

(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
2013 年 10 月 10 日(10.10.2013)



(10) 国際公開番号
WO 2013/150636 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/324 (2006.01) H01L 21/302 (2006.01)
H01L 21/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2012/059374
- (22) 国際出願日: 2012 年 4 月 5 日(05.04.2012)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 国立
大学法人東北大学(NATIONAL UNIVERSITY
CORPORATION TOHOKU UNIVERSITY) [JP/JP];
〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番
1 号 Miyagi (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 大見 忠弘
(OHMI, Tadahiro) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市
青葉区片平二丁目 1 番 1 号 国立大学法人東北
大学内 Miyagi (JP). 寺本 章伸(TERAMOTO,
Akinobu) [JP/JP]; 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片
平二丁目 1 番 1 号 国立大学法人東北大学内
Miyagi (JP). 諏訪 智之(SUWA, Tomoyuki) [JP/JP];

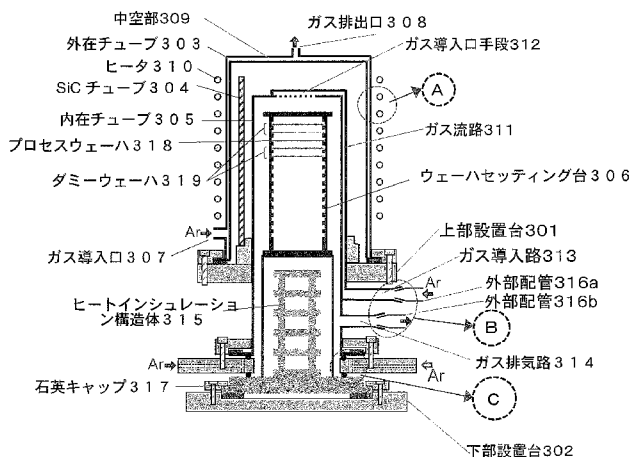
- 〒9808577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目 1 番
1 号 国立大学法人東北大学内 Miyagi (JP).
- (74) 代理人: 池田 憲保, 外(IKEDA, Noriyasu et al.); 〒
1000011 東京都千代田区内幸町 1 丁目 2 番 2 号
日比谷ダイビル Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
JP, 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,
QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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),

[続葉有]

(54) Title: ATOMIC-ORDER FLAT SURFACE TREATMENT METHOD OF SILICON WAFER, AND HEAT TREATMENT
DEVICE

(54) 発明の名称: シリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法及び熱処理装置

[図3]



- | | |
|---------------------------|-------------------------------|
| 301 Upper mounting base | 311 Gas flow path |
| 302 Lower mounting base | 312 Gas introduction means |
| 303 Outer tube | 313 Gas introduction path |
| 304 SiC tube | 314 Gas exhaust path |
| 305 Inner tube | 315 Heat insulation structure |
| 306 Wafer setting base | 316a, 316b Outer tubing |
| 307 Gas introduction port | 317 Quartz cap |
| 308 Gas exhaust port | 318 Process wafer |
| 309 Hollow portion | 319 Dummy wafer |
| 310 Heater | |

(57) Abstract: Disclosed is a silicon wafer wherein a plural-
ity of terraces are formed on the surface with steps which are
formed of a monatomic layer. There is no slip line in the
wafer.

(57) 要約: 表面に原子一層のステップで段状と
された複数のテラスが形成されているシリコン
ウェーハにおいて、スリップラインが存在しない。

WO 2013/150636 A1



OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, 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：

シリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法及び熱処理装置

技術分野

[0001] 本発明は、ＩＣ、ＬＳＩ等の半導体装置を作成するためのシリコンウェーハ表面の平坦化処理方法に関するものである。

背景技術

[0002] ＩＣ、ＬＳＩ等の半導体装置を作成するためのシリコンウェーハ表面の凹凸は、例えば、非特許文献１に示されているように、ＭＯＳＦＥＴ（Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor）の電流駆動能力の向上を妨げる要因であり、表面を極力、平坦にすることが求められる。

[0003] 一方、１２００℃のＡｒ雰囲気でシリコンウェーハを熱処理すると原子レベルのステップおよびテラス構造が現れる究極の平坦表面が形成できることが報告されている（非特許文献２）。

[0004] しかし、１２００℃という高温処理では量産を考えた場合、現実的ではない。

[0005] これに対して、特許文献１には、高純度Ａｒガスの雰囲気中で、８５０℃で熱処理することで２００ｍｍφのウェーハ表面をスリップラインレスの原子オーダー平坦化とすることができると記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献１：国際公開番号ＷＯ２０１１／０９６４１７Ａ１

非特許文献

[0007] 非特許文献１：T. Ohmi, K. Kotani, A. Teramoto, and M. Miyashita, IEEE Elec. Dev. Lett., 12, 652 (1991).

非特許文献２：L. Zhong, A. Hojo, Y. Matsushita, Y. Aiba, K. Hayashi, R. Takeda, H. Shirai, and H. Saito, Phy. Rev. B. 54, 2304 (1996).

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0008] しかしながら、特許文献 1 の方法によれば確かに、高純度 Ar ガスの雰囲気中で 850℃の低温で 200mmφのような大口径シリコンウェーハを熱処理してもスリップラインと呼ばれる結晶欠陥が形成されないと記載されているが、量産に適しているのか、更に大口径のシリコンウェーハにまで適用できるか、仮に適用できるとしても歩留まりは大量生産に適する程に高歩留まりであるか、等々については特許文献 1 では未提案である。
- [0009] 即ち、特許文献 1 は、多数の大口径シリコンウェーハを連続的、継続的に処理し、量産した場合にも、結晶欠陥の形成を防止できるかどうかについては開示されていない。
- [0010] 本発明は、スリップラインレスの原子オーダー平坦化された大口径シリコンウェーハを量産する際における課題を追求して、量産化を実現しようとするものである。
- [0011] 具体的には、本発明の目的の一つは、200mmφ以上の大口径とした場合でもスリップラインレスの原子オーダー平坦化処理が歩留まり良くなされ且つ熱処理装置を繰り返し使用しても初期のウェーハと同等の原子オーダー表面平坦性を有するシリコンウェーハが高歩留りで得られるシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法を提供することにある。
- [0012] 本発明のもう一つの目的は、より純度の高い熱処理雰囲気ガスを使用することにより大口径のウェーハに対してより低温でより少ないガス使用量によりスピーディに原子オーダー平坦化表面処理が高歩留りで行えるシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

- [0013] 上記した課題を解決するために、本発明の第 1 の態様によれば、熱処理装置のシリコンウェーハの熱処理空間に熱処理雰囲気ガスを外部から導入するためのガス輸送路が前記熱処理装置との継部において分離された二重空間構造を有し、該二重空間構造は、内空間が前記熱処理空間に連通し、外空間は

前記熱処理空間には連通しておらず輸送されるガスを外部に排気する構造であり、シリコンウェーハの熱処理過程において、前記内空間に前記熱処理雰囲気ガスを流し前記外空間に前記熱処理雰囲気ガス若しくは前記熱処理雰囲気ガス同等のガスを流すことを特徴とするシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法が提供される。

[0014] 本発明の第2の態様によれば、表面熱処理によるシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法において、熱処理装置内のシリコンウェーハが設置された熱処理空間に、水分含有量0.2 vol. ppb以下、酸素含有量0.1 vol. ppb以下の純度の熱処理雰囲気ガスを導入しつつ熱処理温度900℃以下で熱処理することを特徴とするシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法が提供される。

[0015] 本発明の第3の態様によれば、前記第2の態様において、水分含有量0.01 vol. ppb以下、酸素含有量0.02 vol. ppb以下の純度の熱処理雰囲気ガスを導入しつつ熱処理温度900℃以下で熱処理することを特徴とするシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法が提供される。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、200mmφ以上の大面積のウェーハであっても原子オーダーの表面平坦性を有し且つスリップラインが存在しないシリコンウェーハを提供することができる。

[0017] 又、別には、本発明によれば、より純度の高い熱処理雰囲気ガスを継続的に使用することで、より大口径のウェーハに対してより低温でより少ないガス使用量でよりスピーディに原子オーダー平坦化表面処理が高歩留りで行える。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]シリコンウェーハを種々の条件で熱処理した際にX線トポグラフィーの結果（試料数4）を示す図である。

[図2]本発明の実施形態に係るシリコンウェーハのオフ角とテラス幅の関係を説明するための模式的説明図である。

[図3]本発明の実施例で使用される好適な熱処理装置の一つである典型的具體例を説明するための模式的説明図である。

[図4]図3に示された部分Aを拡大して説明するための模式的説明図である。

[図5]図3に示された部分Bを拡大して説明するための模式的説明図である。

[図6](a)は、図3に示された部分Cを拡大して説明するための模式的説明図であり、ここでは、関連技術で使用している構造を示している。(b)は、図3に示された部分Cを拡大して説明する模式的説明図であり、ここでは、本発明において使用される構造を示している。

[図7]実施例1、4-1および比較例1、2の試料表面のAFM像を示す写真図である。

[図8]本実施形態に係るシリコンウェーハ上にMOSFETを形成した場合の一例を示す模式的平面図である。

[図9]図8のソースドレイン方向の模式的断面図である。

[図10]実施例1の熱処理時の温度プロファイルを示すグラフである。

[図11]実施例5および比較例3~5の酸化前と酸化後(処理前と処理後)の試料表面のAFM像を示す写真図である。

[図12]実施例6および比較例6のドレイン電圧ードレイン電流特性を示す図である。

[図13]実施例4-1の試料表面のAFM像を示す写真図である。

[図14]累積故障率(Cumulative Failure「%」)の評価結果(評価面積:1mm×1mm)を示す図である。

[図15]累積故障率(Cumulative Failure「%」)の評価結果(評価面積:4mm×4mm)を示す図である。

[図16]熱処理温度とAr流量の平坦化処理への影響度合いを評価した実験結果を示す図である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、図面に基づき、本発明の好適な実施形態を詳細に説明する。最初に、本実施形態に係るシリコンウェーハについて簡単に説明する。

[0020] 本発明の表面処理方法によって原子オーダー平坦化表面処理が施されたシリコンウェーハは、表面に原子一層のステップで段状とされた複数のテラスが形成されており、スリップラインが存在しないものである。

[0021] ここで、「スリップライン」とは、シリコンウェーハを熱処理した際に、規則正しく並んでいるシリコン原子が高温のためにずれることで起こる一種の「結晶欠陥」を意味するものである。即ち、本発明の表面処理方法によって得られるシリコンウェーハは結晶欠陥フリーの構造を有している。

[0022] また、表面に原子オーダーのステップで段状とされた複数のテラスが形成されている状態とは、図2に示すような状態のことを意味する。

[0023] 図2で模式的に示すように、本実施形態に係るシリコンウェーハの表面はオフ角(θ)だけJust (100)面から傾いている。

[0024] なお、図2は、基板表面の結晶が(100)面であり、 $\langle 01-1 \rangle$ 方向に対して、 $\langle 011 \rangle$ 方向に 36° 傾けた方向の(100)面に対して、オフ角として 0.06° だけ面方位を傾けた場合を示している。

[0025] 図2に示すように、原子レベルにおいては、基板表面がオフ角(θ)だけ傾いている場合には、その表面の格子点が異なる。この表面の格子点が切り替わる位置がステップ S_A 、 S_B となる。このステップの高さは、シリコン(100)表面の1原子ステップである 0.13 nm である。

[0026] このときのステップとテラスの数は、図2に示してある通り、(1)式で表される。

$$L = 0.13 / \tan \theta \quad (\text{nm}) \quad \dots (1)$$

L : テラス幅、 θ : (100)面からのオフ角

[0027] テラス幅は原子レベルでは数原子のばらつきがある。しかし、そのばらつきはnmオーダーで小さく、特性への影響が無視できるか、影響があるとしても極小さな範囲内である。そのためテラス幅は実質的に同じ幅であるといえる。またステップの方向も一直線ではなく、原子レベルでは数原子の凹凸があるが、その凹凸もnmオーダーで小さく、特性への影響が無視できるか、影響があるとしても極小さな範囲内である。従って実質的に直線的で一方

向と見なせることから、ステップは実質的に同一方向に形成されているといえる。本発明者等は、A F M像から得られたテラス幅LとX線回折測定で得られたオフ角の関係は（１）式の結果とよく一致していることを確認している。

