

(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 2010/050120 A1

PCT

(43) 国際公開日
2010年5月6日(06.05.2010)

- (51) 国際特許分類:
H01L 21/322 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/004955
- (22) 国際出願日: 2009年9月29日(29.09.2009)
- (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 2008-278775 2008年10月29日(29.10.2008) 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): 曲偉峰(QU, Wei Feig) [CN/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). 高橋亨(TAKAHASHI, Toru) [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). 三谷清(MITANI, Kiyoshi) [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).

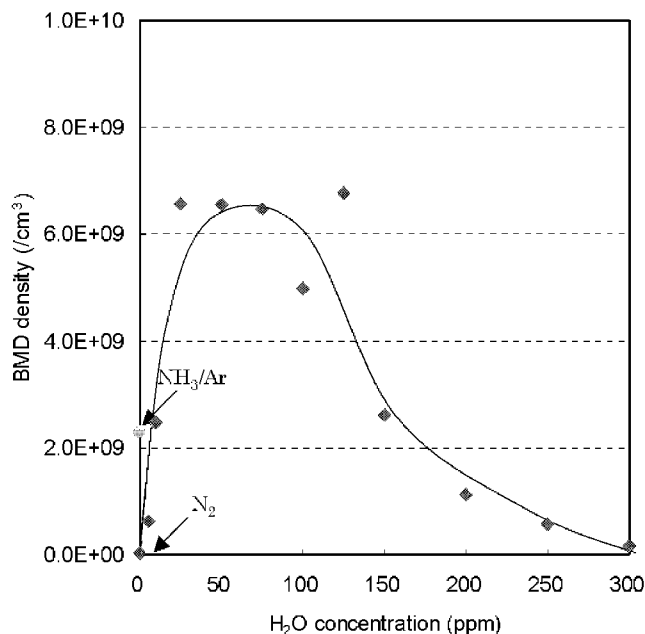
- (74) 代理人: 好宮幹夫(YOSHIMIYA, Mikio); 〒1100005 東京都台東区上野7丁目6番11号第一下谷ビル8F Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, 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, 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, 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 (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ,

[続葉有]

(54) Title: SILICON WAFER MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: シリコンウェーハの製造方法

[図1]



(57) Abstract: Provided is a silicon wafer manufacturing method having a step of performing RTA heat treatment to a silicon wafer in an atmosphere gas. The RTA heat treatment is performed by using, as the atmosphere gas, a nitrogen gas having water mixed at a concentration of 5 ppm or more but not more than 250 ppm. Thus, the method by which the temperature or time of the RTA heat treatment to be performed to the silicon wafer is reduced, generation of a slip of the silicon wafer is suppressed, a hole is formed inside the silicon wafer without using NH₃, and the high-quality silicon wafer is manufactured.

(57) 要約: 本発明は、雰囲気ガス中でシリコンウェーハにRTA熱処理を施す工程を有するシリコンウェーハの製造方法であって、雰囲気ガスとして、窒素ガスに5ppm以上250ppm以下の濃度の水分を混入させたものを用いてRTA熱処理を施すシリコンウェーハの製造方法である。これにより、シリコンウェーハに施すRTA熱処理の低温化又は短時間化を図り、シリコンウェーハのスリップの発生を抑制すると共に、NH₃を使用することなく、シリコンウェーハ内部に空孔を形成し、高品質なシリコンウェーハを製造することができる方法が提供される。

WO 2010/050120 A1



CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, 添付公開書類:
TD, TG).

— 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製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、RTA熱処理によりバルク部に空孔を形成し、ゲッタリング能力を付与するシリコンウェーハの製造方法に関する。

背景技術

[0002] CZ（チョクラルスキー）法で引上成長されたシリコン単結晶を加工して製作されたシリコンウェーハは、酸素不純物を多く含んでおり、この酸素不純物は転位や欠陥等を生じさせる酸素析出物（BMD：Bulk Micro Defect）となる。酸素析出物はデバイスが形成される表面にある場合、リーク電流増大や酸化膜耐圧低下等の原因になって半導体デバイスの特性に大きな影響を及ぼす。

