

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2015年1月8日(08.01.2015)



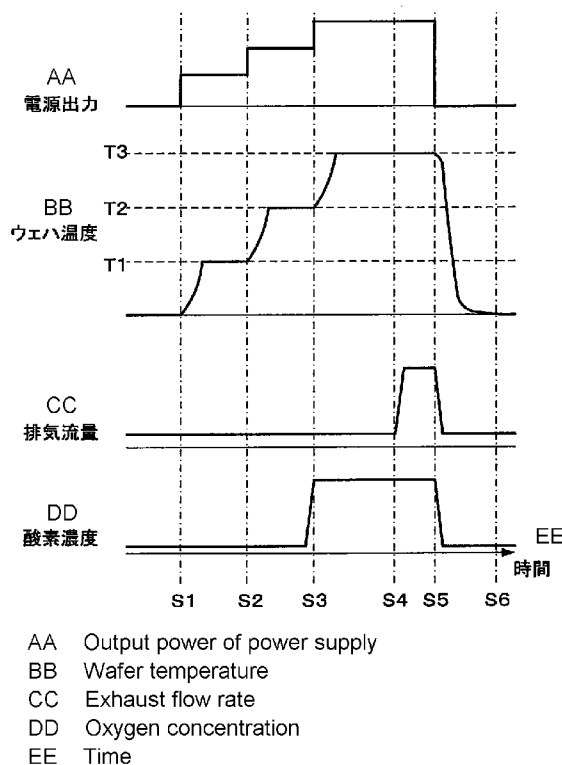
(10) 国際公開番号
WO 2015/001936 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) *H01L 21/3065* (2006.01)
B05C 9/14 (2006.01) *H05B 3/10* (2006.01)
G03F 7/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/065576
- (22) 国際出願日: 2014年6月12日(12.06.2014)
- (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 2013-141295 2013年7月5日(05.07.2013) JP
- (71) 出願人: 東京エレクトロン株式会社(TOKYO ELECTRON LIMITED) [JP/JP]; 〒1076325 東京都港区赤坂五丁目3番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 上田 健一(UEDA, Kenichi); 〒8611116 熊本県合志市福原1-1 東京エレクトロン九州株式会社内 Kumamoto (JP).
- (74) 代理人: 金本 哲男, 外(KANEMOTO, Tetsuo et al.); 〒1620065 東京都新宿区住吉町1-20 角張ビル はづき国際特許事務所 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, 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, LT, 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, 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

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR FORMING COATING FILM AND COMPUTER STORAGE MEDIUM

(54) 発明の名称: 塗布膜の形成方法及びコンピュータ記憶媒体



(57) Abstract: A method for forming a coating film on a substrate that is provided with an uneven pattern, which comprises: a first heating step for heating a substrate, to which a coating liquid has been applied, at a first temperature that is not less than the volatilization temperature of the solvent of the coating liquid but lower than the glass transition temperature thereof; a second heating step for heating the substrate at a second temperature that is not less than the glass transition temperature of the coating liquid but lower than the crosslinking initiation temperature of the coating liquid; and a third heating step for forming a coating film by heating the substrate at a third temperature that is not less than the crosslinking initiation temperature of the coating liquid but lower than the material decomposition temperature of the coating film. In this connection, the substrate is heated by means of light irradiation.

(57) 要約: 段差を有するパターンが形成された基板に塗布膜を形成する方法であって、塗布液が塗布された基板を、当該塗布液の溶剤の揮発温度以上で且つガラス転移点より低い温度である第1の温度で加熱する第1の加熱工程と、塗布液のガラス転移点以上で且つ前記塗布液の架橋開始温度より低い第2の温度で基板を加熱する第2の加熱工程と、塗布液の架橋開始温度以上で且つ塗布膜の材料分解温度よりも低い第3の温度で基板を加熱して塗布膜を形成する第3の加熱工程と、を有し、基板の加熱は光の照射によって行う。

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, 添付公開書類:
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：塗布膜の形成方法及びコンピュータ記憶媒体

技術分野

[0001] 本発明は、所定のパターンが形成されたことにより段差を有する基板上に塗布膜を形成する方法及びコンピュータ記憶媒体に関する。

本願は、２０１３年７月５日に日本国に出願された特願２０１３－１４１２９５号に基づき、優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 例えば半導体デバイスの製造工程では、例えば半導体ウェハ（以下、「ウェハ」という。）上にレジスト液を塗布してレジスト膜を形成するレジスト塗布処理、当該レジスト膜に所定のパターンを露光する露光処理、露光されたレジスト膜を現像する現像処理などを順次行うフォトリソグラフィー処理が行われ、ウェハ上に所定のレジストパターンが形成される。そして、このレジストパターンをマスクとして、ウェハ上の被処理膜のエッチング処理が行われ、その後レジスト膜の除去処理などが行われて、被処理膜に所定のパターンが形成される。

[0003] 近年、半導体デバイスのさらなる高集積化を図るため、上述した被処理膜のパターンの微細化が求められている。このため、レジストパターンの微細化が進められており、例えばフォトリソグラフィー処理における露光処理の光を短波長化することが進められている。

[0004] レジストパターンのアスペクト比が大きくなるほどレジストのパターン倒れが発生しやすくなる。そのため、パターン倒れを防ぐためには、レジストの膜厚は薄くする必要がある。しかしながら、膜厚の薄いレジストから形成されるレジストパターンは例えばドライエッチングに対する耐性が低く、エッチングの際に消失してしまう恐れがある。

