではマスク4を剥離する工程が不要となるので、剥離部30を設けなくともよい。

[0033] 〈供給部の構造〉

供給部10は、いわゆる真空スピンコータである。つまり、供給部10は、図3に示すように、外観が円柱状の処理室11と、処理室11内の圧力を低くするための真空ポンプ12と、処理室11内に配置されるウェハ支持部13および材料滴下部14とを含んでいる。処理室11は、開閉可能に構成されているとともに、真空ポンプ12を駆動させることによって、内部空間を約100Pa以上で、かつ、大気圧よりも低い減圧環境下にすることが可能である。

[0034] ウェハ支持部13は、載置されたウェハ1をZ方向（鉛直方向）と直交する水平方向に回転させることが可能である。材料滴下部14は、滴下ノズル14aと、熱硬化性樹脂3が貯留された貯留部14bとを有している。滴下ノズル14aは、ウェハ1の中心部分に熱硬化性樹脂3を滴下する機能を有する。

[0035] なお、熱硬化性樹脂3は、たとえば絶縁性材料として、常温より高くかつ約250℃以下の処理温度で架橋して硬化する樹脂（結合剤）が用いられる

。熱硬化性樹脂 3 としては、フッ素樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、シリコン樹脂、および、エポキシ樹脂がある。具体的には、フッ素樹脂として、旭硝子株式会社製の AL-X2003 や AL-X2010 などの AL-X2000 シリーズが該当する。また、ポリイミド樹脂として、旭化成イーマテリアル株式会社製の PIMEL（登録商標）BM302 や BL301 が該当する。また、フェノール樹脂として、JSR 株式会社製の ELPAC（登録商標）WPR1201 や WPR5100 が該当する。

[0036] 〈焼成部の構造〉

焼成部 20 は、内部の空気清浄度を高い状態で維持可能ないわゆるクリーンオープンである。焼成部 20 は、図 4 に示すように、処理室 21 と、加圧部 22 と、冷却部 23 と、加熱部 24 と、制御部 25 とを含む。

[0037] 処理室 21 は、微細空間 2 が設けられたウェハ 1 を収容可能に構成されている。処理室 21 は、ウェハ 1 の載置台 26 と、載置台 26 上に載置されたウェハ 1 を覆うカバー部 27 とにより形成される内部空間である。載置台 26 およびカバー部 27 は、外観が円柱形状を有し、少なくとも一方が移動可能に構成され、処理室 21 を開閉可能に構成されている。処理室 21 は、閉状態で内部が密閉されるように構成されている。密閉状態は、載置台 26 とカバー部 27 との間を封止することにより構成してもよいし、図 4 に示すように、載置台 26 上のウェハ 1 とカバー部 27 との間を封止することにより構成してもよい。図 4 の例では、カバー部 27 には、リング 27a などのシール部材が設けられ、処理室 21 内を気密状態に維持するように構成されている。載置台 26 およびカバー部 27 は、たとえばステンレス（SUS）などの金属製である。カバー部 27 は、後述するガスを冷却するために熱伝導性の高い金属（アルミまたはアルミ合金など）により形成されてもよい。

[0038] 加圧部 22 は、処理室 21 内にガスを供給して、ウェハ 1 上側から供給された熱硬化性樹脂 3 を、処理室 21 内に露出している表面からガスにより加圧するように構成されている。加圧部 22 は、たとえば加圧器（ポンプ）により構成され、図示しないガス貯留器に接続されている。加圧部 22 は、カ

カバー部 27 に形成されたガス配管 27 b を介して、処理室 21 の内部空間と接続されている。加圧部 22 により処理室 21 内に導入されるガスは、窒素ガスなどの不活性ガスが好ましい。加圧部 22 は、処理室 21 の空間を大気圧より高い高圧環境下にすることが可能である。これにより、供給部 10 によりウェハ 1 上に供給された熱硬化性樹脂 3 のうち、ウェハ 1 から処理室 21 内に露出する全表面を、ガスにより加圧することが可能である。

[0039] 冷却部 23 は、熱硬化性樹脂 3 を加圧するガスを冷却するように構成されている。第 1 実施形態では、冷却部 23 は、カバー部 27 を冷却することにより、ガスを冷却するように構成されている。具体的には、冷却部 23 は、カバー部 27 に設けられた冷媒配管 27 c と、冷媒配管 27 c に冷媒を供給する冷媒供給部 23 a とを含む。冷媒配管 27 c は、処理室 21 の内部空間に沿うようにカバー部 27 内に設けられている。冷媒供給部 23 a は、冷媒配管 27 c の入口に接続されており、冷媒を送出するポンプにより構成されている。冷媒としては、たとえば水やオイルなどの液冷媒を用いることができる。冷却部 23 は、冷媒配管 27 c に冷媒を通過させることでカバー部 27 を冷却し、カバー部 27 が、処理室 21 の内部空間に供給されたガスを冷却する。冷却部 23 は、図 4 のように冷却器 23 b により冷媒を冷却しながら循環させる構成であってもよいし、冷媒を循環させずに冷媒配管 27 c の出口から冷媒を排出する構成であってもよい。

[0040] 加熱部 24 は、ウェハ 1 のうち熱硬化性樹脂 3 が供給された面（形成面 1 a）の裏面 1 b（下面）を加熱するように構成されている。加熱部 24 は、ウェハ 1 のうち少なくとも微細空間 2 の形成領域をカバーする範囲で、ウェハ 1 の裏面 1 b を加熱可能である。第 1 実施形態では、加熱部 24 は、載置台 26 を加熱することにより、ウェハ 1 の裏面 1 b を加熱するように構成されている。具体的には、加熱部 24 は、載置台 26 に内蔵されたヒータ 24 a を含む。ヒータ 24 a としては、たとえば平面状のフィルムヒータや、管状のシーズヒータを用いることができる。ヒータ 24 a は、ウェハ 1 を約 250℃以下の温度に昇温させることが可能である。ヒータ 24 a の処理室 2

１（ウェハ１）とは反対側には、断熱材２４ｂ（二点鎖線）を設けてもよい。この場合、ヒータ２４ａによる加熱を、より効率的に行うことが可能である。

[0041] 制御部２５は、焼成部２０の各部の動作を制御する機能を有する。すなわち、制御部２５は、処理室２１の開閉、加圧部２２によるガスの供給のオンオフおよび圧力制御、冷却部２３による冷却のオンオフおよび冷却温度制御、および、加熱部２４（ヒータ２４ａ）による加熱のオンオフおよび加熱温度制御などを行う。第１実施形態では、制御部２５は、ガスの冷却と、ウェハ１の加熱とを、加圧部２２による加圧中に時間的に重複して実施するように、冷却部２３と加熱部２４とを制御するように構成されている。制御部２５は、充填装置１００の全体の制御を行う制御部であってもよいし、焼成部２０を制御するための専用の制御部であってもよい。

[0042] なお、冷却部２３は、冷媒の温度を計測する温度センサ２３ｃを有する。制御部２５は、温度センサ２３ｃの出力に基づいて、冷却部２３を制御するように構成されている。温度センサ２３ｃは、特許請求の範囲の「温度計測装置」の一例である。図４の構成例では、温度センサ２３ｃが冷媒配管２７ｃの出口部に配置されており、制御部２５は、冷媒配管２７ｃの出口温度に基づいて冷却部２３を制御する。出口部以外の、たとえば冷媒配管２７ｃの入口部などの複数箇所に、複数の温度センサ２３ｃを設けてもよい。その場合、制御部２５は、それぞれの温度センサ２３ｃの出力に応じて冷却部２３を制御する。

[0043] また、加熱部２４は、発熱温度を計測する温度センサ２４ｃを有している。制御部２５は、これらの温度センサ２３ｃおよび２４ｃの計測結果に基づき、ガスの温度（冷媒の出口温度）およびウェハ１の裏面１ｂの加熱温度（ヒータ２４ａの温度）をそれぞれ所望の目標温度に近づけるフィードバック制御を行うように構成されている。なお、図５の焼成工程における温度制御の詳細については、後述する。

[0044] 〈充填装置のその他の構造〉

図 1 に戻って、剥離部 30 では、剥離剤を用いてウェハ 1 上のマスク 4（図 2（B）参照）が除去される。エッチング処理時に設けられたマスク 4 が前工程において除去されている場合（マスク除去済みのウェハ 1 が充填装置 100 に搬入される場合）には、剥離部 30 を設けなくともよい。

[0045] 残さ除去・研磨部 40 では、CMP（化学機械研磨）やポリッシャーなどの機械研磨によってウェハ 1 の形成面 1a（図 2（B）参照）が研磨される。洗浄・乾燥部 50 は、一般的なスピン洗浄機である。洗浄・乾燥部 50 では、ウェハ 1 を回転させながら純水を滴下することによって、ウェハ 1 の形成面 1a 全面が洗浄される。その後、洗浄・乾燥部 50 において、窒素ブローしながらウェハ 1 を高速回転させる事で、ウェハ 1 の形成面 1a がむらなく乾燥される。

[0046]（充填方法の説明）

次に、図 1～図 6 を参照して、第 1 実施形態による充填装置 100 における充填プロセスについて説明する。

[0047] 〈供給部でのプロセスの説明〉

まず、図 6 に示すように、搬入・搬出部 60 により搬入されたウェハ 1 が、搬送部 70 により、供給部 10 の処理室 11 内に搬送される。供給部 10 は、焼成部 20 による処理工程に先だって、熱硬化性樹脂 3 がウェハ 1 上で所定厚みの膜状となるように、ウェハ 1 上および微細空間 2 内に熱硬化性樹脂 3 を供給する供給工程を行う。第 1 実施形態では、供給工程は、減圧環境で熱硬化性樹脂 3 をウェハ 1 上に供給した後、減圧環境の圧力よりも高い圧力で微細空間 2 に熱硬化性樹脂 3 を充填する差圧充填を行う工程である。供給工程は、減圧工程、接触工程および充填工程を含む。

[0048] 供給部 10 において、ウェハ 1 は、形成面 1a が上面（Z1 側の面）になるようにウェハ支持部 13（図 3 参照）の所定の位置に載置される。そして、図 3 に示すように、ウェハ 1 を処理室 11 の内部に収納した状態で、処理室 11 内を気密状態にする。その後、真空ポンプ 12 を用いて、処理室 11 内を減圧環境にする（減圧工程）。これにより、ウェハ 1 の微細空間 2 内も

減圧される。なお、処理室 11 内の減圧環境は、約 100 Pa 以上約 100 k Pa 以下の減圧環境であればよい。約 100 Pa 以上約 100 k Pa 以下の減圧（低圧）は、JIS Z 8126-1 真空技術—用語—に記載された低真空領域に相当する減圧環境である。

[0049] そして、ウェハ 1 を回転させながら、熱硬化性樹脂 3 をマスク 4 上に接触させる。まず、ウェハ支持部 13 によりウェハ 1 を約 500 rpm 以下で低速回転させながら、材料滴下部 14 により、ウェハ 1 の形成面 1a 側（Z1 側）から熱硬化性樹脂 3 をマスク 4 上に滴下する。低速回転に伴って熱硬化性樹脂 3 がウェハ 1 上で円形状に拡げられる。そして、ウェハ 1 の低速回転を一時停止した後、次にウェハ 1 を約 500 rpm 以上約 4500 rpm 以下で高速回転させる。高速回転により、熱硬化性樹脂 3 がウェハ 1 上で、回転速度に応じた所定の膜厚で均一な膜状に塗布される。これにより、図 6 に示すように、ウェハ 1 の表面（微細空間 2 の内側面 2b）に熱硬化性樹脂 3 がスピコートにより塗布されて接触する（接触工程）。

[0050] ここで、スピコートによりマスク 4 上に塗布された熱硬化性樹脂 3 の厚み（熱硬化性樹脂 3 のウェハ 1 とは反対側の液面 3a からマスク 4 の上面 4b までの厚み方向の距離） t_2 は、微細空間 2 の深さ L_1 およびマスク 4 の厚み t_1 によって決められる。マスク 4 が除去済みの場合、厚み t_2 は微細空間 2 の深さに応じて設定すればよく、たとえば、微細空間 2 の深さ L_1 の約 50% 以上約 2 倍以下が好ましい。