[0003] このため、従来、シリコンウェーハ表面に対し、1250℃以上の高温で短時間の急速加熱・急冷の熱処理（RTA：Rapid Thermal Annealing）を所定の雰囲気ガス中で施し、内部に高濃度の熱平衡の原子空孔（Vacancy：以下、単に空孔と称す）を形成し、急冷により凍結すると共に、この後の熱処理で表面において空孔を外方拡散させることによりDZ層（Denuded Zone又は無欠陥層）を均一に形成する方法が用いられている（特許文献1参照）。そして、このDZ層形成後に、上記熱処理温度より低温で熱処理を施すことで、バルク部の欠陥層として酸素析出核を形成・安定化してゲッタリング効果を有するBMD層を形成する工程が採用されている。このようにして得られるシリコンウェーハは、図3のように表層にDZ層31、バルク部にBMD層32を有する。

[0004] また、他の方法として、先ず酸素雰囲気下で熱処理を行い、続けて非酸化性雰囲気下で熱処理を行うことにより、シリコンウェーハ表面にDZ層、バルク部にBMD層の形成を行っている。なお、従来、空孔形成のための熱処

理においては、雰囲気ガスとして N_2 （窒素）が主に用いられている。すなわち、高温で窒素が分解され、シリコンウェーハ表面に Si_xN_y （窒化膜）が形成されることにより、空孔を注入するものである。

[0005] しかしながら、上記のようなシリコンウェーハの熱処理技術では、以下のような課題が残されている。従来では、空孔形成のための熱処理を施す際に、窒素を主とした雰囲気ガス中で熱処理が行われるが、この場合、十分な量の空孔を得るために $1250^{\circ}C$ 以上かつ 10 sec 以上の熱処理が必要であった。

このため、シリコンウェーハには、高温の熱処理により、サセプタ又は支持ピン等と接触する部分からスリップが発生してしまい、割れ等の原因になる不都合があった。

[0006] そこで、特許文献2では、シリコンウェーハを熱処理して内部に新たに空孔を形成する熱処理工程の雰囲気ガスを、 N_2 が分解可能な温度よりも低い分解温度の窒化ガス（ NH_3 等）を含む雰囲気ガスとすることを提案している。これにより、 N_2 の場合よりも低い熱処理温度又は短い熱処理時間でも窒化ガスが分解されてシリコンウェーハ表面を窒化し、内部に空孔を注入することができ、熱処理時のスリップ発生を抑制することができると共に、その後の熱処理で表面に十分なDZ層とバルク部に適度に高いBMD密度を有した高品質なウェーハを得ることができるとしている。

[0007] しかしながら、有害な NH_3 を供給するための設備が必要となり、設備コストが増大してしまうという問題があった。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：国際公開WO98/38675号パンフレット

特許文献2：特開2003-31582号公報

発明の概要

[0009] そこで、本発明は、このような問題点に鑑みてなされたもので、シリコン

ウェーハに施すR T A熱処理の低温化又は短時間化を図り、シリコンウェーハのスリップの発生を抑制すると共に、 NH_3 を使用することなく、シリコンウェーハ内部に空孔を注入し、高品質なシリコンウェーハを製造することができる方法を提供することを目的とする。

[0010] 上記目的を達成するために、本発明は、少なくとも、雰囲気ガス中でシリコンウェーハにR T A熱処理を施す工程を有するシリコンウェーハの製造方法であって、前記雰囲気ガスとして、窒素ガスに5 p p m以上250 p p m以下の濃度の水分を混入させたものを用いてR T A熱処理を施すことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法を提供する。

[0011] このように、窒素ガスに微量の水分を混入させた雰囲気中でR T A熱処理を行うことにより、比較的低温の熱処理でもシリコンウェーハ表面に酸窒化膜を形成することができる。このため、窒素とシリコン原子が反応することで、シリコンウェーハ内部に効率的に空孔を注入することができる。これにより雰囲気ガスに NH_3 等の有毒ガスを用いなくとも、比較的低温の熱処理で、シリコンウェーハ内部に十分な量の空孔を注入することができる。

