

(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



(10) 国際公開番号

WO 2012/023233 A1

PCT

(43) 国際公開日

2012年2月23日(23.02.2012)

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/26 (2006.01) C30B 33/02 (2006.01)
C30B 29/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/004047
- (22) 国際出願日: 2011年7月15日(15.07.2011)
- (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 2010-183020 2010年8月18日(18.08.2010) JP
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 信越半導体株式会社(Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目6番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 江原 幸治(EBARA, Koji) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安中市磯部2丁目13番1号信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP). 岡 鉄也(OKA, Tetsuya) [JP/JP]; 〒3790196 群馬県安中市磯部2丁目13番1号信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP). 高橋 修治(TAKAHASHI, Shuji) [JP/JP]; 〒3703533 群馬県高崎市保

渡田町2174番地1三益半導体工業株式会社内 Gunma (JP).

- (74) 代理人: 好宮 幹夫(YOSHIMIYA, Mikio); 〒1100005 東京都台東区上野7丁目6番11号第一下谷ビル8F 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, 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, IS, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

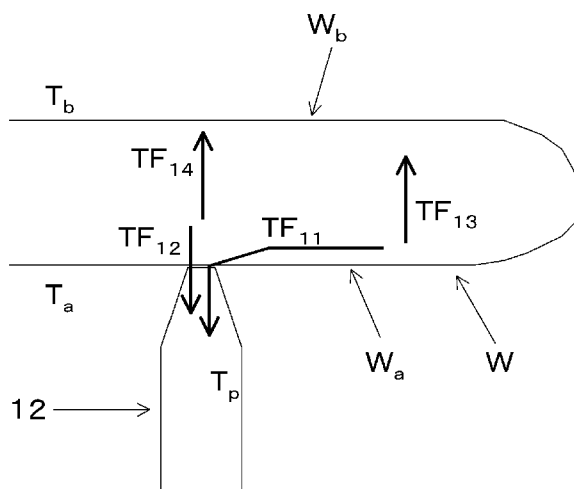
[続葉有]

(54) Title: HEAT TREATMENT METHOD FOR WAFER, METHOD FOR PRODUCING SILICON WAFER, SILICON WAFER, AND HEAT TREATMENT APPARATUS

(54) 発明の名称: ウエーハの熱処理方法及びシリコンウエーハの製造方法並びにシリコンウエーハ並びに熱処理装置

[図1]

$$T_a > T_b > T_p$$



(57) Abstract: The present invention relates to a heat treatment method for a wafer, wherein a heat treatment at a predetermined temperature is carried out by heating a wafer with a heat source, while supporting a main surface (a first main surface) of the wafer with a supporting member, said heat treatment being accompanied by rapid heating and cooling. The heat treatment method for a wafer is characterized in that the heat treatment is carried out, while controlling the heating source so that the temperature of the first main surface, which is supported by the supporting member, is higher by 1-25°C than another main surface (a second main surface) of the wafer, said second main surface being on the reverse side of the first main surface. Consequently, there is provided a heat treatment method for a wafer, wherein slip dislocation that would be generated from the position at which a silicon wafer is supported can be surely suppressed when the silicon wafer is subjected to a heat treatment.

(57) 要約: 本発明は、ウエーハの主表面(第一主表面)を支持部材で支持した状態で加熱源で加熱することによって急速昇降温を伴う所定温度での熱処理を行うウエーハの熱処理方法において、前記支持部材で支持した前記第一主表面の温度が、前記ウエーハの前記第一主表面とは反対側の主表面(第二主表面)の温度より1~25°C

高くなるように前記加熱源を制御しながら熱処理を行うことを特徴とするウエーハの熱処理方法である。これにより、シリコンウエーハを熱処理する際に、ウエーハ支持位置から発生するスリップ転位を確実に抑制することができるウエーハの熱処理方法が提供される。

WO 2012/023233 A1



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：

ウエーハの熱処理方法及びシリコンウエーハの製造方法並びにシリコンウエーハ並びに熱処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、半導体ウエーハ等のようなウエーハの熱処理方法に関し、更に詳しくは、熱処理の際にウエーハとウエーハ支持部材の接触部から発生するスリップ転位を低減することが可能なウエーハの熱処理方法及び熱処理装置と、この熱処理工程を有するスリップ転位の少ないシリコンウエーハの製造方法及びシリコンウエーハに関するものである。

背景技術

[0002] シリコン単結晶インゴットから切り出したシリコンウエーハは、デバイス製造するまでには、ウエーハの加工プロセスから素子の形成プロセスまで多数の工程が介在する。

これらの工程の一つに熱処理工程がある。そしてシリコンウエーハ加工工程においても、ウエーハ表層での無欠陥層の形成、酸素析出物の形成・制御を目的として熱処理を施す場合がある。

[0003] この熱処理としては、従来バッチ式の熱処理が採用されていたが、近年ではより短時間で急速昇降温して処理可能なRTA (Rapid Thermal Anneal) 装置を用いたランプアニール等による方法が広まりつつある。

しかし、通常のRTA処理では1100℃以上の高温でアニールされるため、スリップ転位が生じてしまうという問題点がある。このスリップ転位が発生すると、デバイス特性に悪影響を及ぼすため、デバイスを形成する表面から数 μm の領域にはスリップ転位がないことが要求されている。

[0004] ここでスリップ転位は、シリコンウエーハを支持する支持ピンとウエーハ

の接触部にかかる自重による応力や、熱処理中にピンを通して熱が逃げてしまうために熱分布が不均一になることによる熱応力が主な発生原因と考えられている。

そして、この問題はウエーハの大口径化に伴い、自重が大きくなるにつれて顕著になってきた。また熱処理温度が高くなるほど発生しやすくなるという傾向がある。

[0005] この問題の解決策として、特許文献1には、RTA処理する際にウエーハ外周部の温度が中心部の温度よりも1～6℃高くなるように熱処理温度を制御しながら熱処理する方法が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2010-34288号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかしながら、本発明者らが鋭意検討した結果、上記特許文献1に記載の方法では、支持ピン位置から発生するスリップ転位を抑制することができないことが判明した。

特に、1250℃を超えるような高温では、ウエーハ裏面の支持ピン位置からスリップ転位が発生し、表面まで貫通してしまうという問題があった。

[0008] この原因は、以下のとおりと推定される。

図3はウエーハ外周部の温度が中心部の温度より高い場合の概念図であり、図4はウエーハ中心部の温度が外周部の温度より高い場合の概念図である。

[0009] 特許文献1の記載によると、図4のようにウエーハWの中心部(T_c)の温度が外周部(T_e)の温度より高い($T_c > T_e$)場合は、ウエーハ中心部から支持ピン12を通して逃げる熱が大きく、温度差による熱応力 TS_{43} が、支持ピンとの反対側への熱応力 TS_{41} や外周部に向けての熱応力 TS_{42} に比べ