[0028] つまり、シリコン表面に形成されるステップは原子一層であり、さらにオフ角も、同様に平均的な角度として、実質的に同じ角度であると見做せる。以下の記載においては、単にステップ方向は同一方向、テラス幅は同じ幅、またオフ角は同じ角度で形成されていると表記する。

[0029] このように、表面に原子一層のステップで段状とされた複数のテラスが形成されており、かつ、スリップラインが存在しないシリコンウェーハを得るためには、熱処理装置のシリコンウェーハの熱処理空間に熱処理雰囲気ガスを外部から導入するためのガス輸送路が前記熱処理装置との継部において分離された二重空間構造を有し、該二重空間構造は、内空間が前記熱処理空間に連通し、外空間は前記熱処理空間には連通しておらず輸送されるガスを外部に排気する構造であり、シリコンウェーハの熱処理過程において、前記内空間に前記熱処理雰囲気ガスを流し前記外空間に前記熱処理雰囲気ガス若しくは前記熱処理雰囲気ガス同等のガスを流すことで原子オーダー平坦化表面処理を行えばよい。

[0030] 本発明を具現化するのに好適に使用される熱処理装置の一例の模式的説明図が図３に示される。図３に示される熱処理装置３００は、上部設置台３０１と下部設置台３０２とを有し、両者は二層構造となっている。

[0031] 上部設置台３０１には、外在チューブ３０３が設置され、外在チューブ３０３内部には、図の外側から、S i C（炭化ケイ素）チューブ３０４、内在チューブ３０５、ウェーハセッティング台３０６が配置されている。

[0032] 外在チューブ３０３は、例えば石英などの高耐熱性のガラス質材料で構成され、中空が設けられた二重構造を有する円筒構造である。外在チューブ３０３には、図示されてあるようにガス流入口３０７、ガス排気口３０８を有し、ガス流入口３０７からガス排気口３０８に向かって二重構造の中空部３

０９をガスが流されるようになっている。外在チューブ３０３の外側には、所望のピッチで設けたヒータ３１０が取り付けられてある。

[0033] 熱処理を長時間又は繰り返し行う際、外在チューブ３０３を外から内部観察しやすいように石英で構成してあると、ヒータ３１０に原因する金属が外在チューブ３０３を通過して熱処理装置内に僅かではあるが侵入してくる。この点を防止する目的で、外在チューブ３０３の中空部３０９に不活性ガス、例えばＡｒガスを流して熱処理空間に金属が侵入して来ないようにする。

[0034] この点の詳細について図４を用いて説明する。外在チューブ３０３の外側にあるヒータワイヤー３１０ａが熱処理装置内の熱処理温度を維持するために発熱を続けていると、ヒータワイヤー３１０ａから金属が遊離し浮遊金属４０１となり、当該浮遊金属４０１が外在チューブ３０３の外壁３０３ａを通過し装置内部に侵入してくる。

[0035] その際、外在チューブ３０３の中空部３０９に予め不活性ガス、例えばＡｒガスの流れを形成しておく、と、遊離した金属は、ガスの流れによってＡｒガスとともにガス排出口３０８から装置外部排出され、外在チューブ３０３の内壁３０３ｂを通過して装置の更に内部に侵入することはない。

[0036] 外在チューブ３０３と内在チューブ３０５の間の空間は、熱処理中は、必要に応じて所望の真空度に保持されて内在チューブ３０５内の清浄維持が図れるようになっている。

[0037] 内在チューブ３０５の外側には、外部から熱処理雰囲気ガスを内在チューブ３０５内に導入するためのガス流路３１１が設けられてある。該ガス流路３１１は内在チューブ３０５の上部に設けたガス導入口手段３１２に連通しているとともに上流側に、外部から熱処理雰囲気ガスを取り入れるためのガス導入路３１３を有する。

[0038] ガス導入口手段３１２は、内在チューブ３０５内に導入ガスを導入するための細孔が所望の仕様と設計に従って設けられている。内在チューブ３０５は、下部設置台３０２付近まで下方に延在し、上部設置台３０１と下部設置台３０２の中間位置で内在チューブ３０５内の熱処理雰囲気ガスを排気する

ためのガス排気路 3 1 4 と連通している。

[0039] ウェーハセッティング台 3 0 6 には、内側にウェーハをセットするための溝が所定数設けてあり、一枚から多数枚同時に熱処理できるような構造を有している。

[0040] ウェーハセッティング台 3 0 6 に、ウェーハをセッティングする場合、図 3 に示してあるように、熱処理を施すウェーハ（プロセスウェーハ 3 1 8）の上下位置にダミーウェーハ 3 1 9 を所定枚数配して、プロセスウェーハ 3 1 8 の全面が均一様に加熱・維持されるようにする。このことにより、プロセスウェーハ 3 1 8 の被熱処理面全面が均一様温度に維持される。

[0041] ウェーハセッティング台 3 0 6 の下部には、ウェーハセッティング台 3 0 6 が置かれる空間における熱分布を均一様にするために、ヒートインシュレーション構造体 3 1 5 が配されてある。ヒートインシュレーション構造体 3 1 5 は、例えば、石英等で出来たラダー構造体であるのが好ましい。特に、発泡石英でつくれば、形状も任意に出来、見かけの熱容量も大きくすることができるので望ましい。

[0042] ガス導入路 3 1 3、ガス排気路 3 1 4 には、図示されるように外部配管 3 1 6 a、3 1 6 b が夫々接続される。

[0043] 本発明に於いては、この外部配管の接続位置（点線丸の矢印で示した部分 B）や O リング等でシーリングする箇所（点線丸の矢印で示した部分 C）に以下に示す工夫を施す。

[0044] 先ず、部分 B を拡大して示す図 5 に沿って説明する。図 5 の（a）は、関連技術による方法、（b）は本発明の方法を説明するものである。

[0045] 配管に継部があると如何に嚴重にシールしても長時間の使用、繰り返し数の増加に伴って僅かではあるが、継部 5 0 0 から大気が侵入し熱処理雰囲気を変動させて仕舞うことが本発明者らによって明らかにされた。どんなに純化した熱処理雰囲気ガスを使用していても、時間の経過とともに継部から大気成分が徐々に侵入して熱処理空間に逆拡散し、熱処理雰囲気を汚染してしまう。汚染の原因の大気成分の量は極僅かではあるが、水成分や酸素成分で

あると、譬え極微量でも熱処理に大きく影響し、目的とする原子オーダーの平坦性を有し且つスリップラインレスの大面積シリコンウェーハを生産性良く生産することが出来なくなる。即ち、スリップラインレスの大面積シリコンウェーハを量産することができなくなってしまう。

[0046] ガス導入路 313 を構成する石英管 501 と外部配管 316a は、接続されて外部より熱処理雰囲気ガスを熱処理装置の熱処理空間に導入できるようにする。

[0047] 本発明者らの研究結果では、熱処理装置を長時間使用したり繰り返し使用したりすると接続位置（継部 500）での接続をより確実にして大気侵入遮断を試みても継時的变化が伴われ次第に継部 500 から大気が侵入してくるようになる。

[0048] これを防止するために、本発明では、図 5（b）に示すように、継部 500 の周囲を一对のパージ用フランジ 502a、502b で囲い、継部 500 とフランジ 502 の間の空間にパージ用のガスを所望の相対的正圧で流すことで継部 500 からの大気の侵入を完全に阻止できるように構造的工夫を施してある。パージ用のガスは、パイプ 503 から導入される。

[0049] パージ用のガスとしては、熱処理雰囲気ガスと同一種のガスか同等のガスを用いる。特に、好ましくは、熱処理雰囲気ガスと同一種のガスを使用するのが望ましい。

[0050] 図 5（b）では、熱処理雰囲気ガスのガス導入路 313 の部分を説明したが、ガス排気路 314 の部分も同様の構造とされる。

[0051] 次に、図 6 に沿って、Ｏリング等でシーリングする箇所（点線丸の矢印で示した部分 C）の本発明における構造的工夫を説明する。図 6 の（a）は、関連技術に係る構造、（b）は本発明に係る構造を示すものである。

[0052] 図 5 でも説明したように、Ｏリング等で如何に精巧にシーリングして気密性を維持しようとしても長時間にわたる継時変化は、特に熱が加わる場合の継時変化は、その気密性を低下させ、装置とＯリングの僅かな隙間から次第に大気が侵入するようになる。これを防止する目的で、図 6（b）に示す様に

、取り付けフランジ602内部にパージ流路603を設けてパージガスを所望の相対的正圧で流すことで、大気の装置内部への侵入を完全に防止する。

[0053] 本発明者らの研究によると、市販されている比較的入手しやすい高純度アルゴン（Ar）ガスを熱処理雰囲気ガスとして使用し従来構造の熱処理装置で、可也の高温、例えば1200℃前後で熱処理を行えば、スリップラインレスのシリコンウェーハを形成することが出来るが、それでも、200mmφ程度の大面積ウェーハとなるとウェーハ表面全域に亘ってスリップラインレスの原子オーダー平坦性を得るのは生産性を考慮すると実質上難しいという結論が得られている。

[0054] 市販されている比較的入手しやすい高純度アルゴン（Ar）ガスの純度は、ガスの品質規格表示では、Grade1（G1）クラスのもので、99.9999vol%超であり、酸素（O₂）含有量は、0.1vol.ppm未満、水分（H₂O）の含有量は、露点表示で、-80℃未満である。

[0055] 本発明者らの先の出願（特許文献1）では、アルゴン（Ar）ガスの純度を更に高め、水分含有量0.2vol.ppb以下、酸素含有量0.1vol.ppb以下としたアルゴン（Ar）ガスを使用することで、200mmφ程度の大面積ウェーハ表面全域に亘ってスリップラインレスの原子オーダー平坦性を有するシリコンウェーハが、しかも800～900℃という従来に比べ遥かに低温の領域で熱処理を行うことで得られることが示されている。

[0056] 前述した本発明の第1および第3の態様は、この技術を更に発展させたものであり、200mmφ以上の大口径シリコンウェーハに対してもスリップラインレスの原子オーダー平坦化処理が高歩留りで生産性良く実施でき、大量生産に最適な原子オーダー表面平坦化処理法である。

[0057] 更に、前述した本発明の第3の態様では、より純度の高い熱処理雰囲気ガスを使用することでより大口径のウェーハに対してより低温でより少ないガス使用量でよりスピーディに原子オーダー平坦化表面処理が高歩留りで行える。

[0058] この際に使用する内在チューブ305は、好ましくはできる限り純度化を

図ったものを使用するのが望ましい。

[0059] 本発明に於いては、熱処理雰囲気ガスとしては、シリコンウェーハ表面に対して不活性（非反応性）なガス種が使用される。そのようなガスとして、好ましくはA r（アルゴン）やH e（ヘリウム）などの希ガス、N₂（窒素）、などの不活性ガス若しくはこれらのガスを2種以上混合した混合ガスを使用するのが望ましい。特に、本発明に於いては、A r（アルゴン）の使用が望ましい。

[0060] 熱処理の際の温度を900度以下とするのが望ましい。熱処理温度を900℃以下とすることにより、シリコンウェーハを300mmφ以上の大口径にした場合においても、スリップラインのないウェーハが得られる。

[0061] ただし、あまり低温での熱処理では原子オーダーで平坦な表面が得られないため、熱処理の際の温度は、好ましくは、700℃以上、より好ましくは、750℃以上、更に好ましくは、800℃以上とするのが望ましい。即ち、熱処理の際の温度は700℃～900℃の範囲が好ましい。

[0062] このように、表面に原子一層のステップで段状とされた複数のテラスが形成されており、かつスリップラインが存在しないシリコンウェーハは、MOSFETを形成する場合に、MOSFETの電流駆動能力を劣化させることなく、かつ歩留まりよくMOSFETを形成できる。

[0063] ここで、本実施形態に係るシリコンウェーハを使用したMOSFETの形成方法について、図8および図9を参照して説明する。

[0064] まず、上記処理（900℃以下での熱処理）が行われた半導体基板901（シリコンウェーハ、シリコン基板）の表面を、アルカリ溶液を用いない洗浄法によって洗浄する。

[0065] 次に、図9に示すように、例えばプラズマによって発生させた酸素ラジカルによって基板表面を直接酸化するラジカル酸化法によりSiO₂膜902を形成したのち、CVD法等によってSiO₂膜903を形成する。

