

(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9月28日(28.09.2017)



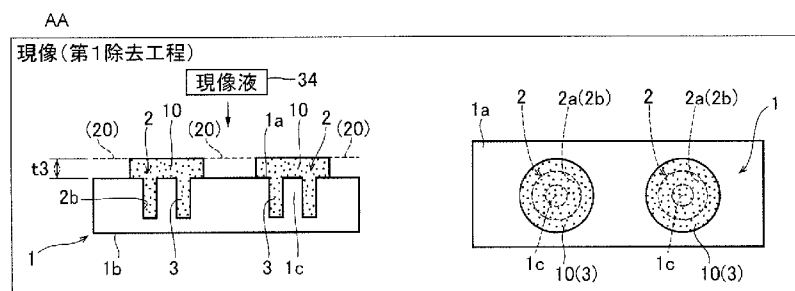
(10) 国際公開番号

WO 2017/164043 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/3205 (2006.01) H01L 23/522 (2006.01)
H01L 21/768 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/010469
- (22) 国際出願日: 2017年3月15日(15.03.2017)
- (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 2016-061345 2016年3月25日(25.03.2016) 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).
- (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, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: FILLING METHOD

(54) 発明の名称: 充填方法



34 Developer liquid
AA Development (first removal step)

(57) Abstract: This filling method comprises: a filling step wherein fine spaces (2) that open to a surface (1a) of an object (1) to be processed are filled with a thermosetting resin (3); a first heating step wherein a solvent in the thermosetting resin is evaporated; a first removal step wherein second portions (20) of the thermosetting resin, said second portions (20) being portions other than first portions (10) that cover the fine spaces, are removed after the first heating step; and a second heating step wherein the thermosetting resin is cured after the first removal step.

(57) 要約: この充填方法は、処理対象物 (1) の表面 (1a) に開口する微細空間 (2) に熱硬化性樹脂 (3) を充填する充填工程と、熱硬化性樹脂中の溶剤を蒸発させる第1加熱工程と、第1加熱工程の後、熱硬化性樹脂のうち、微細空間を覆う第1部分 (10) を残して他の第2部分 (20) を除去する第1除去工程と、第1除去工程の後、熱硬化性樹脂を硬化させる第2加熱工程と、を備える。

WO 2017/164043 A1

明 細 書

発明の名称： 充填方法

技術分野

[0001] この発明は、充填方法に関し、特に、処理対象物に形成された微細空間に熱硬化性樹脂を充填する充填方法に関する。また、さらに好適には、この発明は、熱硬化性樹脂を用いて貫通電極の絶縁層を形成する方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、処理対象物に形成された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。このような充填方法は、たとえば、特許第5 5 9 3 2 2 8号公報に開示されている。

[0003] 上記特許第5 5 9 3 2 2 8号公報には、基板（処理対象物）に形成された溝からなるリング構造（微細空間）に誘電材料（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、基板の表面上に熱硬化性樹脂層が成膜され、リング構造に熱硬化性樹脂が充填される。その後、基板の表面上の熱硬化性樹脂層が除去される。次に、リング構造の内側にある内部支柱構造が除去されて、この空間内に導電性材料が充填される。これにより、導電性材料により基板の貫通電極が構成され、リング構造に充填された熱硬化性樹脂により、貫通電極を取り囲む絶縁層が構成される。

[0004] 上記特許第5 5 9 3 2 2 8号公報では、内部支柱構造を除去する際に、基板の表面上に成膜された熱硬化性樹脂のうち内部支柱構造の上部の部分だけを除去して、残りの熱硬化性樹脂を内部支柱構造を除去するためのレジストマスクとして利用する第1方法と、基板の表面上の熱硬化性樹脂を完全に除去した後で別の樹脂膜をレジストマスクとして成膜する第2方法とが開示されている。上記特許第5 5 9 3 2 2 8号公報では、基板の表面上に形成された熱硬化性樹脂の除去は、リソグラフィーおよびエッチングにより行うことが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特許第5 5 9 3 2 2 8号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] ここで、熱硬化性樹脂は、樹脂材料が溶け込んだ溶剤を蒸散させる第1の加熱工程（プリベーク）と、樹脂材料を硬化させる第2の加熱工程（キュア）との二段階の工程により硬化する。プリベークおよびキュアのそれぞれの工程において熱硬化性樹脂が収縮して体積が減少するため、基板上の熱硬化性樹脂は、体積減少量を逆算して余分に供給され、十分な厚みが確保される必要がある。

[0007] そのため、内部支柱構造の上部の熱硬化性樹脂だけを除去して、残りの熱硬化性樹脂をレジストマスクとして利用する第1方法の場合、熱硬化性樹脂の厚みに対して内部支柱構造の直径が小さすぎる（微細空間が小さすぎる）と、リソグラフィーの際に内部支柱構造の上部の部分の深さ方向に十分な光を照射できなくなるため、内部支柱構造の上部の部分を内部支柱構造表面まで完全に除去することができなくなる。そのため、熱硬化性樹脂の厚みに対して微細空間の外形寸法（内部支柱構造の直径）が小さい場合には、基板の表面上の熱硬化性樹脂を除去した後で、別途レジストマスクの成膜を行う第2方法を採用する必要性が生じる。

[0008] しかしながら、基板（処理対象物）の表面上の熱硬化性樹脂の除去がキュアの前行われる場合、リング構造（微細空間）内の熱硬化性樹脂がキュアの工程における体積減少によって不足してしまう場合がある。

[0009] 一方、基板（処理対象物）の表面上に形成された熱硬化性樹脂の除去がキュアの後に行われる場合、熱硬化性樹脂が硬化するため、除去が困難になるか、除去できても時間がかかり処理効率が低下する。

[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、この発明の目的は、処理対象物の表面上に形成される熱硬化性樹脂の厚みに比べて小さい外形寸法を有する微細空間に対して、微細空間内の熱硬化性樹脂

の供給不足を抑制しつつ、第2加熱工程の後でも処理対象物の表面上の熱硬化性樹脂を容易に除去することが可能な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細空間内に熱硬化性樹脂を充填する充填方法であって、処理対象物の表面に、微細空間への充填量よりも多い量の熱硬化性樹脂を供給して、微細空間に熱硬化性樹脂を充填する充填工程と、処理対象物を加熱して微細空間に充填された熱硬化性樹脂に含まれる溶剤を蒸発させる第1加熱工程と、第1加熱工程の後、処理対象物の表面に存在する熱硬化性樹脂のうち、微細空間を覆う第1部分を残して他の第2部分を除去する第1除去工程と、第1除去工程の後、処理対象物を加熱して熱硬化性樹脂を硬化させる第2加熱工程と、を備える。なお、「微細空間」とは、主にエッチング処理により処理対象物に形成された $100\mu\text{m}$ 以下の幅を有する微細な溝や $100\mu\text{m}$ 以下の孔径を有する微細な非貫通穴を意味する。処理対象物は、たとえばシリコン基板やガラス基板などの半導体用基板を含む概念である。また、「硬化」とは、物質を硬くすることであり、液体や気体から固体に状態を変化させる固化を含む広い概念である。熱硬化性樹脂の硬化は、たとえば架橋による硬化であってもよいし、縮合による硬化であってもよく、熱硬化性樹脂の硬化をもたらす反応の種類は特に限定されない。

[0012] この発明による充填方法では、上記のように、熱硬化性樹脂に含まれる溶剤を蒸発させる第1加熱工程の後、処理対象物の表面に存在する熱硬化性樹脂のうち、微細空間を覆う第1部分を残して他の第2部分を除去する第1除去工程を設け、第1除去工程の後に、熱硬化性樹脂を硬化させる第2加熱工程を行う。これにより、処理対象物の表面で微細空間を覆う第1部分を残して第2加熱工程（キュア）を行うことができるので、微細空間内の熱硬化性樹脂の体積減少に伴って、第1部分の熱硬化性樹脂を微細空間内に引き込み補充することができる。その結果、微細空間内の熱硬化性樹脂の供給不足を抑制することができる。また、第1部分以外の他の第2部分を処理対象物の

表面から除去した状態で第2加熱工程を行うことができるので、第2加熱工程の後では、処理対象物の表面に硬化した熱硬化性樹脂が有る領域と無い領域とができる。そのため、処理対象物の表面の全面に硬化した熱硬化性樹脂が形成される場合と比べて、熱硬化性樹脂を容易に除去することができる。これらの結果、処理対象物の表面上に形成される熱硬化性樹脂の厚みに比べて小さい外形寸法を有し、熱硬化性樹脂をレジストマスクとして利用できないような微細空間に対して、微細空間内の熱硬化性樹脂の供給不足を抑制しつつ、第2加熱工程の後でも処理対象物の表面上の熱硬化性樹脂を容易に除去することができる。

[0013] 上記発明による充填方法において、好ましくは、第1除去工程は、感光性を有する熱硬化性樹脂の第1部分または第2部分に光を照射する露光工程と、露光工程の後、熱硬化性樹脂の第2部分を現像液により除去する現像工程と、を含む。なお、第1部分に光を照射する構成は、非感光部（第2部分）が現像液により除去されるネガ型の除去工程となり、第2部分に光を照射する構成は、感光部（第2部分）が現像液により除去されるポジ型の除去工程となる。このように構成すれば、容易かつ精度よく、処理対象物の表面から第1部分を残しつつ第2部分を除去することができる。また、微細空間上の局所領域に光を照射する場合と異なり、微細空間を覆う広い領域（または第1部分の周辺の広い領域）を露光させるので、熱硬化性樹脂の膜厚が大きい場合にも、確実に露光を行うことができる。また、第1加熱工程の後で第1除去工程が行われるので、露光工程に先立って、第1加熱工程によって熱硬化性樹脂を仮固化（仮硬化）しておくことができる。

[0014] 上記発明による充填方法において、好ましくは、第2加熱工程の後、第1部分を含む処理対象物の表面において存在する熱硬化性樹脂を物理的に除去する第2除去工程をさらに備える。このように構成すれば、第2部分の除去によって処理対象物の表面に僅かに熱硬化性樹脂が残るだけの状態にすることができるので、たとえば超音波振動の付与やブラシのような除去部材による外力付与を行うだけの物理的な除去によって、容易に、第2加熱工程の後