[0051] 第 1 実施形態では、ウェハ 1 の表面に熱硬化性樹脂 3 が塗布された後に、減圧された処理室 11 内を大気圧に開放する。これにより、熱硬化性樹脂 3 のウェハ 1 と反対側の液面 3a の全面が下方に加圧されるような力（図 6 参照）が働く。これにより、ウェハ 1 の全体のおおよそ 100 万個の微細空間 2 の各々に、熱硬化性樹脂 3 が充填される（充填工程）。なお、ウェハ 1 上のマスク 4 の貫通孔 4a 内にも熱硬化性樹脂 3 は充填される。供給部 10 において、処理室 11 内を減圧環境から大気圧に戻さずに、処理室 11 内を減圧環境から当該減圧環境よりも高い圧力で、かつ、大気圧よりも低い所定の

圧力に戻すことによって、差圧充填を行ってもよい。

[0052] 〈焼成部でのプロセスの説明〉

その後、ウェハ1は、搬送部70により、大気圧に開放した処理室11内から、焼成部20に移送される。図4に示すように、焼成部20は、概略で、ウェハ1上に供給された熱硬化性樹脂3の処理室21内に露出する全表面をガスにより加圧する加圧工程と、熱硬化性樹脂3を加圧するガスを冷却する冷却工程と、ウェハ1の裏面1bを加熱する加熱工程とを行う。これらの工程に先立って、まず、ウェハ1は、焼成部20の処理室21内で載置台26上に載置される。そして、ウェハ1を処理室21内に収納した状態で、処理室21内を気密状態にする。

[0053] 加圧工程では、加圧部22が、処理室21内にガスを導入し、処理室21内を大気圧より大きく約0.5MPa以下の高圧環境にする。これにより、加圧工程では、膜状の熱硬化性樹脂3の処理室21内に露出する全表面が加圧される。

[0054] 冷却工程では、冷却部23が、処理室21内で熱硬化性樹脂3を加圧するガスを冷却する。つまり、冷却部23の冷媒供給部23aから冷媒配管27cに冷媒を供給してカバー部27を冷却し、カバー部27を介してガスを冷却する。冷却工程において、ガスは、加熱工程の加熱温度よりも低い所定温度に維持するか、または、加熱工程の加熱温度に対して所定の温度差を有するように、冷却される。

[0055] 加熱工程では、加熱部24が、熱硬化性樹脂3をウェハ1の裏面1b側（微細空間2の底部2c側）から加熱する。加熱工程では、加熱部24は、ヒータ24aの温度を常温から処理温度まで段階的に上昇させるとともに、各々の段階において処理時間を制御することによって、ウェハ1の全体にわたって熱硬化性樹脂3を焼成する。加熱工程は、図5に示すように、第1加熱段階として、ウェハ1の裏面1bを第1温度 T_{b1} 、 T_{b2} に加熱して熱硬化性樹脂3に含まれる溶剤を蒸発させる1次ベークおよび2次ベークの各段階を含む。また、加熱工程は、第2加熱段階として、ウェハ1の裏面1bを

第1温度（ T_{b1} 、 T_{b2} ）よりも高い第2温度（ T_c ）に加熱して熱硬化性樹脂3を架橋させるキュアの段階を含む。

[0056] 第1実施形態において、冷却工程と、加熱工程とは、加圧工程の実施中に時間的に重複して実施される。冷却工程と、加熱工程とは、実施期間が完全に一致していてもよいし、実施期間が一部重複するだけで時間的に前後する部分があってもよい。冷却工程は、少なくとも第1加熱段階（1次ベークおよび2次ベークの一方または両方）と時間的に重複して実施されることが好ましい。ただし、冷却工程が第2加熱段階とのみ重複することを除外するものではない。また、冷却工程が第1加熱段階および第2加熱段階の両方と重複してもよい。

[0057] また、冷却工程および加熱工程の各実施期間は、加圧工程の実施期間と重複していない部分を有していてもよい。たとえば、冷却工程および加熱工程の開始後に、加圧工程を後から開始してもよい。通常、ガスの冷却やヒータ24aの加熱で各温度を目標温度（処理温度）に到達させるのに要する時間は、処理室21内のガス圧力を目標圧力に昇圧するのに要する時間よりも長い。そのため、加圧工程を後から開始しても、冷却工程および加熱工程がそれぞれ目標温度（処理温度）に達すまでにガス圧力を目標圧力することが可能である。そのため、加圧工程、冷却工程および加熱工程の開始タイミングおよび終了タイミングは、互いに前後してもよいし、同時であってもよい。

[0058] 〈温度制御例〉

ここで、具体的な温度制御の例を、図5を用いて説明する。図5では、加圧工程が図5の全期間にわたって行われる例を示している。冷却工程の例として、冷却工程Aと冷却工程Bの2パターンを説明する。なお、図5におけるガス温度は、冷媒の出口温度に基づいて求められる。

[0059] 〈加熱工程〉

まず、ヒータ温度（実線参照）を、1分当たり約 10°C の一定の昇温速度で、常温から約 100°C まで昇温させる。そして、ウェハ1の裏面1bを約 100°C で約5分維持する（1次ベーク）。これらの1次ベークでは、主に

、熱硬化性樹脂 3 の形状が安定するような余分な溶剤の除去が行われる。その後、ウェハ 1 の裏面 1 b の温度を、1 分当たり約 10℃の一定の昇温速度で、約 100℃から約 180℃まで昇温させる。そして、ウェハ 1 の裏面 1 b を約 180℃で約 5 分維持する（2 次ベーク）。これらの 2 次ベークでは、熱硬化性樹脂 3 の樹脂材料が均一に分散した状態で、溶剤が完全に除去される。この例では、1 次ベークの第 1 温度 T_{b1} が約 100℃で、2 次ベークの第 1 温度 T_{b2} が約 180℃になる。

[0060] その後、ウェハ 1 の裏面 1 b の温度を、1 分当たり約 10℃の昇温速度で、約 180℃から約 250℃（処理温度）まで昇温させる。そして、ウェハ 1 の裏面 1 b を約 250℃で約 30 分以上約 1 時間以下の処理時間維持することによって、焼成（キュア）が行われる。この例では、キュアの第 2 温度 T_c が約 250℃である。このキュアでは、架橋反応により熱硬化性樹脂 3 が硬化することによって、熱硬化性樹脂 3 は焼成された硬化済み樹脂 3 b（図 6（C）参照）となる。

[0061] 〈冷却工程 A〉

冷却工程 A（二点鎖線参照）では、1 次ベークにおいて、ヒータ温度の昇温速度よりもガス温度の昇温速度（傾き）が緩やかとなるように、常温から約 100℃まで昇温させ、その後、100℃で維持する（冷却を一時停止する）。ガス温度は、ヒータ温度よりも遅れて、100℃に達する。次に、2 次ベークにおいて、ガス温度が所定温度（目標温度 T_t ）に維持されるように、冷却制御が行われる。そのため、ガス温度は、温度 T_t に達した後、略一定に維持される。冷却工程 A では、キュアにおけるヒータ温度の昇温（約 250℃までの 7 分間）の間も、ガス温度が所定温度（目標温度 T_t ）に維持される。ヒータ温度が処理温度（約 250℃）に達した後は、冷却を停止する。そのため、冷却停止後は、ガス温度が処理温度まで自然に上昇して行く。このように、冷却工程 A は、加熱工程の加熱温度よりも低い所定温度 T_t にガスの温度を維持するような冷却制御が行われる例である。

[0062] 〈冷却工程 B〉

冷却工程 B（破鎖線参照）では、1 次ベークのガス温度制御は冷却工程 A と同様である。次に、2 次ベーク以降、ガス温度がヒータ温度に対して所定の温度差 E_t を有するように制御される。従って、ヒータ温度の 180°C への昇温中および 180°C に到達後にも、ガス温度は $(\text{ヒータ温度} - E_t)^{\circ}\text{C}$ に制御される。キュアにおいても、同様に、ガス温度は $(\text{ヒータ温度} - E_t)^{\circ}\text{C}$ に制御される。冷却工程 B でも、ヒータ温度が処理温度（約 250°C ）に達した後は、冷却を停止する。そのため、冷却停止後は、ガス温度が処理温度まで自然に上昇する。

[0063] これらの加圧工程、加熱工程および冷却工程によって、図 6（A）のように、載置台 26 への載置時には微細空間 2 内にボイドまたは空隙からなる非充填空間 2d が僅かに残留していたとしても、図 6（B）の第 1（第 2）ベークの段階では、底部側からの加熱と、上面側の全面の加圧とによって、非充填空間 2d が小さく圧縮される。また、非充填空間 2d の位置や形状等によっては、蒸散する溶剤とともに外部に押し出される。さらに、溶剤の蒸散は底部側から進み、上面側の熱硬化性樹脂 3 はガスによって冷やされ流動性が高いままとなっているため、底部側の体積減少に応じて上面側からスムーズに樹脂が補充される。これらの結果、非充填空間 2d や溶剤の残留が抑制され、図 6（C）に示すように、キュアの段階の後では、充填不良を抑制した状態で熱硬化性樹脂 3 が硬化済み樹脂 3b となって微細空間 2 内に形成される。

[0064] なお、第 1 実施形態では、微細空間 2 だけでなく、ウェハ 1 上のマスク 4 の貫通孔 4a 内にも熱硬化性樹脂 3 が充填されている。これにより、溶剤の蒸散による微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の体積減少分を、マスク 4 の上面 4b 上の膜状の熱硬化性樹脂 3 だけでなく、マスク 4 の貫通孔 4a に充填された熱硬化性樹脂 3 から補充できる。ここで、マスク 4 の貫通孔 4a の厚み方向の長さ t_1 と熱硬化性樹脂 3 の厚み t_2 との合計が微細空間 2 の深さ L_1 の約 1 倍以上約 2 倍以下であることによって、十分な量の熱硬化性樹脂 3 を微細空間 2 に補充可能である。マスク 4 が除去済みの場合には、ウェハ 1

上の熱硬化性樹脂 3 の厚み（膜厚） t_2 を制御することによって、十分な量の熱硬化性樹脂 3 を微細空間 2 に補充可能である。

[0065] なお、加熱工程における温度および処理時間（焼成条件）は、熱硬化性樹脂 3 の材質（含有成分）に合わせて適宜異なる焼成条件に調整することが可能である。たとえば、加熱工程における処理温度（第 2 温度 T_c ）は、熱硬化性樹脂 3 の性質などに基づいて、約 250°C 以下の温度に設定してもよいし、処理時間も同様に調整してもよい。たとえば、熱硬化性樹脂である BM 302 や BL 301 は約 180°C で架橋硬化が進行するので、約 180°C を処理温度に設定してもよい。この場合、処理温度が低いため、1 次ベークおよび 2 次ベークのいずれか一方または両方において、温度を一定に維持する期間を設けずに、昇温を連続的に続けてもよい（第 1 温度 T_{b1} および T_{b2} を連続的に変化させてもよい）。冷却工程におけるガス温度および冷却時間も、熱硬化性樹脂 3 の性質などに基づいて適宜設定するのが好ましい。

[0066] また、第 1 加熱段階において、溶剤が完全に除去されていなくてもよいが、第 2 加熱段階で溶剤が残っていると、ボイドが発生しやすい。そのため、ボイドの発生を抑制するために、第 1 加熱段階において溶剤を蒸発させるにあたり、第 2 加熱段階に達するまでに熱硬化性樹脂 3 に含まれる溶剤は完全に蒸発させることが好ましい。溶剤を確実に蒸発させるには、第 1 加熱段階から第 2 加熱段階に至る前段階（架橋が開始する温度未満）において所定時間保持する。その結果、熱硬化性樹脂 3 の溶剤を完全に蒸発させることができる。すなわち、熱硬化性樹脂 3 の溶剤が蒸散するまでの所定時間の間、2 次ベークを継続する。所定時間は、たとえば、1 次ベークの継続時間よりも長くしてよい。2 次ベークを継続する所定時間は、充填する熱硬化性樹脂 3 の種類や微細空間 2 の体積（熱硬化性樹脂 3 の充填量）等を考慮して、計算により、または実験的に求めて設定することができる。蒸発のばらつきを抑制するため、ガス温度を 2 次ベークの第 1 温度 T_{b2} の一定に維持した状態で、所定時間保持してもよい。