[0005] そこで、パターン倒れを防ぎ、且つマスクとして良好に機能するレジストパターンを形成するために、レジストパターンの下地としてレジスト下層膜

やレジスト中間層膜を形成する方法ことが、例えば特許文献１に開示されている。

[0006] 特許文献１の方法においては、例えばウェハ上にレジスト下層膜を形成し、次いでレジスト下層膜上にレジスト中間層膜を形成する。その後、レジスト中間層膜上にフォトリソレジストをレジスト上層膜として形成する。そして、レジスト上層膜に露光、現像処理を行い、レジスト上層膜によりレジストパターンを形成する。

[0007] その後、このレジストパターンをマスクとしてレジスト中間層膜をエッチングしてパターンをレジスト中間層膜に転写する。次いで、レジスト中間層膜に転写されたパターンをマスクとして、レジスト下層膜をエッチングしてパターンをレジスト下層膜に転写する。これにより、膜厚の薄いレジストであってもエッチング耐性を有するマスクを形成できる。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献１：日本国特開２００７－４７５８０号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] ところで、半導体デバイスの製造工程においては、既に所定のパターンが形成されたウェハ上にさらにエッチングのマスクとしてレジストパターンの形成が行われる。かかる場合においても上述のような、多層の膜を用いたパターン形成方法が用いられる。

[0010] しかしながら、パターン形成後のウェハはパターンに応じた段差を有しているため、そのパターン上にレジスト下層膜を塗布すると、例えば図７に示すように、当該レジスト下層膜４００にもウェハＷ上に形成されたパターン４０１の影響による段差が生じてしまう。そうすると、その後に塗布されるレジスト中間層膜及びレジスト上層膜にも段差が生じ、この段差がレジスト上層膜を露光処理する際にデフォーカスの原因になるという問題が生じてい

る。

[0011] 本発明は、かかる点に鑑みてなされたものであり、段差を有する基板上に塗布液を塗布して塗布膜を形成するにあたり、基板の段差の影響を抑えた段差の少ない塗布膜を形成することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0012] 前記の目的を達成するため、本発明は、段差を有するパターンが形成された基板に塗布膜を形成する方法であって、塗布液が塗布された基板を、当該塗布液の溶剤の揮発温度以上で且つガラス転移点より低い温度である第1の温度で加熱する第1の加熱工程と、前記塗布液のガラス転移点以上で且つ前記塗布液の架橋開始温度より低い第2の温度で前記基板を加熱する第2の加熱工程と、前記塗布液の架橋開始温度以上で且つ前記塗布膜の材料分解温度よりも低い第3の温度で前記基板を加熱して塗布膜を形成する第3の加熱工程と、を有し、前記基板の加熱は、前記基板に光を照射して行う。

[0013] 本発明によれば、先ず第1の温度で加熱することで塗布液中の溶剤を揮発させる。次いで第2の温度で加熱することで塗布液を流動化させ、これにより段差を有する基板上に塗布された塗布液を平坦化する。そして、平坦化後の塗布液を第3の温度で加熱することで、塗布液を架橋反応させて硬化させる。これにより、基板に形成されていたパターンの影響を受けることなく、均一な高さの塗布膜を形成することができる。また、光を照射して加熱処理を行うので、速やかに基板を昇温でき、加熱処理のスループットを向上させることができる。

[0014] 別な観点による本発明は、前記塗布膜の形成方法を基板処理装置によって実行させるように、当該基板処理装置を制御する制御部のコンピュータ上で動作するプログラムを格納した読み取り可能なコンピュータ記憶媒体である。

発明の効果

[0015] 本発明によれば、段差を有する基板上に塗布液を塗布して塗布膜を形成するにあたり、基板の段差の影響を抑えた段差の少ない塗布膜を形成できる。

図面の簡単な説明

[0016] [図1]本実施の形態にかかる基板処理装置の構成の概略を示す縦断面図である。

[図2]発光素子ユニットの構成の概略を示す平面図である。

[図3]熱源の構成の概略を示す平面図である。

[図4]本実施の形態にかかる加熱処理の条件を示すタイムチャートである。

[図5]従来の加熱処理の条件を示すタイムチャートである。

[図6]第2の温度での加熱処理により、レジスト下層膜を平坦化した状態を示す説明図である。

[図7]所定のパターンが形成されたウェハに塗布液を塗布した状態を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0017] 以下、本発明の実施の形態について説明する。図1は、本実施の形態にかかる塗布膜の形成方法を実施する基板処理装置1の構成の概略を示す縦断面図である。なお、本実施の形態に係る基板処理装置1は、例えばウェハWを加熱処理する熱処理装置である。また、本実施の形態において基板処理装置1で処理されるウェハWには、予め所定のパターンを有する膜が形成されている。

[0018] 基板処理装置1は、ウェハWを載置して冷却する冷却板10とウェハWを加熱する熱源11が設けられた処理容器12を有している。処理容器12は、略円筒形状の側壁12a、側壁12aの上端を塞ぐ天板12b、及び側壁12aの下端を塞ぐ底板12cを有している。側壁12aと天板12bとの間、及び側壁12aと底板12cとの間には、それぞれ図示しないシール部材が設けられ、処理容器12は気密に形成されている。

[0019] 冷却板10の下方には、ウェハWを支持する支持ピン20が複数設けられている。支持ピン20は、例えば処理容器12の外部に設けられた昇降機構21に接続されて昇降自在となっている。冷却板10には、支持ピン20が昇降する際に当該冷却板10との干渉を避けるため、貫通孔20aが複数形

成されている。ウェハWは、加熱処理の際に熱源11と間の距離が所定の値となるように、支持ピン20によって持ち上げられる。

[0020] 熱源11は、処理容器12の天板12bの下面に配置されている。熱源11は、複数の発光素子ユニット30により構成されている。各発光素子ユニット30は、支持ピン20に支持されたウェハWに光を照射するように、冷却板10に対向して設けられている。各発光素子ユニット30は、電極31を介して支持部材31aに支持され、支持部材31aは天板12bに支持されている。天板12bの内部には図示しない冷媒管が設けられ、その内部に冷却水を通水することで、発光素子ユニット30の冷却が行なわれる。