で処理対象物の表面に残存する硬化した熱硬化性樹脂を除去することができる。

[0015] 上記発明による充填方法において、好ましくは、微細空間は、平面視において柱状部分を取り囲む円環形状を有し、熱硬化性樹脂の第1部分の厚みは、柱状部分の外径よりも大きい。このように柱状部分の外径に比べて熱硬化性樹脂の第1部分の厚みが大きい場合には、柱状部分上の熱硬化性樹脂のみに対して十分な露光を行うことが困難となるため、熱硬化性樹脂をレジストマスクとして利用することができない。本発明では、このような場合、処理対象物の表面上の熱硬化性樹脂の不要部分を選択して容易に除去することができる。

[0016] 上記発明による充填方法において、好ましくは、第1部分は、平面視において、微細空間の面積よりも大きい面積を有する。このように構成すれば、第1部分として十分な量（体積）の熱硬化性樹脂を確保することができるので、第2加熱工程の後に処理対象物の表面に残存する熱硬化性樹脂を低減しつつ、微細空間内の熱硬化性樹脂の体積減少に伴う熱硬化性樹脂の補充に必要な量を十分に確保することができる。

[0017] 上記発明による充填方法において、好ましくは、第1部分は、微細空間の体積と熱硬化性樹脂の体積収縮率とに基づく微細空間内の樹脂減少量に応じた体積を有する。このように構成すれば、第2加熱工程による微細空間内の樹脂減少量を補充するのに必要な量（体積）の熱硬化性樹脂を第1部分に確保しつつ、第1部分の体積を必要最小限に抑制することができる。その結果、微細空間内の熱硬化性樹脂の供給不足を防止し、かつ、処理対象物の表面上の熱硬化性樹脂を極力削減して、より一層除去を容易化することができるようになる。

[0018] 上記発明による充填方法において、好ましくは、第1除去工程において、隣り合う微細空間を覆う第1部分同士が互いに分離されるように、処理対象物の表面の第2部分を除去する。ここで、複数の微細空間が近距離で隣り合うような場合に、それぞれの第1部分同士がつながっていると、熱硬化性樹

脂の体積減少に伴ってそれぞれの微細空間内に引き込まれて補充される熱硬化性樹脂の量が偏る可能性が生じる。これに対して、隣り合う微細空間を覆う第1部分同士が互いに分離される本発明によれば、個々の微細空間に対する樹脂補充量が第1部分によって個別に確保されるので、微細空間内の熱硬化性樹脂の供給不足をより確実に抑制することができる。

[0019] 上記発明による充填方法において、好ましくは、平面視において、第1部分の中心は、微細空間の中心と略一致する。このように構成すれば、第1部分の熱硬化性樹脂が微細空間内に補充される際に、位置によって補充量に偏りが生じることを抑制することができる。

[0020] 上記発明による充填方法において、好ましくは、第1部分は、平面視で微細空間の外縁と略平行な外縁部を有する。このように構成すれば、たとえば円形状の微細空間に対して概ね同心円となるように第1部分を残せば、微細空間の外縁から第1部分の外縁部までの距離を微細空間の位置によらずに概ね一定にすることができる。これにより、第1部分の熱硬化性樹脂が微細空間内に補充される際に、補充量に偏りが生じることを抑制することができる。

[0021] 上記発明による充填方法において、好ましくは、第1部分は、平面視で角部を有する。このように構成すれば、たとえば角部を有する矩形状の第1部分を残せば、円形状の第1部分と比較して面積を確保しやすく、微細空間内への熱硬化性樹脂の補充量を容易に確保することができる。また、第2加熱工程の後で処理対象物の表面に残存する硬化した熱硬化性樹脂を除去する場合に、角部が存在することによって、硬化した熱硬化性樹脂に外力を付与しやすくなるので、処理対象物の表面に残存する熱硬化性樹脂の除去を容易化することができる。

発明の効果

[0022] 本発明によれば、上記のように、処理対象物の表面上に形成される熱硬化性樹脂の厚みに比べて小さい外形寸法を有する微細空間に対して、微細空間内の熱硬化性樹脂の供給不足を抑制しつつ、第2加熱工程の後でも処理対象

物の表面上の熱硬化性樹脂を容易に除去することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本実施形態による充填方法により熱硬化性樹脂が充填されたウェハを模式的に示した断面図（A）および平面図（B）である。

[図2]図1に示したウェハに貫通電極が形成された状態を示した断面図（A）および平面図（B）である。

[図3]ウェハの準備工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図4]熱硬化性樹脂の充填工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図5]プリベーク工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図6]露光工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図7]現像工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図8]焼成工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図9]第2除去工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図10]第1除去工程により形成される熱硬化性樹脂の第1部分を示した平面図（A）および断面図（B）である。

[図11]貫通電極を形成するためのレジストマスクの成膜工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図12]貫通電極を形成するための穴形成工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図13]貫通電極を形成するための金属充填工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図14]貫通電極を形成するための残渣除去工程を説明するためのウェハの断面図および平面図である。

[図15]熱硬化性樹脂の第1部分についての第1変形例を説明するためのウェハの平面図である。

[図16]熱硬化性樹脂の第1部分についての第2変形例を説明するためのウェ

ハの平面図である。

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] まず、図1～図10を参照して、本実施形態による充填方法について説明する。

[0026] 本実施形態による充填方法は、処理対象物に形成された微細空間に熱硬化性樹脂を充填する方法に関する。本実施形態による充填方法は、特に、熱硬化性樹脂を用いて、処理対象物に形成される貫通電極の絶縁層を形成する方法に関する。

[0027] (処理対象物)

図1に示すように、処理対象物は、たとえば、シリコンやガラスなどにより形成されたウェハ1である。ウェハ1は、半導体素子やMEMS (Micro Electro Mechanical Systems) デバイスなどが形成される半導体基板である。本実施形態による充填方法は、ウェハ1に形成された微細空間2に、熱硬化性樹脂3を充填して焼成する。

[0028] ウェハ1は、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（図示せず）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には、エッチング処理などの前工程により、複数の微細空間2が形成されている。たとえば、ウェハ1には、およそ100万個の微細空間2が形成されている。なお、各図は、ウェハ1の一部を拡大して示しており、全体を示したものではない。

[0029] 微細空間2は、ウェハ1の表面1aに開口するように形成されている。微細空間2は、たとえばウェハ1を貫通しない穴部であり、ウェハ1の表面1aに開口すると共に、表面1aとは反対の反対面1bには開口しない。図1に示す微細空間2は、開口2a、内側面2bおよび底部2cを有する環状溝である。微細空間2は、平面視において柱状部分1cを取り囲む円環形状を有する。なお、便宜的に、環状の微細空間2の内側面2bのうち外側の内側

面を外周面と言い、内側の内側面（柱状部分 1 c の外周面）を内周面という。微細空間 2 は、外周面の直径（外周径） D_1 、内周面の直径（内周径） D_2 、を有する円形状に形成されている。微細空間 2 は、厚み方向に直交する水平方向における幅 W 、厚み方向の深さ L_1 を有する。

[0030] 微細空間 2 の外周径 D_1 は、たとえば約 $250\ \mu\text{m}$ 以下であり、好ましくは $10\ \mu\text{m}$ 以下である。微細空間 2 の内周径 D_2 は、たとえば約 $50\ \mu\text{m}$ 以下であり、微細空間 2 の幅 W はたとえば約 $100\ \mu\text{m}$ 以下である。微細空間 2 の内周径 D_2 および幅 W は、外周径 D_1 の範囲内で整合するように決められる。微細空間 2 の厚み方向の深さ L_1 は、微細空間 2 の深さ L_1 と幅 W とのアスペクト比 (L_1/W) が約 2 以上約 20 以下を満たすように、幅 W に応じて決められるのが好ましい。一例として、たとえば内周径 D_2 は約 $3\ \mu\text{m}$ であり、外周径 D_1 は約 $7\ \mu\text{m}$ である。この場合、微細空間 2 の幅 W は約 $2\ \mu\text{m}$ であり、深さ L_1 はたとえば約 $20\ \mu\text{m}$ である（アスペクト比 (L_1/W) = 約 10）。

[0031] 微細空間 2 内には、本実施形態による充填方法によって、熱硬化性樹脂 3 が充填される。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 350°C 以下の処理温度で硬化する樹脂が用いられる。好ましくは、熱硬化性樹脂 3 は、常温より高くかつ約 250°C 以下の処理温度で硬化する樹脂である。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。

[0032] 熱硬化性樹脂 3 は、図 2 に示すように、後工程によって形成される貫通電極 4 の絶縁層として機能する。貫通電極 4 は、たとえば、複数のチップを積み重ねて実装する 3 次元実装における、上下のチップ間での電氣的接続を行

うための電極（シリコン貫通電極）として機能する。

[0033] 貫通電極4は、たとえば鉛フリー半田などの金属材料からなる。貫通電極4に用いる金属材料としては、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。

[0034] 貫通電極4は、直径D3を有する。直径D3は、たとえば微細空間2の内周径D2よりも小さい($D2 > D3$)。一例として、貫通電極4の直径D3は、たとえば約 $2\mu\text{m}$ である。内周径D2=約 $3\mu\text{m}$ に対して直径D3=約 $2\mu\text{m}$ である場合、貫通電極4と熱硬化性樹脂3との間には、ウェハ1の一部としての筒状の周壁部1dが形成される。

[0035] 貫通電極4は、たとえば図1のウェハ1の微細空間2における外径D2の柱状部分1cに、エッチングなどにより穴部5を形成し、穴部5内に金属材料を充填することにより形成される。なお、本実施形態による充填方法は、少なくとも熱硬化性樹脂3を充填すれば足り、穴部5への金属材料の充填工程を含まなくてもよい。

[0036] (充填方法)

本実施形態による充填方法の概要について説明する。本実施形態では、まず、図3に示すように、微細空間2が形成されたウェハ1が準備される。本実施形態による充填方法は、ウェハ1に微細空間2を形成する工程を含んでもよい。微細空間2はたとえばエッチングによりウェハ1に形成され、微細空間2の形成時に成膜されるレジストマスクはウェハ1の表面1aから除去されている。