て相対的に大きくなり、スリップ転位が発生すると説明されている。

他方、図3のようにウエーハWの中心部より外周部の温度を高く（ $T_1 < T_2$ ）すると、支持ピン12から逃げる熱が小さくなる（ウエーハ中心から外周に向かう熱流が減少すると解釈される）ため、温度差による熱応力 $T S_{33}$ が図4の $T S_{43}$ に比べて小さくなり、スリップ転位発生防止が図れると説明されている。

[0010] しかしながら、本発明者らが鋭意検討した結果、図3のような場合、ウエーハWの外周部温度 T_2 が高くなるため、外周部から中心に向かって流れる熱流が大きくなり、外周から支持ピンを通して逃げる熱は逆に多くなる。この結果、温度差による熱応力 $T S_{32}$ が大きくなると考えられる。

そしてこの2つの効果が打ち消しあうために、スリップ転位の低減に効果がなかったと推定される。

[0011] その他の問題点として、特許文献1に記載の方法では、ウエーハ面内の温度分布を不均一にすることにより、酸化膜厚分布が不均一になるだけでなく、ウエーハ中心と外周部の温度差に起因する熱応力が大きくなり、ウエーハ外周部からスリップ転位が発生しやすくなるという問題がある。

特に、1250℃を超えるような高温では、ウエーハ周辺部からスリップ転位が顕著に発生するという問題点があることを見出した。

[0012] 本発明は、上記問題に鑑みなされたものであって、シリコンウエーハを熱処理する際に、ウエーハ支持位置から発生するスリップ転位を確実に抑制することができるウエーハの熱処理方法とそれを実施することができる熱処理装置、およびこの方法を利用したウエーハ支持位置から発生したスリップ転位が従来より大幅に少ない、あるいは少なくとも表面に貫通していないシリコンウエーハとその製造方法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0013] 上記課題を解決するため、本発明では、ウエーハの主表面（第一主表面）を支持部材で支持した状態で加熱源で加熱することで急速昇降温を伴う所定温度での熱処理を行うウエーハの熱処理方法において、前記支持部材で支持

した前記第一主表面の温度が、前記ウエーハの前記第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）の温度より $1 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 高くなるように前記加熱源を制御しながら熱処理を行うことを特徴とするウエーハの熱処理方法を提供する。

[0014] このように、支持部材で支持したウエーハの第一主表面の温度が、第一主表面とは反対側の第二主表面の温度より $1 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御しながら熱処理を行うことによって、支持部材付近で発生する熱応力を小さくすることができ、スリップ転位の発生を従来に比べて確実に抑制することができるようになり、スリップ転位の少ない熱処理済みウエーハが得られる。

[0015] なお、本発明における急速昇降温を伴う所定温度での熱処理とは、昇温速度又は降温速度が $5 \sim 250^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 、望ましくは $20 \sim 150^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ 、更に望ましくは $30 \sim 70^{\circ}\text{C}/\text{秒}$ の急速加熱又は急速冷却を伴う熱処理（RTA 処理）のことをいう。また、所定温度とは、 700°C 以上ウエーハの融点未満の温度範囲のことをいう。

[0016] ここで、前記ウエーハの前記第一主表面を加熱する第一加熱源と、前記第二主表面を加熱する第二加熱源との出力比を変えることによって、前記第一主表面の温度が前記第二主表面の温度より $1 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御することが好ましい。

このように、ウエーハの第一主表面を加熱する第一加熱源と、第二主表面を加熱する第二加熱源との出力比を変えることによって、第一主表面の温度を第二主表面の温度より $1 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御することができる。これによって、容易かつ確実に第一主表面の温度を第二主表面の温度より $1 \sim 25^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御することができ、より確実にスリップ転位の発生を抑制することができる。

[0017] また、前記第一加熱源及び前記第二加熱源としてハロゲンランプを用い、かつ前記第二加熱源の出力を前記第一加熱源の出力の $10 \sim 90\%$ とすることができる。

このように、第一加熱源及び第二加熱源としてハロゲンランプを用い、か

つ第二加熱源の出力を第一加熱源の出力の10～90%とすることによって、更に容易かつ確実に第一主表面の温度を第二主表面の温度より1～25℃高くなるように制御することができ、スリップ転位の発生を更に効果的に抑制することができる。

[0018] そして、前記加熱源としてハロゲンランプを用いることができる。

このように、加熱源としてハロゲンランプを用いることによって、急速加熱を容易に行うことができ、熱処理の実施がより容易になる。

[0019] 更に、前記支持部材を、前記ウエーハの外周部を複数の支持点によって水平に支持するものとするのが好ましい。

ウエーハの支持部材としてはウエーハのエッジ部を全周にわたり薄いリング状のサセプターで支える方法もあるが、本発明のウエーハの熱処理方法は、ウエーハ外周部を複数の支持点で支える場合に特に有効である。

[0020] また、前記所定温度を、700℃以上1150℃未満とすることができる。

支持部材が位置する箇所からのスリップ転位は、熱処理温度が700℃以上の場合に顕著に発生するが、本発明のウエーハの熱処理方法は、そのような700℃以上の処理温度で顕著に発生するスリップ転位の抑制に特に効果的である。

[0021] そして、前記所定温度を、1150℃以上1250℃未満とすることができる。

近年、ウエーハとしてシリコンウエーハを用いる場合、シリコンウエーハにRTA処理を行って酸素析出物の制御を行う方法が開示され（例えば特表2001-503009号公報等参照）、広く採用されつつある。そして、そのRTA処理の処理温度は、多くが1150℃以上1250℃未満である。このように高温になると、スリップ転位の発生は更に顕著になるため、本発明のウエーハの熱処理方法は、1150℃以上1250℃未満でのRTA処理をする場合にはより有効である。

[0022] 更に、前記所定温度を、1250℃以上とすることができる。

また、最近では1300℃より高温でRTA処理することによりグローイン欠陥（例えばCOP）を溶解する方法が開示されている（例えば特開2010-40589号公報等参照）。

本発明者らが鋭意検討した結果、RTA温度が1250℃未満の場合はスリップ転位が支持部材での支持位置から発生するが、表面までは貫通していないので、デバイス特性に直接悪影響を及ぼすことはさほどない。しかしながらスリップ転位の発生によりウエーハ強度低下の問題があり、スリップ転位は少ない方が望ましいことから、上述のように1250℃未満の場合でも本発明のウエーハの熱処理方法は特に好適に行うことができる。

そして1250℃以上では、支持部材位置から発生したスリップ転位は表面まで貫通してしまうため、デバイス特性へ著しい悪影響を及ぼす。しかしながら本発明のウエーハの熱処理方法の場合は、例えスリップ転位が発生したとしてもスリップ転位が表面に貫通せずに、バルク中でスリップ転位の多くを止めることができ、デバイス作製領域である表面から数 μm の範囲には転位の発生がないものとすることができる。