[0021] 発光素子ユニット30は、図2に示すように六角状に形成された支持板32を有し、当該支持板32の表面に発光素子33が多数配置されている。発光素子33としては、例えば発光ダイオード(LED)が用いられる。そして、熱源11は、例えば図3に示すように、一つの発光素子ユニット30の六角状の支持板32の辺が互いに隣接するように配置されて構成されている。このような配置構成とすることで、全ての発光素子ユニット30が天板12bに均等に配置される。

[0022] 発光素子33として用いられるLEDとしては、光の波長が紫外～近赤外の範囲、好ましくは360～1000nmの範囲の、例えばGaN(窒化ガリウム)やGaAs(ガリウムヒ素)などの化合物半導体を用いられる。なお、本実施の形態では、加熱対象であるウェハWがシリコン製のウェハであり、シリコンウェハによる吸収率の高い880nm付近の波長を有するGaAs系の材料からなるLEDを用いている。

[0023] 天板12bの上面には、各発光素子ユニット30に電流を供給する電源40が配置されている。電源40は、後述する制御部150に接続されており各発光素子ユニット30へ供給する電流は制御部150により制御される。

[0024] 冷却板10と発光素子ユニット30との間には、発光素子ユニット30からウェハWに向けて照射された光を透過する光透過部材50が、冷却板10の上面と所定の距離だけ離間して配置されている。光透過部材50としては

、例えば石英などが用いられる。光透過部材 50 は、処理容器の側壁 12 a に設けられた支持部材（図示せず）により支持されている。光透過部材 50 の内部には、ガス流路 50 a が形成されている。また、光透過部材 50 の下面には開口が複数形成され、ガス流路 50 a は、この開口に連通している。

[0025] 処理容器 12 には、当該処理容器 12 内に、ガス供給機構 51 から所定の処理ガスを導入する処理ガス供給管 52 と、排気機構 53 に接続された排気管 54 がそれぞれ天板 12 b を貫通して設けられている。

[0026] 処理ガス供給管 52 は、光透過部材 50 の内部に形成されたガス流路 50 a に連通している。そのため、ガス供給機構 51 から導入された処理ガスは、光透過部材 50 の下面からウェハ W の上面に向けて供給される。排気管 54 は、光透過部材 50 の内部に、ガス流路 50 a よりも外周部側に形成された排気流路 50 b に連通している。したがって、ガス供給機構 51 からガス流路 50 a を介して処理容器 12 内に導入された処理ガスは、ウェハ W の中心から外周に向かう方向に流れる気流を形成する。

[0027] 処理ガス供給管 52 には、処理容器 12 内に導入する処理ガスの流量を調節する流量調節機構 55 が設けられている。また、排気管 54 には、処理容器 12 からの排気流量を調節する排気調節機構 56 が設けられている。

[0028] 以上の基板処理装置 1 には、図 1 に示すように制御部 150 が設けられている。制御部 150 は、例えばコンピュータであり、プログラム格納部（図示せず）を有している。プログラム格納部には、基板処理装置 1 におけるウェハ W の処理を制御するプログラムが格納されている。また、プログラム格納部には、上述の電源 40 や昇降機構 21 の動作を制御して、基板処理装置 1 におけるウェハ W の加熱処理を実現させるためのプログラムも格納されている。なお、前記プログラムは、例えばコンピュータ読み取り可能なハードディスク（HD）、フレキシブルディスク（FD）、コンパクトディスク（CD）、マグネットオプティカルディスク（MO）、メモリーカードなどのコンピュータに読み取り可能な記憶媒体に記録されていたものであって、その記憶媒体から制御部 150 にインストールされたものであってもよい。

[0029] 次に、以上のように構成された基板処理装置 1 を用いて行われるウェハ処理、具体的には塗布液が塗布されたウェハWを加熱処理して塗布膜を形成する方法について、図 4 を用いて説明する。図 4 は、基板処理装置 1 における加熱処理条件を示すタイムチャートである。図 4 の横軸は時間、縦軸は電源出力、ウェハWの温度、処理容器 1 2 内の排気流量、酸素濃度を表している。

[0030] 先ず、処理容器 1 2 のシャッタ（図示せず）が開き、ウェハWが処理容器 1 2 の外部に設けられた搬送機構（図示せず）によって支持ピン 2 0 の上方に搬送される。このウェハWには、上述の通り、予め例えばフォトリソグラフィを用いて所定のパターンが形成されており、パターン上にはさらに塗布液が塗布されている。なお、塗布液としては、レジスト下層膜としての有機膜、より具体的にはSOC（Spin On Carbon）膜を形成するための溶液が用いられる。

[0031] 次に、支持ピン 2 0 が上昇し、ウェハWが搬送機構から支持ピン 2 0 に受け渡される。ウェハWが支持ピン 2 0 に受け渡され、搬送機構が処理容器 1 2 から退避すると、次にシャッタが閉じられる。その後、ガス供給機構 5 1 から処理ガスとして酸素ガスが所定の流量で供給される。それと共に、排気機構 5 3 により処理容器 1 2 内が排気される。この際、ガス供給機構 5 1 からの酸素ガスの供給量は、処理容器 1 2 内の酸素濃度が 5 % 以下になるように調節される。