[0066] 次に、フォトリソグラフィ法等を用いて、MOSトランジスタが作成される活性化領域を開口する。このとき図8に示すように、ソースドレイン

の方向にステップが存在しないように、（キャリア走行方向にステップが交差しないように）、ステップと平行方向をキャリア走行方向とするのが望ましい。このような構成とすることで、キャリア走行方向にはラフネスが極めて小さく、キャリア移動度が大きいMOSFETが実現できる。

[0067] なお、図8では、 $\langle 01-1 \rangle$ 方向に対して、 $\langle 011 \rangle$ 方向に 54° 傾いた方向にソースドレインを設定した場合を例示している。

[0068] 次に、図9に示すように、フォトレジストをマスク材料として開口部分の SiO_2 膜902および SiO_2 膜903を除去し、フォトレジストを除去する。なお、開口はトランジスタをそれぞれ設けるべき複数（多数）の部分に形成するが、図8および図9ではそのうち1個の開口部分、1個のトランジスタを示している。その後、アルカリ溶液を用いない洗浄法で露出半導体表面を洗浄したのち、ラジカル酸化によってゲート絶縁膜として SiO_2 膜904を形成し、ゲート電極905として多結晶ポリシリコンを形成する。なお、ラジカル酸化法のような等方的酸化法であれば膜厚によらず界面平坦度は劣化しない。また、ゲート絶縁膜はラジカル窒化により形成してもよいし、ラジカル酸化とラジカル窒化を組み合わせ形成してもよい。

[0069] この後は、公知のMOSFET形成方法によって、MOSFETを形成する。

[0070] 具体的には、ソース拡散層906およびドレイン拡散層907の形成、層間絶縁膜908の成膜、コンタクトホール開口、ゲート取り出し電極909、ソース取り出し電極910およびドレイン取り出し電極911を形成することで、図9に示すようなMOSFETを形成する。

[0071] なお、MOSFETの形成方法は特に限定されない。ゲート絶縁膜を形成する方法は、例えば等方的に半導体基板を酸化する方法や、窒化する方法を用いれば良い。また多数形成したトランジスタ間の素子分離方法は、STI（Shallow trench Isolation）、LOCOS（Local Oxidation of Silicon）法等を用いてもよく、活性領域表面の洗浄方法、酸化膜、窒化膜形成方法も、膜厚が同程度であればよい。

[0072] このように、本実施形態によれば、シリコンウェーハは表面に原子一層のステップで段状とされた複数のテラスが形成されており、かつスリップラインが存在しないように構成されている。

[0073] そのため、当該シリコンウェーハを用いることにより、ウェーハが大口径（200mmφ以上）の場合でも歩留まりよくMOSFETおよびそれで構成された回路を製造できる。

実施例

[0074] 以下、実施例に基づき本発明をさらに詳細に説明する。

[0075] <スリップラインの評価>

表面が（100）配向のシリコンウェーハを種々の熱処理温度で加熱した試料を作成し、スリップラインの有無を評価した。具体的な手順は以下の通りである。

[0076] （1）試料の作製

（実施例1）

まず、口径200mmφ、表面が（100）配向のシリコンウェーハを用意し、以下の手順でシリコンウェーハ表面の洗浄を行った。まず、 O_3 水を用いてシリコンウェーハ表面を10分間洗浄し、希HF（0.5wt%）を用いて1分間洗浄し、最後に、超純水リンスを3分を行った。

[0077] その後、シリコンウェーハを図3に示す熱処理装置内に載置し、水分が0.2ppb以下、 O_2 が0.1ppb以下のArを20L/min流しながら熱処理温度850℃、熱処理時間180分の条件下で熱処理を行った。

[0078] 但し、熱処理過程中、図4，5，6で説明した様には実施せず、前述の特許文献1の図9に記載されてある熱処理装置で行えるのと同等の熱処理装置条件にした。

[0079] 具体的には、まずシリコンウェーハが30℃の状態から図10に示す温度シーケンスでシリコンウェーハを850℃まで昇温し、850℃で180分保持した。その後、図10に示す温度シーケンスでシリコンウェーハが30℃になるまで降温した。以上の手順により、試料を作製した。

[0080] (実施例2)

A r 流量を10L/min、熱処理時間（保持時間）を540分としたこと以外は実施例1と同様の条件で試料を作製した。

[0081] (実施例3)

A r 流量を10L/minとし、熱処理時間（保持時間）を270分としたこと以外は実施例1と同様の条件で試料を作製した。

[0082] (実施例4-1)

A r 流量を10L/min、熱処理温度を900℃、熱処理時間を（保持時間）60分としたこと以外は実施例1と同様の条件で試料を作製した。

[0083] (実施例4-2)

A r 流量を14L/minとし、熱処理温度を800℃とし、熱処理時間を（保持時間）90分としたこと以外は実施例1と同様の条件で試料を作製した。

[0084] (比較例1)

A r 流量を10L/min、熱処理温度（保持温度）を1100℃、熱処理時間（保持時間）を60分としたこと以外は実施例1と同様の条件で試料を作製した。

[0085] (比較例2)

A r 流量を10L/min、熱処理温度（保持温度）を1200℃、熱処理時間（保持時間）を60分としたこと以外は実施例1と同様の条件で試料を作製した。

[0086] (2) 試料の評価

X線トポグラフィー (X-ray diffraction topography) を用いて、作製した試料のスリップラインの有無を評価した。なお、評価には理学電機社製RU-300を用い、透過X線のトポグラフより、スリップラインの有無を評価した。

[0087] また、試料の表面をAFM（セイコーインスツル社製SPI400）を用いて観察した。試料のオフ角及び方向はX線回折装置（PANalytical社製X'pert Pro）を用いて計測した。

[0088] 評価結果を表 1 に、実施例 1、2、4（4-1、4-2）および比較例 1 の透過 X 線トポグラフを図 1 に示す。

また、実施例 1、4-1、比較例 1、2 の A F M 像を図 7 に示す。

[0089] さらに、実施例 4-2 の A F M 像を図 13 に示す。上端、下端、左端、右端の A F M 像は、それぞれウェーハのエッジから 5 mm の場所でのものであり、中央の A F M 像は中央部（ウェーハエッジから 100 mm）でのものであり、中央部と上端、下端、左端、右端それぞれとの間の A F M 像は、それぞれウェーハのエッジから 50 mm の場所でのものである。

[0090] [表 1]

No.	熱処理温度	Ar 流量	熱処理時間	スリップライン
実施例 1	850℃	20L/min	180分	なし
実施例 2	850℃	10L/min	540分	なし
実施例 3	850℃	10L/min	270分	なし
実施例 4-1	900℃	10L/min	60分	なし
実施例 4-2	800℃	14L/min	90分	なし
比較例 1	1100℃	10L/min	60分	あり
比較例 2	1200℃	10L/min	60分	あり

[0091] 表 1、および図 1、図 13 から明らかなように、900℃以下で熱処理した試料（実施例 1～4（4-1、4-2））はいずれもスリップラインが現れず、熱処理による結晶欠陥が生じていないことが分かった。なお、その他の面欠陥や点欠陥も観察されなかった。

[0092] 一方、比較例 1、2 はスリップラインが観察され（図 1（a）参照）、熱処理により結晶欠陥が生じていることが分かった。

[0093] また、図 7、図 13 から明らかなように、いずれの試料も、表面に原子オーダーのステップで段状とされた複数のテラスが形成されているのが観察され、原子オーダーで平坦な表面が得られることが分かった。

[0094] <ラジカル酸化による表面凹凸の評価>

得られた試料の表面に種々の処理を施し、平坦面の形状を評価した。具体的な手順は以下の通りである。

[0095] （1）試料の作製

(実施例 5)

実施例 1 の試料に対して東京エレクトロン社製マイクロ波励起プラズマ装置を用いて温度 400℃、133Pa、Kr/O₂の流量比 98/2 の条件にてラジカル酸化を行い、6nm の酸化層を形成した。その後に 36wt%HC l と 50wt%HF を 19/1 で混合した溶液を用いて酸化膜を除去した。なお、酸化膜が除去されたかどうかは疎水性になったことを確認することにより判断した。

[0096] (比較例 3)

実施例 1 の試料に対して東京エレクトロン社製 α -8 を用いて O₂ 雰囲気下で、温度 900℃ で 10 分間、試料を加熱することにより表面を熱酸化し、6nm の酸化層を形成した。その後に 36wt%HC l と 50wt%HF を 19/1 で混合した溶液を用いて酸化膜を除去した。なお、酸化膜が除去されたかどうかは疎水性になったことを確認することにより判断した。

[0097] (比較例 4)

実施例 1 の試料に対して東京エレクトロン社製 α -8 を用いて O₂ 雰囲気下で、1000℃ で 10 分間、試料を加熱することにより表面を熱酸化し、17nm の酸化層を形成した。その後に 36wt%HC l と 50wt%HF を 19/1 で混合した溶液を用いて酸化膜を除去した。なお、酸化膜が除去されたかどうかは疎水性になったことを確認することにより判断した。

[0098] (比較例 5)

実施例 1 の試料に対して 36wt%HC l と 50wt%HF を 19/1 で混合した溶液で 1 分洗浄を行い、その後に超純水リンスを 5 分間行った（即ち、表面を酸化しなかった）。

[0099] (2) 試料の評価

次に、実施例 5 および比較例 3～5 の酸化前後（比較例 5 は洗浄前後）の表面形状を AFM で観察した。結果を図 11 に示す。なお、図 11 の AFM 像は 1 μ m 角である。

[0100] 図 11 に示すように、ラジカル酸化を行った試料（実施例 5）は酸化後も表面のステップとテラスが明確に現れており、原子オーダーでの表面の平坦

性が維持されていることが分かった。

[0101] 一方、熱酸化を行った試料（比較例 3、4）はステップとテラスが不明瞭になっており、原子オーダーでの表面の平坦性が悪化していることが分かった。

[0102] <MOSFETの電流電圧特性の評価>

以下に示す手順で図 8 および図 9 に示すような MOSFET を作製し、ドレイン電流－ドレイン電圧（ $I_D - V_D$ ）特性を評価した。

[0103] （1）試料の作製

（実施例 6）

まず、実施例 1 の試料の表面を、T. Ohmi, "Total room temperature wet cleaning Si substrate surface," J. Electrochem. Soc., Vol. 143, No. 9, pp.2957-2964, Sep. 1996. に記載されたアルカリ溶液を用いない洗浄法によって洗浄した。次に、プラズマによって発生させた酸素ラジカルによって基板表面を直接酸化するラジカル酸化法により、温度 400℃の条件にて 7 nm の SiO_2 膜 902 を形成したのち、CVD 法によって 300 nm の SiO_2 膜 3 を形成した。

[0104] 次に、フォトリソグラフィー法によって、MOS トランジスタが作成される活性化領域を開口した。

[0105] 次に、フォトレジストをマスク材料として $HCl/HF = 19/1$ の溶液で開口部分の SiO_2 膜 902 および SiO_2 膜 903 を除去し、フォトレジストを $H_2SO_4/H_2O_2 = 4:1$ 溶液で除去した。その後、上述したアルカリ溶液を用いない洗浄法で露出半導体表面を洗浄したのち、ラジカル酸化によってゲート絶縁膜として SiO_2 膜 904 を 5.6 nm 形成し、ゲート電極 905 として多結晶ポリシリコンを形成した。この後は、公知の手法によりソース拡散層 906 およびドレイン拡散層 907 の形成、層間絶縁膜 908 の成膜、コンタクトホールの開口、ゲート取り出し電極 909、ソース取り出し電極 910 およびドレイン取り出し電極 911 の形成を行い、図 9 に示すような MOSFET が完成した。

[0106] (比較例 6)

平坦化処理を行わず、 $R_a = 0.06 \text{ nm}$ としたほかは実施例 5 と同様の条件で MOSFET を作製した。

[0107] (2) 試料の評価

作製した試料に $-3 \text{ V} \sim 3 \text{ V}$ の範囲で 0.5 V 単位でド레인電圧を印加し、ド레인電流を測定した。結果を図 12 に示す。

[0108] 図 12 から明らかなように、平坦な界面を有する実施例 6 の MOSFET の方が同じゲート電圧、ド레인電圧の時に比較例 6 よりも大きいド레인電流が流れており、良好な MOSFET が形成されていることが分かった。