[0037] 準備されたウェハ1に対して、図4に示す充填工程が行われる。充填工程では、ウェハ1の表面1aに熱硬化性樹脂3を供給して、微細空間2に熱硬化性樹脂3を充填する。ウェハ1の表面1aには、微細空間2への充填量よりも多い量の熱硬化性樹脂3が供給される。熱硬化性樹脂3の供給量は、後述するように熱硬化性樹脂3を硬化させるまでの過程での熱硬化性樹脂3の体積収縮を考慮して決定される。充填される熱硬化性樹脂3は、硬化前の樹

脂材料と溶剤との混合物であり、流動性を有している。

[0038] 充填工程の後に、図5に示すプリベーク工程が行われる。プリベーク工程では、ウェハ1を加熱して、微細空間2に充填された熱硬化性樹脂3に含まれる溶剤を蒸発させる。充填工程によって充填された硬化前の熱硬化性樹脂3から溶剤が蒸発することにより、熱硬化性樹脂3は体積が減少する。プリベーク工程は、特許請求の範囲の「第1加熱工程」の一例である。

[0039] 本実施形態による充填方法では、プリベーク工程の後に、図6および図7に示す第1除去工程が行われる。第1除去工程は、プリベーク工程の後、ウェハ1の表面に存在する熱硬化性樹脂3のうち、微細空間2を覆う第1部分10を残して他の第2部分20を除去する工程である。第1除去工程によって、熱硬化性樹脂3は、微細空間2の内部に充填された部分と、ウェハ1の表面1a上で微細空間2を覆う第1部分10とが残され、ウェハ1の表面1a上で第1部分10の周囲の部分（第2部分20）は取り除かれる（図7参照）。

[0040] 第1除去工程の後、図8に示す焼成工程（キュア）が行われる。焼成工程は、ウェハ1を加熱して熱硬化性樹脂3を硬化させる工程である。焼成工程の加熱温度は、プリベーク工程の加熱温度よりも高い。熱硬化性樹脂3は、焼成工程において加えられた熱によって硬化する。焼成工程は、特許請求の範囲の「第2加熱工程」の一例である。なお、説明の便宜のため、硬化前と硬化後とで熱硬化性樹脂3のハッチングの種類を変更して示している。

[0041] この焼成工程においても、熱硬化性樹脂3は体積が減少する。焼成工程における微細空間2内の熱硬化性樹脂3の体積減少分は、ウェハ1の表面1a上において微細空間2を覆う第1部分10によって補われる。また、第1部分10の熱硬化性樹脂3自体も焼成によって体積が減少する。その結果、焼成工程後に、ウェハ1の表面1a上において微細空間2上または微細空間2の周囲には、硬化済みの熱硬化性樹脂3が僅かに残存するのみとなる。

[0042] 本実施形態では、焼成工程の後、図9に示す第2除去工程が行われる。第2除去工程は、ウェハ1の表面1a上に僅かに残存する硬化済みの熱硬化性

樹脂 3 の残渣を取り除く残渣除去工程である。これにより、図 1 に示したように、微細空間 2 に熱硬化性樹脂 3 が充填されたウェハ 1 が得られる。

[0043] 以下、各工程について詳細に説明する。

[0044] (充填工程)

充填工程 (図 4 参照) は、たとえばスピコートなどにより行うことができる。スピコートでは、ウェハ 1 を回転させながら、熱硬化性樹脂 3 を表面 1 a 上に供給する。一例として、まず、ウェハ 1 を約 500 rpm 以下で低速回転させながら、ウェハ 1 の表面 1 a 側 (Z 1 側) から熱硬化性樹脂 3 をウェハ 1 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、ウェハ 1 の表面 1 a (微細空間 2 の内側面 2 b) に熱硬化性樹脂 3 が所定の膜厚 t_1 で塗布される。

[0045] 充填工程は、スピコートの他、スキージなどの塗布部材 (図示せず) を用いてウェハ 1 の表面 1 a 上に供給した熱硬化性樹脂 3 を塗り拡げる方法や、熱硬化性樹脂 3 の貯留槽にウェハ 1 の表面 1 a を浸す浸漬により充填する方法などが利用可能である。

[0046] 充填工程でウェハ 1 の表面 1 a 上に形成される熱硬化性樹脂 3 の膜厚 t_1 は、プリベーク工程および焼成工程の各工程による熱硬化性樹脂 3 の体積減少を考慮して、十分な膜厚となるように決定される。熱硬化性樹脂 3 の体積減少は、材料により異なるが、プリベーク工程でたとえば約 40%~約 50% の体積減少率となり、焼成工程でたとえば約 15%~約 30% の体積減少率となる。たとえば微細空間 2 の深さ L_1 が $10\mu\text{m}$ 前後の場合、膜厚 t_1 は、約 $5\mu\text{m}$ 以上であり、好ましくは約 $7\mu\text{m}$ 以上である。一例として、膜厚 t_1 は、約 $10\mu\text{m}$ である。体積減少を考慮して、膜厚 t_1 は、微細空間 2 の深さ L_1 の 0.5 倍~1.5 倍が好ましい。

[0047] (プリベーク工程)

プリベーク工程（図5参照）は、たとえば加熱源（ヒーター）40を備えた処理室内でウェハ1を加熱することにより行うことができる。プリベーク工程では、処理室内が所定のプリベーク温度まで加熱され、ウェハ1が処理室内で所定時間の間保持される。プリベーク温度や保持時間などの加熱条件は、熱硬化性樹脂3の種類に応じて設定される。微細空間2内の熱硬化性樹脂3は、プリベーク工程の間に溶剤が蒸発して体積減少し、ウェハ1の表面1aの膜状部分（膜厚 t_1 ）から微細空間2内に流動する。これにより、微細空間2内の熱硬化性樹脂3の体積減少分が補充される。

[0048] プリベーク工程では、たとえば処理室内に不活性ガスを導入し、膜状の熱硬化性樹脂3の表面を加圧することが好ましい。たとえば、処理室内を、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、膜状の熱硬化性樹脂3のうち、処理室内に露出する全表面が加圧された状態となるので、微細空間2内への熱硬化性樹脂3の補充がより確実に行われる。なお、溶剤の蒸発により、ウェハ1の表面1aの膜状部分でも体積が減少する。プリベーク工程の結果、熱硬化性樹脂3の膜厚は、 t_2 ($< t_1$) となる。膜厚 t_2 は、たとえば膜厚 t_1 が約10 μm の場合に約5～6 μm 程度となる。プリベーク工程によって、第1除去工程（露光工程）に先立って、熱硬化性樹脂3が仮固化（仮硬化）される。

[0049] （第1除去工程）

第1除去工程は、たとえばフォトリソグラフィ工程であり、露光工程（図6参照）と現像工程（図7参照）とを含む。この場合、熱硬化性樹脂3は、感光性樹脂材料からなる。露光工程は、感光性を有する熱硬化性樹脂3の第1部分10または第2部分20に光を照射する（感光させる）工程であり、現像工程は、露光工程の後、熱硬化性樹脂3の第2部分20を現像液34により除去する工程である。

[0050] 図6に示す露光工程では、透光性のガラス基板31などに遮光部32が予めパターン形成されたフォトリソマスク30がウェハ1の上側（膜状の熱硬化性樹脂3の上側）に配置される。そして、フォトリソマスク30の上方から、光源

33により紫外線などの光がウェハ1の表面1aに照射される。照射された光が遮光部32によって遮られることにより、ウェハ1の表面1aの熱硬化性樹脂3は、遮光部32に遮光されて感光しない非感光部と、光照射により感光する感光部とが形成される。

[0051] なお、感光性樹脂材料（熱硬化性樹脂3）の種類によって、感光部分が現像液34によって除去されるポジ現像と、非感光部分が現像液34によって除去されて感光部分が残るネガ現像とがある。ポジ現像の場合には、熱硬化性樹脂3の第1部分10を遮光し、第2部分20に光が照射されるように、遮光部32がパターン形成される。ネガ現像の場合には、熱硬化性樹脂3の第2部分20を遮光し、第1部分10に光が照射されるように、遮光部32がパターン形成される。図6は、ネガ現像の例を示しているが、ポジ現像でもよい。

[0052] 露光工程の後、フォトリソマスク30が取り除かれ、図7に示す現像工程において、ウェハ1の表面1a上（熱硬化性樹脂3上）に現像液34が供給される。現像液34は、感光性樹脂材料の種類に応じて適宜選択される。ポジ現像、ネガ現像のいずれの場合でも、現像液34によって熱硬化性樹脂3の第2部分20（破線部）が除去され、第1部分10が残される。

[0053] 〈第1部分〉

図10（A）および（B）に示すように、第1部分10は、ウェハ1の表面1a上において、微細空間2を覆うように形成される。また、好ましくは、第1部分10は、平面視において、微細空間2の面積よりも大きい面積を有する。つまり、第1部分10は、平面視で微細空間2の全体と、微細空間2の周辺部を覆うように形成される。第1部分10は、平面視で微細空間2の全体を覆っている。

[0054] 本実施形態では、第1部分10は、平面視で微細空間2の外縁と略平行な外縁部11を有する。図10において、第1部分10の外縁部11は、全周にわたって微細空間2の外縁（外周側の内側面2b）と概ね平行となっている。すなわち、図10では、第1部分10は、平面視で、円形状（円環形状

）の微細空間 2 と相似形状となっており、円形状に形成されている。平面視において、第 1 部分 10 の外径 D_4 は、微細空間 2 の外周径 D_1 よりも大きい。

[0055] また、本実施形態では、平面視において、第 1 部分 10 の中心 12 は、微細空間 2 の中心 2d と略一致する。つまり、平面視において、第 1 部分 10 の外縁部 11 から微細空間 2 の外縁（内側面 2b）までの距離 L_2 が、中心周りの全周にわたって概ね一定となる。

[0056] 図 10（B）において、第 1 部分 10 は、厚み t_3 を有する。第 1 部分 10 の厚み t_3 は、現像工程後の、膜状の熱硬化性樹脂 3 の膜厚 t_3 （図 7 参照）と略一致する。