[0067] たとえば、熱硬化性樹脂 3 がフッ素樹脂であれば、1 次ベークの第 1 温度

T b 1 が 90℃、キュアの第2温度 T c が 190℃の場合、180℃以上で熱硬化性樹脂 3 の架橋が始まる。したがって、2次ベークの第1温度 T b 2 を、1次ベーク終了後の90℃から、架橋が始まる前の170℃の間の温度に設定し、所定時間の間十分に温度保持することによって蒸散処理（2次ベーク）を行う。これにより、溶剤を完全に蒸発させることができる。

[0068] また、熱硬化性樹脂 3 の別の例として、ポリベンゾオキサゾール（PBO）樹脂を用いる場合を考える。ポリベンゾオキサゾール（PBO）は、縮合反応で固化するため、厳密に縮合が何℃から始まるかは不明瞭ながら、温度が高いほど蒸散時間は短くなる。したがって、1次ベークの第1温度 T b 1 が 120℃、キュアの第2温度 T c が 230℃の場合、2次ベークの第1温度 T b 2 を、1次ベークの第1温度 T b 1 からキュアの第2温度 T c の間の温度、たとえば170℃前後に設定し、所定時間の間十分に温度保持することで、溶剤を完全に蒸発させることができる。

[0069] なお、焼成部 20 における加圧工程は、場合によっては大気圧または大気圧よりも低い圧力で加圧してもよい。すなわち、充填装置 100 の内部が基本的に大気圧よりも低圧の減圧状態となるように構成されている場合などには、大気圧または大気圧よりも低い圧力でも加圧状態にすることができる。また、加圧工程による圧力値は、一定に維持する以外にも、時間経過とともに低下（または上昇）させたり、加圧停止期間を含むように断続的に加圧を行ったり、圧力を周期的に変動させたりしてもよい。

[0070] 〈焼成部以降のプロセスの説明〉

処理室 21 内を大気圧に開放した後、搬送部 70 により、ウェハ 1 が焼成部 20 から剥離部 30 に搬送される。そして、図 7 に示すように、剥離部 30 において剥離剤を用いてウェハ 1 上のマスク 4 が除去される（剥離工程）。その際、マスク 4 とともに、マスク 4 上の焼成された硬化済み樹脂 3 b も合わせて除去される。その後、残さ除去・研磨部 40 に搬送されてウェハ 1 の形成面 1 a が研磨される（残さ除去・研磨工程）。これにより、微細空間 2 からはみ出して焼成された硬化済み樹脂 3 b が除去されて、形成面 1 a が

平滑化される。そして、洗浄・乾燥部 50 に搬送されてウェハ 1 が洗浄および乾燥される（洗浄・乾燥工程）。最後に、ウェハ 1 は、搬入・搬出部 60 により搬出される。

[0071] （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。

[0072] 第 1 実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂 3 を加圧するガスを冷却する冷却工程と、ウェハ 1 の裏面 1 b を加熱する加熱工程とを設け、冷却工程と、加熱工程とを、加圧工程の実施中に時間的に重複して実施する。これにより、加圧環境下で、熱硬化性樹脂 3 が露出する表面（液面 3 a）側を冷却された相対的に低温のガスにより加圧し、微細空間 2 内の底部 2 c 側（裏面 1 b 側）を相対的に高温にして底部 2 c 側から溶剤の蒸散や樹脂の硬化（架橋）を行うことができる。これにより、熱硬化性樹脂 3 が露出する表面側よりも底部 2 c 側から順に積極的に溶剤を蒸散させて行くことができる。この結果、溶剤の蒸散に伴う底部 2 c 側の熱硬化性樹脂 3 の体積減少分を、溶剤の蒸散が抑制された流動性の高い液面 3 a 側から効率的に補充できるので、非充填空間 2 d の発生を抑制できる。また、低温のガスによる表面（液面 3 a）側の加圧により、熱硬化性樹脂 3 の液面 3 a 側が硬化（架橋）されるのを抑制しつつ、底部 2 c 側の加熱により、底部 2 c 側から順に硬化させて行くことができる。その結果、微細空間 2 内に非充填空間 2 d が存在しても、圧力によって非充填空間 2 d の大きさを減少させることができるとともに、熱硬化性樹脂 3 が未硬化の液面 3 a 側にボイド（非充填空間 2 d）を押し出す作用も期待できる。これらの結果、本実施形態の充填方法によれば、微細空間 2 内のボイドまたは空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができる。

[0073] また、第 1 実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂 3 を加圧するガスを冷却する冷却部 23 と、ウェハ 1 のうち熱硬化性樹脂 3 が供給された面の裏面 1 b を加熱する加熱部 24 と、ガスの冷却と、ウェハ 1 の加熱とを、加圧部 22 による加圧中に時間的に重複して実施するように、冷却部 23 と加

熱部 2 4 とを制御する制御部 2 5 とを設ける。これにより、加圧環境下で、熱硬化性樹脂 3 が露出する表面側を相対的に低温のガスにより加圧し、微細空間 2 内の底部 2 c 側（裏面 1 b 側）を相対的に高温にして底部 2 c 側から溶剤の蒸散や樹脂の硬化を行う充填方法を実施可能な充填装置 1 0 0 を得ることができる。

[0074] また、第 1 実施形態では、上記のように、冷却工程において、ガスを、加熱工程の加熱温度よりも低い所定温度（温度 T_t ）に維持するか、または、加熱工程の加熱温度に対して所定の温度差 E を有するように、冷却する。これにより、充填される熱硬化性樹脂 3 材料に応じた適切な温度にガスの温度を制御することができる。たとえば、ガスの温度を蒸発温度よりも低い所定温度に維持することで、熱硬化性樹脂 3 の液面 3 a 側での溶剤の蒸散を抑制しつつ、底部 2 c 側では溶剤の蒸散および樹脂の硬化を進行させることができる。また、たとえば、底部 2 c 側の加熱温度よりも所定の温度差分だけ低くなるようにガスの温度を制御すれば、底部 2 c 側の熱硬化性樹脂 3 の反応（溶剤蒸散や硬化）に対して、温度差分に相当する時間差だけ遅れるように、液面 3 a 側の熱硬化性樹脂 3 の反応を進行させることができる。このような温度制御を材料に応じて行うことにより、より効果的に充填不良を抑制することができるようになる。

[0075] なお、冷却工程において、ガス温度を、加熱工程の加熱温度に対応させるように制御（所定温度 T_t に維持するか、または、温度差 E を維持するように制御）する構成に代えて、冷却工程においてガス温度を制御せずに冷却し続ける構成としてもよい。

[0076] ただし、ガス温度を制御しない場合、たとえば冷却熱量を大きく設定しすぎると、ウェハ 1 の裏面 1 b の温度上昇に影響を与える場合がある。すなわち、図 5 の加熱工程におけるヒータ温度の傾きが過大な冷却によって緩やかになり、処理時間が全体として長くなる結果、処理効率が低下する。そのため、冷却工程において、ガス温度を、加熱工程の加熱温度に対応させるように制御（所定温度 T_t に維持するか、または、温度差 E を維持するように制

御)する構成は、加熱工程での昇温時間の制御と、溶剤の蒸散および樹脂の硬化の制御とを最適化できるようになる点からも効果的である。

[0077] また、第1実施形態では、上記のように、加熱工程に、ウェハ1の裏面1bを第1温度(T_{b1} 、 T_{b2})に加熱して熱硬化性樹脂3に含まれる溶剤を蒸発させる第1加熱段階(1次ベークおよび2次ベーク)と、ウェハ1の裏面1bを第1温度(T_{b1} 、 T_{b2})よりも高い第2温度 T_c に加熱して熱硬化性樹脂3を架橋させる第2加熱段階(キュア)とを設ける。そして、冷却工程を、少なくとも第1加熱段階(1次ベークおよび2次ベーク)と時間的に重複して実施する。これにより、溶剤を蒸発させる第1加熱段階に際して、熱硬化性樹脂3の液面3a側の冷却を行うことができる。その結果、確実に、底部2c側からの溶剤の蒸散と、流動性の高い液面3a側からの樹脂の補充とができるので、充填不良の発生を効果的に抑制できる。

[0078] また、第1実施形態では、上記のように、加圧工程に先だって、熱硬化性樹脂3がウェハ1上で所定厚み t_2 の膜状となるように、ウェハ1上および微細空間2内に熱硬化性樹脂3を供給する供給工程を設ける。そして、加圧工程では、膜状の熱硬化性樹脂3の処理室21内に露出する全表面(液面3aの全面)を加圧する。これにより、膜状の熱硬化性樹脂3の全表面を加圧することにより、膜状部分から微細空間2内へと、熱硬化性樹脂3の蒸散および硬化収縮による体積減少分が補充されるので、ボイドや空隙の発生を低減しつつ、微細空間2内での熱硬化性樹脂3の体積減少分を効率よく補充することができる。

[0079] また、第1実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂3を供給する供給工程を、減圧環境で熱硬化性樹脂3をウェハ1上に供給した後、減圧環境の圧力よりも高い圧力で微細空間2に熱硬化性樹脂3を充填する差圧充填により実施する。これにより、ボイドまたは空隙の発生を抑制しながら、微細空間2内に効果的に熱硬化性樹脂3を充填させることができる。そのため、予めボイドまたは空隙が抑制された状態で、加圧工程、冷却工程および加熱工程を行うことができるので、より効果的に充填不良を抑制することができる。

ようになる。

[0080] また、第1実施形態では、上記のように、処理室21を構成するカバー部27を冷却することにより、ガスを冷却するように、冷却部23を構成する。これにより、たとえば加圧状態のガスを処理室21と冷却器との間で循環させて冷却する構成と比較して、カバー部27を冷却するだけでガスを冷却することができるので、装置構成の簡素化および充填装置100の小型化を図ることができる。

[0081] また、第1実施形態では、上記のように、カバー部27に設けられた冷媒配管27cと、冷媒配管27cに冷媒を供給する冷媒供給部23aとを含む冷却部23を設ける。これにより、冷却する熱量が大きい場合でも、冷媒流量や冷媒温度の制御により、容易にカバー部27（ガス）の冷却を行うことができる。

[0082] また、第1実施形態では、上記のように、冷媒の温度を計測する温度センサ23cの出力に基づいて冷却部23を制御するように、制御部25を構成する。これにより、カバー部27（ガス）との熱交換を行う冷媒の温度あるいは温度変化からガスの温度を把握することができるので、ガス温度のフィードバック制御を行うことができる。その結果、ガスの温度の精密な制御が可能となるので、より効果的に、熱硬化性樹脂3の充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができるようになる。

[0083] また、第1実施形態では、上記のように、加熱部24を、載置台26を加熱することにより、ウェハ1の裏面1bを加熱するように構成する。これにより、載置台26を介してウェハ1の裏面1bを加熱することができるので、ウェハ1の裏面1bだけを加熱する構成を容易に得ることができる。

[0084] また、第1実施形態では、上記のように、載置台26に内蔵されたヒータ24aを含む加熱部24を設ける。これにより、加熱部24（ヒータ24a）を載置台26の外部に設ける構成と比較して、装置を小型化することができるとともに、ヒータ24aの熱を効率的にウェハ1（熱硬化性樹脂3）に伝達させることができる。

[0085] [第2実施形態]

次に、図1および図8を参照して、第2実施形態による充填装置200（図1参照）について説明する。この充填装置200では、カバー部27を冷却する冷却部23を設けた上記第1実施形態とは異なり、ガスを冷却する冷却部120を設けた例について説明する。なお、冷却部120以外の構成は上記第1実施形態と同様であるので、同一の符号を付すとともに説明を省略する。

[0086] 第2実施形態による充填装置200では、図8に示すように、冷却部120は、処理室21に供給されるガス自体を冷却するように構成されている。具体的には、冷却部120は、加圧部22とともに、処理室21と連通した閉ループ（循環経路）のガス流路110上に設置されている。ガス流路110は、処理室21と冷却部120との間でガスを循環させるように構成されている。具体的には、ガス流路110は、カバー部27に設けられた循環用の一对のガス配管111および112を含み、ガスを、加圧部22からガス配管111、処理室21、ガス配管112および冷却部120を経て、加圧部22に戻るよう流通させることが可能に構成されている。