[0109] <累積故障率 (Cumulative Failure「%」) の評価>

図 14 は、評価面積を $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ に設定して、累積故障率の評価を行った結果を示す図である。横軸は、破壊までに流れる電荷量 (charges to breakdown) Q_{bd} であり、縦軸は累積故障率である。グラフが右寄りにあるほど、性能が良いことになる。

[0110] 図 14 中、(a) は熱処理温度を 1100°C に設定して表面を原子レベルで平坦にした場合、(b) は熱処理温度を 800°C に設定して表面を原子レベルで平坦にした場合、(c) は原子レベルに平坦化する処理を行わない場合、(d) は平坦化処理を行った後に APM により表面ラフネスを増大させた場合で、それぞれの試料にラジカル酸化法で 5.8 nm の酸化膜を形成して MOS ダイオードを作製して測定した結果をそれぞれ示す。

[0111] 図 14 に示す結果から、 Q_{bd} がラフネスが大きいもの、すなわち (c)、(d)、に比べて、平坦化したもの、すなわち (a)、(b) の方が大きくなっていることが分かる。

[0112] 図 15 は、評価面積を $4 \text{ mm} \times 4 \text{ mm}$ に設定して、累積故障率の評価を行った結果を同様に示す図である。

[0113] 図 15 中、(a) は熱処理温度を 1100°C に設定して表面を原子レベルで平坦にした場合、(b) は熱処理温度を 800°C に設定して表面を原子レベルで平坦にした場合、(c) は原子レベルに平坦化する処理を行わない場

合で、それぞれの試料にラジカル酸化法で5.8 nmの酸化膜を形成してMOSダイオードを作製して測定した結果をそれぞれ示す。

[0114] 図15に示す結果から、大きい面積の試料で評価を行うと、平坦化処理を行うことにより初期故障がなくなっていることが分かる。

[0115] (実施例7)

表面が(100)配向のシリコンウェーハを熱処理温度及び熱処理雰囲気ガスであるArの流量を種々に変えて各試料を作成し、熱処理温度とAr流量の平坦化処理への影響度合いを調べた。スリッパラインの有無の評価は、実施例1と同様にして行った。具体的な手順は以下の通りである。

[0116] (1) 各試料の作製

まず、口径300mmφ、表面が(100)配向のシリコンウェーハを用意し、以下の手順でシリコンウェーハ表面の洗浄を行った。

[0117] まず、O₃ (オゾン) 水を用いてシリコンウェーハ表面を10分間洗浄し、希HF (0.5 wt%) を用いて1分間洗浄し、最後に、超純水リンスを3分を行った。

[0118] その後、シリコンウェーハを図3に示す熱処理装置内に載置し、水分が0.02 ppb以下、O₂が0.01 ppb以下の純度のArを流しながら所定の熱処理温度で180分間熱処理を行った。

[0119] 熱処理過程中、図4, 5, 6で説明した様にして装置内への大気や遊離金属の侵入を完全に防止して実施した。大気侵入防止に使用したガスとしては、Arを用い、内在チューブ305内の圧力よりやや高めの圧力で常時流し続けた。

[0120] 具体的には、まずシリコンウェーハが30℃の状態から図10に示す温度シーケンスパターンと同等の温度シーケンスでシリコンウェーハを熱処理維持温度 (図10では850℃) まで昇温し、その温度を180分保持した。その後、図10に示す温度シーケンスパターンと同等の温度シーケンスでシリコンウェーハが30℃になるまで降温した。以上の手順により、試料を作製した。

[0121] 結果を図16に示す。どの試料にもスリップラインは観察されなかった。
これにより極めて平坦性に優れた表面であることが確認された。

[0122]	熱処理温度 (°C)	A r の流量 (slm)
試料1 (△)	850	14
試料2 (○)	860	14
試料3 (◇)	875	14
試料4 (□)	900	14
試料5 (黒三角)	850	28

[0123] 図16から明らかなように、同じA r の流量なら、熱処理温度が高い方が平坦化処理速度ははやい。同じ熱処理温度ならA r の流量の大きい方が平坦化処理速度ははやい。

産業上の利用可能性

[0124] 上に述べた実施形態では、本発明をMOSFETに用いた場合についての説明したが、本発明は何らこれに限定されることなく、平坦な表面を有するシリコンウェーハを用いた全ての構造に適用できる。

請求の範囲

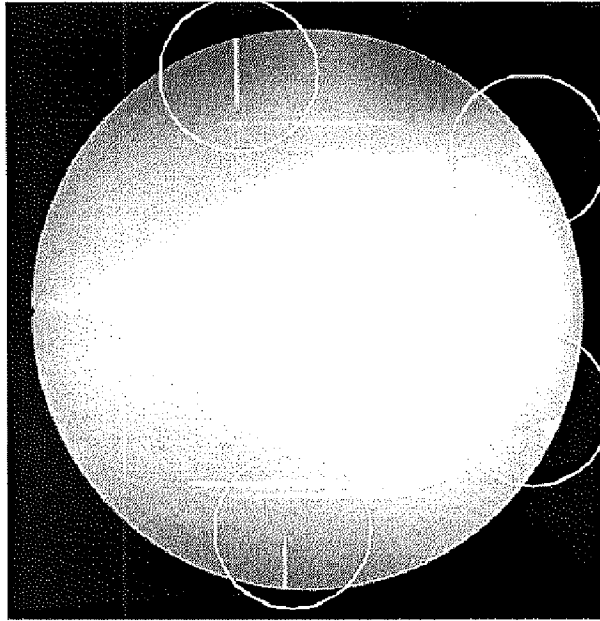
- [請求項1] 熱処理装置のシリコンウェーハの熱処理空間に熱処理雰囲気ガスを外部から導入するためのガス輸送路が前記熱処理装置との継部において分離された二重空間構造を有し、該二重空間構造は、内空間が前記熱処理空間に連通し、外空間は前記熱処理空間には連通しておらず輸送されるガスを外部に排気する構造であり、シリコンウェーハの熱処理過程において、前記内空間に前記熱処理雰囲気ガスを流し前記外空間に前記熱処理雰囲気ガス若しくは前記熱処理雰囲気ガス同等のガスを流すことを特徴とするシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法
- [請求項2] 表面熱処理によるシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法において、熱処理装置内のシリコンウェーハが設置された熱処理空間に、水分含有量0.2 vol. ppb以下、酸素含有量0.1 vol. ppb以下の純度の熱処理雰囲気ガスを導入しつつ熱処理温度900℃以下で熱処理することを特徴とするシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法。
- [請求項3] 表面熱処理によるシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法において、熱処理装置内のシリコンウェーハが設置された熱処理空間に、水分含有量0.02 vol. ppb以下、酸素含有量0.01 vol. ppb以下の純度の熱処理雰囲気ガスを導入しつつ熱処理温度900℃以下で熱処理することを特徴とするシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法。
- [請求項4] 請求項1において、更に、シリコンウェーハが設置された前記熱処理空間に、水分含有量0.2 vol. ppb以下、酸素含有量0.1 vol. ppb以下の純度の熱処理雰囲気ガスを導入しつつ熱処理温度900℃以下で熱処理することを特徴とするシリコンウェーハの原子オーダー平坦化表面処理方法。
- [請求項5] 内側に熱処理空間を規定し、且つ、二重構造の外在チューブと、当

該外在チューブの外側に設けられたヒータと、前記熱処理空間内に設けられ、不活性ガスを導入、排出する内在チューブと、前記内在チューブの内側に配置されたウェーハセッティング台とを有し、
前記外在チューブは、前記二重構造内部に規定されるガス流通路を備え、
前記内在チューブの前記不活性ガスを導入、排出する部分は、前記不活性ガスの導入、排出用フランジと、当該不活性ガス導入、排出用フランジの内側に、不活性ガスを導くパイプを備えていることを特徴とする熱処理装置。

[請求項6] 請求項5において、前記外在チューブの前記ガス流通路には、不活性ガスが流されることを特徴とする熱処理装置。

[請求項7] 請求項5又は6において、更に、前記内在チューブはOリングを介して、取り付けられており、前記Oリングには、前記熱処理空間の外側から、不活性ガスが供給されていることを特徴とする熱処理装置。

[図1]



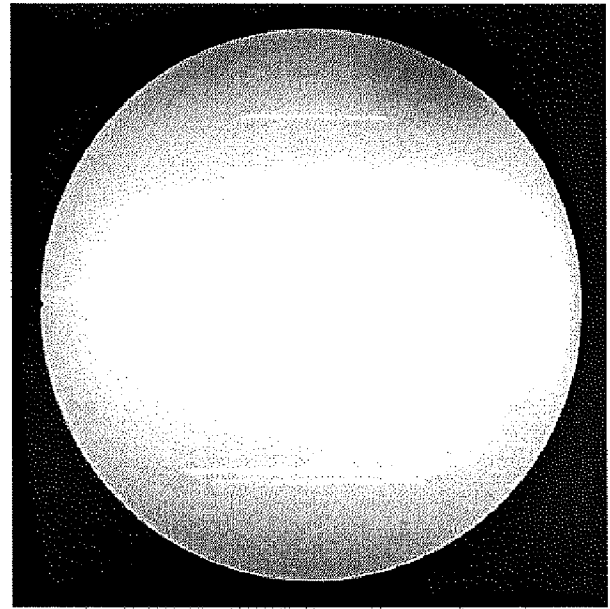
(比較例 1)

熱処理温度：1100℃

Ar 流量：10 L/min

熱処理時間：60分

(a)



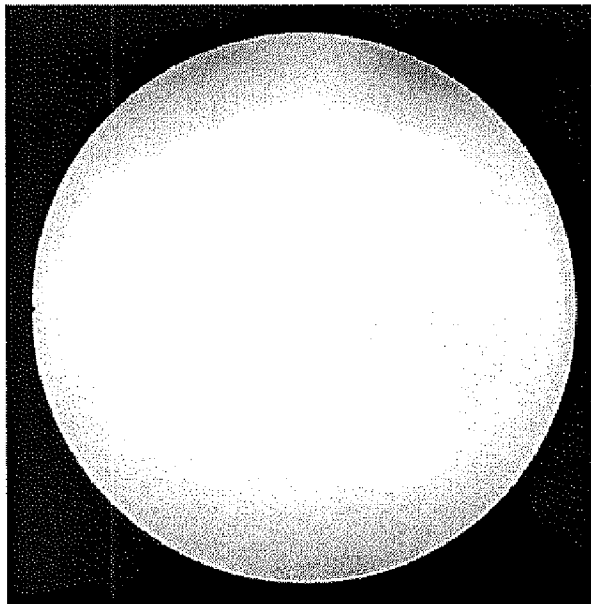
(実施例 4)

熱処理温度：900℃

Ar 流量：10 L/min

熱処理時間：60分

(b)



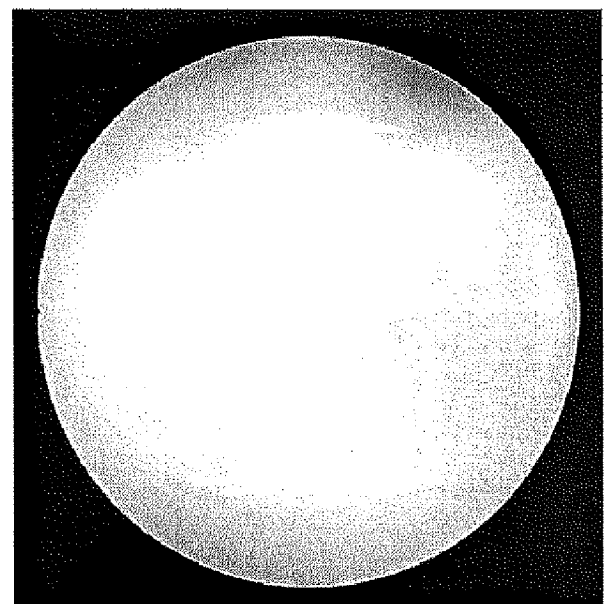
(実施例 1)

熱処理温度：850℃

Ar 流量：20 L/min

熱処理時間：180分

(c)



(実施例 2)