[0057] 本実施形態では、第 1 部分 10 は、微細空間 2 の体積と熱硬化性樹脂 3 の体積収縮率とに基づく微細空間 2 内の樹脂減少量に応じた体積を有する。具体的には、第 1 除去工程によって残される第 1 部分 10 の体積は、焼成工程における微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の体積減少量と概ね等しいか僅かに大きくなるように設定される。

[0058] ここで、第 1 部分 10 は、第 1 除去工程後にウェハ 1 の表面 1a 上に残り微細空間 2 を覆う部分である。図 10 の例において、第 1 部分 10 の体積 V_2 は、 $\pi \times (D_4 / 2)^2 \times t_3$ である。微細空間 2 の体積 V_1 は、 $\pi \times \{ (D_1 - D_2) / 2 \}^2 \times L_1$ である。熱硬化性樹脂 3 の焼成工程における体積減少率を K [%] とすれば、焼成工程における微細空間 2 内での樹脂減少量（減少する体積の大きさ）は、 $K \times V_1$ となる。第 1 部分 10 の体積 V_2 は、 $V_2 \geq (K \times V_1)$ となるように決定される。この結果、焼成工程における微細空間 2 内の樹脂減少量を補うことが可能な大きさの第 1 部分 10 がウェハ 1 の表面 1a 上に残される。

[0059] 第 1 部分 10 の体積 V_2 は $(K \times V_1)$ 以上であって、なるべく小さい方が好ましい。第 1 部分 10 の体積 V_2 を $(K \times V_1)$ 以上の必要最小限とすることによって、充填不良の発生を抑制しつつ、焼成工程後におけるウェハ 1 の表面 1a 上の残渣（図 10（B）の破線部参照）の量を極力抑制できる

。

[0060] 本実施形態では、熱硬化性樹脂 3 の第 1 部分 10 の厚み t_3 は、柱状部分 1c の外径 D_2 よりも大きい。第 1 部分 10 の厚み t_3 は、充填工程における熱硬化性樹脂 3 の膜厚 t_1 に依存する。膜厚 t_1 には、成膜上の制約や、体積減少によってウェハ 1 の表面 1a が露出する部分が生じないようにするのに必要な厚みなど、種々の制約がある。そのため、第 1 除去工程としては、厚み t_3 を前提として、第 1 部分 10 が所望の体積 V_2 を有するように、外径 D_4 を調整すればよい。外径 D_4 は、フォトリソマスク 30 の遮光部 32 のパターン形成によって適宜調整可能である。

[0061] なお、図 6（露光工程）に示すように、ウェハ 1 において複数の微細空間 2 が並んで配置される場合、本実施形態では、第 1 除去工程において、隣り合う微細空間 2 を覆う第 1 部分 10 同士が互いに分離されるように、ウェハ 1 の表面 1a の第 2 部分 20 を除去する。すなわち、第 1 除去工程では、第 1 部分 10 は、平面視において第 2 部分 20 に取り囲まれるように形成される。そして、現像工程において、第 1 部分 10 を取り囲む第 2 部分 20 が除去される。この結果、図 7 に示したように、隣り合う微細空間 2 を覆う第 1 部分 10 同士がつながる部分がなく、互いに分離する。

[0062] 〈第 2 部分〉

第 2 部分 20 は、ウェハ 1 の表面 1a 上の熱硬化性樹脂 3 のうち、第 1 除去工程によって除去される部分である。図 6 のネガ現像の場合、遮光部 32 により覆われる部分が第 2 部分 20 であり、ポジ現像の場合、遮光部 32 から露出する部分が第 2 部分となる。第 1 除去工程において、少なくとも第 1 部分 10 の周囲に存在する第 2 部分 20 が除去される。本実施形態では、たとえばウェハ 1 の表面 1a 上の熱硬化性樹脂 3 のうち、第 1 部分 10 以外の部分全部が、第 2 部分 20 として除去される。

[0063] なお、たとえばスピコートによってウェハ 1 の表面 1a 上に熱硬化性樹脂 3 を成膜した場合、ウェハ 1 の外周部で熱硬化性樹脂 3 が表面張力によって盛り上がるエッジビードが形成されたり、ウェハ 1 の反対面 1b 側まで熱

硬化性樹脂 3 が回り込んだりする場合がある。第 1 除去工程では、このような不要な熱硬化性樹脂 3 も除去することが可能である。

[0064] なお、ウェハ 1 の表面 1 a 上の熱硬化性樹脂 3 は、第 1 部分 1 0 と第 2 部分 2 0 とによって構成されている必要はない。たとえば、第 1 除去工程以降の何らかの処理工程でウェハ 1 の表面 1 a 上の熱硬化性樹脂 3 を利用できる場合、第 1 部分 1 0 以外に残しておく部分があってもよい。その場合、第 1 部分 1 0 がウェハ 1 の表面 1 a 上に残る部分とつながっていてもよい。

[0065] 現像工程により第 2 部分 2 0 が除去されると、ウェハ 1 が洗浄され現像液 3 4 が除去される。

[0066] (焼成工程)

図 8 に示した焼成工程 (キュア) は、上記プリベーク工程と同様の構成によって実施可能である。焼成工程では、処理室内が所定のキュア温度まで加熱され、ウェハ 1 が処理室内で所定時間の間保持される。キュア温度や保持時間などの加熱条件は、熱硬化性樹脂 3 の種類に応じて設定される。微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 は、焼成工程の間に反応が進行して硬化する。焼成工程の間にも、微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 は体積減少し、ウェハ 1 の表面 1 a の第 1 部分 1 0 から熱硬化性樹脂 3 が微細空間 2 内に流動することによって、体積減少分が補充される。

[0067] 上述の通り第 1 部分 1 0 の体積 V_2 を適切に設定することにより、焼成工程の後では、ウェハ 1 の表面 1 a 上には、熱硬化性樹脂 3 の残渣 (硬化後の第 1 部分 1 0) が僅かに残るのみとなる。たとえば焼成工程の後の第 1 部分 1 0 の厚みは、 t_4 ($< t_3$) となる。厚み t_4 は、たとえば約 $2\ \mu$ 以下であり、好ましくは $1\ \mu\text{m}$ 以下である。また、第 1 除去工程によって第 1 部分 1 0 の周囲の第 2 部分 2 0 が十分に除去される場合、焼成工程の後では、ウェハ 1 の表面 1 a 上には、微細空間 2 の上部に僅かな熱硬化性樹脂 3 が点在するのみとなる。

[0068] (第 2 除去工程)

本実施形態では、図 9 に示す第 2 除去工程は、第 1 部分 1 0 を含むウェハ

1の表面1aにおいて点在する熱硬化性樹脂3を物理的に除去する工程である。物理的な除去とは、たとえば一般的な研削研磨加工のほか、超音波振動により第1部分10の残渣を除去する方法や、ブラシなどの除去部材50によって第1部分10の残渣を掻き取る方法などが採用できる。第1除去工程によって僅かな第1部分10の残渣が残るだけであるため、ウェハ1の表面1aの全体（全面）に対して残渣除去を行う必要はない。つまり、ウェハ1の表面1a全体の研磨や研削、化学的な処理工程を行う必要はなく、ウェハ1の表面1aに僅かに残る第1部分10の残渣に対して局所的な残渣除去を行うだけで済む。また、ウェハ1の表面1a全体に対して残渣除去を行う場合でも、除去すべき残渣が表面1a上において局所的に存在するだけであるので、熱硬化性樹脂3の残渣は容易に除去される。これにより、図1に示した充填構造が得られる。

[0069] （貫通電極の形成）

次に、本実施形態の充填方法によって熱硬化性樹脂3の充填を行った場合の、後続する貫通電極4の形成について簡単に説明する。

[0070] 図11に示すように、まず、ウェハ1の表面1a上に、レジストマスク41が成膜される。レジストマスク41の膜厚 t_{11} は、微細空間2の中央の柱状部分1cの外径 D_2 よりも小さく、より具体的には、後工程によって形成される貫通電極4の直径 D_3 よりも小さくなるように設定される。これは、穴部5の形成のために、柱状部分1cの上部のレジストマスク41を除去して柱状部分1cを露出させる開口42を形成する必要があるためである。露光・現像処理によってレジストマスク41を除去する場合、膜厚 t_{11} と貫通電極4の直径 D_3 （開口42の直径）とのアスペクト比（ t_{11}/D_3 ）が概ね1以下に限定される。アスペクト比が概ね1よりも大きくなる場合（膜厚 t_{11} が大きすぎる場合）、直径 D_3 の局所範囲に限定して、膜厚 t_{11} のレジストマスク41の最深部まで光が届かせることが困難になるためである。たとえば、直径 D_3 =約 $2\mu\text{m}$ の場合、膜厚 t_{11} は約 $2\mu\text{m}$ 以下に設定される。

[0071] レジストマスク 4 1 が成膜された後、露光・現像処理によって柱状部分 1 c の上部のレジストマスク 4 1 が除去され開口 4 2 が形成される。開口 4 2 は、直径 D 3 を有し、柱状部分 1 c を露出させる。

[0072] 次に、図 1 2 に示すように、エッチングなどにより、露出した柱状部分 1 c の中心に直径 D 3 の穴部 5 を形成する。そして、図 1 3 に示すように、ウェハ 1 の表面 1 a（レジストマスク 4 1 の表面）上に溶融金属 4 a を供給し、穴部 5 内に溶融金属 4 a を充填する。

[0073] 溶融金属 4 a の硬化後、ウェハ 1 の表面 1 a 上に残る金属膜およびレジストマスク 4 1 が除去される。また、溶融金属 4 a の硬化後、機械研磨などによってウェハ 1 の反対面 1 b を金属材料および熱硬化性樹脂 3 が露出するまで除去することにより、図 2 に示した貫通電極 4 が形成される。