[0032] 次いで、ウェハWと光透過部材 5 0 と間の距離が所定の距離、例えば 1 0 mm になるまで支持ピン 2 0 が上昇する。次に、電源 4 0 から熱源 1 1 の各発光素子ユニットに電流が供給され、熱源 1 1 からウェハWに光が照射される（図 4 の時間 S 1）。この際、電源 4 0 の出力は、熱源 1 1 からの光の照射によりウェハWの温度が第 1 の温度 T 1 に維持されるように調節される。第 1 の温度 T 1 は、塗布液に含まれる溶剤の揮発温度以上である。この第 1 の温度でウェハWを所定の期間（図 4 の時間 S 1 ～ S 2 の間）加熱することで、ウェハWに塗布された塗布液から溶剤が揮発する。第 1 の温度での加熱

時間は、予め行われる試験により溶剤が揮発するまでの時間を求め、当該求められた時間に基づいて設定される。なお、第1の温度 T_1 は、塗布液中の溶剤の揮発温度以上とするだけでなく、塗布液のガラス転移点以下の温度とすることが好ましく、溶剤の揮発温度以上で且つ溶剤の揮発温度を 10°C 以上超えない温度とすることがより好ましい。さらに好ましくは、第1の温度 T_1 の上限は、溶剤の発火点温度を超えない温度である。加熱温度を低く抑えることで、処理容器12内の温度が溶剤の発火点以上となることを防ぐことができる。また、溶剤は常温でも揮発するが、第1の温度 T_1 で加熱することで揮発を促進し、ウェハWの加熱処理のスループットを向上させることができる。

[0033] 第1の温度 T_1 での加熱処理が終了すると、次いで、電源40の出力を増加させ（図4の時間 S_2 ）、ウェハWの温度を第2の温度 T_2 まで上昇させる。なお、第2の温度 T_2 としては、塗布液のガラス転移点温度以上で且つ塗布液の架橋開始温度よりも低い温度である。この第2の温度 T_2 でウェハWを所定の期間（図4の時間 $S_2 \sim S_3$ の間）加熱することで、ウェハWに塗布された塗布液を流動化させ、ウェハWに塗布された塗布液を平坦化する。この塗布液の平坦化について具体的に説明する。

[0034] 多層の膜を用いたパターン形成においては、従来、例えば図5に示するような温度条件でウェハの加熱処理が行われる。即ち、ウェハWを常温から所定の温度 T_a まで昇温し、その温度で一定時間加熱処理を行った後にウェハWを再び常温まで冷却する。この際の所定の温度 T_a は、ウェハWに塗布された塗布液の架橋温度以上の温度である。また、加熱処理の間は、排気流量も一定に保たれ、処理容器内の酸素濃度も例えば空気中の酸素濃度よりも若干低い約18%で一定に保たれる。ところが、図7に示すような、段差が生じた状態の、例えばレジスト下層膜400が形成されたウェハWを図5に示すような条件で加熱処理すると、段差が維持された状態でレジスト下層膜400が架橋反応し、レジスト下層膜400の上層に形成される他の膜にも段差の影響が生じてしまう。

[0035] そこで、本実施の形態では、図4の時間S2～S3の期間においては、ガラス転移点以上で且つ塗布液の架橋開始温度よりも低い温度である第2の温度T2で加熱処理を行う。ガラス転移点以上の温度で加熱することで塗布膜であるレジスト下層膜を流動化させ、段差が生じていたレジスト下層膜を図6に示すように平らにすることで、パターン401の影響を受けることなく均一な高さのレジスト下層膜400を得ることができる。なお流動化した状態のレジスト下層膜400には、処理容器12内の気流の影響により斑状の模様が生じる恐れがある。したがって、第2の温度T2で加熱処理する期間は、排気機構53による排気流量は低く抑えられる。この際の排気流量は、用いられるレジスト下層膜の性質により異なるので、予め試験等を行って求められる。なお、レジスト下層膜400への気流の影響を考慮し、第1の温度T1による加熱処理の期間においても、排気流量は第2の温度T2における加熱処理の期間と同様に低く抑えられる。かかる場合、第1の温度T1による加熱処理の期間における排気流量は、第2の温度T2における加熱処理の期間における排気流量よりもさらに低く抑えることが好ましい。

[0036] 第2の温度T2での加熱処理が終了すると、次いで、電源40の出力を増加させ（図4の時間S3）、ウェハWの温度を第3の温度T3まで上昇させる。第3の温度T3は、レジスト下層膜400の架橋開始温度以上で且つレジスト下層膜400を構成する材料の分解温度よりも低い温度である。この第3の温度T3でウェハWを所定の期間（図4の時間S3～S5の間）加熱することで、架橋反応によりレジスト下層膜400を硬化させ、安定した膜を形成することができる。

[0037] また、時間S3から所定の時間経過後、時間S4において排気機構53による排気流量を増加させる。ウェハWの加熱処理によりウェハW上の塗布膜から様々な昇華物が処理容器内に発生するが、排気流量を増加させることでこれらの昇華物を速やかに排出し、例えば加熱処理終了後に処理容器12のシャッタを開放する際に、処理容器12の外部に昇華物が拡散することを防止できる。この際、ウェハWは第3の温度T3で加熱処理されることにより