[0087] 冷却部120は、ガス流路110を通して循環するガスを冷却するように構成されている。すなわち、冷却部120は、ガス流路110を介して処理室21から戻るガスを冷却する冷却器として構成されている。ガスの冷却は、たとえば上記第1実施形態のように水冷式であってもよいし、冷媒を用いた冷凍サイクルなどによってガスを冷却してもよい。冷却されたガスが、加圧部22に送られる。加圧部22は、ガス流路110内のガスを加圧状態で循環させるように構成されている。具体的には、加圧部22は、上記第1実施形態と同様に、たとえば加圧器（ポンプ）によって構成され、処理室21を含むガス流路110全体を大気圧より高い高圧環境下に維持したまま、ガスを循環させるように構成されている。

[0088] このように、第2実施形態では、冷却工程において、熱硬化性樹脂3を加圧するガスを閉ループのガス流路110内で循環させ、冷却部120を通過

させることにより、ガスを直接冷却する。

[0089] 第2実施形態では、たとえば、温度センサ23cは、ガス配管112におけるガスの出口温度（処理室21の出口温度）または冷却部120の入口温度を計測するように配置され、制御部25は、温度センサ23cの出力に基づいて冷却部120を制御する。すなわち、制御部25は、ガス流路110におけるガスの処理室21からの出口温度または冷却部120の入口温度に基づいて、冷却部120を制御する。

[0090] また、第2実施形態では、温度センサ23dが、載置台26に載置されるウェハ1に対向するように処理室21内に配置されてもよい。温度センサ23dは、特許請求の範囲の「温度計測装置」の一例である。この場合、制御部25は、温度センサ23dの出力に基づいて冷却部120を制御する。温度センサ23dは、接触型の熱電対や、非接触型の温度計（たとえば赤外線放射温度計）などにより構成される。熱電対により温度センサ23dを構成する場合、温度センサ23dは、ウェハ1の表面（熱硬化性樹脂3の液面3a）近傍のガス温度を直接計測する。非接触型の温度計により温度センサ23dを構成する場合、温度センサ23dは、ウェハ1の表面に供給された熱硬化性樹脂3（液面3a）の温度を計測する。これにより、制御部25は、処理室21内のウェハ1の近傍におけるガス温度または熱硬化性樹脂3の表面温度に基づいて、冷却部120を制御する。非接触型の温度計により熱硬化性樹脂3の表面温度を取得する構成は、温度調節対象の温度を直接的に取得できるので、最も正確な温度制御が可能となるため好ましい。

[0091] なお、図4に示した第1実施形態の構成に、温度センサ23dを用いた制御を適用してもよい。また、たとえば温度センサ23dについて図示したように、温度センサ23dを複数設けてもよい。この場合、制御部25は、複数の温度センサ23dの出力に応じて冷却部120を制御する。

[0092] 図8では、温度センサ23cおよび温度センサ23dの両方を図示しているが、温度センサ23cおよび温度センサ23dのいずれか一方のみを設けるだけでもよい。制御部25は、温度センサ23cおよび温度センサ23d

のいずれかの出力または両方の出力に基づいて冷却部 120 を制御してよい。

[0093] (第2実施形態の効果)

第2実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0094] 第2実施形態では、上記第1実施形態と同様に、加圧環境下で、熱硬化性樹脂3が露出する液面3a側を相対的に低温のガスにより加圧し、微細空間2内の底部2c側（裏面1b側）を相対的に高温にして底部2c側から溶剤の蒸散や樹脂の硬化を行うことができるので、微細空間2内のボイドまたは空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができる。

[0095] また、第2実施形態では、上記のように、加圧部22を、ガス流路110内のガスを加圧状態で循環させるように構成し、冷却部120を、ガス流路110を通して循環するガスを冷却するように構成する。これにより、熱硬化性樹脂3を加圧するガスをガス流路110内で循環させ、循環するガスを冷却部120により直接冷却することができる。この結果、ガスの温度を直接的に制御することができるので、ガスの温度制御の応答性を向上させることができる。

[0096] また、第2実施形態では、上記のように、ガス流路110におけるガスの処理室21からの出口温度または冷却部120の入口温度を計測する温度センサ23cの出力に基づいて、冷却部120を制御するように制御部25を構成する。これにより、冷却部120に流入する際のガスの温度に基づいて、ガス温度のフィードバック制御を行うことができる。その結果、ガスの温度の精密な制御が可能となるので、より効果的に、熱硬化性樹脂3の充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができるようになる。

[0097] また、第2実施形態では、上記のように、載置台26に載置されるウェハ1に対向するように配置された温度センサ23dの出力に基づいて、冷却部120を制御するように、制御部25を構成する。これにより、ウェハ1を加圧するガスの温度あるいは熱硬化性樹脂3の温度をウェハ1の表面付近において計測し、計測した温度に基づくフィードバック制御を行うことができ

る。これにより、熱硬化性樹脂 3 の近傍でのガス温度をより精密に制御できるので、より一層効果的に、熱硬化性樹脂 3 の充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができるようになる。

[0098] また、第 2 実施形態では、上記のように、温度センサ 2 3 d を複数設け、複数の温度センサ 2 3 d の出力に応じて冷却部 1 2 0 を制御するように制御部 2 5 を構成する。これにより、複数箇所の温度センサ 2 3 d の出力から温度変化や温度勾配を把握することができるので、ガス温度（あるいは熱硬化性樹脂 3 の表面温度）をより正確に把握することができる。その結果、ガス温度をより一層精密に制御できるようになる。特に処理室 2 1 内の複数箇所に温度センサ 2 3 d を設ける構成では、処理室 2 1 内でのガスの滞留などに起因して発生する温度分布（温度ムラ）を把握することができるので、処理室 2 1 内の温度分布を考慮したガス温度の制御が可能となる。

[0099] 第 2 実施形態のその他の効果は、上記第 1 実施形態と同様である。

[0100] [第 3 実施形態]

次に、図 1 および図 9 を参照して、第 3 実施形態による充填装置 3 0 0（図 1 参照）について説明する。この充填装置 3 0 0 では、載置台 2 6 に内蔵されたヒータ 2 4 a を含む加熱部 2 4 を設けた第 1 実施形態とは異なり、ヒータ 2 1 1 を載置台 2 6 の外部に設けた例について説明する。なお、加熱部 2 1 0 以外の構成は上記第 1 実施形態と同様であるので、同一の符号を付すとともに説明を省略する。

[0101] 図 9 に示すように、第 3 実施形態による充填装置 3 0 0 の加熱部 2 1 0 は、載置台 2 6 の外部に設けたヒータ 2 1 1 を含む。ヒータ 2 1 1 は、載置台 2 6 の下面（ウェハ 1 とは反対側の面）に隣接するように設けられている。加熱部 2 1 0 は、載置台 2 6 の下面を加熱することにより、載置台 2 6 を介して、ウェハ 1 上の熱硬化性樹脂 3 を裏面 1 b 側から加熱するように構成されている。ヒータ 2 1 1 には、たとえば平面状のフィルムヒータなどを用いることが可能であるが、載置台 2 6 の外部に配置されるので、どのような構成のヒータであってもよい。

[0102] (第3実施形態の効果)

第3実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0103] 第3実施形態では、上記第1実施形態と同様に、加圧環境下で、熱硬化性樹脂3が露出する液面3a側を相対的に低温のガスにより加圧し、微細空間2内の底部2c側(裏面1b側)を相対的に高温にして底部2c側から溶剤の蒸散や樹脂の硬化を行うことができるので、微細空間2内のボイドまたは空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができる。

[0104] また、第3実施形態では、載置台26の外部に設けたヒータ211を含む加熱部210を設けることにより、載置台26および加熱部210の構成(構造)を簡略化することができる。

[0105] 第3実施形態のその他の効果は、上記第1実施形態と同様である。

[0106] [第4実施形態]

次に、図1および図10を参照して、第4実施形態による充填装置400(図1参照)について説明する。この充填装置400では、載置台26を加熱することによりウェハ1を加熱する加熱部24を設けた第1および第3実施形態とは異なり、ウェハ1を直接加熱する加熱部310の例について説明する。なお、加熱部310以外の構成は上記第1実施形態と同様であるので、同一の符号を付すとともに説明を省略する。

[0107] 図10に示すように、第4実施形態による充填装置400の加熱部310は、載置台320上に載置されたウェハ1の裏面1bを直接加熱するように構成されている。具体的には、加熱部310は、載置台320の透光部を介してウェハ1の裏面1bに光(熱線)を照射するランプヒータ311を含む。ランプヒータ311は、中空形状の載置台320の内部に収容(内蔵)されている。第4実施形態では、載置台320は、たとえばガラスなどの透光性を有する材料により形成されている。つまり、載置台320は、全体が透光部となっている。これにより、ランプヒータ311からの光は、大部分が載置台320を透過して、ウェハ1の裏面1bに吸収される。ランプヒータ311は、特許請求の範囲の「ヒータ」の一例である。

[0108] (第4実施形態の効果)

第4実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0109] 第4実施形態では、上記第1実施形態と同様に、加圧環境下で、熱硬化性樹脂3が露出する液面3a側を相対的に低温のガスにより加圧し、微細空間2内の底部2c側(裏面1b側)を相対的に高温にして底部2c側から溶剤の蒸散や樹脂の硬化を行うことができるので、微細空間2内のボイドまたは空隙の発生などの充填不良を抑制して歩留まりを向上させることができる。

[0110] また、第4実施形態では、載置台320に透光部を設け、加熱部310に、透光部を透過させた光により、載置台320上に載置されたウェハ1の裏面1bを加熱するランプヒータ311を設ける。これにより、載置台を加熱してウェハ1の裏面1bを加熱する構成と比較して、ウェハ1を速やかに加熱することができる。その結果、ウェハ1の加熱工程における温度制御の応答性を高めることができる。

[0111] 第4実施形態のその他の効果は、上記第1実施形態と同様である。

[0112] (第4実施形態の変形例)

上記第4実施形態では、ランプヒータ311を内蔵した載置台320を、透光性を有する材料により形成した例を示したが、図11に示す変形例のように、載置台330に透光性の窓部を設けてもよい。

[0113] 図11の変形例では、載置台330は、ステンレスなどの、非透光性の金属材料により形成されている。載置台330は、内部にランプヒータ311が配置される中空形状を有し、上面(載置面)を上下方向に貫通する貫通孔331が形成されている。貫通孔331は、載置台330に載置されるウェハ1の大きさ(ウェハ1の加熱領域の大きさ)に対応した直径で形成された円孔である。そして、貫通孔331には、たとえばガラスなどの透光性を有する材料により形成された窓部材332が気密状態で嵌め込まれている。これにより、ランプヒータ311からの光(熱線)は、貫通孔331の窓部材332を通過して、ウェハ1の裏面に照射される。第4実施形態では、この変形例のように載置台330を構成してもよい。

[0114] [第5実施形態]

次に、図1および図12を参照して、第5実施形態による充填装置500（図1参照）について説明する。この充填装置500では、上記第1実施形態による充填装置100とは異なり、供給部410において、スプレッド（塗布部材）411を用いてウェハ1に熱硬化性樹脂3を塗布する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。

[0115] 第5実施形態による充填装置500の供給部410は、図12（A）に示すように、処理室11と、真空ポンプ12と、処理室11内に配置されるウェハ支持部13およびスプレッド411とを含んでいる。

[0116] スプレッド411は、ウェハ1の表面中央部に供給された熱硬化性樹脂3を一定の膜厚でウェハ1の上面上に塗り広げる。スプレッド411は、アーム部412の一端側の下面部に取り付けられており、アーム部412の他端側に接続された軸部413によって支持されている。スプレッド411は、たとえばウェハ1の半径よりも若干長く直線状に延びる形状を有するとともに、水平方向に沿うように配置されている。