[0074] （本実施形態の効果）

本実施形態では、以下のような効果を得ることができる。

[0075] 本実施形態では、上記のように、熱硬化性樹脂 3 に含まれる溶剤を蒸発させるプリベーク工程の後、ウェハ 1 の表面 1 a に存在する熱硬化性樹脂 3 のうち、微細空間 2 を覆う第 1 部分 1 0 を残して他の第 2 部分 2 0 を除去する第 1 除去工程を設け、第 1 除去工程の後に、熱硬化性樹脂 3 を硬化させる焼成工程を行う。これにより、ウェハ 1 の表面 1 a で微細空間 2 を覆う第 1 部分 1 0 を残して焼成工程（キュア）を行うことができるので、微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の体積減少に伴って第 1 部分 1 0 の熱硬化性樹脂 3 を微細空間 2 内に補充することができる。その結果、微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の供給不足を抑制することができる。また、第 1 部分 1 0 以外の他の第 2 部分 2 0 をウェハ 1 の表面 1 a から除去した状態で焼成工程を行うことができるので、焼成工程の後では、ウェハ 1 の表面 1 a に硬化した熱硬化性樹脂 3 が有る領域と無い領域とができる。そのため、ウェハ 1 の表面 1 a の全面に硬化した熱硬化性樹脂 3 が形成される場合と比べて、熱硬化性樹脂 3 を容易に除去することができる。これらの結果、ウェハ 1 の表面 1 a 上に形成される熱硬化性樹脂 3 の厚みに比べて小さい外形寸法（D 1、D 2）を有し、

熱硬化性樹脂 3 をレジストマスク 4 1 として利用できないような微細空間 2 に対して、微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の供給不足を抑制しつつ、焼成工程の後でもウェハ 1 の表面 1 a 上の熱硬化性樹脂 3 を容易に除去することができる。

[0076] また、本実施形態では、上記のように、感光性を有する熱硬化性樹脂 3 の第 1 部分 1 0 または第 2 部分 2 0 に光を照射する露光工程と、露光工程の後、熱硬化性樹脂 3 の第 2 部分 2 0 を現像液 3 4 により除去する現像工程と、を含む第 1 除去工程を行う。これにより、容易かつ精度よく、ウェハ 1 の表面 1 a から第 1 部分 1 0 を残しつつ第 2 部分 2 0 を除去することができる。また、微細空間 2 上の局所領域（柱状部分 1 c）に光を照射する場合と異なり、微細空間 2 を覆う第 1 部分 1 0 を含む領域（または第 1 部分 1 0 の周辺領域）を露光させるので、熱硬化性樹脂 3 の膜厚 t_2 が大きい場合にも、確実に露光を行うことができる。また、プリベーク工程の後で第 1 除去工程が行われるので、露光工程に先立って、プリベーク工程によって熱硬化性樹脂 3 を仮固化（仮硬化）しておくことができる。

[0077] また、本実施形態では、上記のように、焼成工程の後、第 1 部分 1 0 を含むウェハ 1 の表面 1 a において存在する熱硬化性樹脂 3 を物理的に除去する第 2 除去工程をさらに行う。これにより、第 2 部分 2 0 の除去によってウェハ 1 の表面 1 a に僅かに熱硬化性樹脂 3 が残るだけの状態にすることができるので、超音波振動の付与やブラシのような除去部材 5 0 による外力付与を行うだけの簡単な物理的な除去によって、容易に、焼成工程の後でウェハ 1 の表面 1 a に残存する硬化した熱硬化性樹脂 3 を除去することができる。

[0078] また、本実施形態の充填方法は、上記のように、熱硬化性樹脂 3 の第 1 部分 1 0 の厚み t_3 が、柱状部分 1 c の外径 D_2 よりも大きい場合（プリベーク工程後の熱硬化性樹脂 3 をレジストマスク 4 1 として利用するのが困難な場合）において、特に有用である。すなわち、このように柱状部分 1 c の外径 D_2 に比べて熱硬化性樹脂 3 の第 1 部分 1 0 の厚み t_3 が大きい場合（アスペクト比 t_3/D_3 が 1 よりも大きくなる場合）には、柱状部分 1 c 上の

熱硬化性樹脂 3 のみに対して十分な露光を行うことが困難となるため、熱硬化性樹脂 3 をレジストマスク 4 1 として利用することができない。本実施形態では、このような場合に、ウェハ 1 の表面 1 a 上の熱硬化性樹脂 3 の不要部分を選択して容易に除去することができる。

[0079] プリベーク工程後の熱硬化性樹脂 3 の膜厚 t_2 (図 5 参照) が、柱状部分 1 c の外径 D_2 よりも小さい場合、焼成工程 (キュア) における体積減少量を賄うだけの熱硬化性樹脂 3 をウェハ 1 の表面 1 a 上に確保することが困難となる。そのため、焼成工程 (キュア) における体積減少量を賄うためには、ある程度の膜厚 t_2 が必要となる。その結果、柱状部分 1 c の外径 D_2 が小さく (貫通電極 4 の直径 D_3 が小さく) なる場合には、熱硬化性樹脂 3 の膜厚 t_2 を柱状部分 1 c の外径 D_2 以下とすることは困難となる。このような場合、プリベーク工程後の熱硬化性樹脂 3 を図 1 1 に示したレジストマスク 4 1 として利用することは困難であり、柱状部分 1 c に貫通電極 4 用の穴部 5 を形成する際には別途レジストマスク 4 1 を成膜することが必要となる。

[0080] このような場合に、第 2 部分 2 0 を除去することなく焼成工程 (キュア) を行う場合、充填不良は抑制できるものの、硬化済みの熱硬化性樹脂 3 がウェハ 1 の表面 1 a 上を全体にわたって覆うこととなる。熱硬化性樹脂 3 は、硬化すると除去するのが困難となり、たとえば研磨を行ってもウェハ 1 を削ることなく表面 1 a 上の熱硬化性樹脂 3 のみを除去することは困難である。これに対して、本実施形態では、充填不良を抑制可能な最低限の熱硬化性樹脂 3 のみを第 1 部分 1 0 として残し、第 2 部分 2 0 を除去することができるので、焼成工程 (キュア) を行った後の硬化後の熱硬化性樹脂 3 (硬化後の第 1 部分 1 0) を容易に除去することができる。

[0081] また、本実施形態では、上記のように、第 1 部分 1 0 を、平面視において、微細空間 2 の面積よりも大きい面積を有するように形成する。これにより、第 1 部分 1 0 として十分な量 (体積) の熱硬化性樹脂 3 を確保することができる。その結果、焼成工程の後にウェハ 1 の表面 1 a に残存する熱硬化性

樹脂 3 を低減しつつ、微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の体積減少に伴う熱硬化性樹脂 3 の補充に必要な量を十分に確保することができる。

[0082] また、本実施形態では、上記のように、第 1 部分 10 を、微細空間 2 の体積 V_1 と熱硬化性樹脂 3 の体積収縮率とに基づく微細空間 2 内の樹脂減少量 $(K \times V_1)$ に応じた体積 V_2 を有するように形成する。これにより、焼成工程による微細空間 2 内の樹脂減少量を補充するのに必要な量（体積）の熱硬化性樹脂 3 を第 1 部分 10 に確保しつつ、第 1 部分 10 の体積 V_2 を必要最小限に抑制することができる。その結果、微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の供給不足を防止し、かつ、ウェハ 1 の表面 1a 上の熱硬化性樹脂 3 を極力削減して、より一層除去を容易化することができるようになる。

[0083] また、本実施形態では、上記のように、第 1 除去工程において、隣り合う微細空間 2 を覆う第 1 部分 10 同士が互いに分離されるように、ウェハ 1 の表面 1a の第 2 部分 20 を除去する。これにより、隣り合う第 1 部分 10 同士がつながっている場合と異なり、個々の微細空間 2 に対する樹脂補充量が第 1 部分 10 によって個別に確保されるので、微細空間 2 内の熱硬化性樹脂 3 の供給不足をより確実に抑制することができる。

[0084] また、本実施形態では、上記のように、平面視において、第 1 部分 10 の中心を、微細空間 2 の中心と略一致させる。これにより、第 1 部分 10 の熱硬化性樹脂 3 が微細空間 2 内に補充される際に、位置によって補充量に偏りが生じることを抑制することができる。

[0085] また、本実施形態では、上記のように、第 1 部分 10 に、平面視で微細空間 2 の外縁と略平行な外縁部 11 を設ける。これにより、円形状の微細空間 2 に対して概ね同心円となるように第 1 部分 10 を残すことにより、微細空間 2 の外縁（内側面 2b）から第 1 部分 10 の外縁部 11 までの距離 L_2 を微細空間 2 の位置によらずに概ね一定にすることができる。これにより、第 1 部分 10 の熱硬化性樹脂 3 が微細空間 2 内に補充される際に、補充量に偏りが生じることを抑制することができる。

[0086] [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。

[0087] たとえば、上記実施形態では、平面視で、円形状（円環形状）の微細空間 2 に対して、相似形状（円形状）の第 1 部分 10 を形成する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、平面視で、第 1 部分 10 が微細空間 2 とは異なる（相似でない）形状を有してもよい。

[0088] 具体的には、図 15 に示す第 1 変形例の第 1 部分 110 は、平面視で矩形状を有する。矩形状の第 1 部分 110 は、2 点鎖線で示した円形状の第 1 部分 10 と比較して、面積（体積）を確保しやすい点に利点がある。すなわち、図 15 のように隣接する微細空間 2 の間のピッチ p が小さい場合などには、配列方向に沿う辺を含む矩形状に第 1 部分 10 を形成することによって、隣接する第 1 部分 10 同士がつながることなく、十分な面積（体積）を確保することができる。図 15 は、隣接する第 1 部分 10 同士がつながってしまう場合でも、同一面積の矩形状の第 1 部分 110 を形成することにより、間隔 C_L を隔てて第 1 部分 110 同士を離間させることが可能となる例を示している。

[0089] 図 16 に示す第 2 変形例の第 1 部分 210 は、平面視で概ね円形状であるが、一部に角部 115 を有する。第 1 変形例の第 1 部分 110 や第 2 変形例の第 1 部分 210 のように、第 1 部分に、平面視で角部 115 を設けてもよい。このように構成すれば、円形状の第 1 部分 10 と比較して面積を確保しやすく、微細空間 2 内への熱硬化性樹脂 3 の補充量を容易に確保することができる。また、焼成工程（キュア）の後でウェハ 1 の表面 1a に残存する硬化した熱硬化性樹脂 3 を除去する場合に、角部 115 が存在することによって、硬化した熱硬化性樹脂 3 に外力を付与しやすくなるので、ウェハ 1 の表面 1a に残存する熱硬化性樹脂 3 の除去を容易化することができる。