このように本発明のウエーハの熱処理方法は、1250℃以上の温度での熱処理を行う場合に特に有効である。

[0023] また、本発明では、少なくとも、チョクラスキー法によってシリコン単結晶棒を育成し、該シリコン単結晶棒をスライスしてシリコン単結晶基板に加工した後、該シリコン単結晶基板に対して本発明に記載のウエーハの熱処理方法によって熱処理を行うことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法を提供する。

上述のように、本発明のウエーハの熱処理方法は、スリップ転位の発生を確実に抑制することができるため、これを利用したシリコンウエーハの製造方法によれば、従来よりスリップ転位が大幅に低減された良好な品質のシリコンウエーハを従来より効率的に製造することができるようになる。

[0024] そして、本発明では、シリコンウエーハであって、本発明に記載のウエーハの熱処理方法によって熱処理されたものであることを特徴とするシリコン

ウエーハを提供する。

上述のように、本発明のウエーハの熱処理方法が施されたシリコンウエーハは、従来よりスリップ転位が大幅に低減された良好な品質のものである。

[0025] 更に、本発明では、ウエーハに対して急速昇降温を伴う所定温度での熱処理を行うための熱処理装置であって、少なくとも、前記ウエーハを収容するためのチャンバーと、前記ウエーハの第一主表面を支持する支持部材と、前記ウエーハの前記第一主表面を加熱する第一加熱源と、前記ウエーハの前記第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）を加熱する第二加熱源と、前記第一加熱源と前記第二加熱源との出力を独立して制御するための制御機構とを備え、前記制御機構は、前記第一加熱源及び前記第二加熱源の出力を前記支持部材で支持した前記第一主表面の温度が、前記ウエーハの前記第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）の温度より 1～25℃高くなるように前記出力を独立して制御するものであることを特徴とする熱処理装置を提供する。

[0026] これによって、熱処理中におけるウエーハ内の支持部材付近での熱応力を従来に比べて小さくすることができるようになり、熱処理後のウエーハに発生していたスリップ転位の発生率を大きく低減することができ、スリップ転位の少ないウエーハを得ることができる装置となる。

[0027] ここで、前記第一及び第二加熱源を、ハロゲンランプとすることが好ましい。

このように、加熱源をハロゲンランプとすることによって、急速加熱を容易に行うことができ、また第一主表面の温度を第二主表面の温度より高く制御する熱処理の実施がより容易になる。

発明の効果

[0028] 以上説明したように、本発明によれば、シリコンウエーハを熱処理する際に、ウエーハ支持位置から発生するスリップ転位を確実に抑制することができるウエーハの熱処理方法とそれを実施することができる熱処理装置、およびこの方法を利用したウエーハ支持位置から発生したスリップ転位が従来よ

り大幅に少ない、あるいは少なくとも表面に貫通していないシリコンウエーハとその製造方法が提供される。

図面の簡単な説明

[0029] [図1]本発明のウエーハを支持する支持部材と接触する第一主表面の温度が、第二主表面の温度より1～25℃高くなるように加熱源を制御しながら熱処理を行う際の概念図である。

[図2]本発明の熱処理装置の概略の一例を示した図である。

[図3]従来の熱処理方法におけるウエーハ外周部の温度が中心部の温度より高い場合の概念図である。

[図4]従来の熱処理方法におけるウエーハ中心部の温度が外周部の温度より高い場合の概念図である。

[図5]従来のウエーハを支持する支持部材と接触する第一主表面の温度を、第二主表面の温度と等しくして熱処理を行う際の概念図である。

発明を実施するための形態

[0030] 以下、本発明について図を参照して詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。図2は本発明の熱処理装置の概略の一例を示した図である。

[0031] 図2に示すように、ウエーハWに対して急速昇降温を伴う所定温度での熱処理（RTA処理）を行うための本発明の熱処理装置10は、少なくとも、ウエーハWを収容するための石英からなるチャンバー11と、例えば石英トレイ16に形成されたウエーハWの第一主表面を支持する支持部材（例えば3点支持ピン）12と、ウエーハWを加熱するための加熱源13としての、ウエーハWの第一主表面を加熱する第一加熱源（例えばハロゲンランプ）14aと、ウエーハWの第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）を加熱する第二加熱源（例えばハロゲンランプ）14bと、第一加熱源14aと第二加熱源14bとの出力を独立して制御するための制御機構15とを備えるものである。

- [0032] また、チャンバー 11 には不図示の温度測定用特殊窓が設けられており、チャンバー 11 の外部に設置されたパイロメータ 19 により、その特殊窓を通してウエーハ W の温度を測定することができ、その測定温度の信号を制御機構 15 へ伝送するようになっているものとすることができる。この場合、パイロメータ 19 は、ウエーハ W の第一主表面の温度を測定する第一パイロメータ 19 a と、第二主表面の温度を測定する第二パイロメータ 19 b を具備し、それぞれ測定温度を制御機構 15 へ伝送するようにしても良い。
- [0033] そして制御機構 15 は、設定温度と実測されたウエーハ温度との差や予めレシピーで設定された電力比率に従って電力供給装置 21 a（第一加熱源 14 a 制御用）、21 b（第二加熱源 14 b 制御用）を制御し、第一加熱源 14 a 及び第二加熱源 14 b の出力を、支持部材 12 で支持した第一主表面の温度が第二主表面の温度より 1～25℃高くなるように独立して出力を制御することができるようになっているものである。
- [0034] また、熱処理時の雰囲気ガスについては、石英トレイ 16 のガス導入口 20 a 側には、石英製のバッファ 18 が設けられており、酸化性ガスや窒化性ガス、Ar ガス等の導入ガスがウエーハ W に直接当たるのを防ぐことができるようになっている。そしてガスの排気側は、オートシャッター 17 が装備され、外気を封鎖している。オートシャッター 17 は、ゲートバルブによって開閉可能に構成される不図示のウエーハ挿入口が設けられている。また、オートシャッター 17 にはガス排気口 20 b が設けられており、炉内雰囲気を調整できるようになっている。
- [0035] このような構造の熱処理装置 10 では、ウエーハの第一主表面を加熱する第一加熱源 14 a と、ウエーハの第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）を加熱する第二加熱源 14 b とを、第一主表面の温度が第二主表面の温度より 1～25℃高くなるように出力を独立して制御する制御機構 15 によって独立して出力を制御するものとなっており、ウエーハの熱処理中において、ウエーハ内部での熱流が、支持部材方向に向けての熱流だけでなく、ウエーハ表面に向かって流れる熱流を発生させることができる。そしてこの熱

流が存在することによって、支持部材近傍での温度勾配が小さくなり、支持部材付近での熱応力を従来に比べて小さくすることができる。従って、支持部材付近で顕著に発生する熱処理後のウエーハのスリップ転位の発生が従来に比べて著しく抑制されることになり、スリップ転位の少ない高品質熱処理済みウエーハを得ることができる熱処理装置とすることができる。