[0117] アーム部412は、水平方向に延びており、アーム部412の一端がウェハ支持部13に保持されたウェハ1の上方位置に配置され、アーム部412の他端がウェハ1の径方向外側位置に配置されるように所定の長さを有する。軸部413は、上下方向に延びており、アーム部412の他端近傍に接続されている。軸部413は、図示しないシール構造により気密を維持したまま処理室11の外部に延びており、処理室11の外側下部に配置された駆動部414に支持されている。駆動部414は、軸部413を上下方向の中心軸周りに回転駆動する回転機構414aと、軸部413を上下方向に昇降駆動する昇降機構413bとを含む。駆動部414が軸部413を回転駆動させることにより、スプレッド411は、図12（B）に示すように、水平面内（ウェハ1の上面上）で軸部413を中心するR方向に回転可能に構成されている。これにより、スプレッド411は、平面視（図12（B）参照）

において、ウェハ1の中心を通る位置と、ウェハ1の外周よりも外側の位置とに移動可能に構成されている。また、駆動部414が軸部413を昇降駆動させることにより、スプレッド411は、ウェハ1に近接する方向およびウェハ1から離間する方向に昇降移動可能に構成されている。

[0118] スプレッド411は、図12(C)に示すように、ウェハ1側の先端部（下端部）が、ウェハ支持部13に保持されたウェハ1の上面（形成面1aまたはマスク4の上面4b）に対して、上下方向に所定間隔だけ離間するように配置される。スプレッド411の先端部とウェハ1の上面との間隔が、熱硬化性樹脂3の厚み t_2 に相当する。駆動部414は、スプレッド411（軸部413）の昇降によってこの間隔を制御することにより、熱硬化性樹脂3の膜厚制御が可能である。供給部410は、ウェハ1を低速で回転させながらスプレッド411をR方向に沿ってウェハ1の中心から外周方向（図12(B)参照）に移動させる事により、熱硬化性樹脂3をウェハ1に塗布する（塗り広げる）ように構成されている。

[0119] 供給部510により接触工程を実施するには、まず、熱硬化性樹脂3が、材料供給部材（図示せず）により、1枚のウェハ1に用いられる所定量だけウェハ1上に供給される。ウェハ1は、約1rpm以上約60rpm以下の回転速度で低速回転させる。その状態でスプレッド411がウェハ1の中心から外周方向に移動する事により、スプレッド411の先端部（下端部）とウェハ1の上面との間隔を越える熱硬化性樹脂3の余剰分がスプレッド411により掻き取られながら、熱硬化性樹脂3がウェハ1の全面に一定の膜厚で形成されていく。これにより、熱硬化性樹脂3がウェハ1上で所定厚み t_2 の膜状となる。なお、上記第1実施形態と同様、接触工程の前後で減圧工程および充填工程が行われることにより、熱硬化性樹脂3は差圧充填される。

[0120] 掻き取りを円滑にするために、スプレッド411は、スプレッド411に対してウェハ1が回転するS方向と反対側に向けて傾斜した傾斜面411a（図12(C)参照）を有する。傾斜面411aにより、掻き取られた余剰

分の熱硬化性樹脂 3 が傾斜面 4 1 1 a に沿って回転して塊状（柱状）になり、スプレッド 4 1 1 の移動によりウェハ 1 の表面に一定の膜厚を形成していく。なお、平板状のスプレッド 4 1 1 自体が傾斜することによって傾斜面 4 1 1 a を構成してもよい。

[0121] また、第 5 実施形態におけるウェハ 1 の構造、熱硬化性樹脂 3 の特性、および、充填装置 5 0 0 のその他の構成は、上記第 1 実施形態と同様である。

[0122] 第 5 実施形態の効果は、上記第 1 実施形態と同様である。

[0123] [第 6 実施形態]

次に、図 1 および図 1 3 を参照して、第 6 実施形態による充填装置 6 0 0（図 1 参照）について説明する。

[0124] 第 6 実施形態による充填装置 6 0 0 の供給部 5 1 0 は、図 1 3 に示すように、処理室 1 1 と、真空ポンプ 1 2 と、処理室 1 1 内に配置されるウェハ支持部 5 1 1 および材料貯留部 5 1 2 とを含んでいる。ウェハ支持部 5 1 1 は、ウェハ 1 を支持した状態で Z 方向に移動するように構成されている。これにより、ウェハ支持部 5 1 1 により、Z 2 側に配置された材料貯留部 5 1 2 に貯留された熱硬化性樹脂 3 にウェハ 1 を接触させることが可能である。また、供給部 5 1 0 には、図示しないはけ等が設けられている。このはけ等により、ウェハ 1 上に配置された熱硬化性樹脂 3 の厚みを調整することが可能である。

[0125] 供給部 5 1 0 により接触工程を実施するには、まず、微細空間 2 の開口 2 a が下（Z 2 方向）を向くように、形成面 1 a を下面（Z 2 側の面）にした状態で、ウェハ 1 をウェハ支持部 5 1 1 により支持する。そして、ウェハ支持部 5 1 1 を下方に移動させることによって、材料貯留部 5 1 2 内の熱硬化性樹脂 3 にウェハ 1 を浸漬させる。この際、ウェハ 1 の裏面 1 b より手前まで浸漬させることにより、裏面 1 b に熱硬化性樹脂 3 が回り込むのを抑制することができる。なお、この際、ウェハ 1 の全体を材料貯留部 5 1 2 内の熱硬化性樹脂 3 に浸漬させてもよい。そして、材料貯留部 5 1 2 からウェハ 1 を引き上げる。これにより、熱硬化性樹脂 3 がウェハ 1 上に供給される。な

お、上記第1実施形態と同様、接触工程の前後で減圧工程および充填工程が行われることにより、熱硬化性樹脂3は差圧充填される。

[0126] 次に、その後、形成面1aが上面（Z1側の面）になるようにウェハ1の上下を逆にした後、図示しないはけ等により、ウェハ1の形成面1a上の熱硬化性樹脂3の厚み t_2 を調整する（ならし工程）。これにより、熱硬化性樹脂3の使用量を低減することが可能である。なお、このならし工程は省略してもよい。

[0127] 第6実施形態の効果は、上記第1実施形態と同様である。

[0128] [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。

[0129] たとえば、上記第1～第6実施形態では、ウェハ1上にマスク4が残存した状態で、ウェハ1に熱硬化性樹脂3を塗布した例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、ウェハ上にマスクが残存しない状態で、ウェハに熱硬化性樹脂を塗布してもよい。ここで、ウェハに熱硬化性樹脂をスピコートにより塗布する場合には、塗布後の熱硬化性樹脂を焼成した後もウェハの表面を十分平滑にすることができるので、残さ除去をせずに、焼成された熱硬化性樹脂をそのまま絶縁膜として使用することが可能である。

[0130] また、上記第1～第6実施形態では、供給部10（410、510）と焼成部20とを別途設けた例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、供給部と焼成部とを一体化してもよい。たとえば、焼成部の載置台を回転可能にし、材料滴下部14を設けることによって、焼成部内で、熱硬化性樹脂の供給から焼成までを一括して行ってもよい。これにより、充填装置を小型化することが可能であるとともに、より迅速に、熱硬化性樹脂の供給から焼成までを行うことが可能である。

[0131] また、上記第1実施形態では、剥離工程の後に、残さ除去および研磨工程

を行った例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、マスクを剥離する際に不要な焼成された熱硬化性樹脂（硬化済み樹脂 3 b）が十分に除去されるのであれば、残さ除去および研磨工程をなくしてもよい。

[0132] また、上記第 1 ～第 6 実施形態では、微細空間 2 として、たとえば、幅 W_1 が約 $2\ \mu\text{m}$ で、深さ L_1 が約 $20\ \mu\text{m}$ である環状溝を示し、実施例では、所定の大きさの 2 種の非貫通穴および 3 つの環状溝を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、微細空間は、約 $100\ \mu\text{m}$ 以下の幅を有する微細な溝や、約 $100\ \mu\text{m}$ 以下の孔径を有する微細な貫通孔および非貫通穴であればよい。なお、本発明の充填方法および充填装置は、約 $1\ \mu\text{m}$ 以上約 $10\ \mu\text{m}$ 以下の幅（孔径）を有する微細空間に熱硬化性樹脂を充填するのにより適している。

[0133] なお、微細空間 2 が貫通孔である場合には、熱硬化性樹脂 3 を充填する際にウェハ 1 の裏面 1 b 側の開口部分を塞いだ状態にすればよい。これにより、微細空間 2 が貫通孔である場合でも、熱硬化性樹脂 3 を充填することが可能である。

[0134] また、上記第 1 ～第 6 実施形態では、供給工程において差圧充填を行う例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、差圧充填を行うことなく、供給工程を一定圧力下で実施してもよい。

[0135] また、上記第 1 実施形態では、接触工程をスピコートにより行い、上記第 5 実施形態では、接触工程を塗布により行い、上記第 6 実施形態では、接触工程を浸漬により行った例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、接触工程を、スピコート、塗布および浸漬の 3 種類以外の他の工程（方法）により行ってもよい。

[0136] また、上記第 1 ～第 6 実施形態では、第 1 加熱段階の 1 次ベークと 2 次ベークとを連続して行う例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、1 次ベークと 2 次ベークとを別々に行ってもよい。つまり、1 次ベーク完了後に、所定時間以上経過してから、2 次ベークを実施してもよい。その場合、熱硬化性樹脂 3 の塗布と 1 次ベークとをウェハ 1 枚毎に行い、複数枚

(たとえば、20枚)のウェハに対する1次ベークが完了した後に、複数枚のウェハに対して一括で2次ベークおよびキュア(第2加熱段階)を行ってもよい。これにより、ウェハ毎に1次ベークを個別に行うことができるので、1次ベーク中に蒸発する溶剤を効率的に回収することができるとともに、溶剤の蒸発量が少ない2次ベークの処理室に溶剤回収用の設備を設ける必要がなくなる。また、ウェハ1枚毎に1次ベークからキュアまでを行う場合と比べて、1次ベークよりも長時間行う2次ベークおよびキュアを複数枚まとめて行うことができるので、処理効率を向上させることができる。また、1次ベークと2次ベークとを分けて行うことができるので、1次ベークの後に別の処理(たとえば、露光処理、現像処理等)を行うことができる。

符号の説明

- [0137] 1 ウェハ(基板)
- 1 b 裏面
- 2 微細空間
- 3 熱硬化性樹脂
- 2 1 処理室
- 2 2 加圧部
- 2 3、1 2 0 冷却部
- 2 3 a 冷媒供給部
- 2 3 c 温度センサ(温度計測装置)
- 2 3 d 温度センサ(温度計測装置)
- 2 4、2 1 0、3 1 0 加熱部
- 2 4 a、2 1 1 ヒータ
- 2 5 制御部
- 2 6、3 2 0、3 3 0 載置台
- 2 7 カバー部
- 2 7 c 冷媒配管
- 1 0 0、2 0 0、3 0 0、4 0 0、5 0 0、6 0 0 充填装置

1 0 1 ガラス基板（基板）

3 1 1 ランプヒータ（ヒータ）

請求の範囲

- [請求項1] 基板に設けられた微細空間に熱硬化性樹脂を充填する充填方法であって、
- 前記基板上側から供給された前記熱硬化性樹脂を、処理室内に露出している表面からガスにより加圧する加圧工程と、
- 前記熱硬化性樹脂を加圧する前記ガスを冷却する冷却工程と、
- 前記基板のうち前記熱硬化性樹脂が供給された面の裏面を加熱する加熱工程とを備え、
- 前記冷却工程と、前記加熱工程とは、前記加圧工程の実施中に時間的に重複して実施される、充填方法。
- [請求項2] 前記冷却工程において、前記ガスは、前記加熱工程の加熱温度よりも低い所定温度に維持するか、または、前記加熱工程の加熱温度に対して所定の温度差を有するように、冷却される、請求項1に記載の充填方法。
- [請求項3] 前記加熱工程は、前記基板の前記裏面を第1温度に加熱して前記熱硬化性樹脂に含まれる溶剤を蒸発させる第1加熱段階と、前記基板の前記裏面を前記第1温度よりも高い第2温度に加熱して前記熱硬化性樹脂を架橋させる第2加熱段階とを含み、
- 前記冷却工程は、少なくとも前記第1加熱段階と時間的に重複して実施される、請求項1または2に記載の充填方法。
- [請求項4] 前記加圧工程に先だって、前記熱硬化性樹脂が前記基板上で所定厚みの膜状となるように、前記基板上および前記微細空間内に前記熱硬化性樹脂を供給する供給工程をさらに備え、
- 前記加圧工程では、膜状の前記熱硬化性樹脂の前記処理室内に露出する全表面が加圧される、請求項1～3のいずれか1項に記載の充填方法。
- [請求項5] 前記供給工程は、減圧環境で前記熱硬化性樹脂を前記基板上に供給した後、前記減圧環境の圧力よりも高い圧力で前記微細空間に前記熱