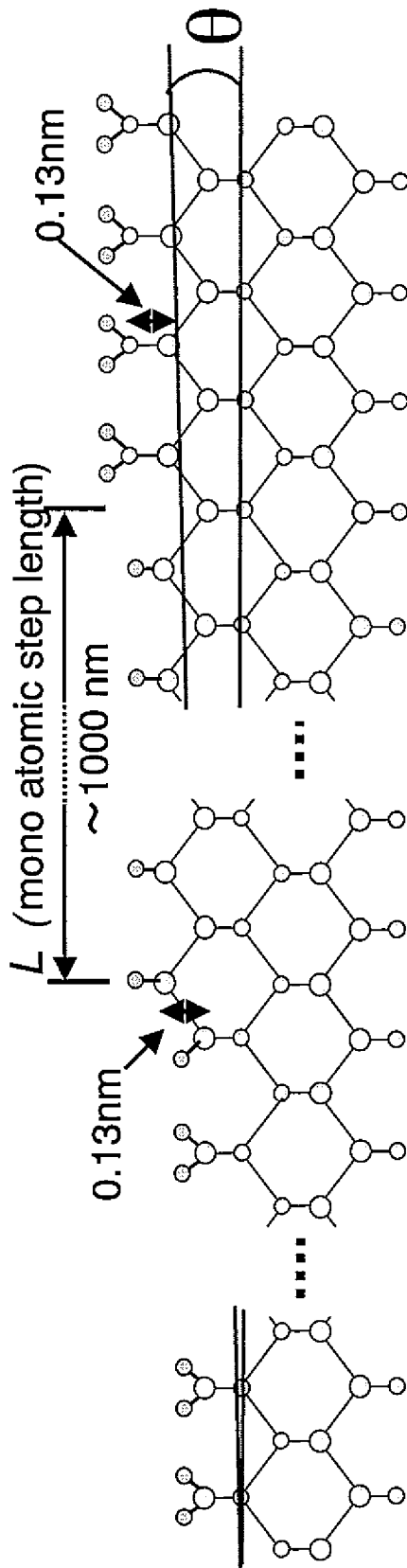
熱処理温度：850℃

Ar 流量：10 L/min

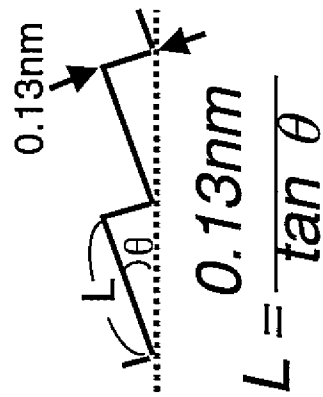
熱処理時間：540分

(d)

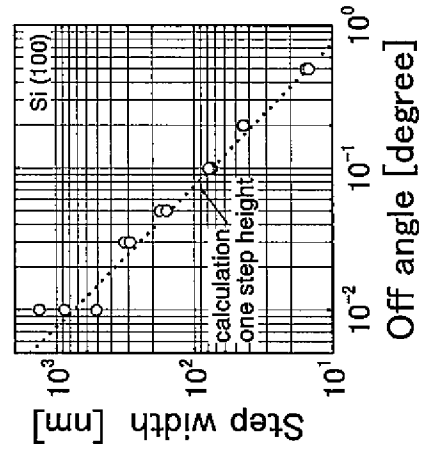
[図2]



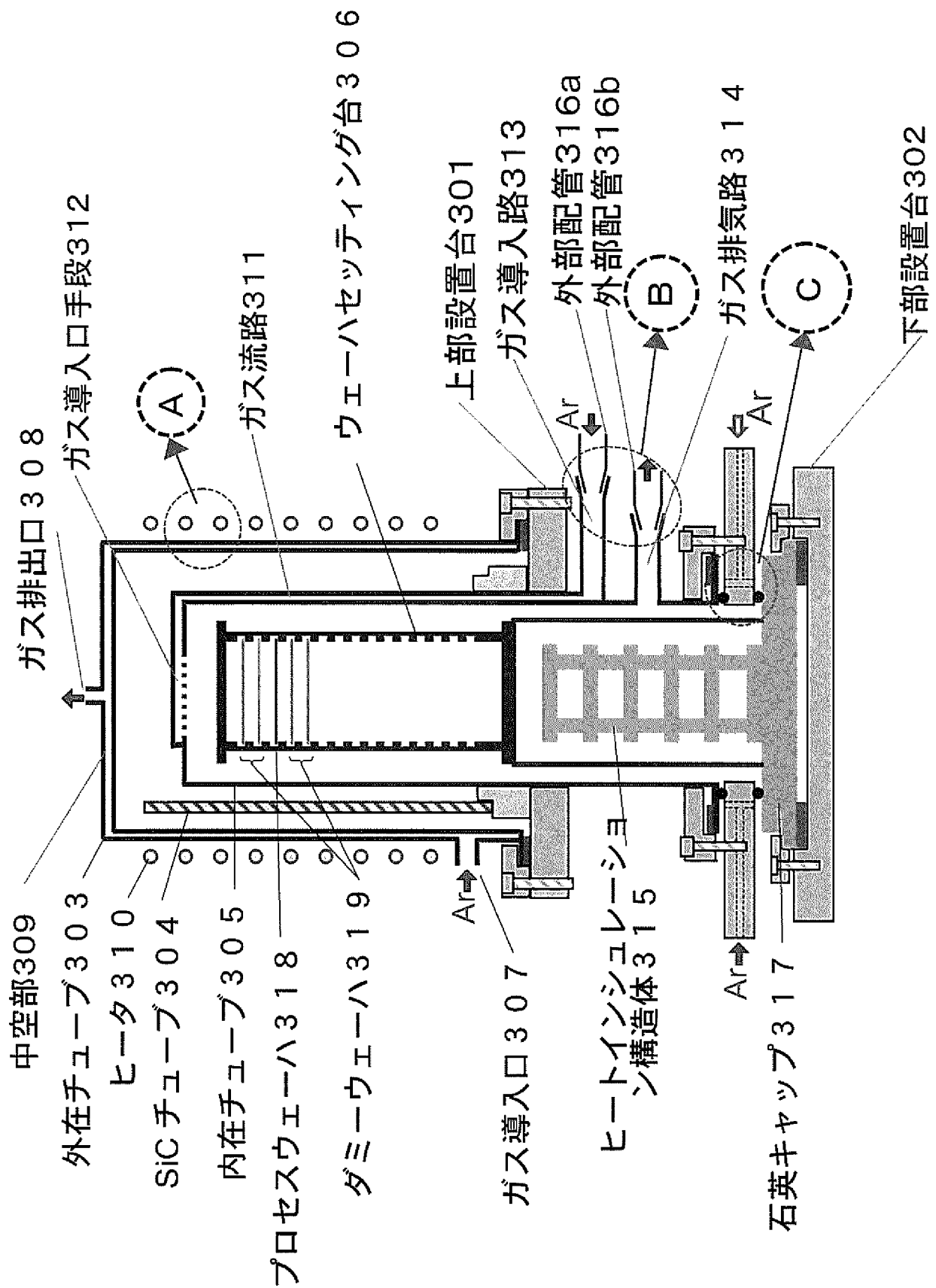
off angle



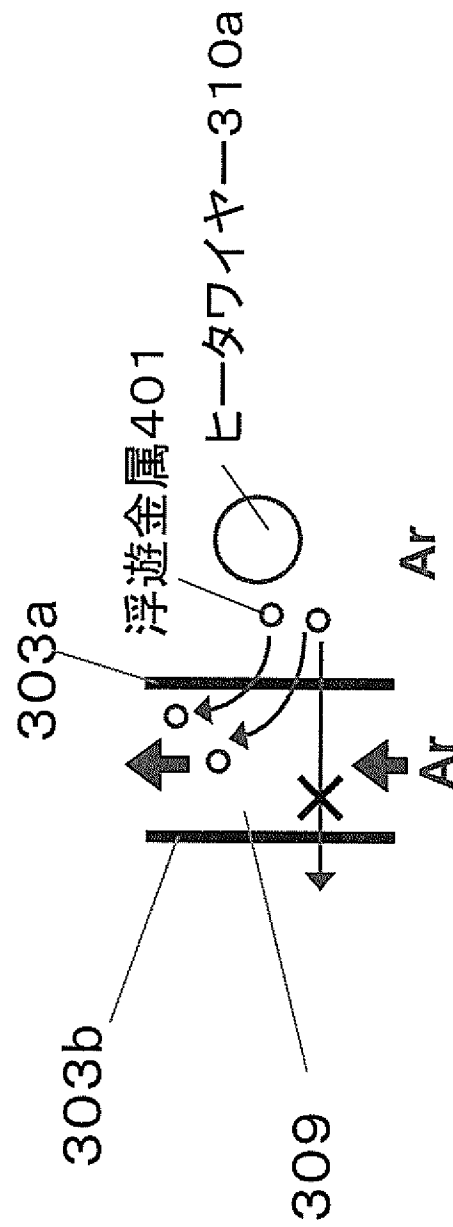
L (mono atomic step length)



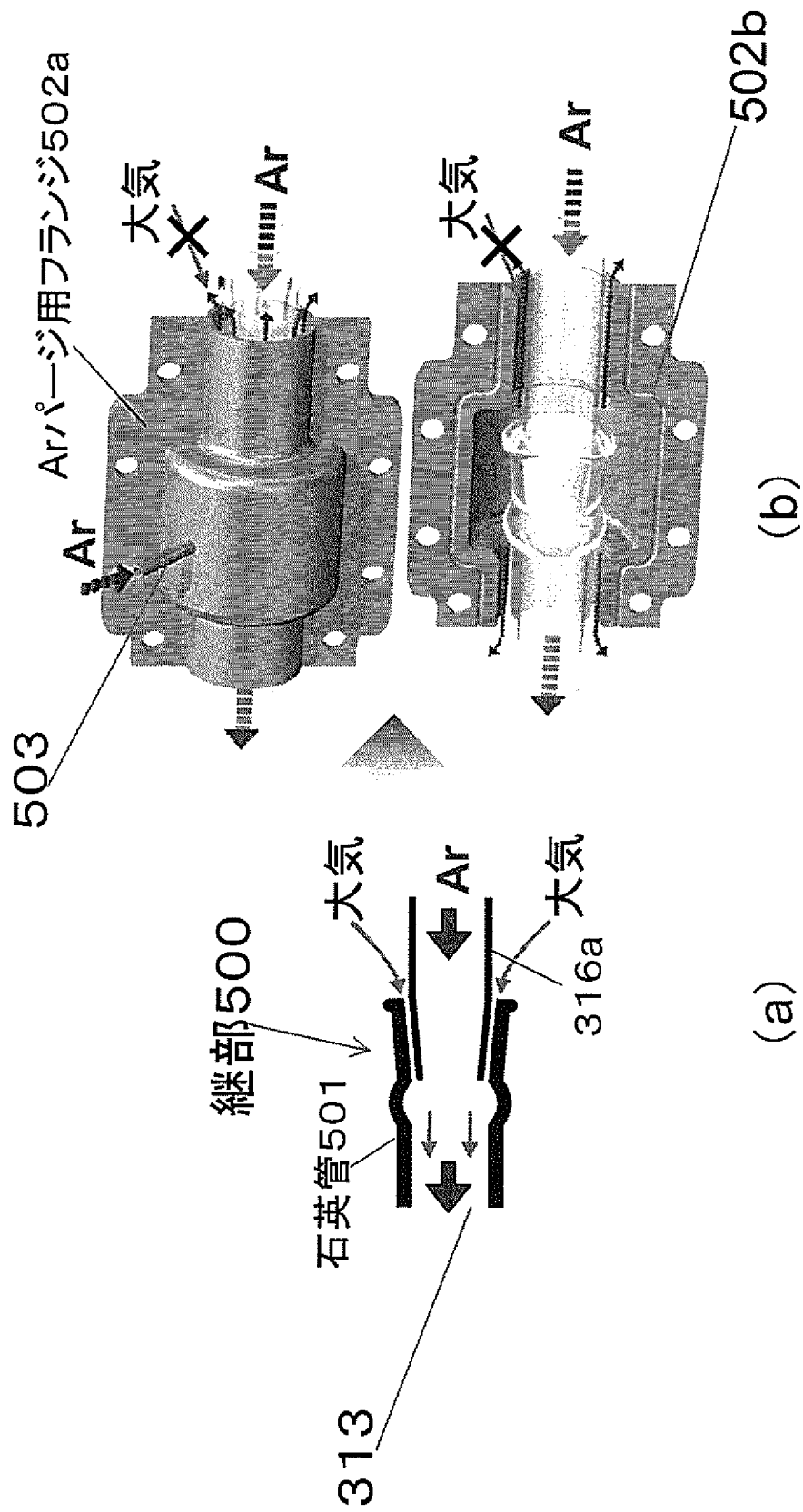
[図3]