[0036] 第一主表面の温度が第二主表面の温度より 1～25℃高くなるように温度制御する方法としては上記以外に例えば以下の方法も考えられる。

第一主表面の温度を測定するパイロメータ 19 a のみを具備し、このパイロメータ 19 a を用いて予め酸素雰囲気中 R T A 処理を行い、加熱源の出力、温度、酸化膜厚との関係を求めておき、この関係を用いて、第一主表面と第二主表面の温度差が所定の温度差になるように、第一加熱源 14 a と第二加熱源 14 b の出力を決定することができる。

さらに、第一加熱源 14 a と第二加熱源 14 b のランプ 1 本当たりの出力は一定とし、第一加熱源 14 a と第二加熱源 14 b のランプ本数比率を変えることも可能である。

あるいは、第一加熱源 14 a と第二加熱源 14 b のランプの種類（発光特性の異なるランプ）を変えることにより、供給電力は一定であっても発光特性が異なるため、結果として第一加熱源 14 a と第二加熱源 14 b の出力比を変えることも可能である。

[0037] 上記のような本発明の熱処理装置を用いた本発明のウエーハの熱処理方法の一例を以下に示すが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0038] 本発明の熱処理方法の特徴は、シリコンウエーハに代表されるウエーハを、支持部材で支持した状態で加熱源で加熱することで急速昇降温を伴う所定温度での熱処理を行う際に、支持部材で支持した第一主表面の温度が、ウエーハの第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）の温度より 1～25℃高くなるように加熱源を制御しながら熱処理を行うものである。

これにより支持部材でのウエーハ支持位置から発生するスリップ転位を確実に抑制できるメカニズムは明確ではないが、以下のとおりであると推定さ

れる。

[0039] 図1は、本発明のように、ウエーハを支持する支持部材と接触する第一主表面の温度が、第二主表面の温度より1～25℃高くなるように加熱源を制御しながら熱処理を行う際の概念図である。また、図5は、従来のように、ウエーハを支持する支持部材と接触する第一主表面の温度を、第二主表面の温度と等しくして熱処理を行う際の概念図である。

[0040] 図5のように、ウエーハを支持する支持部材12と接触する第一主表面 W_a の温度と第二主表面 W_b の温度を等しくした場合、シリコンウエーハ W の第二主表面 W_b の温度 T_b と、支持部材12とシリコンウエーハ W の第一主表面 W_a での接触位置から少し離れたシリコンウエーハの第一主表面の温度 T_a と、支持部材位置でのシリコンウエーハの温度を T_p とすると、 $T_a = T_b > T_p$ の関係が成立している。

このため、温度差により生じる熱流は、

(1) 第一主表面 W_a から支持部材12に向かって流れる熱流 TF_{51}

(2) 第二主表面 W_b から支持部材12に向かって流れる熱流 TF_{52}

の2種類が主に生じることになる。このため、支持部材12近傍での温度勾配が大きくなり、大きな熱応力を生じ、スリップ転位が発生する、と考えられる。

[0041] これに対し、本発明に係る図1の場合、シリコンウエーハ W の第二主表面 W_b の温度 T_b と、支持部材12とシリコンウエーハ W の第一主表面 W_a での接触位置から少し離れたシリコンウエーハの第一主表面 W_a の温度 T_a と、第一主表面 W_a と支持部材12の接触位置でのシリコンウエーハ W の温度を T_p とすると、 $T_a > T_b > T_p$ の関係が成立する。

このため、温度差により生じる熱流は、

(1) 第一主表面 W_a から支持部材12に向かって流れる熱流 TF_{11}

(2) 第一主表面 W_a から第二主表面 W_b に向かって流れる熱流 TF_{13}

(3) ウエーハ W のバルク部から支持部材12に向かって流れる熱流 TF_{12}

(4) ウエーハ W のバルク部から第二主表面 W_b に向かって流れる熱流 TF_{14}

の４種類となり、支持部材１２へ向かう熱流だけでなく、第二主表面 W_b 側に向かって流れる熱流 TF_{13} 、 TF_{14} が存在するようになる。

この結果、支持部材１２の近傍での温度勾配が従来の場合に比べて小さくなり、熱応力が小さくなるため、スリップ転位の発生を確実に抑制することができるようになると考えられる。

[0042] なお、ウエーハ W の第一主表面 W_a の温度と第二主表面 W_b の温度差が 1°C 未満では、第一主表面 W_a から第二主表面 W_b に向かって流れる熱流 TF_{13} やウエーハバルク部から第二主表面 W_b に向かって流れる熱流 TF_{14} が小さくなるためにスリップ転位発生を抑制するメカニズムがほとんど働かず、スリップ転位の発生をほとんど抑制できない。

また、ウエーハ W の第一主表面 W_a の温度と第二主表面 W_b の温度差が 25°C より大きい場合、第一主表面 W_a と第二主表面 W_b との温度差が大きくなり過ぎるため、ウエーハ内の熱流 TF_{13} 及び TF_{14} が大きくなって、ウエーハ内に生じる熱応力が大きくなってしまい、スリップ転位の発生を抑制することが困難となる。

そのため、支持部材で支持したウエーハの第一主表面の温度が、第一主表面とは反対側の第二主表面の温度より $1\sim 25^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御しながら熱処理を行う必要がある。

[0043] このように、支持部材で支持したウエーハの第一主表面の温度が、第一主表面とは反対側の第二主表面の温度より $1\sim 25^{\circ}\text{C}$ 高くなるように制御しながら熱処理を行うことによって、上述のように、熱処理中において、支持部材方向に向けての熱流だけでなく、表面に向かって流れる熱流が存在することとなり、支持部材近傍での温度勾配が小さくなることになる。そのため、支持部材付近で発生する熱応力が小さくなり、これによってスリップ転位の発生を従来に比べて著しく抑制することができ、スリップ転位の少ないウエーハが得られる。

[0044] ここで、ウエーハ W の第一主表面 W_a を加熱する第一加熱源 $14a$ と、第二主表面 W_b を加熱する第二加熱源 $14b$ との出力比を変えることによって、第

一主表面 W_a の温度が第二主表面 W_b の温度より $1 \sim 25^\circ\text{C}$ 高くなるように制御することができる。

このように、ウエーハの第一主表面を加熱する第一加熱源と、第二主表面を加熱する第二加熱源との出力比を変えることとすれば、安定かつ確実に第一主表面の温度を第二主表面の温度より $1 \sim 25^\circ\text{C}$ 高くなるように制御することができ、より安定かつ確実にスリップ転位の発生を抑制することができる。

[0045] また、加熱源 13、特に第一加熱源 14a 及び第二加熱源 14b としてハロゲンランプを用いることができる。そして第二加熱源 14b の出力を第一加熱源 14a の出力の $10 \sim 90\%$ とすることができる。