[0090] なお、上記実施形態では、平面視で、円形状（円環形状）の微細空間 2 の

例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、微細空間は、平面視で、矩形状やその他の多角形状、楕円形状などであってもよい。

[0091] また、上記実施形態では、第1除去工程が露光工程と現像工程とを含む例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、ウェハ1の表面1a上の熱硬化性樹脂3のうち、第2部分20を除去して第1部分10を残すことが可能であれば、どのような方法で第1除去工程を実施してもよい。露光・現像を行わない場合には、熱硬化性樹脂3に感光性材料を用いる必要はない。

[0092] また、上記実施形態では、焼成工程（キュア）の後、ウェハ1の表面1aにおいて存在する熱硬化性樹脂3（第1部分10の残渣）を物理的に除去する第2除去工程を実施する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、焼成後の第1部分10の残渣を化学的に除去してもよい。

[0093] また、上記実施形態では、微細空間2の体積V1と熱硬化性樹脂3の体積収縮率Kとに基づく微細空間2内の樹脂減少量に応じて、第1部分10の体積V2を最小限に設定する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、第1部分10の体積V2を樹脂減少量よりも十分に大きくなるように設定してもよい。ただし、第1部分10の体積V2を抑制するほど、焼成工程後のウェハ1の表面1a上からの除去が容易となるので、ばらつきなども考慮した上で体積V2が必要最小限に近くなるように設定されることが好ましい。

[0094] また、上記実施形態では、隣り合う第1部分10同士が互いに分離されるように、ウェハ1の表面1aの第2部分20を除去する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、隣り合う第1部分10同士が互いに連続していてもよい。

[0095] また、上記実施形態では、平面視において、第1部分10の中心12が微細空間2の中心2dと略一致する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、第1部分10の中心12と微細空間2の中心2dとがずれていてもよい。

[0096] また、上記実施形態では、第 1 部分 1 0 が平面視で微細空間 2 の外縁と略平行な外縁部 1 1 を有する例を示したが、本発明はこれに限られない。本発明では、図 1 5 の第 1 変形例において示したように、第 1 部分 1 1 0 の外縁部 1 1 が平面視で微細空間 2 の外縁（内側面 2 b）と平行にならなくてもよい。

符号の説明

- [0097] 1 ウェハ（処理対象物）
- 1 a 表面
- 1 c 柱状部分
- 2 微細空間
- 2 d 微細空間の中心
- 3 熱硬化性樹脂
- 1 0、1 1 0、2 1 0 第 1 部分
- 1 1 外縁部
- 1 2 第 1 部分の中心
- 2 0 第 2 部分
- 3 4 現像液
- 1 1 5 角部

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細空間内に熱硬化性樹脂を充填する充填方法であって、
- 前記処理対象物の表面に、前記微細空間への充填量よりも多い量の前記熱硬化性樹脂を供給して、前記微細空間に前記熱硬化性樹脂を充填する充填工程と、
- 前記処理対象物を加熱して前記微細空間に充填された前記熱硬化性樹脂に含まれる溶剤を蒸発させる第1加熱工程と、
- 前記第1加熱工程の後、前記処理対象物の表面に存在する前記熱硬化性樹脂のうち、前記微細空間を覆う第1部分を残して他の第2部分を除去する第1除去工程と、
- 前記第1除去工程の後、前記処理対象物を加熱して前記熱硬化性樹脂を硬化させる第2加熱工程と、を備える、充填方法。
- [請求項2] 前記第1除去工程は、
- 感光性を有する前記熱硬化性樹脂の前記第1部分または前記第2部分に光を照射する露光工程と、
- 前記露光工程の後、前記熱硬化性樹脂の前記第2部分を現像液により除去する現像工程と、を含む、請求項1に記載の充填方法。
- [請求項3] 前記第2加熱工程の後、前記第1部分を含む前記処理対象物の表面において存在する前記熱硬化性樹脂を物理的に除去する第2除去工程をさらに備える、請求項1または2に記載の充填方法。
- [請求項4] 前記微細空間は、平面視において柱状部分を取り囲む円環形状を有し、
- 前記熱硬化性樹脂の前記第1部分の厚みは、前記柱状部分の外径よりも大きい、請求項1～3のいずれか1項に記載の充填方法。
- [請求項5] 前記第1部分は、平面視において、前記微細空間の面積よりも大きい面積を有する、請求項1～4のいずれか1項に記載の充填方法。
- [請求項6] 前記第1部分は、前記微細空間の体積と前記熱硬化性樹脂の体積収

縮率とに基づく前記微細空間内の樹脂減少量に応じた体積を有する、請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の充填方法。

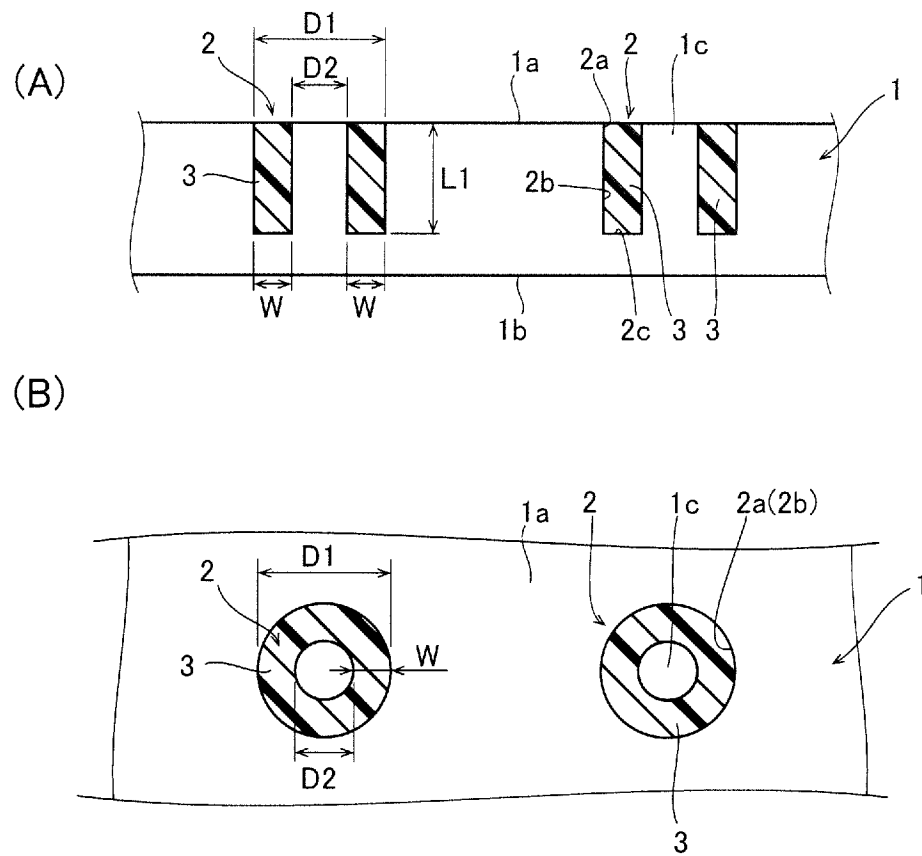
[請求項7] 前記第 1 除去工程において、隣り合う前記微細空間を覆う前記第 1 部分同士が互いに分離されるように、前記処理対象物の表面の前記第 2 部分を除去する、請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の充填方法。

[請求項8] 平面視において、前記第 1 部分の中心は、前記微細空間の中心と一致する、請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の充填方法。

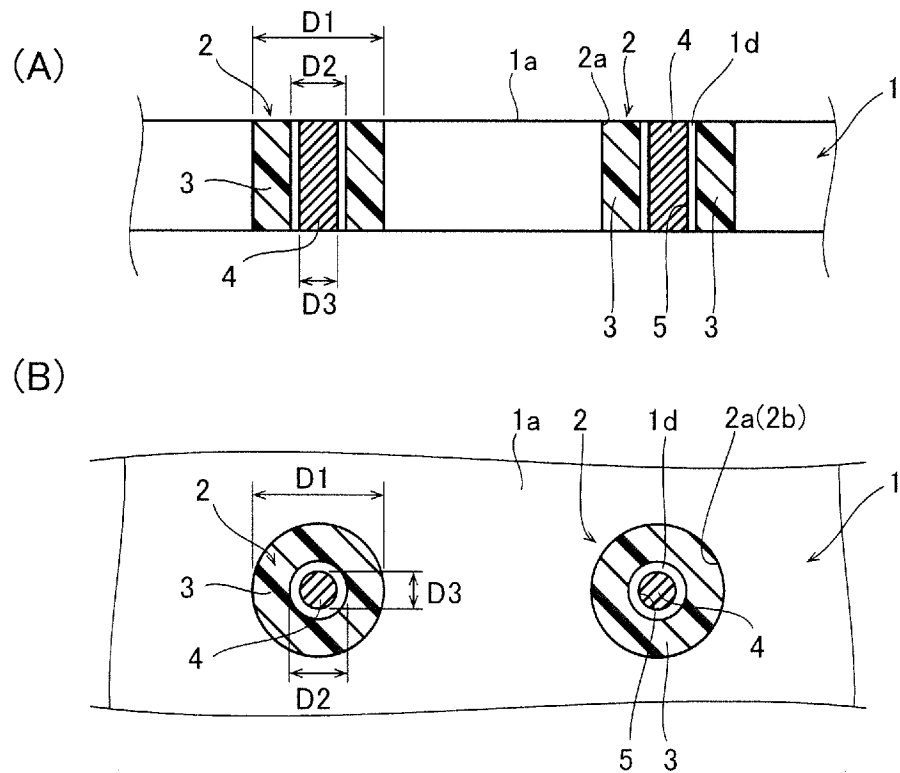
[請求項9] 前記第 1 部分は、平面視で前記微細空間の外縁と略平行な外縁部を有する、請求項 1 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の充填方法。