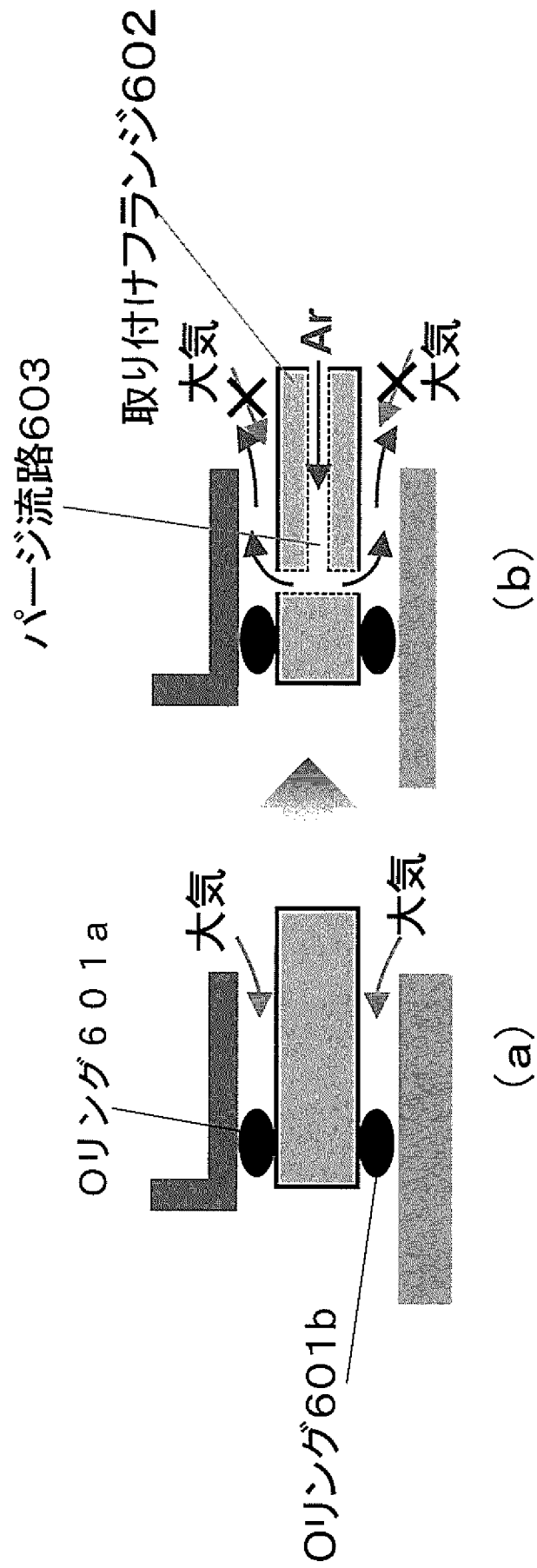
[図4]



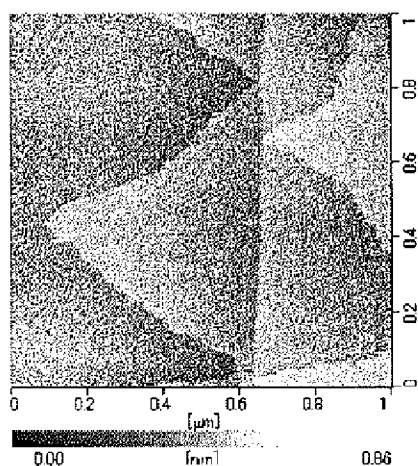
[図5]



[図6]

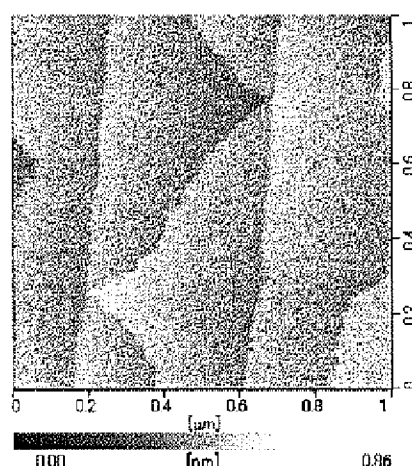


[図7]



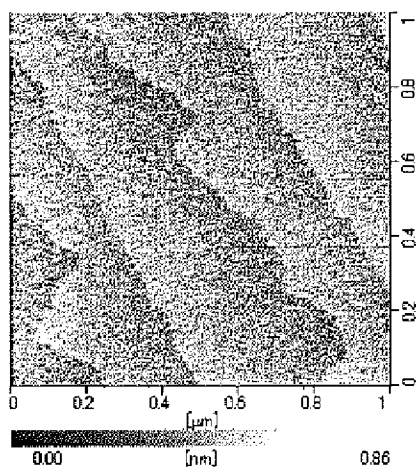
(実施例1)
熱処理温度: 850°C
Ar流量: 20L/min
熱処理時間: 180分

(a)



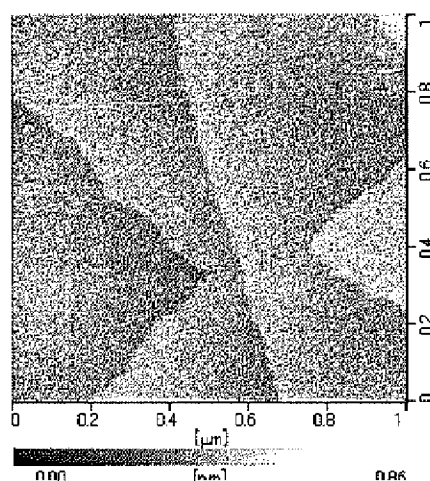
(実施例4-1)
熱処理温度: 900°C
Ar流量: 10L/min
熱処理時間: 60分

(b)



(比較例1)
熱処理温度: 1100°C
Ar流量: 10L/min
熱処理時間: 60分

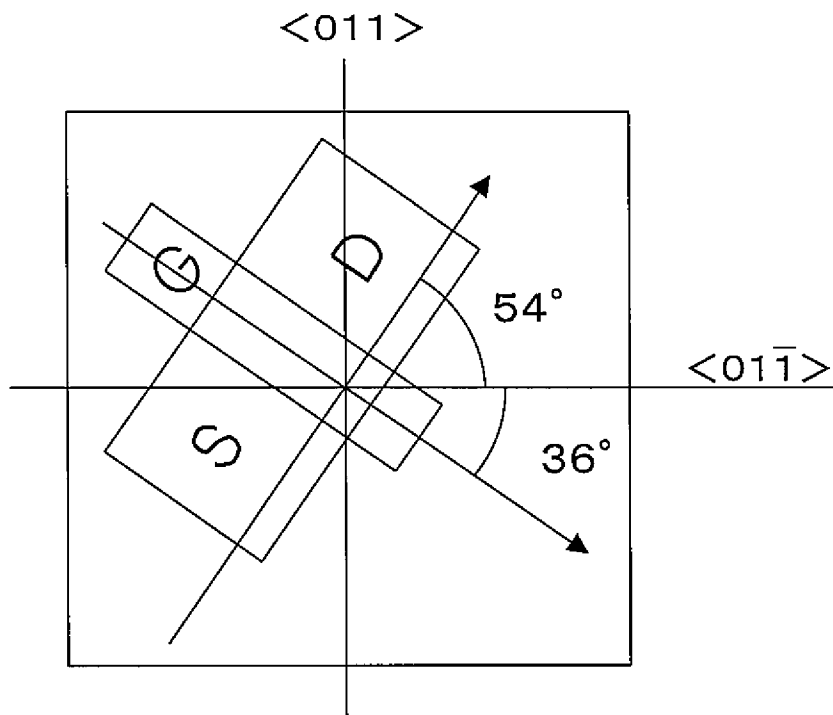
(c)



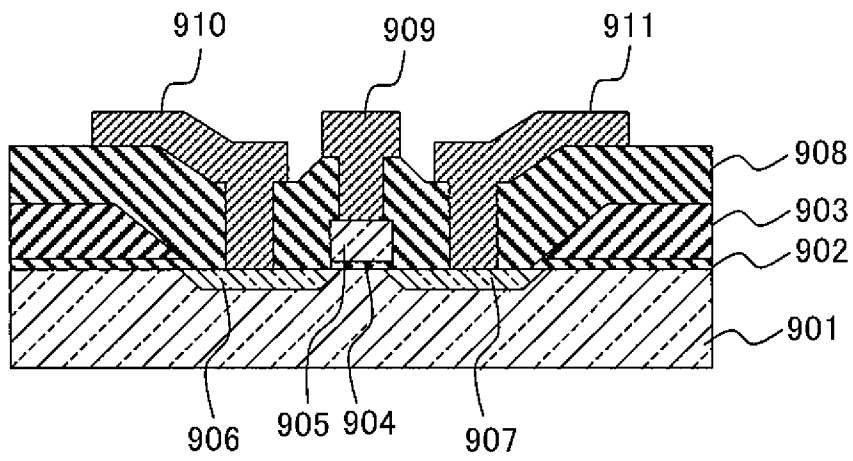
(比較例2)
熱処理温度: 1200°C
Ar流量: 10L/min
熱処理時間: 60分

(d)

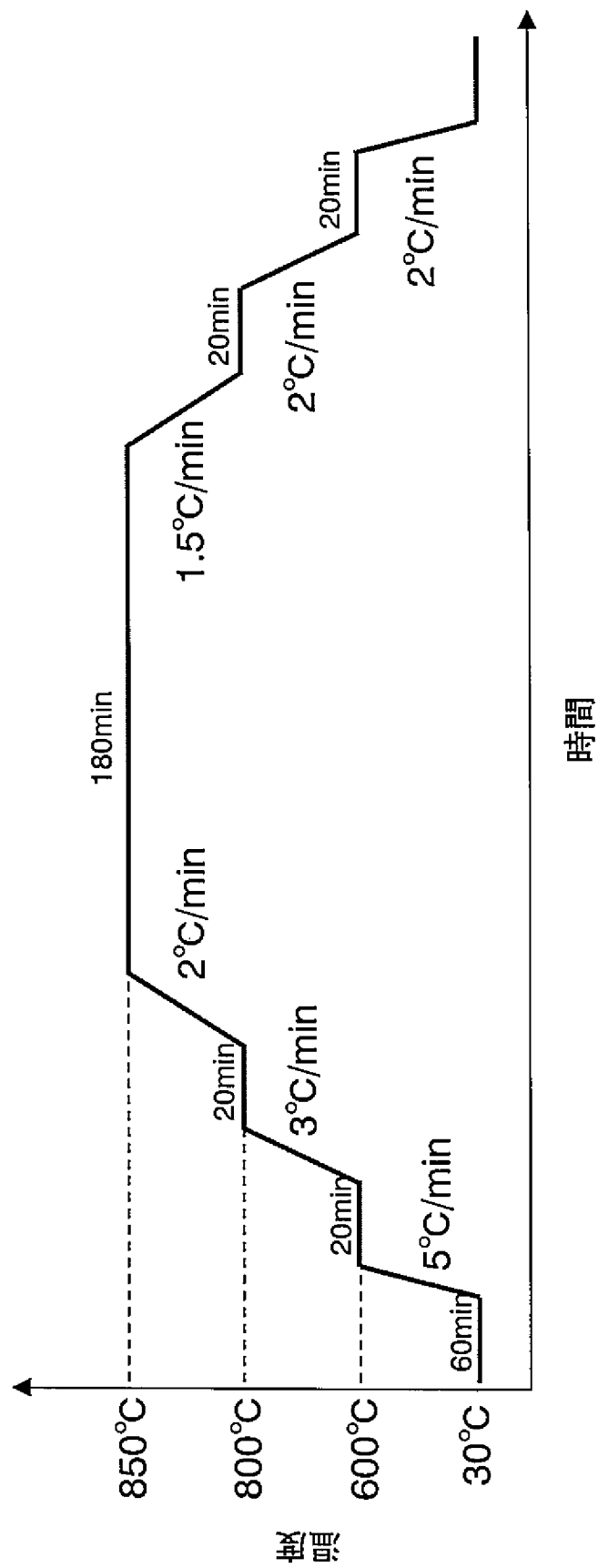
[図8]