硬化しているので、ウェハW上のレジスト下層膜400は気流の影響を受けない。したがって、レジスト下層膜400に斑状の模様が生じることもない。

[0038] また、時間S3においては、ガス供給機構51から処理ガスとしての酸素ガスの供給量を増加させ、処理容器12内の酸素濃度を所定の濃度、本実施の形態においては、大気中の酸素濃度と同じか又はそれ以上、即ち約20%以上にする。例えば、フォトリソグラフィーに用いられるレジスト膜を加熱処理すると、架橋反応と共に酸化反応が起こり、この酸化反応を促進させることで、レジストパターンのパターン倒れに対する耐性が向上することが知られている。そして、加熱処理の際の温度が高いほど酸化反応は進む。そこで、本実施の形態においては、図4に示す加熱処理において最も高い温度である第3の温度T3に昇温する際に酸素濃度を増加させる。そうすることで、効果的にレジスト下層膜400を酸化させることができる。また、温度が低い状態でもレジスト下層膜400を酸素雰囲気中におくことで酸化反応は起こるが、温度が低い状態では、局所的に酸化反応が起こったり起こらなかったりして均一な処理を行うことができない。特に、第2の温度T2での加熱処理時はレジスト下層膜400が流動化しているため、酸素濃度が高い状態で加熱処理を行うと、レジスト下層膜400の表面のみではなく内部まで酸化反応が起こる。その結果、酸化される部分と酸化されない部分が不均質に生じ、レジスト下層膜400の膜質が不均質になってしまう。そのため、本実施の形態のように、低温状態では酸素濃度を低く保つことで局所的に酸化反応が起こることを防止し、その一方で、第3の温度T3での加熱処理により硬化した状態のレジスト下層膜400を高い酸素濃度で酸化させるので、レジスト下層膜400の表面近傍を均質に酸化させることができる。これにより、レジスト下層膜400の全面にわたって均一な処理を行い、均一な膜質のレジスト下層膜400を形成することができる。

[0039] 時間S3～S5の期間、第3の温度T3で加熱処理が行われると、次いで、支持ピン20が下降し、ウェハWが冷却板10上に載置される。これによ

リウェハWは常温まで冷却される。またそれと共に、ガス供給機構51からの酸素ガスの供給量を減少させる。その際、排気機構53による排気流量も減少させる。そして、例えば時間S6においてウェハWが常温に達すると、処理容器12のシャッタが開き、搬送機構によりウェハWが処理容器12から搬出される。

[0040] その後ウェハWは、基板処理装置1の外部に設けられた塗布処理装置に搬入され、レジスト中間層膜が塗布される。この際、基板処理装置1での加熱処理によりレジスト下層膜400が平坦化されているので、パターン401の影響を受けることなく平坦なレジスト中間層膜が形成される。その後、レジスト中間層膜上にレジスト上層膜が形成され、次いでウェハWが露光処理される。その後、ウェハWの現像処理、エッチング処理が順次行われ、一連のウェハ処理が終了する

[0041] 以上の実施の形態によれば、先ず第1の温度T1で加熱処理することでレジスト下層膜400中の溶剤を揮発させ、次いで第2の温度T2で加熱処理することでレジスト下層膜400を流動化させる。これにより段差を有するウェハW上に塗布されたレジスト下層膜400が平坦化される。そして、平坦化後のレジスト下層膜400を第3の温度T3で加熱処理することで、レジスト下層膜400を架橋反応させて硬化させる。これにより、パターン401の影響を受けることなく、均一な高さのレジスト下層膜400を形成することができる。その結果、レジスト下層膜400の上層に形成される膜にパターン401の影響を与えることなく、均一な高さの膜を形成することができる。

[0042] また、第1の温度T1を、レジスト下層膜400中の溶剤の揮発温度以上で且つ溶剤の発火点を超えない温度とすることで、処理容器12内の温度が溶剤の発火点以上となることを防ぐことができる。

[0043] また、以上の実施の形態では、第3の温度T3で加熱処理する際に、処理容器12中の酸素濃度を空気中の酸素濃度と同じかそれ以上に維持するので、第3の温度T3での加熱処理においてレジスト下層膜400の酸化反応を

促進し、パターン倒れに対して耐性の高い塗布膜を形成することができる。
また、第1の温度T1及び第2の温度T2での加熱処理の期間は酸素濃度を5%以下に維持しているため、ウェハWの温度が低い状態で局所的に酸化反応が起こることを防止し、その一方で、第3の温度T3での加熱処理により硬化した状態のレジスト下層膜400を高い酸素濃度で酸化させるので、レジスト下層膜400の表面近傍を均質に酸化させることができる。したがって、レジスト下層膜400の全面にわたって均一な処理を行い、均一な膜質のレジスト下層膜400を形成することができる。なお、第3の温度T3での加熱処理における酸素濃度は、30%以上とすることがより好ましいが、ウェハW上に構成されたレジスト下層膜400以外の構成物が過剰に酸化したり、腐食したりすることがないように、酸素濃度の上限は50%以下とすることが好ましい。

[0044] なお、本発明者らが、図5に示す従来のような条件で加熱処理を行った場合（比較例）と、図4に示す本実施の形態の条件で加熱処理を行った場合（実施例）について、パターン倒れに対する耐性を比較したところ、比較例においては、例えばレジストパターンの線幅が34.5nm以下においてパターン倒れが発生するのに対して、実施例においては、線幅が31.3nm以下となるまでパターン倒れが生じず、本実施の形態の方法により、パターン倒れに対する耐性が向上していることが確認された。なお、パターン倒れは、LER（Line Edge Roughness）が4nmを超えたものをパターン倒れ有りと判定した。

[0045] 以上の実施の形態では、第3の温度T3での加熱処理から所定の時間経過後、即ち、ウェハW上のレジスト下層膜400が架橋反応により硬化した後、処理容器12からの排気流量を増加させるので、レジスト下層膜400に気流による影響を与えることなく、加熱処理によりウェハWから発生した昇華物を速やかに排出することができる。

[0046] また、以上の実施の形態では、第1の温度T1及び第2の温度T2で加熱

処理する際に、処理容器 12 からの排気流量を低く抑えるので、硬化する前のレジスト下層膜 400 が気流により影響を受けることがない。したがって、レジスト下層膜 400 の表面に、例えば気流の影響による斑状の模様が生じるといったことを避けることができる。