[請求項10] 前記第 1 部分は、平面視で角部を有する、請求項 1 ～ 9 のいずれか 1 項に記載の充填方法。

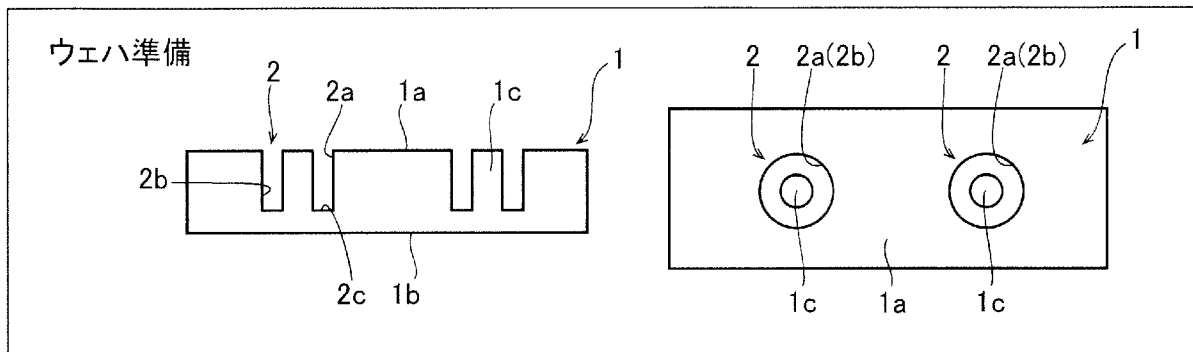
[図1]



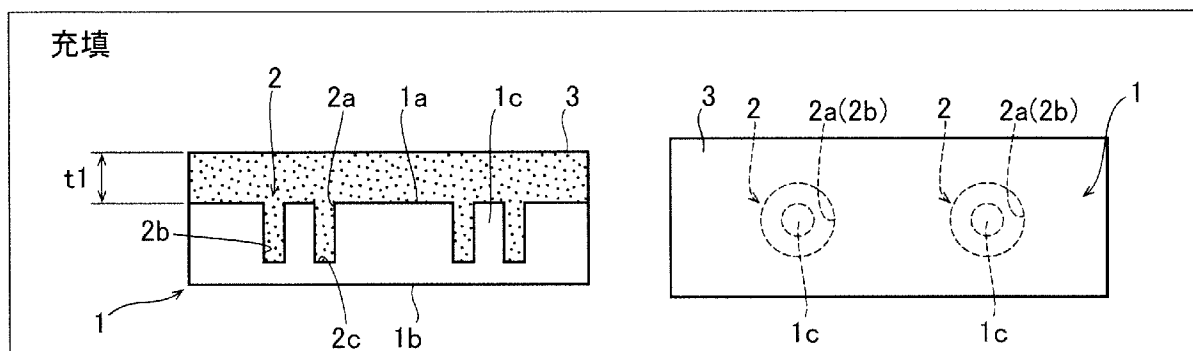
[図2]



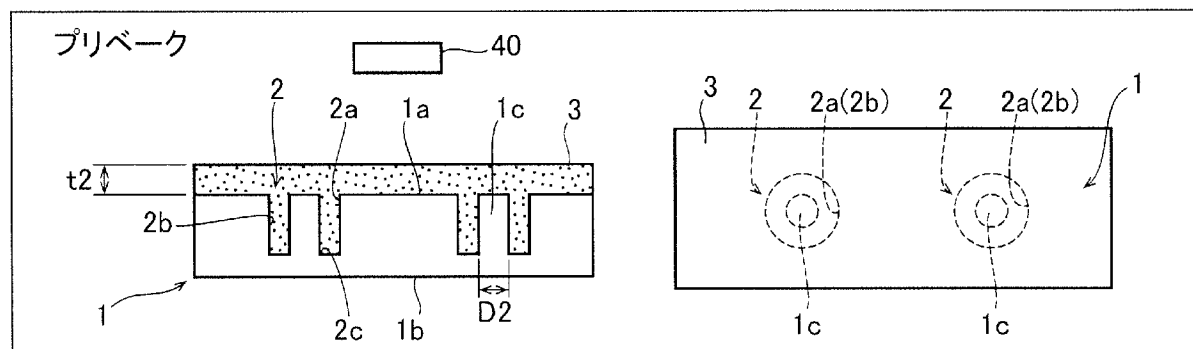
[図3]



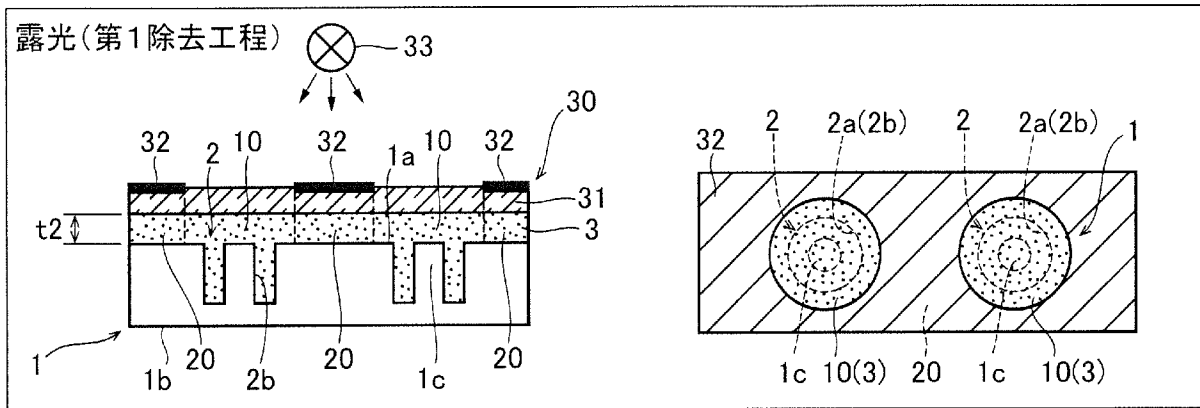
[図4]



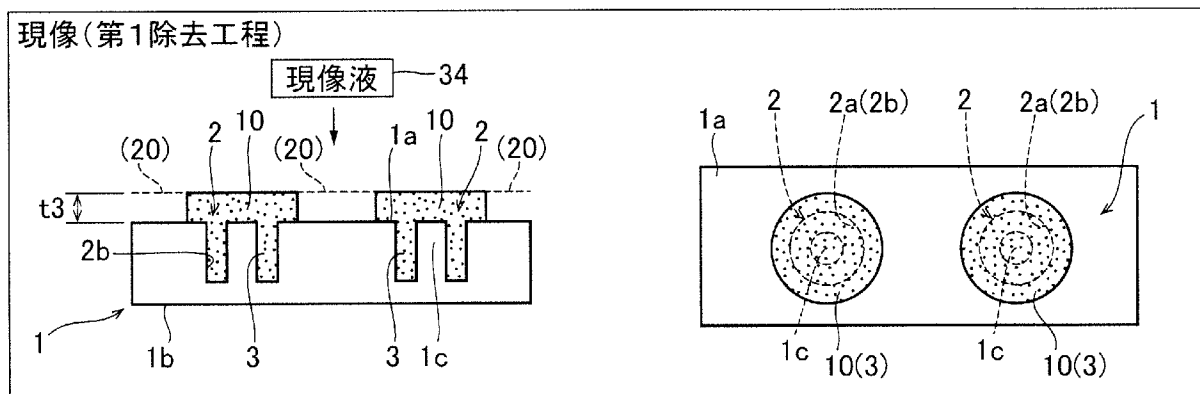
[図5]



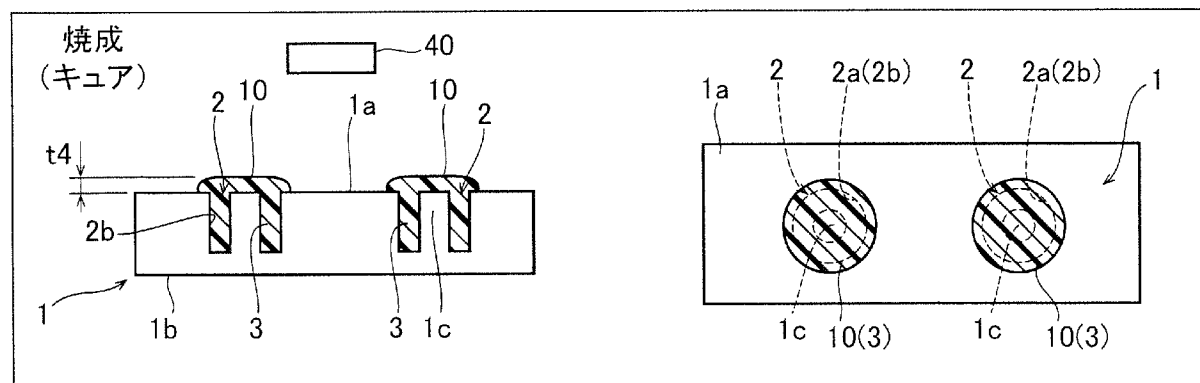
[図6]



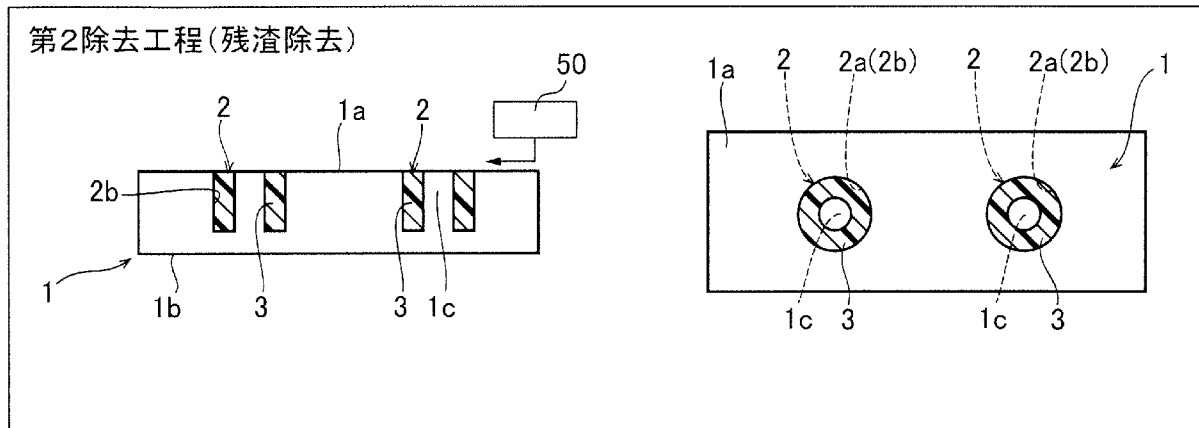
[図7]