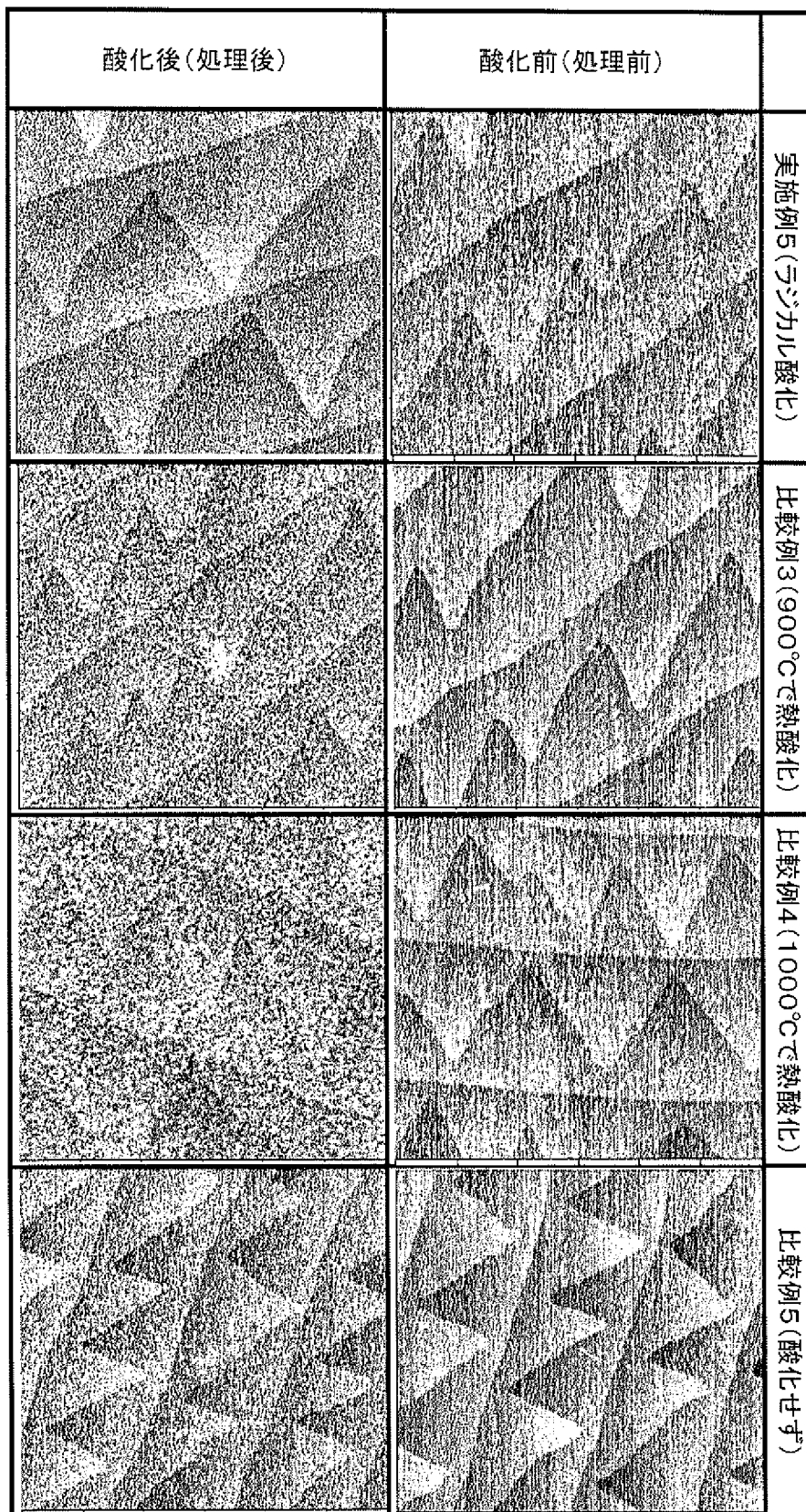
[図9]



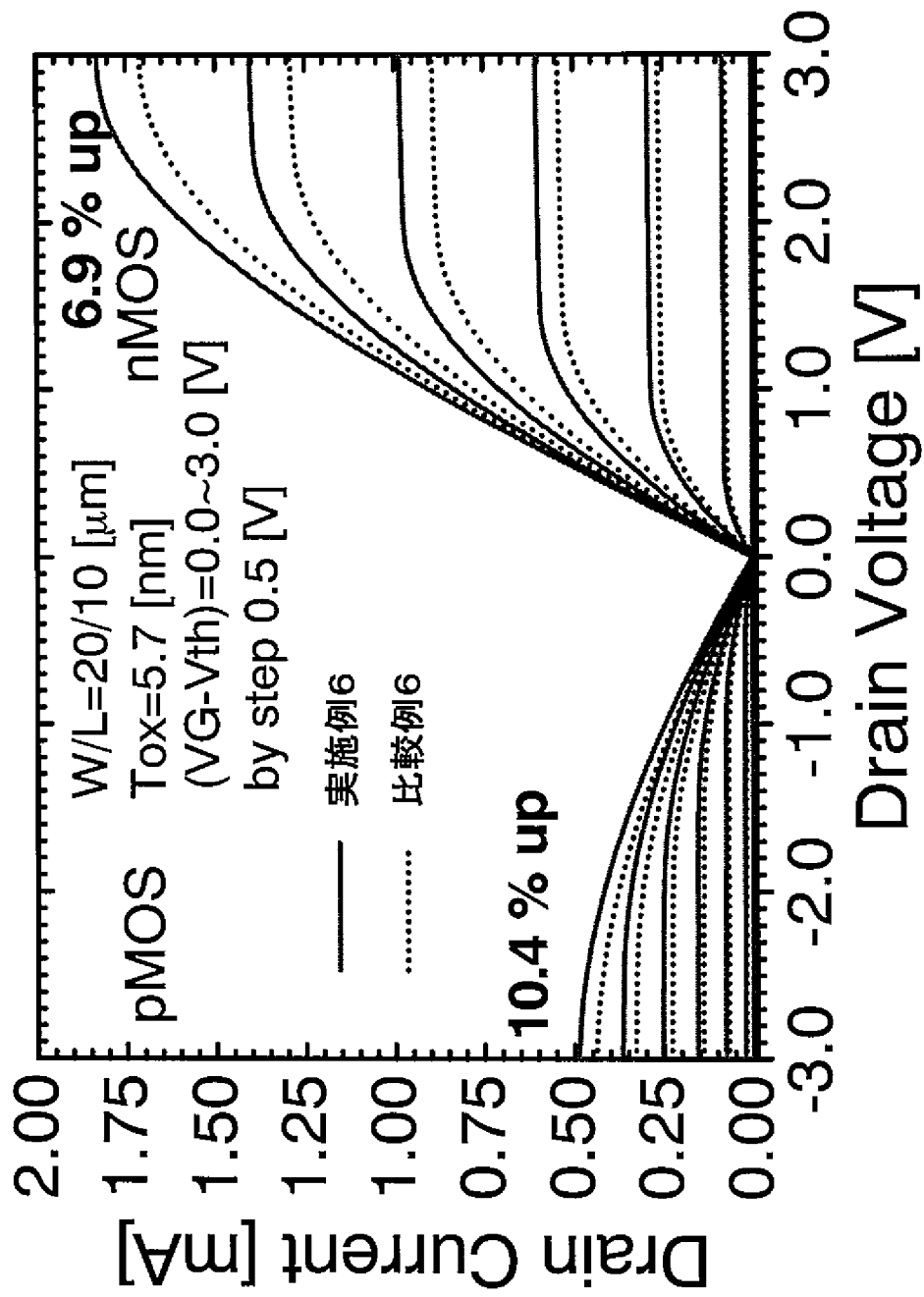
[図10]



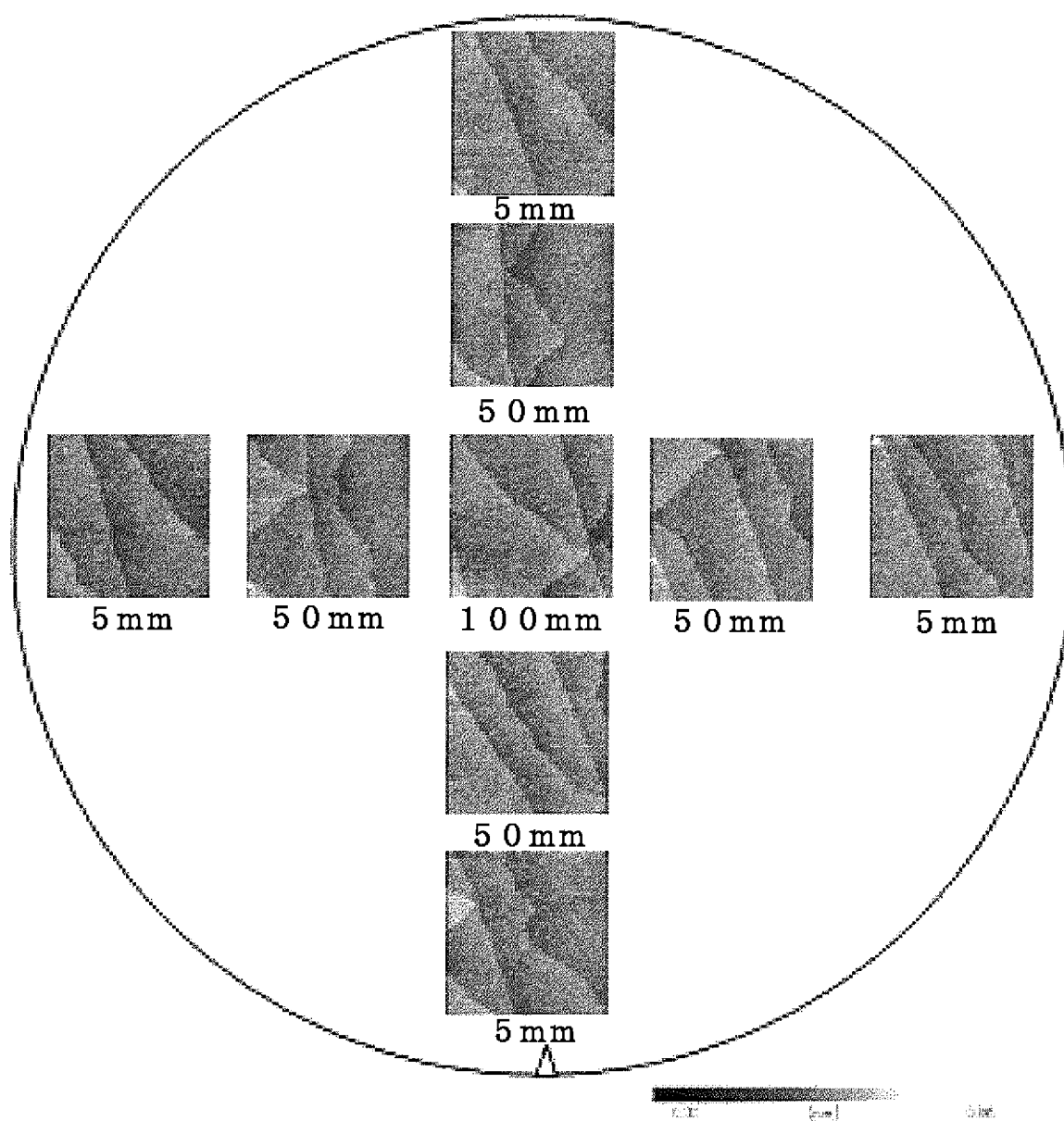
[図11]



[図12]



[図13]