[0047] 以上の実施の形態では、ウェハ W を加熱処理する際の熱源 11 として、LED を用いている。例えば、従来の加熱処理に用いる、例えば電気ヒータが内蔵された熱板は、時定数が大きく電気ヒータの出力を増加させても直ちに熱板そのものの温度が上昇しないが、本実施の形態のように LED を用いることで、速やかにウェハ W を昇温させることができる。また、熱板を用いてウェハ W を第 3 の温度 T_3 で加熱処理した後に、別のウェハ W を加熱処理する場合、熱板の温度が例えば第 1 の温度 T_1 よりも低くなるまで一旦冷却する必要があり、そのために所定の時間を要するが、LED を用いる場合はそのような冷却時間は不要であるため、ウェハ W 処理のスループットを向上させることができる。なお、熱源 11 としては、LED に代えて、例えばハロゲンヒータのようなランプヒータを用いてもよい。

[0048] なお、以上の実施の形態では、ウェハ W と熱源 11 との距離を一定に保った状態で、電源 40 の出力を変更してウェハ W の加熱温度を調節したが、例えば電源 40 の出力を一定に保った状態で支持ピン 20 を昇降させ、ウェハ W と熱源 11 との距離を変えることでウェハ W の加熱温度を調節してもよい。

[0049] 以上、添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明はかかる例に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された思想の範疇内において、各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。本発明はこの例に限らず種々の態様を採りうるものである。本発明は、基板がウェハ以外の FPD（フラットパネルディスプレイ）、フォトマスク用のマスクレチクルなどの他の基板である場合にも適用できる。

産業上の利用可能性

[0050] 本発明は、段差を有する基板上に、段差の少ない塗布膜を形成する際に有用である。

符号の説明

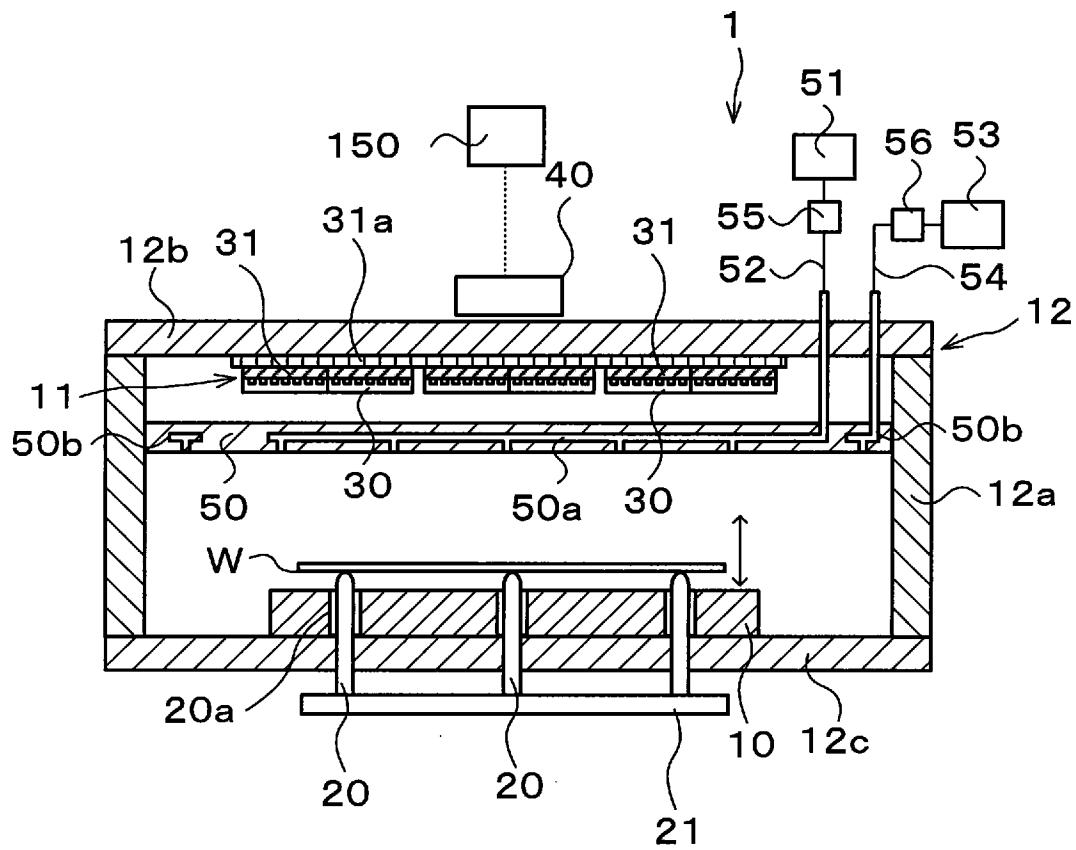
- [0051]
- 1 基板処理装置
 - 1 0 冷却板
 - 1 1 熱源
 - 1 2 処理容器
 - 2 0 支持ピン
 - 2 1 昇降機構
 - 3 0 発光素子ユニット
 - 3 1 電極
 - 3 2 支持板
 - 4 0 電源
 - 5 0 光透過部材
 - 5 1 ガス供給機構
 - 5 2 ガス供給管
 - 5 3 排気機構
 - 5 4 排気管
 - 4 0 0 レジスト下層膜
 - 4 0 1 パターン
 - W ウェハ