従って、本発明のR T A熱処理を行うことで、その後の熱処理により表層にD Z層と、バルク部に十分な密度のBMDを有したスリップのない高品質なシリコンウェーハを低コストで製造することができる。

[0012] このとき、前記雰囲気ガスとして、窒素ガスに10 p p m以上150 p p m以下の濃度の水分を混入させたものを用いることが好ましい。

このように、窒素ガスに10 p p m以上150 p p m以下の濃度の水分を混入させたものを雰囲気ガスとして用いることで、より多くの空孔をウェーハ内部に注入することができ、低温熱処理であっても、 NH_3 を用いた雰囲気中でR T A熱処理を行った場合と同等以上のBMD密度を得ることができる。

[0013] このとき、前記雰囲気ガスとして、窒素ガスの露点を制御することにより窒素ガスに混入させる水分の濃度を調整することが好ましい。

このように、窒素ガスの露点を制御することで、混入させる水分濃度の調整をより容易に行うことができる。

[0014] このとき、前記雰囲気ガスとして、窒素ガスの露点を -60°C 以上 -38°C 以下に制御することにより、窒素ガスに10ppm以上150ppm以下の濃度の水分を混入させることが好ましい。

窒素ガスの露点を上記範囲に制御することで、10ppm以上150ppm以下という好ましい水分濃度範囲内により容易に調整することができる。

[0015] このとき、前記RTA熱処理が施されるシリコンウェーハの初期酸素濃度を、9ppma以上14ppma以下とすることが好ましい。

このような、低酸素濃度のシリコンウェーハであっても本発明のRTA熱処理であれば、低温でも十分な空孔量を注入することができ、スリップがなく、高いBMD密度のシリコンウェーハにすることができるため、析出過多になることもなく好適である。

[0016] このとき、前記RTA熱処理が施されたシリコンウェーハの表面に、エピタキシャル層を成長させることができる。

本発明のRTA熱処理が施されたシリコンウェーハであれば、バルク部に十分な量の空孔を有しており、表面の結晶性も良好であるので高温でエピタキシャル成長を行うシリコンウェーハの製造においても、良好な酸素析出が起り、高いBMD密度を有することができるとともに、良好なエピタキシャル層を得ることができるので、好適である。

[0017] 本発明であれば、 NH_3 等の有毒ガスを使用せずに、スリップがなく、DZ層と高いBMD密度を有するシリコンウェーハを低コストで製造することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1] RTA熱処理の際に窒素ガスに混入した水分濃度と、そのRTA熱処理後に2段階熱処理を施したシリコンウェーハのBMD密度の関係を示すグラフである。

[図2] 本発明のRTA熱処理に用いることができる熱処理炉の一例を示す概略図である。

[図3] R T A 熱処理が施された D Z 層と BMD 層を有するシリコンウェーハの一例を示す概略図である。

[図4] R T A 熱処理を施して 2 段階熱処理した後のシリコンウェーハの BMD 層を観察した図である。

発明を実施するための形態

[0019] 従来、 NH_3 等の有毒なガスを用いるか、又は高温の熱処理を行ってシリコンウェーハに空孔を注入していたが、スリップの発生やコストの問題等があった。

これに対して、本発明者らは、比較的低温の熱処理であっても、 NH_3 等を用いることなく空孔を注入できる熱処理方法を鋭意検討した結果、R T A 熱処理の際の雰囲気として、窒素ガスに微量の水分を混入させたものを用いることで、比較的低温であってもシリコンウェーハ内部へ空孔が注入されることを見出した。

[0020] さらに、本発明者らは、適切な水分量を調べるために、様々な水分濃度の窒素ガス雰囲気と、 NH_3 を含む雰囲気により R T A 熱処理（ $1175^\circ\text{C}/30$ 秒）を行ったシリコンウェーハに、酸素析出物である BMD を形成するための 2 段階熱処理（ $800^\circ\text{C}/4$ 時間、 $1000^\circ\text{C}/16$ 時間）を施して、その BMD 密度を調べることにより、図 1 のような結果を得た。図 1 は、R T A 熱処理の雰囲気ガスとして窒素ガスに混入させた水分濃度と、BMD 密度の関係を示すグラフである。