このように、加熱源、特に第一加熱源、第二加熱源としてハロゲンランプを用いることによって、急速加熱を容易に行うことができ、熱処理の実施がより容易になる。

そして、第二加熱源の出力を第一加熱源の出力の $10 \sim 90\%$ とすることによって、より安定かつ確実に第一主表面の温度を第二主表面の温度より $1 \sim 25^\circ\text{C}$ 高くなるように制御することができるので、更にスリップ転位の発生を確実に抑制することができる。

[0046] 更に、支持部材 12 を、ウエーハWの外周部を複数の支持点によって水平に支持するものとすることができる。

上述のように、本発明のウエーハの熱処理方法は、ウエーハ外周部を複数の支持点で支える場合であっても、スリップ転位の発生を抑制することができるため、ウエーハWの外周部を複数の支持点によって水平に支持するタイプのサセプターを好適に使用することができる。

[0047] また、ウエーハを加熱する所定温度を、 700°C 以上 1150°C 未満、 1150°C 以上 1250°C 未満、 1250°C 以上（望ましくはウエーハの融点温度未満）の何れかの温度とすることができる。

[0048] 一般的にシリコンウエーハに熱処理を行う場合、加熱する温度が 700°C 以上になるとウエーハを支持する支持部材の箇所からスリップ転位が発生し

易くなる。しかし、スリップ転位の発生を確実に抑制することができる本発明のウエーハの熱処理方法であれば、そのような700℃以上の処理温度で発生するスリップ転位を、確実にその発生を抑制することができるため、好適である。

[0049] また、シリコンウエーハにRTA処理を行って酸素析出物の制御を行う場合には、処理温度は1150℃以上1250℃未満で行われることが多いが、このように高温になるとスリップ転位の発生は顕著になる。

そのような場合に、本発明のウエーハの熱処理方法は特に効果的に用いることができるものである。

[0050] そして、1300℃より高温でRTA処理することによりグローイン欠陥（COP等）が溶解することが知られているが、スリップ転位の発生を確実に抑制することができる本発明のウエーハの熱処理方法は、支持部材位置から発生したスリップ転位が表面まで貫通しやすくなる1250℃以上の温度での熱処理を行う場合にも特に有効である。

[0051] そして、チョクラルスキー法によってシリコン単結晶棒を育成し、シリコン単結晶棒をスライスしてシリコン単結晶基板に加工した後、シリコン単結晶基板に対して本発明に記載のウエーハの熱処理方法によって熱処理を行うことによって、従来よりスリップ転位が大幅に低減された高品質シリコンウエーハを従来より効率的に製造することができる。

[0052] なお、このとき、作製するシリコン単結晶基板は、一般的なものであれば良く、導電型や抵抗率などの電気特性値や結晶方位、結晶径等は特に限定されない。ただし、本発明は自重がより重くなり、スリップ転位がより発生し易い直径8インチ（200mm）、12インチ（300mm）あるいはそれ以上の大口径ウエーハの熱処理において特に有効である。

また、シリコン単結晶棒からシリコン単結晶基板への加工についても、一般的なものとすれば良く、例えば内周刃スライサあるいはワイヤソー等の切断装置によってスライスすることができる。またラッピング・エッチング・研磨等を一般的な条件で行うことができ、製造するシリコンウエーハの仕様

に応じて適宜選択することができる。

実施例

[0053] 以下、実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例 1－5、比較例 1－3)

急速昇降温する熱処理装置としてMattson社製のHeliosを用いた。また該装置に、第二加熱源に相当する上側ランプモジュール（ハロゲンランプ）と第一加熱源に相当する下側ランプモジュール（ハロゲンランプ）のランプ出力を任意の比率で変更できるようにした制御機構を加えた。

そして、直径300mmのp型シリコンウエーハを準備し、熱処理装置の開口部からチャンバー内に搬入し、3本の石英製支持ピンに載せて水平に保持した。この時、支持ピンで支持した側を第一主表面、反対側を第二主表面とした。

[0054] その後、酸素ガスをチャンバー内に導入し、 $50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ で所定の熱処理温度まで昇温し、所定温度（ 1200°C 、 1250°C 、 1300°C 、 1350°C ）で、それぞれ10秒間熱処理を行った。

その後 $50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ の降温速度で 800°C まで下げた段階で加熱をOFFにした後、チャンバー内で 500°C まで冷却し、その後にウエーハを取り出した。

[0055] この熱処理時の上側ランプモジュールと下側ランプモジュール出力比率は比較例1では上側：下側＝100：100（温度差（第一主表面－第二主表面） 0°C ）とした。また比較例2では上側：下側＝100：60（温度差 -5°C ）、実施例1では上側：下側＝90：100（温度差 1°C ）、実施例2では上側：下側＝80：100（温度差 8°C ）、実施例3では上側：下側＝40：100（温度差 15°C ）、実施例4では上側：下側＝20：100（温度差 18°C ）、実施例5では上側：下側＝10：100（温度差 23°C ）、比較例3では上側：下側＝5：100（温度差 33°C ）とした。

[0056] その後第一主表面及び第二主表面の酸化膜厚さをエリプソメーターで測定し、その膜厚より、第一主表面及び第二主表面の温度差を算出した。

更に、レーザー散乱方式の異物検査装置（K L A－T e n c o r 社製 S P 1）でウエーハ表面（第二主表面）のスリップ転位測定を行った。

その結果を表 1 に示す。なお表 1 中の○は 3 つの支持ピン位置のいずれにおいてもスリップ転位発生なし、△は 1 または 2 箇所スリップ転位発生、×は 3 箇所すべてでスリップ転位発生を意味するものである。

[0057] [表 1]

	ハロゲンランプのパワー比率(第一主表面:第二主表面)	温度差(°C) (第一主表面-第二主表面)	1200°C	1250°C	1300°C	1350°C
比較例 1	100:100	0	○	×	×	×
比較例 2	60:100	-5	○	×	×	×
実施例 1	100:90	1	○	○	○	△
実施例 2	100:80	8	○	○	○	○
実施例 3	100:40	15	○	○	○	○
実施例 4	100:20	18	○	○	○	○
実施例 5	100:10	23	○	○	○	△
比較例 3	100:5	33	○	○	△	×

[0058] 表 1 から明確なように、第二主表面の温度より第一主表面の温度を 1°C～23°C 高くした実施例 1～実施例 5 でスリップ転位の発生が大幅に抑制されており、本発明が効果的であることが確認された。

なお 1200°C の場合には、比較例 1～3、実施例 1～5 全てでスリップ転位の発生はないが、これは S P 1 で検出するスリップ転位は表面のみであることに起因する。この場合でも X 線や選択エッチングで評価を行えば支持ピンとウエーハが接触した部分からスリップ転位が発生し、バルクの表面方向にスリップ転位が伸びているが、表面まで貫通していないため、S P 1 では検出されていないだけである。X 線で内部を観察した結果、いずれの場合においても、比較例 1～3 に比べて実施例 1～5 の方法で熱処理したウエーハはスリップ転位は短くなっており、スリップ転位の防止あるいは低減に効果があることが確認された。