硬化性樹脂を充填する差圧充填を行う、請求項 4 に記載の充填方法。

[請求項6]

微細空間が設けられた基板を収容可能な処理室と、

前記処理室内にガスを供給して、前記基板上側から供給された前記熱硬化性樹脂を、前記処理室内に露出している表面から前記ガスにより加圧する加圧部と、

前記熱硬化性樹脂を加圧する前記ガスを冷却する冷却部と、

前記基板のうち前記熱硬化性樹脂が供給された面の裏面を加熱する加熱部と、

前記ガスの冷却と、前記基板の加熱とを、前記加圧部による加圧中に時間的に重複して実施するように、前記冷却部と前記加熱部とを制御する制御部とを備える、充填装置。

[請求項7]

前記処理室は、前記基板の載置台と、前記載置台上に載置された前記基板を覆うカバー部とを含み、

前記冷却部は、前記カバー部を冷却することにより、前記ガスを冷却するように構成されている、請求項 6 に記載の充填装置。

[請求項8]

前記冷却部は、前記カバー部に設けられた冷媒配管と、前記冷媒配管に冷媒を供給する冷媒供給部とを含む、請求項 7 に記載の充填装置。

[請求項9]

前記制御部は、前記冷媒の温度を計測する前記温度計測装置の出力に基づいて、前記冷却部を制御する、請求項 8 に記載の充填装置。

[請求項10]

前記処理室と前記冷却部との間で前記ガスを循環させるガス流路をさらに備え、

前記加圧部は、前記ガス流路内のガスを加圧状態で循環させるように構成され、

前記冷却部は、前記ガス流路を通して循環する前記ガスを冷却するように構成されている、請求項 6 に記載の充填装置。

[請求項11]

前記制御部は、前記ガス流路における前記ガスの前記処理室からの出口温度または前記冷却部の入口温度を計測する温度計測装置の出力

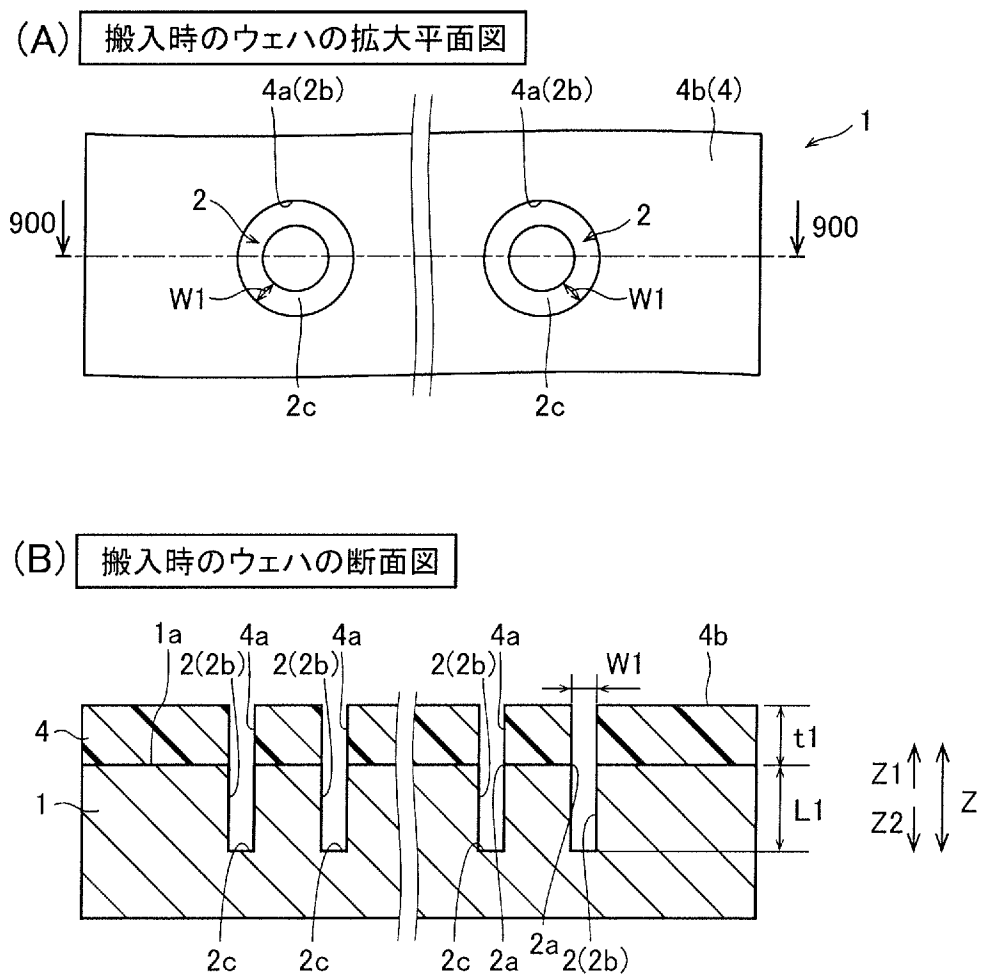
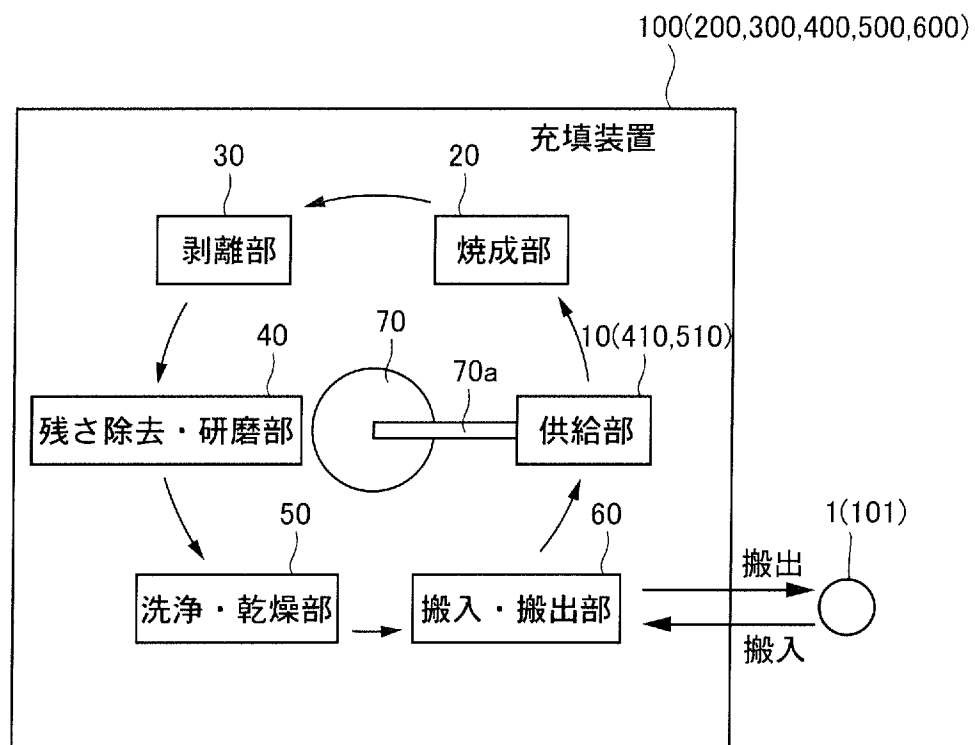
に基づいて、前記冷却部を制御する、請求項 10 に記載の充填装置。

[請求項12] 前記制御部は、前記載置台に載置される前記基板に対向するように配置された温度計測装置の出力に基づいて、前記冷却部を制御する、請求項 6 ～ 10 のいずれか 1 項に記載の充填装置。

[請求項13] 前記温度計測装置を複数備え、
前記制御部は、複数の前記温度計測装置の出力に応じて前記冷却部を制御する、請求項 9、11 または 12 に記載の充填装置。

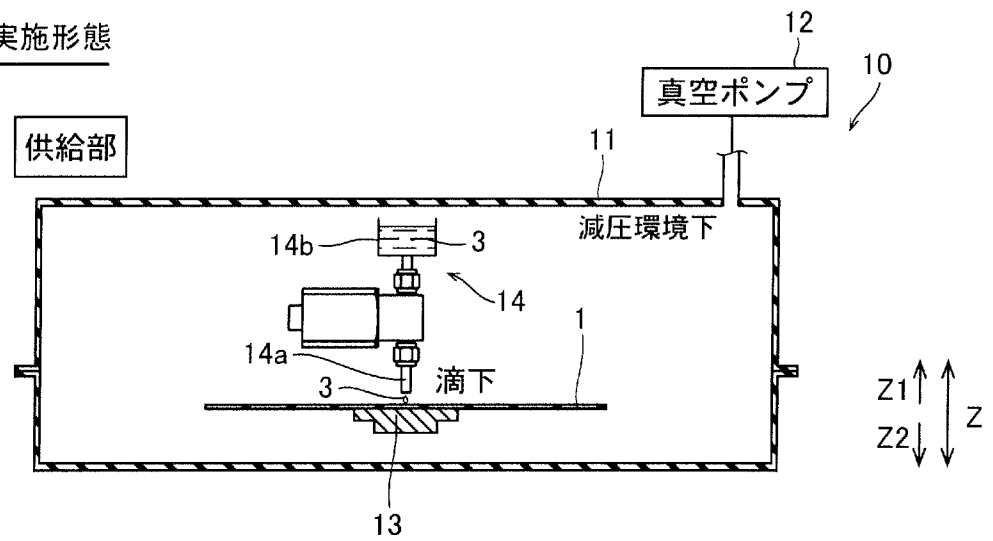
[請求項14] 前記処理室は、前記基板の載置台と、前記載置台上に載置された前記基板を覆うカバー部とを含み、
前記加熱部は、前記載置台を加熱することにより、前記基板の前記裏面を加熱するように構成されている、請求項 6 ～ 13 のいずれか 1 項に記載の充填装置。

[請求項15] 前記加熱部は、前記載置台に内蔵されたヒータを含む、請求項 14 に記載の充填装置。



[図3]

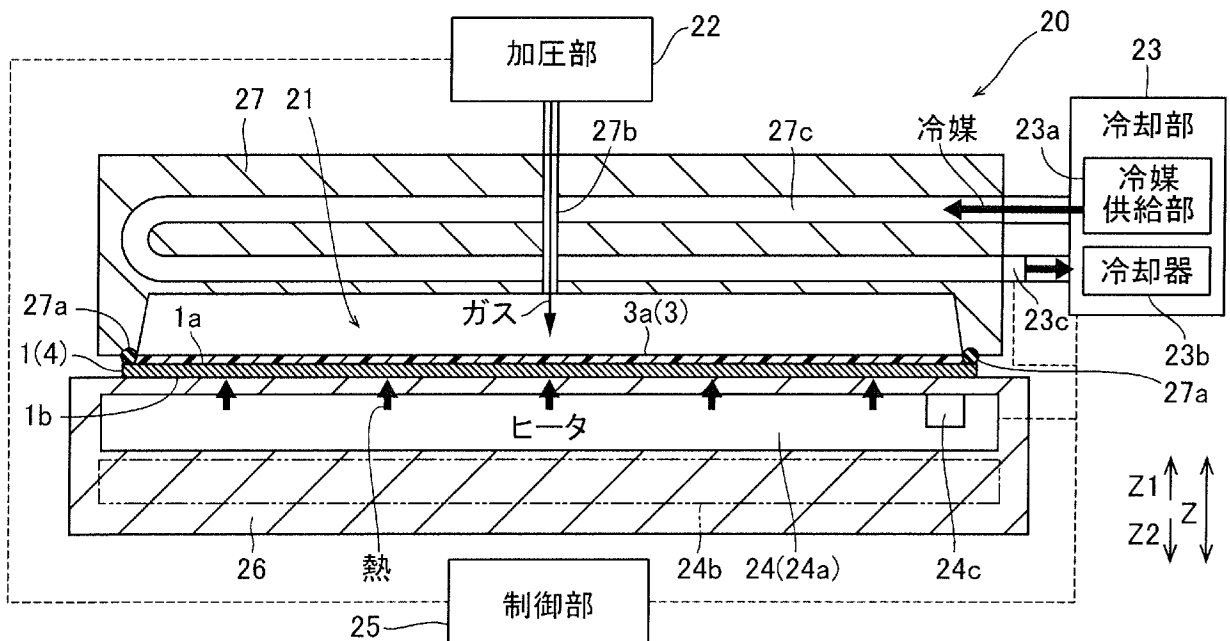
第1実施形態



[図4]