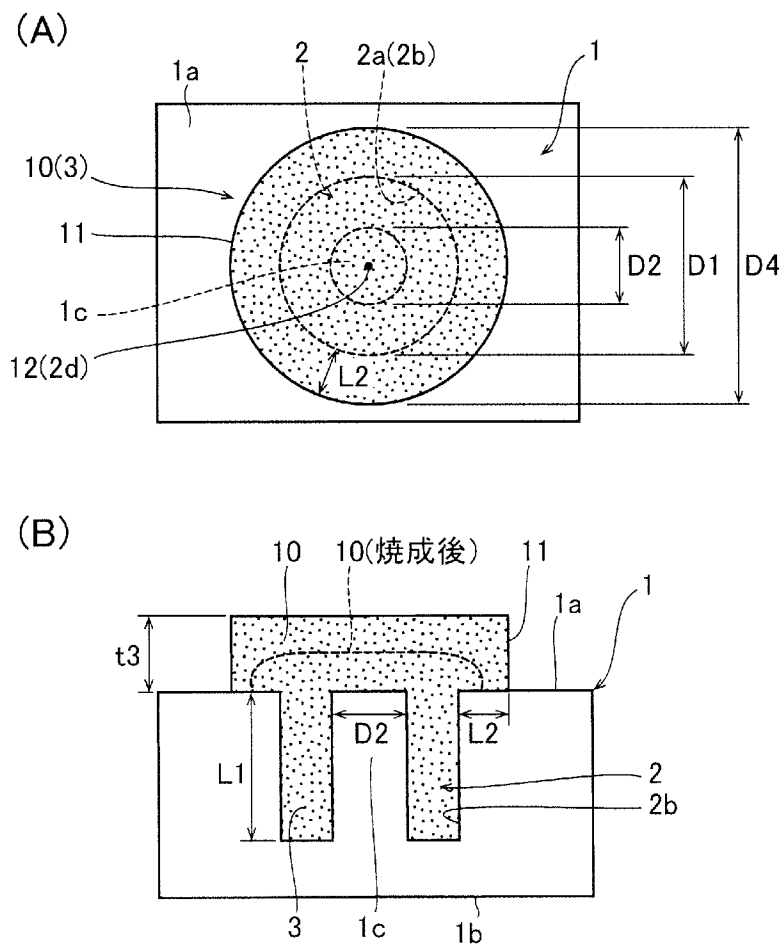
[図8]



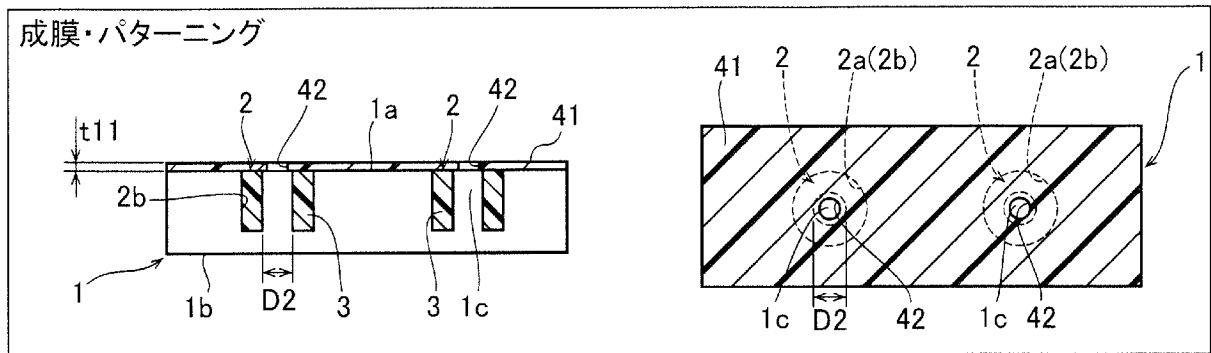
[図9]



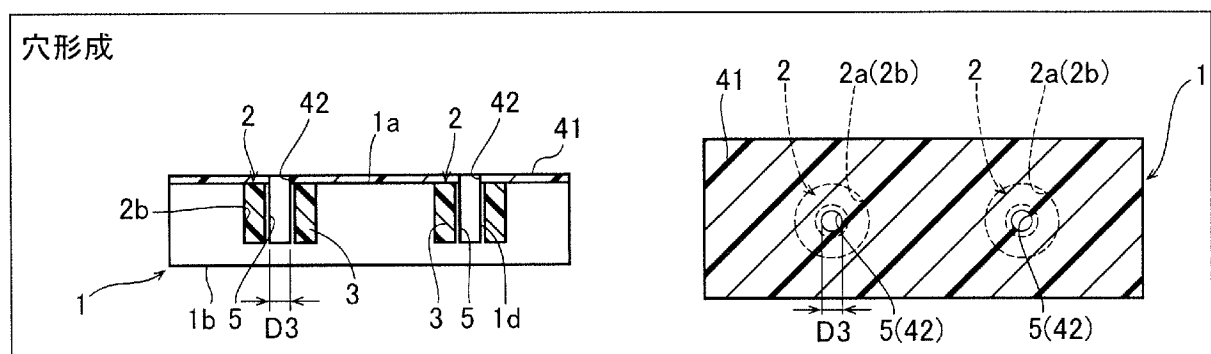
[図10]



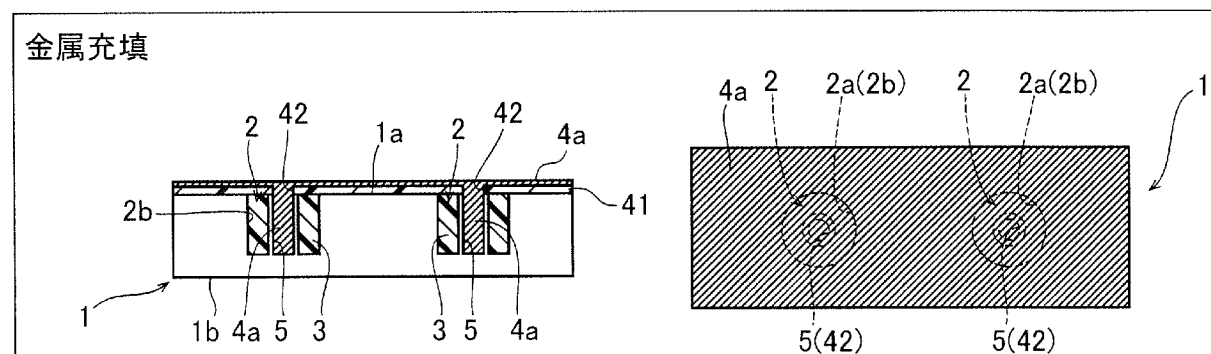
[図11]



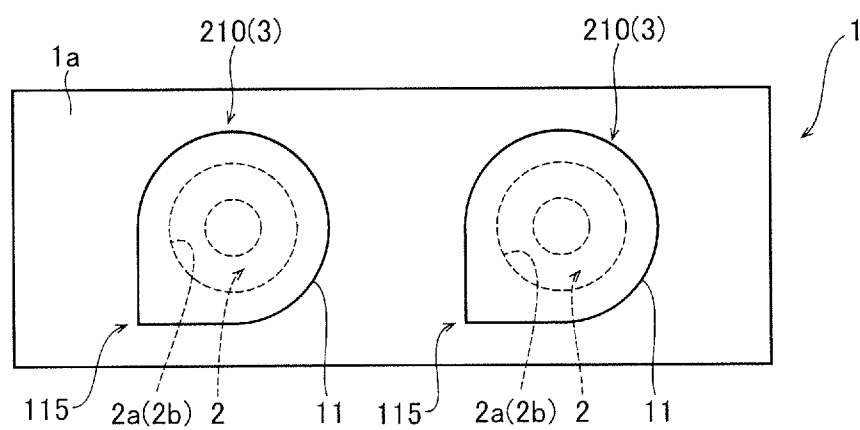
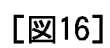
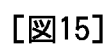
[図12]



[図13]



残渣除去



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/010469

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/3205(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, 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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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	JP 2012-015201 A (Advantest Corp.), 19 January 2012 (19.01.2012), paragraphs [0007] to [0031]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-9 10
Y	JP 2012-028801 A (Cufer Asset Ltd. L.L.C.), 09 February 2012 (09.02.2012), paragraph [0093]; fig. 37 & US 2006/0278331 A1 paragraph [0201]; fig. 37 & WO 2008/122889 A2 & KR 10-2008-0031183 A & CN 101796636 A	10
A	JP 2012-015209 A (Advantest Corp.), 19 January 2012 (19.01.2012), entire text (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
24 April 2017 (24.04.17)

Date of mailing of the international search report
09 May 2017 (09.05.17)

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/JP2017/010469

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 2008-300782 A (Shinko Electric Industries Co., Ltd.), 11 December 2008 (11.12.2008), entire text & US 2008/0299768 A1 & EP 2001274 A2 & CN 101320695 A & KR 10-2008-0106844 A & TW 200850096 A	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L21/3205(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（IPC））

Int.Cl. H01L21/3205, 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	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017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 Y	JP 2012-015201 A（株式会社アドバンテスト）2012.01.19, 段落 [0007]-[0031], 図 1-4（ファミリーなし）	1-9 10
Y	JP 2012-028801 A（キューファー アセット リミテッド.エル.エ ル.シー）2012.02.09, 段落[0093], 図 37 & US 2006/0278331 A1, 段 落[0201], 図 37 & WO 2008/122889 A2 & KR 10-2008-0031183 A & CN 101796636 A	10

☒ 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	「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
「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	「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
「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）	「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
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」 同一パテントファミリー文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日

24.04.2017

国際調査報告の発送日

09.05.2017

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）

佐藤 靖史

50

5895

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 2012-015209 A (株式会社アドバンテスト) 2012.01.19, 全文 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 2008-300782 A (新光電気工業株式会社) 2008.12.11, 全文 & US 2008/0299768 A1 & EP 2001274 A2 & CN 101320695 A & KR 10-2008-0106844 A & TW 200850096 A	1-10