[0059] （実施例 6、比較例 4）

急速昇降温する熱処理装置として M a t t s o n 社製の H e l i o s を用

いた。また該装置に、第二加熱源に相当する上側ランプモジュール（ハロゲンランプ）と第一加熱源に相当する下側ランプモジュール（ハロゲンランプ）のランプ出力を任意の比率で変更できるようにした制御機構を加えた。

そして、直径300mmのp型シリコンウエーハを準備し、RTA装置の開口部からチャンバー内に搬入し、3本の石英製支持ピンに載せて水平に保持した。この時、支持ピンで支持した側を第一主表面、反対側を第二主表面とした。

[0060] その後、酸素ガスをチャンバー内に導入し、 $50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ で所定の熱処理温度まで昇温し、所定温度（ 700°C 、 1100°C 、 1300°C ）で、それぞれ10秒間熱処理を行った。

その後 $50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ の降温速度で 800°C まで下げた段階で加熱をOFFにした後、チャンバー内で 500°C まで冷却し、その後にウエーハを取り出した。

[0061] この時の上側ランプモジュールと下側ランプモジュール出力比率およびウエーハ外周部と内周部の温度差を、比較例4では上側：下側＝100：100（温度差（第一主表面－第二主表面） 0°C ）、ウエーハ外周部の温度が中心部の温度より 5°C 高くなるようにした。そして実施例6では上側：下側＝40：100（温度差 15°C ）、ウエーハ外周部の温度と中心部の温度は同一とした。

[0062] 熱処理後に、レーザー散乱方式の異物検査装置（KLA-Tencor社製SP1）でウエーハ表面のスリップ転位測定および支持ピン接触位置から発生したスリップ転位の長さを選択エッチングで評価した。その結果を表2に示す。表中の○は3つの支持ピン位置のいずれにおいてもスリップ転位発生なし、△は1または2箇所スリップ転位発生、×は3箇所すべてでスリップ転位発生を意味する。

[0063]

[表2]

		700℃	1100℃	1300℃	ハロゲンランプのパワー比率(第一主表面:第二主表面)
比較例4	表面スリップ	○	○	×	100:100
	スリップ転位長さ(mm)	0.5	2	8	
実施例6	表面スリップ	○	○	○	100:40
	スリップ転位長さ(mm)	0.2	1.2	3	

[0064] 表2から明確なように、比較例4（特許文献1記載の方法）では、1300℃で熱処理した場合に支持ピン位置から発生したスリップ転位が表面（第二主表面）まで貫通していた。これに対して、実施例6では、スリップ転位は表面まで貫通していないため、SP1ではスリップ転位として検出されていなかった。

また比較例4の場合には、1300℃でRTA処理した場合にはウエーハエッジ部からのスリップ転位発生も認められた。その他のウエーハにおいては、エッジ部から発生するスリップ転位はなかった。

さらに、支持ピン位置から発生したスリップ転位の長さも、比較例4に比べて、実施例6はいずれの温度でも改善しており、本発明の方法が、スリップ転位防止あるいは低減に効果があることが確認された。

[0065] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

請求の範囲

- [請求項1] ウエーハの主表面（第一主表面）を支持部材で支持した状態で加熱源で加熱することで急速昇降温を伴う所定温度での熱処理を行うウエーハの熱処理方法において、
- 前記支持部材で支持した前記第一主表面の温度が、前記ウエーハの前記第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）の温度より1～25℃高くなるように前記加熱源を制御しながら熱処理を行うことを特徴とするウエーハの熱処理方法。
- [請求項2] 前記ウエーハの前記第一主表面を加熱する第一加熱源と、前記第二主表面を加熱する第二加熱源との出力比を変えることによって、前記第一主表面の温度が前記第二主表面の温度より1～25℃高くなるように制御することを特徴とする請求項1に記載のウエーハの熱処理方法。
- [請求項3] 前記第一加熱源及び前記第二加熱源としてハロゲンランプを用い、かつ前記第二加熱源の出力を前記第一加熱源の出力の10～90%とすることを特徴とする請求項2に記載のウエーハの熱処理方法。
- [請求項4] 前記加熱源としてハロゲンランプを用いることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のウエーハの熱処理方法。
- [請求項5] 前記支持部材を、前記ウエーハの外周部を複数の支持点によって水平に支持するものとすることを特徴とする請求項1ないし請求項4のいずれか1項に記載のウエーハの熱処理方法。
- [請求項6] 前記所定温度を、700℃以上1150℃未満とすることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のウエーハの熱処

理方法。

[請求項7] 前記所定温度を、 1150°C 以上 1250°C 未満とすることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のウエーハの熱処理方法。

[請求項8] 前記所定温度を、 1250°C 以上とすることを特徴とする請求項1ないし請求項5のいずれか1項に記載のウエーハの熱処理方法。

[請求項9] 少なくとも、チョクラルスキー法によってシリコン単結晶棒を育成し、該シリコン単結晶棒をスライスしてシリコン単結晶基板に加工した後、該シリコン単結晶基板に対して請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載のウエーハの熱処理方法によって熱処理を行うことを特徴とするシリコンウエーハの製造方法。

[請求項10] シリコンウエーハであって、請求項1ないし請求項8のいずれか1項に記載のウエーハの熱処理方法によって熱処理されたものであることを特徴とするシリコンウエーハ。

[請求項11] ウエーハに対して急速昇降温を伴う所定温度での熱処理を行うための熱処理装置であって、少なくとも、

前記ウエーハを収容するためのチャンバーと、前記ウエーハの第一主表面を支持する支持部材と、前記ウエーハの前記第一主表面を加熱する第一加熱源と、前記ウエーハの前記第一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）を加熱する第二加熱源と、前記第一加熱源と前記第二加熱源との出力を独立して制御するための制御機構とを備え、