第1実施形態

焼成部



[図5]

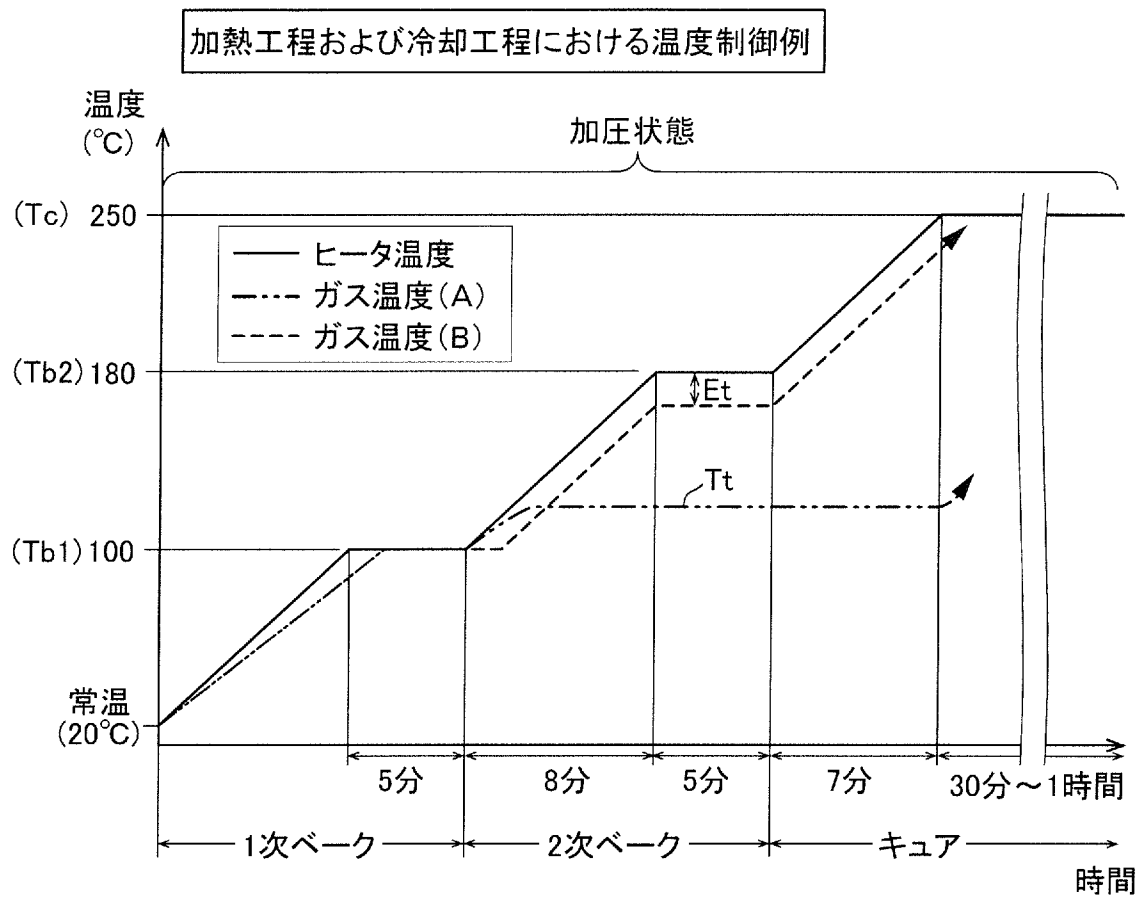


Figure 1 illustrates the manufacturing method of a semiconductor device, showing the cross-sectional structure at various stages of the process.

The process is divided into three main sections:

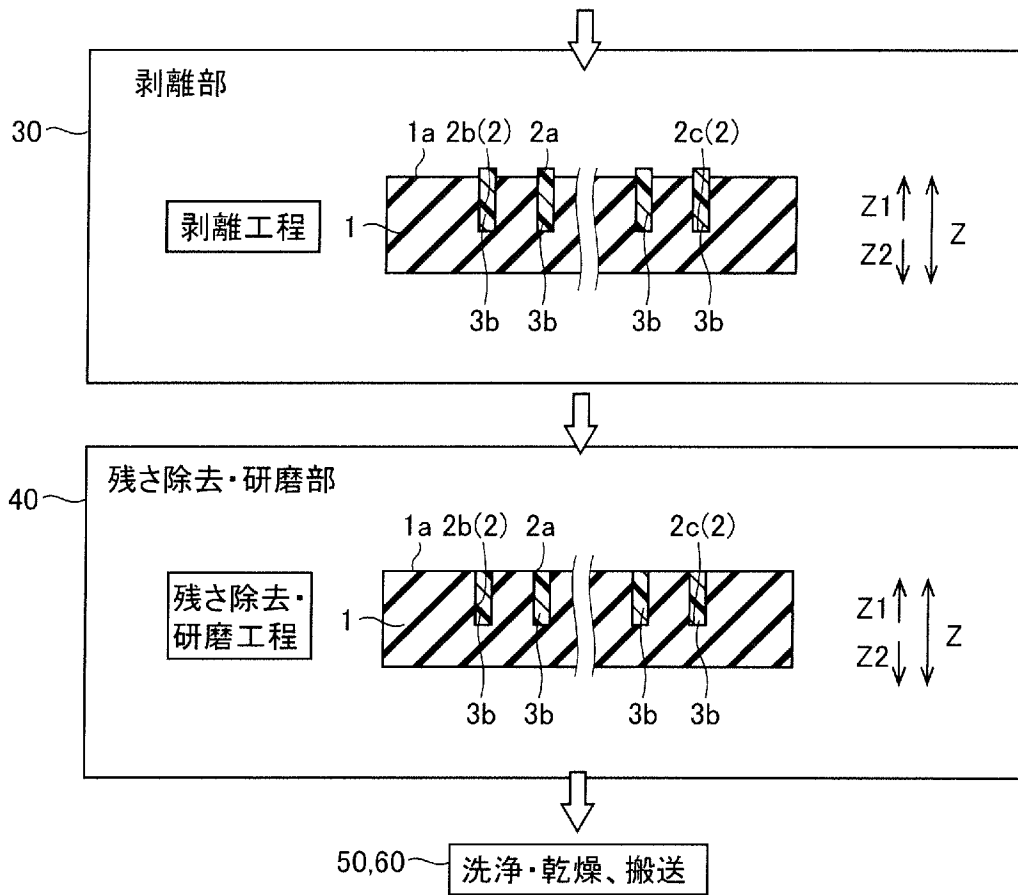
- 供給部 (Supply Section):** This section includes three main steps:
 - 減圧工程 (Reduction Process):** The initial stage where the device is prepared.
 - 塗布(接触)工程 (Coating/Contact Process):** A layer of material (3a) is coated onto the device, with thicknesses t_1 and t_2 indicated.
 - 充填工程 (Filling Process):** The device is filled with material (2d) under pressure (加压).
- 焼成部 (Firing Section):** This section includes the **焼成工程 (Firing Process)**, where the device is fired.
- 冷却部 (Cooling Section):** This section includes the **冷却工程 (Cooling Process)**, where the device is cooled.

The diagrams show the cross-sectional structure of the device at various stages, with labels for components like 1a, 2a, 2b(2), 2c(2), 2d, 3a, 3b, 4a, 4b, and 4c. Arrows indicate the direction of material flow and the application of pressure and heat.

The process steps are labeled as follows:

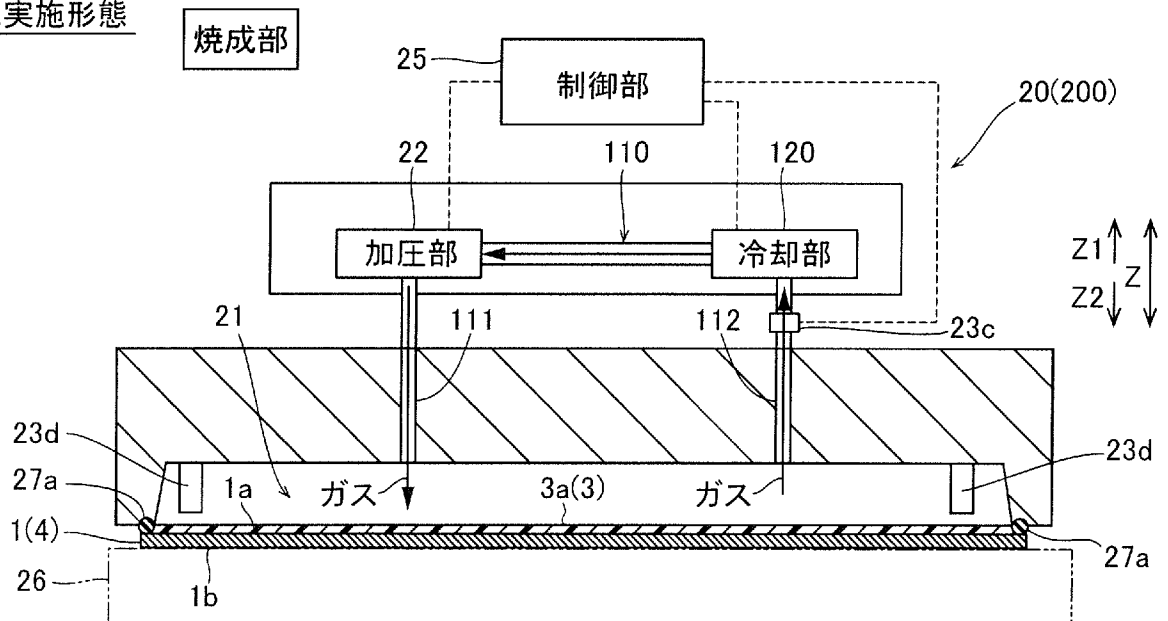
- (A) 載置時 (Loading Time):** The initial state of the device.
- (B) 1次(2次)ベーク (1st (2nd) Bake):** The device is fired under pressure (加压) and heat (加熱).
- (C) キュア (Cure):** The device is cooled (冷却) and fired under pressure (加压) and heat (加熱).

The final state of the device is shown with labels 1b, 2d, 3b, 4b, and 4c. The thicknesses Z_1 and Z_2 are indicated for the final structure.