請求の範囲

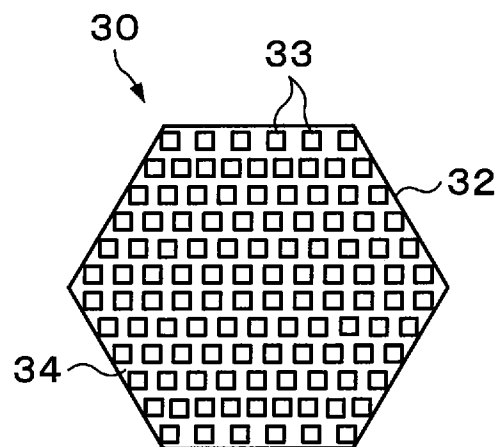
- [請求項1] 段差を有するパターンが形成された基板に塗布膜を形成する方法であって、
塗布液が塗布された基板を、当該塗布液の溶剤の揮発温度以上で且つガラス転移点より低い温度である第1の温度で加熱する第1の加熱工程と、
前記塗布液のガラス転移点以上で且つ前記塗布液の架橋開始温度より低い第2の温度で前記基板を加熱する第2の加熱工程と、
前記塗布液の架橋開始温度以上で且つ前記塗布膜の材料分解温度よりも低い第3の温度で前記基板を加熱して塗布膜を形成する第3の加熱工程と、を有し、
前記基板の加熱は、前記基板に光を照射して行う。
- [請求項2] 請求項1に記載の塗布膜の形成方法において、
前記第1の加熱工程及び前記第2の加熱工程は、前記第3の加熱工程よりも低酸素濃度雰囲気下で行う。
- [請求項3] 請求項2に記載の塗布膜の形成方法において、
前記第3の加熱工程は酸素濃度20%以上で50%以下の雰囲気下で行う。
- [請求項4] 請求項2に記載の塗布膜の形成方法において、
前記第1の加熱工程及び前記第2の加熱工程は酸素濃度5%以下の雰囲気下で行う。
- [請求項5] 請求項1に記載の塗布膜の形成方法において、
前記基板の加熱は、所定流量で排気される処理容器内で行い、前記第3の加熱工程における排気流量は、前記第1の加熱工程及び前記第2の加熱工程における排気流量よりも大きい。
- [請求項6] 請求項5に記載の塗布膜の形成方法において、
前記第1の加熱工程における排気流量は、前記第2の加熱工程における排気流量よりも小さい。

- [請求項7] 請求項1に記載の塗布膜の形成方法において、
前記基板への光の照射は、LEDまたはランプヒータにより行われる。
。
- [請求項8] 請求項1に記載の塗布膜の形成方法において、
前記塗布膜は、SOC膜である。
- [請求項9] 段差を有するパターンが形成された基板に塗布膜を形成する塗布膜の形成方法を、基板処理装置によって実行させるように当該基板処理装置を制御する制御部のコンピュータ上で動作するプログラムを格納した読み取り可能なコンピュータ記憶媒体であって、
前記塗布膜の形成方法は、
塗布液が塗布された基板を、当該塗布液の溶剤の揮発温度以上で且つガラス転移点より低い温度である第1の温度で加熱する第1の加熱工程と、
前記塗布液のガラス転移点以上で且つ前記塗布液の架橋開始温度より低い第2の温度で前記基板を加熱する第2の加熱工程と、
前記塗布液の架橋開始温度以上で且つ前記塗布膜の材料分解温度よりも低い第3の温度で前記基板を加熱して塗布膜を形成する第3の加熱工程と、を有し、
前記基板の加熱は、前記基板に光を照射して行う。

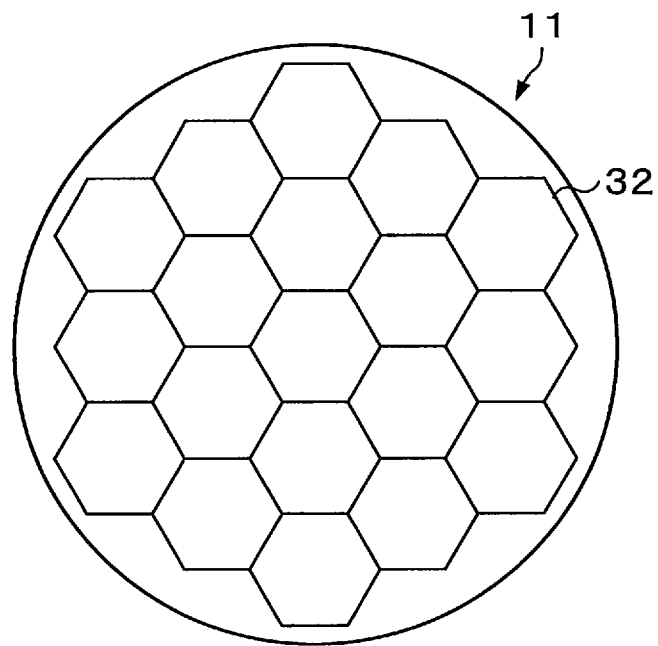
[図1]



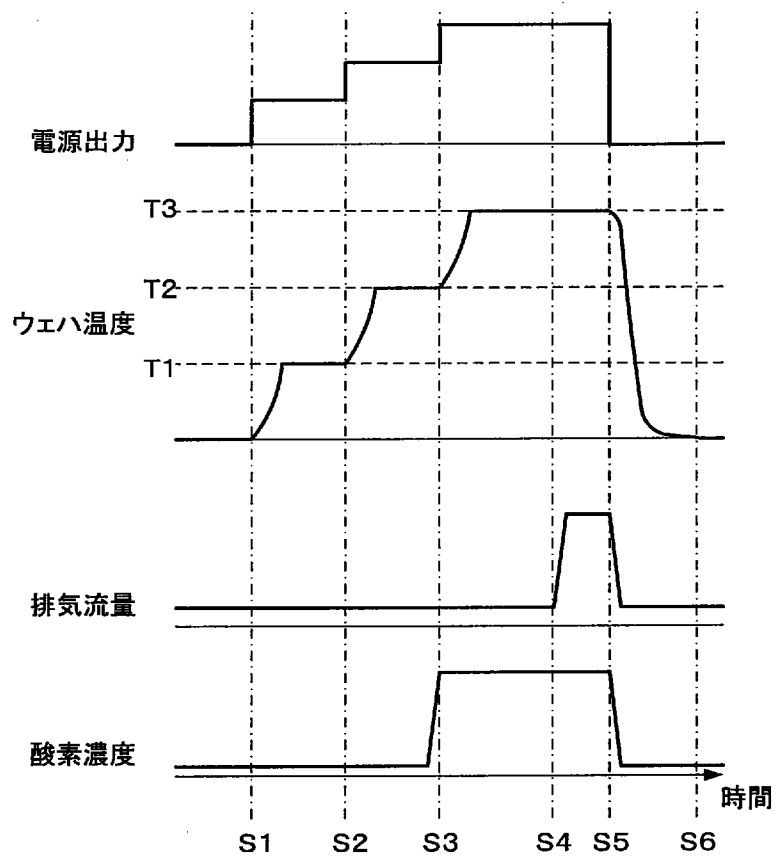
[図2]