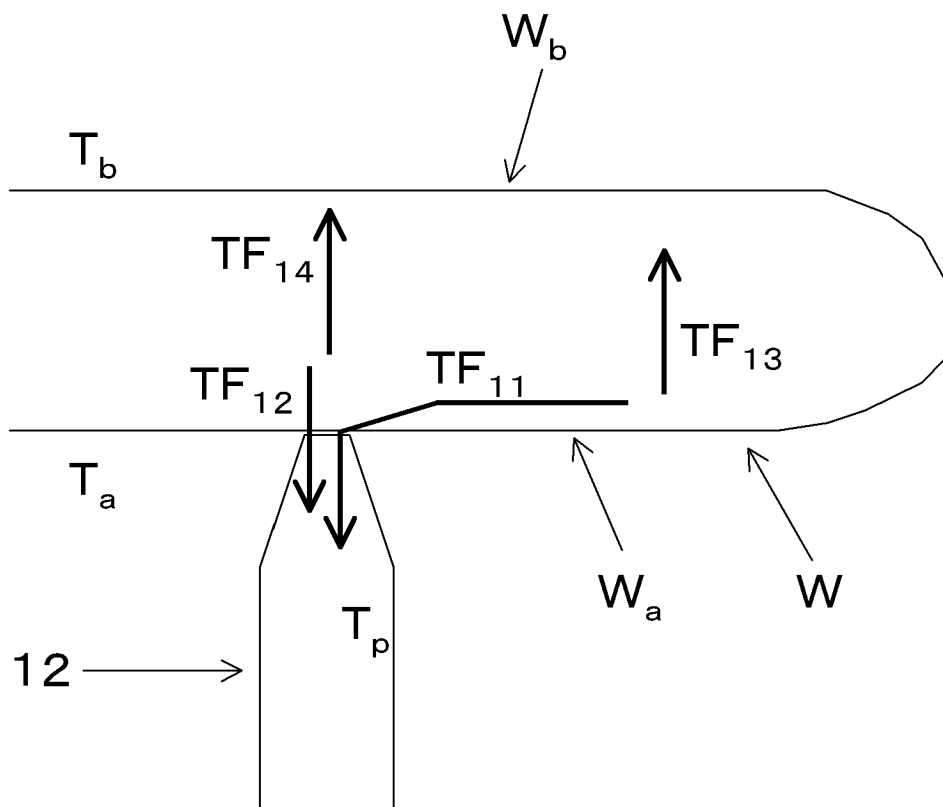
前記制御機構は、前記第一加熱源及び前記第二加熱源の出力を前記支持部材で支持した前記第一主表面の温度が、前記ウエーハの前記第

一主表面とは反対側の主表面（第二主表面）の温度より 1 ～ 25℃高くなるように前記出力を独立して制御するものであることを特徴とする熱処理装置。

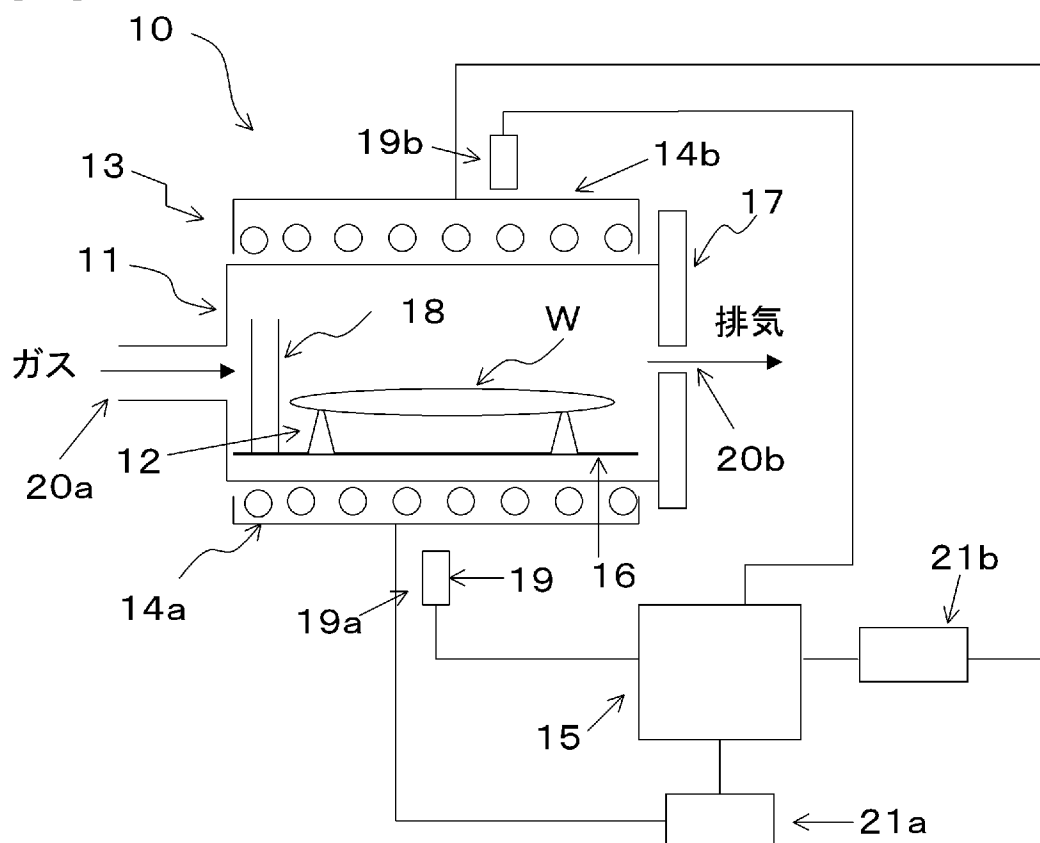
[請求項12] 前記第一及び第二加熱源を、ハロゲンランプとすることを特徴とする請求項 11 に記載の熱処理装置。

[図1]

$$T_a > T_b > T_p$$

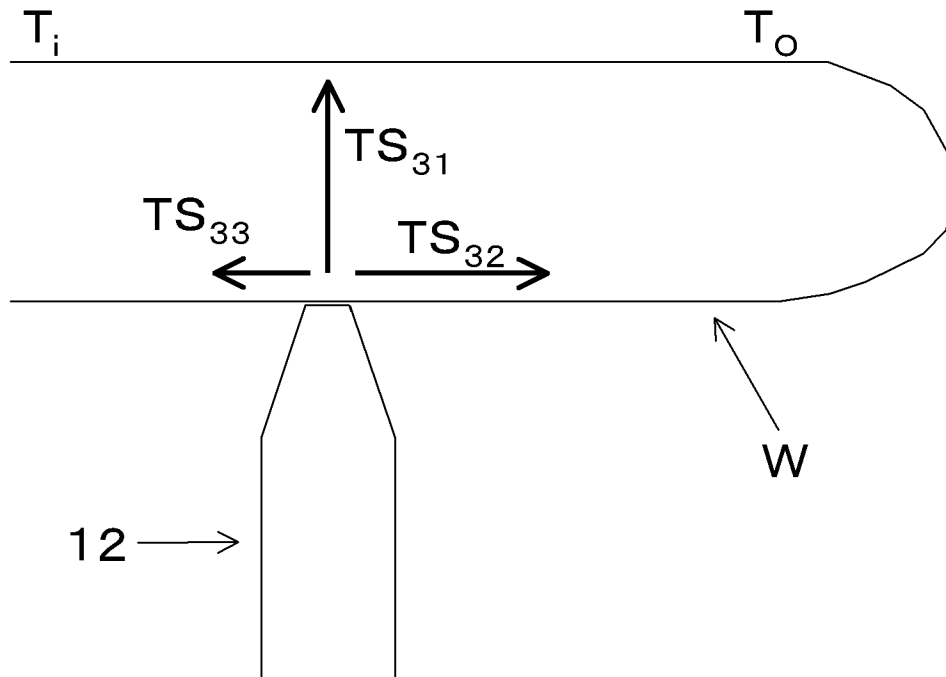


[図2]