〔圖8〕

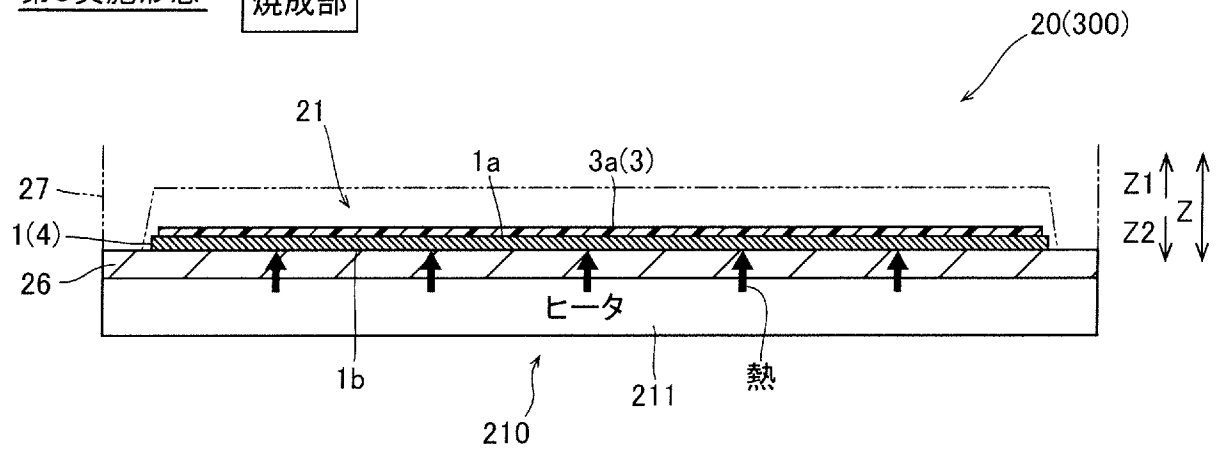
第2実施形態



[図9]

第3実施形態

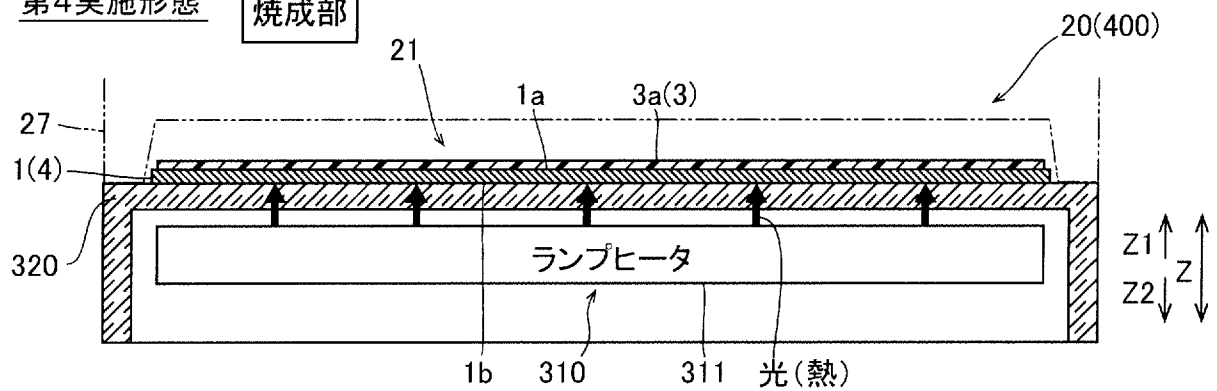
焼成部



[図10]

第4実施形態

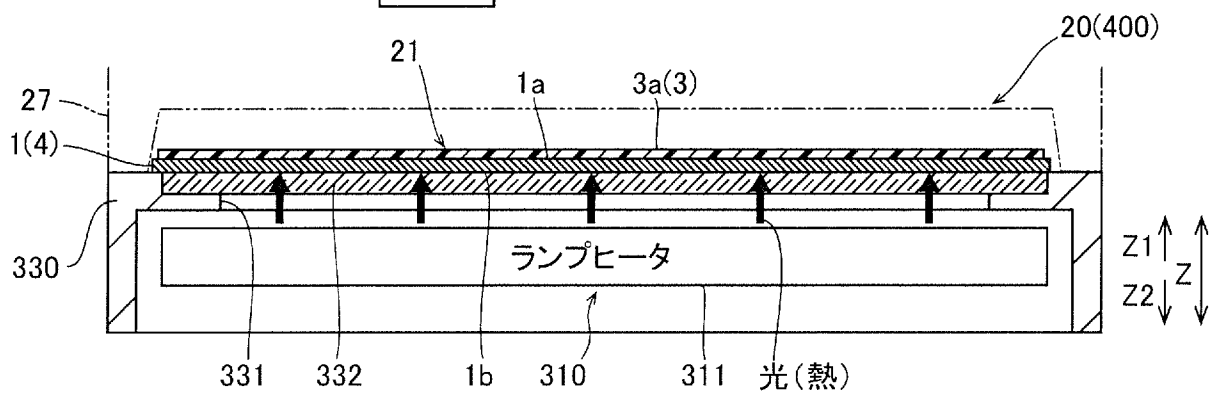
焼成部



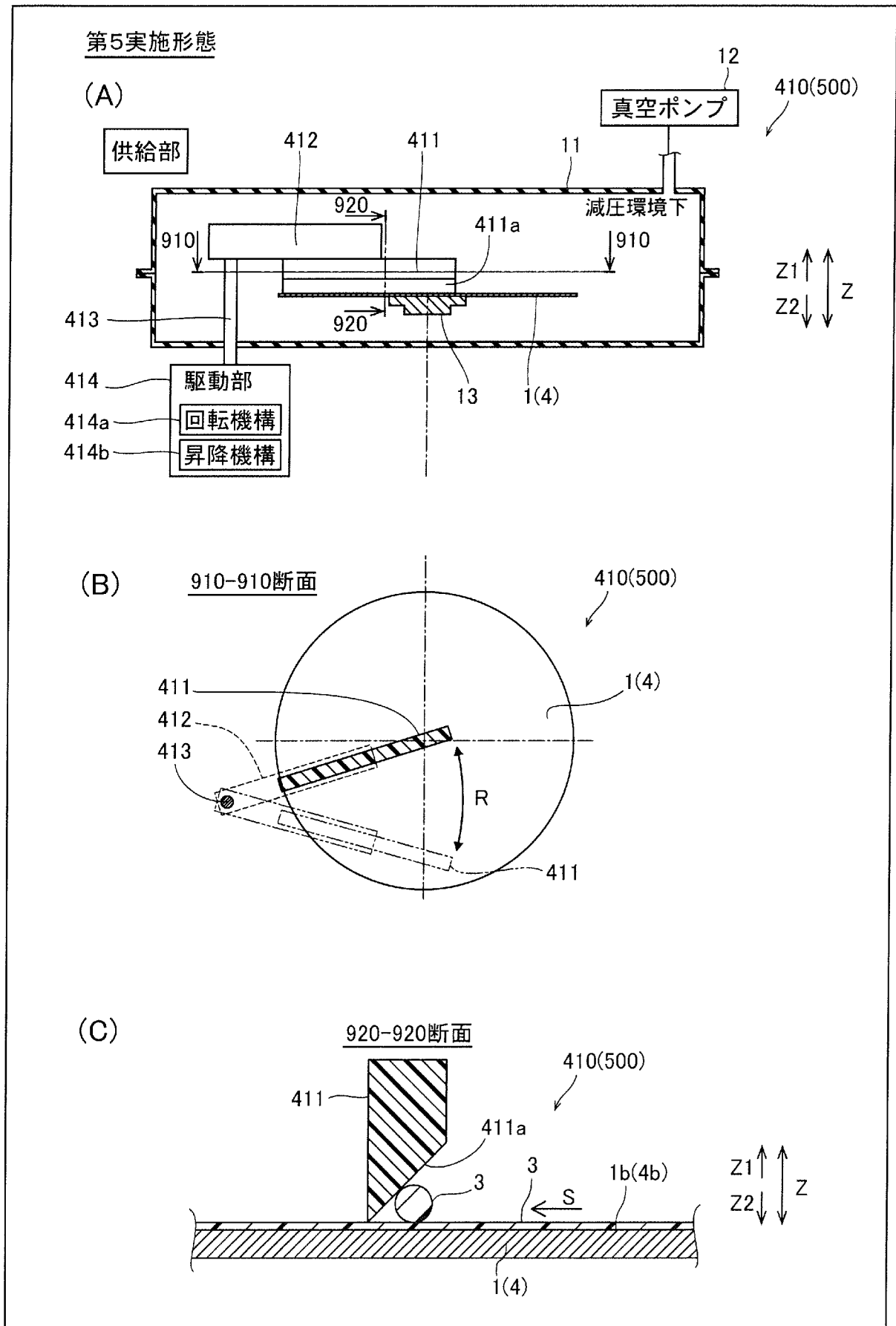
[図11]

第4実施形態の変形例

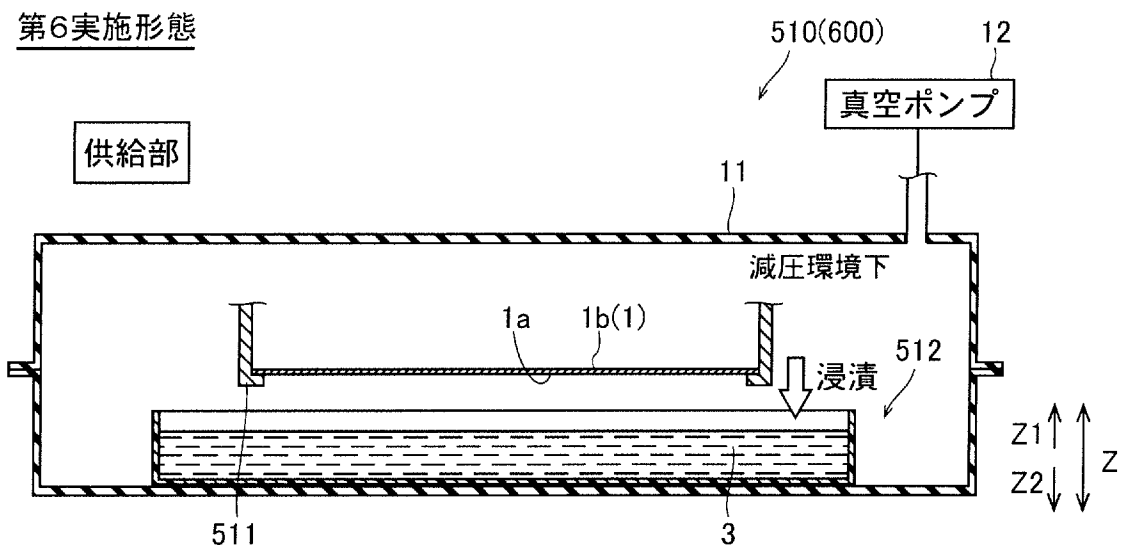
焼成部



[図12]



[図13]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2016/080437

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/312(2006.01)i, H01L21/31(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)

H01L21/312, H01L21/31

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	1996-2016
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2016	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2016

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 5330323 B2 (Napra Co., Ltd.), 02 August 2013 (02.08.2013), paragraphs [0017] to [0041] (Family: none)	1-15
Y	JP 2002-141641 A (Sanyu Rec Co., Ltd.), 17 May 2002 (17.05.2002), paragraph [0011] (Family: none)	1-15
Y	JP 7-335637 A (Hitachi, Ltd.), 22 December 1995 (22.12.1995), paragraph [0014] (Family: none)	1-15

☒ 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
09 December 2016 (09.12.16)

Date of mailing of the international search report
20 December 2016 (20.12.16)

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/JP2016/080437

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 2012-172178 A (Napra Co., Ltd.), 10 September 2012 (10.09.2012), (Family: none)	1-15
A	JP 2001-127087 A (Japan Rec Co., Ltd.), 11 May 2001 (11.05.2001), (Family: none)	1-15
A	JP 59-141292 A (Ibiden Co., Ltd.), 13 August 1984 (13.08.1984), (Family: none)	1-15
A	JP 2003-170462 A (Fudow Co., Ltd.), 17 June 2003 (17.06.2003), (Family: none)	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/312(2006.01)i, H01L21/31(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/312, H01L21/31

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	1971-2016年
日本国実用新案登録公報	1996-2016年
日本国登録実用新案公報	1994-2016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 5330323 B2（有限会社 ナプラ）2013.08.02, [0017]-[0041]（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 2002-141641 A（サンユレック株式会社）2002.05.17, [0011]（ファミリーなし）	1-15
Y	JP 7-335637 A（株式会社日立製作所）1995.12.22, [0014]（ファミリーなし）	1-15

☒ 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

09.12.2016

国際調査報告の発送日

20.12.2016

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）

河合 俊英

50

3238

電話番号 03-3581-1101 内線 3559

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 2012-172178 A (有限会社 ナプラ) 2012. 09. 10, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2001-127087 A (日本レック株式会社) 2001. 05. 11, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 59-141292 A (イビデン株式会社) 1984. 08. 13, (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2003-170462 A (フドー株式会社) 2003. 06. 17, (ファミリーなし)	1-15