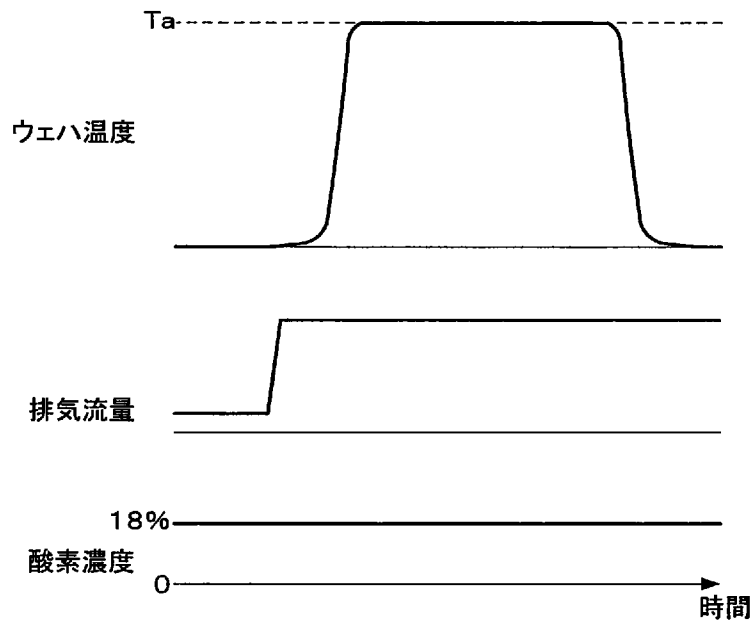
[図3]



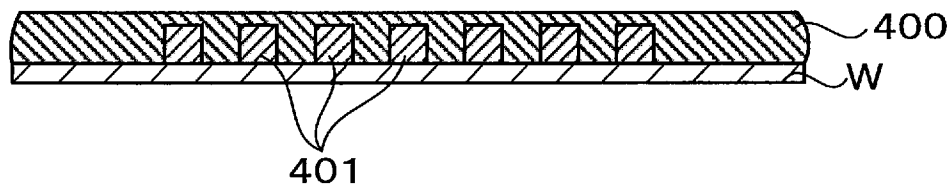
[図4]



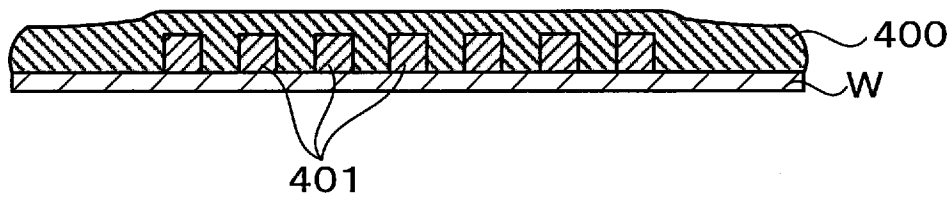
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065576

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01)i, B05C9/14(2006.01)i, G03F7/16(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H05B3/10(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)

H01L21/027, B05C9/14, G03F7/16, H01L21/3065, H05B3/10

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
A	JP 2001-188357 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 10 July 2001 (10.07.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 05-061206 A (Oki Electric Industry Co., Ltd.), 12 March 1993 (12.03.1993), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 02-089059 A (Hitachi Electronics Engineering Co., Ltd.), 29 March 1990 (29.03.1990), entire text; all drawings (Family: none)	1-9

☒ 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
30 June, 2014 (30.06.14)

Date of mailing of the international search report
08 July, 2014 (08.07.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/065576

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 63-081923 A (Hitachi, Ltd.), 12 April 1988 (12.04.1988), entire text; all drawings (Family: none)	1-9
A	JP 63-081820 A (Toshiba Corp.), 12 April 1988 (12.04.1988), entire text; all drawings & US 4840874 A	1-9
A	JP 2008-186934 A (Dainippon Screen Mfg. Co., Ltd.), 14 August 2008 (14.08.2008), entire text; all drawings (Family: none)	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. H01L21/027(2006.01)i, B05C9/14(2006.01)i, G03F7/16(2006.01)i, H01L21/3065(2006.01)i, H05B3/10(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/027, B05C9/14, G03F7/16, H01L21/3065, H05B3/10

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
A	JP 2001-188357 A（松下電器産業株式会社）2001.07.10, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 05-061206 A（沖電気工業株式会社）1993.03.12, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9
A	JP 02-089059 A（日立電子エンジニアリング株式会社）1990.03.29, 全文、全図（ファミリーなし）	1-9

☒ 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

3 0 . 0 6 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 8 . 0 7 . 2 0 1 4

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）

関口 英樹

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 4

2 M

4 8 4 1

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 63-081923 A (株式会社日立製作所) 1988. 04. 12, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 63-081820 A (株式会社東芝) 1988. 04. 12, 全文、全図 & US 4840874 A	1-9
A	JP 2008-186934 A (大日本スクリーン製造株式会社) 2008. 08. 14, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-9