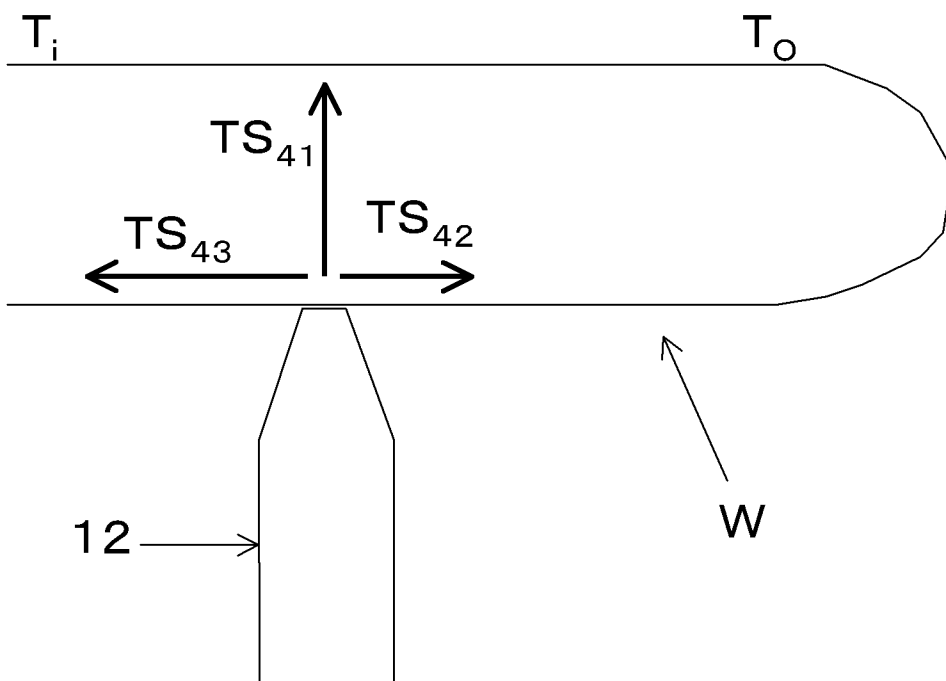
[図3]

$$T_i < T_o$$



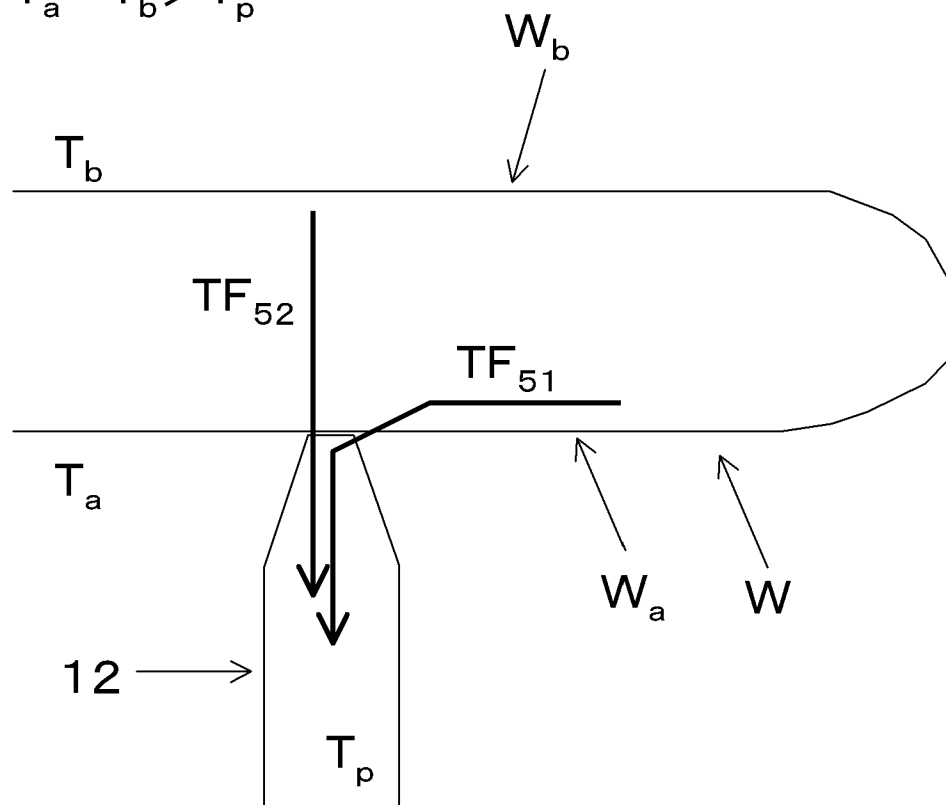
[図4]

$$T_i > T_o$$



[図5]

$$T_a = T_b > T_p$$



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/004047

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/26(2006.01) i, C30B29/06(2006.01) i, C30B33/02(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)

H01L21/26, C30B29/06, C30B33/02

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 1996-2011

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2011 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2011

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 A	JP 2-45914 A (NEC Yamaguchi, Ltd.), 15 February 1990 (15.02.1990), examples; fig. 2 (Family: none)	10 1-9, 11, 12
A	JP 2010-34288 A (SUMCO Corp.), 12 February 2010 (12.02.2010), entire text (Family: none)	1-12
A	JP 2010-73782 A (SUMCO Corp.), 02 April 2010 (02.04.2010), entire text (Family: none)	1-12



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

07 October, 2011 (07.10.11)

Date of mailing of the international search report

18 October, 2011 (18.10.11)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/004047

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 2010-109100 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 13 May 2010 (13.05.2010), entire text & WO 2010/050120 A1	1-12
A	JP 2008-16652 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 24 January 2008 (24.01.2008), entire text & US 2009/0197396 A1 & WO 2008/004379 A1 & KR 10-2009-0029234 A	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L21/26(2006.01)i, C30B29/06(2006.01)i, C30B33/02(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. H01L21/26, C30B29/06, C30B33/02			
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 1 年 日本国実用新案登録公報 1 9 9 6 - 2 0 1 1 年 日本国登録実用新案公報 1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 A	JP 2-45914 A (山口日本電気株式会社) 1990.02.15, 実施例、第2図（ファミリーなし）	10 1-9,11,12	
A	JP 2010-34288 A (株式会社SUMCO) 2010.02.12, 全文（ファミリーなし）	1-12	
A	JP 2010-73782 A (株式会社SUMCO) 2010.04.02, 全文（ファミリーなし）	1-12	
☒ 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 0 7 . 1 0 . 2 0 1 1		国際調査報告の発送日 1 8 . 1 0 . 2 0 1 1	
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） 宮澤 尚之 電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 4 6 2	4 M 9 2 7 8

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 2010-109100 A (信越半導体株式会社) 2010.05.13, 全文 & WO 2010/050120 A1	1-12
A	JP 2008-16652 A (信越半導体株式会社) 2008.01.24, 全文 & US 2009/0197396 A1 & WO 2008/004379 A1 & KR 10-2009-0029234 A	1-12