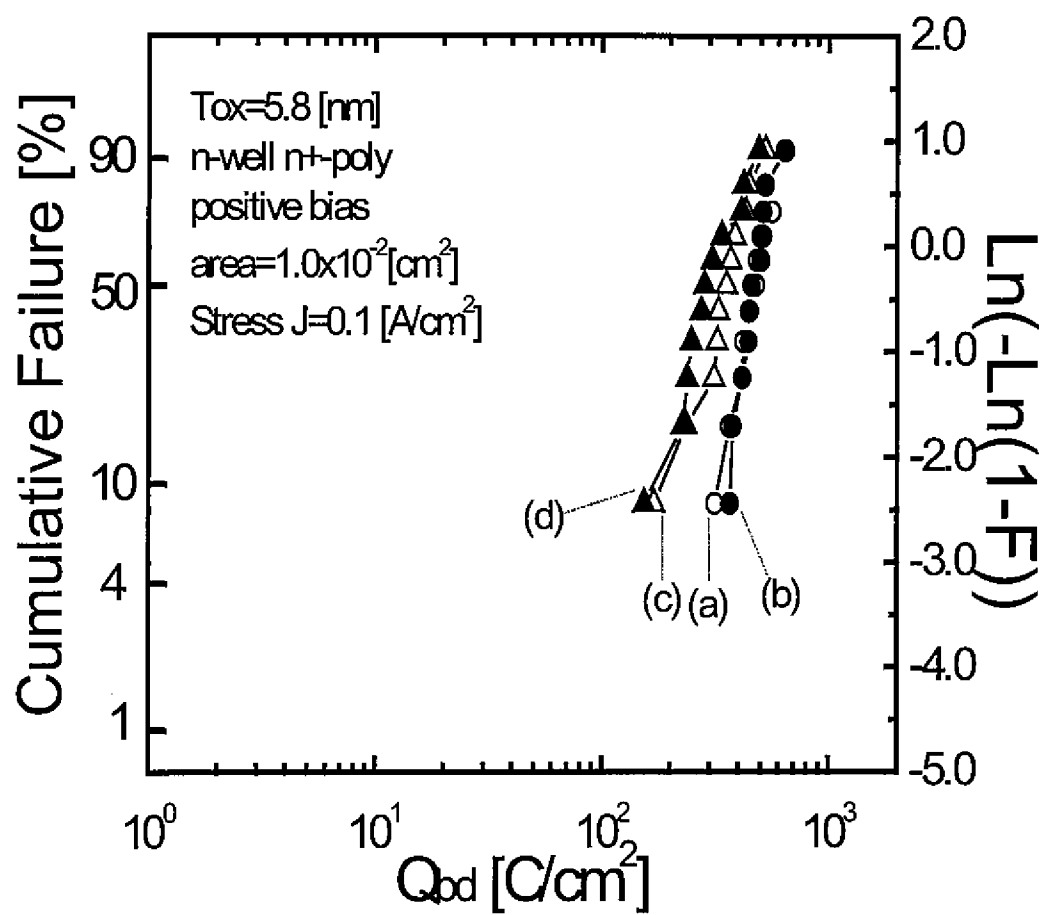
(実施例 4 - 2)

熱処理温度 : 800℃

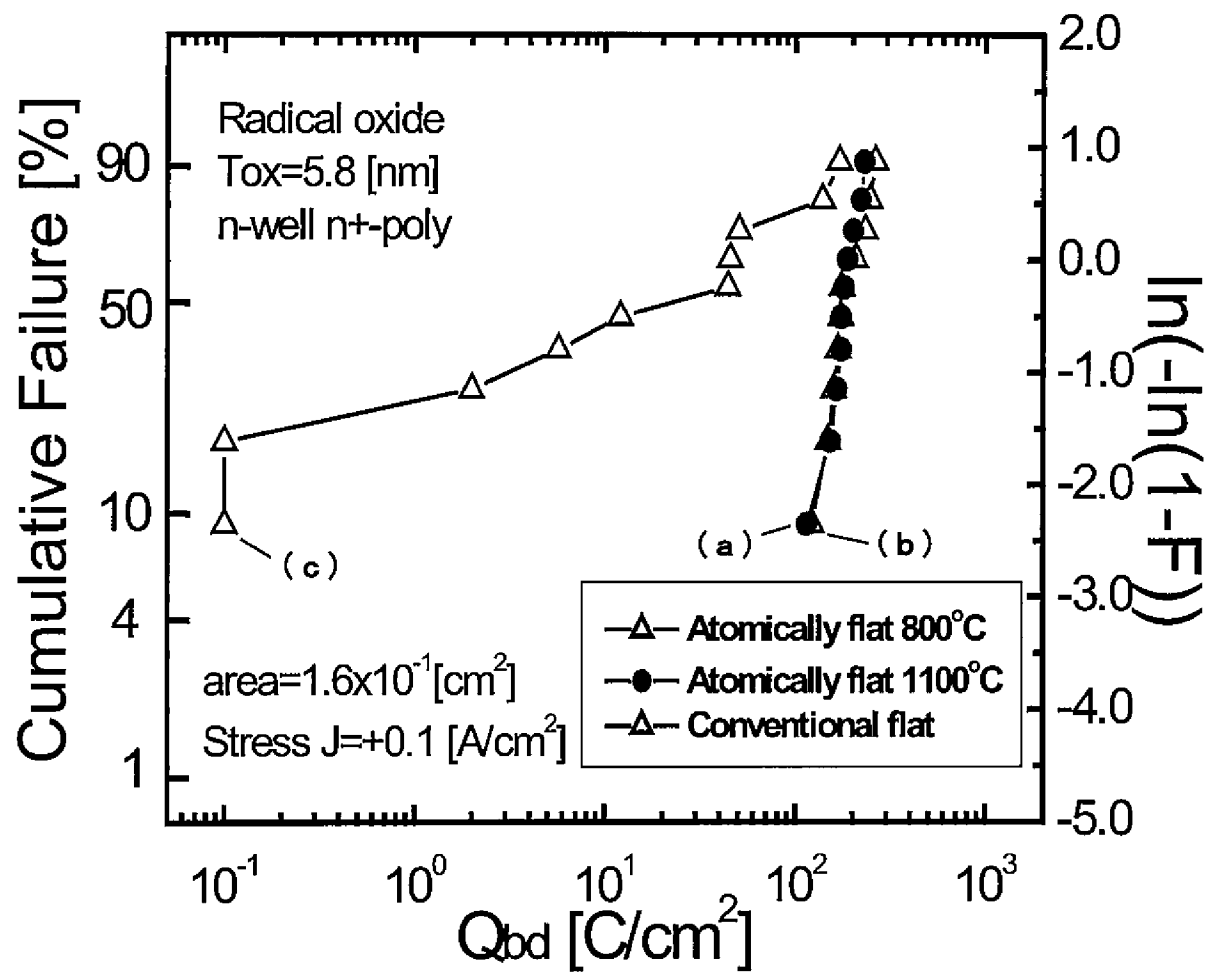
Ar 流量 : 14 L/min

熱処理時間 : 90 分

[図14]

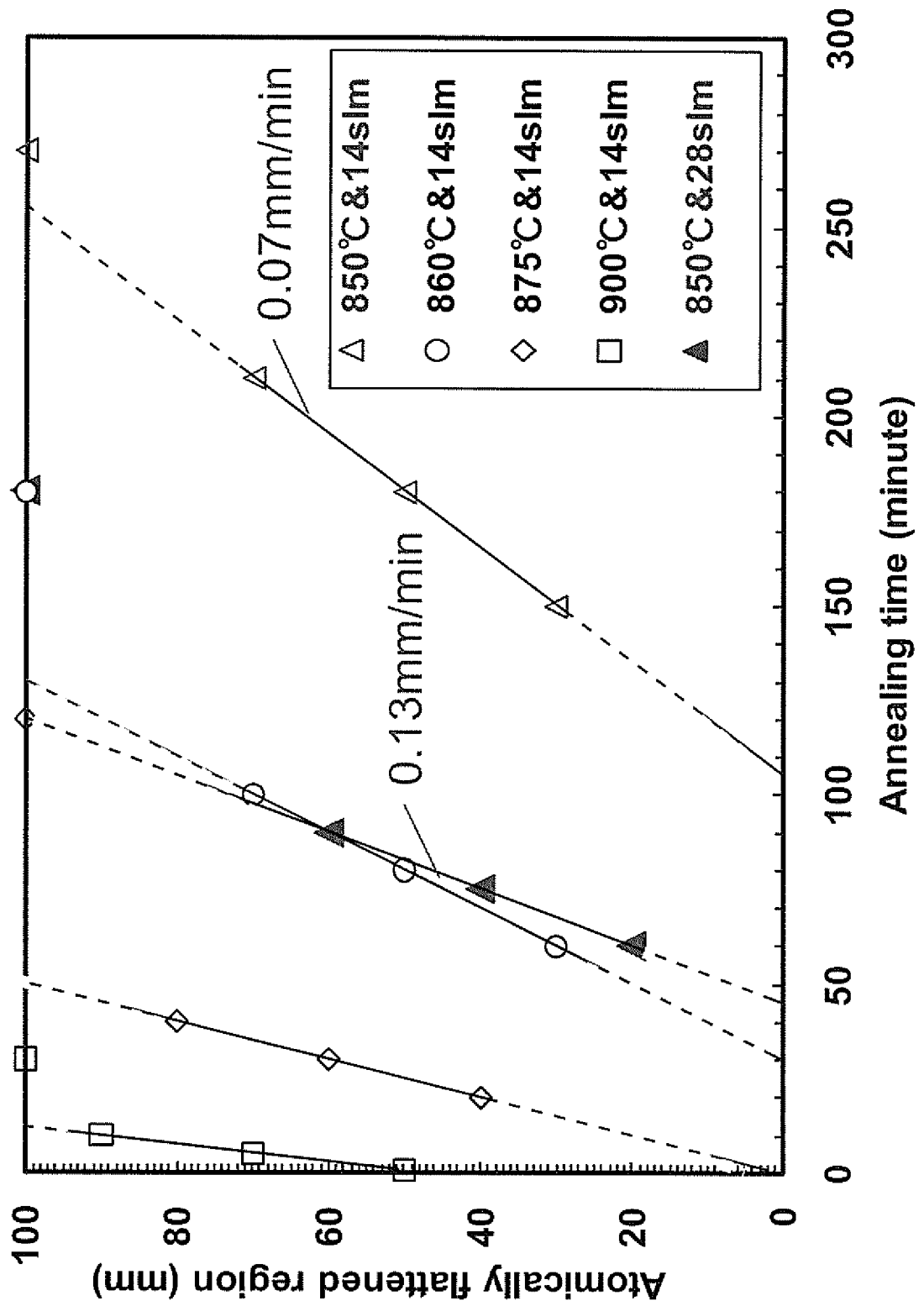


[図15]



[図16]

• Ar ambient Annealing



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059374

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/324(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/302(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)

H01L21/324, H01L21/02, H01L21/302

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	1996-2012
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2012	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2012

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	WO 2011/096417 A1 (Tohoku University), 11 August 2011 (11.08.2011), paragraphs [0042] to [0056] (Family: none)	1-4
A	JP 2007-516586 A (S.O.I. Tec Silicon on Insulator Technologies), 21 June 2007 (21.06.2007), claims & US 2006/0024908 A1 & EP 1690289 A1 & WO 2005/055308 A1 & CN 1879204 A & AU 2003294166 A	1-4

☒ 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 June, 2012 (07.06.12)

Date of mailing of the international search report
19 June, 2012 (19.06.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2012/059374

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010/018654 A1 (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 18 February 2010 (18.02.2010), paragraphs [0022] to [0029]; fig. 1 & JP 2010-045251 A & EP 2315237 A1 & CN 102124547 A & KR 10-2011-0052610 A & TW 201021126 A	1
A	JP 08-213335 A (Kokusai Electric Co., Ltd.), 20 August 1996 (20.08.1996), claims; fig. 1 (Family: none)	5-7

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L21/324(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/302(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. H01L21/324, H01L21/02, H01L21/302

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 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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	WO 2011/096417 A1（国立大学法人東北大学）2011.08.11, 段落 0042—段落 0056（ファミリーなし）	1-4
A	JP 2007-516586 A（エス．オー．アイ．テック、シリコン、オン、 インシュレーター、テクノロジーズ）2007.06.21, 特許請求の範囲 & US 2006/0024908 A1 & EP 1690289 A1 & WO 2005/055308 A1 & CN 1879204 A & AU 2003294166 A	1-4

☒ 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

0 7 . 0 6 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

1 9 . 0 6 . 2 0 1 2

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）

岩 本 勉

5 F

9 3 5 5

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

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	WO 2010/018654 A1 (信越半導体株式会社) 2010. 02. 18, 段落 0022—段落 0029、図 1 & JP 2010-045251 A & EP 2315237 A1 & CN 102124547 A & KR 10-2011-0052610 A & TW 201021126 A	1
A	JP 08-213335 A (国際電気株式会社) 1996. 08. 20, 特許請求の範囲、 図 1 (ファミリーなし)	5-7