[0021] 図 1 からわかるように、R T A 熱処理温度が比較的低温であるため純粋な窒素ガス（ N_2 ）では酸素析出は不十分であるが、窒素ガスに水分を 5 ppm（ $\text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$ （5 ppm））以上混入させることで酸素析出が良好に生じており、さらには、10 ppm～150 ppm の範囲では、同様の熱処理条件で NH_3 を含む雰囲気ガス（ NH_3/Ar ）中で R T A 熱処理を行ったものよりも BMD 密度が高いことがわかる。

[0022] また、水分濃度が 250 ppm を超えると大幅に BMD 密度が低くなっているが、これは、R T A 熱処理中に水分により酸化膜が形成されてしまい、

格子間S i が注入されて空孔量が減少して酸素析出が抑制されてしまうためと考えられる。

[0023] 以上から、R T A熱処理の雰囲気ガスとして、窒素ガスに5 p p m以上250 p p m以下の濃度の水分、好ましくは10 p p m以上150 p p m以下の濃度の水分を混入させたものを用いることで、比較的低温であっても十分な空孔注入ができ、高密度のBMD層を有するシリコンウェーハを製造できることを見出して、本発明を完成させた。

[0024] 以下、図を参照しながら、本発明の実施の形態について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。

[0025] 先ず、図2に本発明で 사용할 ことができるR T A用の熱処理炉の一例を示す。本発明ではN H₃等の有毒ガスを 用いる必要が 無いため、熱処理炉としては、実質的に従来のも 同様のものを使用できる。

熱処理炉20は、シリコンウェーハWの搬入口をふさぐための蓋25、雰囲気ガスを供給するためのガス供給口22、雰囲気ガスを排出するためのガス排出口24、シリコンウェーハWを載置するためのサセプタ23とシリコンウェーハWを加熱するランプ21を具備している。

このような熱処理炉20内にシリコンウェーハWを載置して、ガス供給口22から雰囲気ガスを流しながら、R T A熱処理を行う。

[0026] 本発明では、上記のような熱処理炉を用いたR T A熱処理における雰囲気ガスとして、窒素ガスに5 p p m以上250 p p m以下の濃度の水分を混入させたものを用いる。

[0027] 通常の純粋な窒素ガスは、少なくとも水分を2 p p m以下程度にされており、従来では水分を含まない雰囲気の方が空孔注入が起きるとされていたため、その純粋な窒素ガスの水分濃度はさらに小さくなるように調整されていた。

これに対して本発明では、窒素ガスに本発明の範囲の微量濃度の水分を故意に混入させた雰囲気中でR T A熱処理を行うことにより、比較的低温の熱処理でもシリコンウェーハ表面に酸窒化膜を形成することができる。これに

より、窒素とシリコン原子が反応することで、シリコンウェーハ内部に効率的に空孔を注入することができる。このため、雰囲気ガスに NH_3 等の有毒ガスを用いなくとも、比較的低温の熱処理で、シリコンウェーハ内部に十分な量の空孔を注入することができる。

以上のように本発明のRTA熱処理を行うことにより、内部に十分なBMD密度を有した高品質なスリップの無いシリコンウェーハを低コストで製造することができる。

[0028] また、窒素ガスに混入させる水分濃度を10ppm以上150ppm以下とすることが好ましい。

このような濃度範囲で水分を混入させたものを雰囲気ガスとして用いることで、より多くの空孔を注入することができ、低温熱処理であっても、 NH_3 を用いた雰囲気で行ったもの以上のBMD密度を得ることができるため、より高品質のシリコンウェーハを製造することができる。

[0029] このとき、窒素ガスの露点を制御することにより窒素ガスに混入させる水分濃度を調整することが好ましく、窒素ガスの露点を -60°C 以上 -38°C 以下に制御することにより、窒素ガスに10ppm以上150ppm以下の濃度の水分を混入させることが好ましい（半導体産業で用いられる窒素ガスは、露点 -70°C 以下とされる。）。

本発明のRTA熱処理において用いる窒素ガス中の水分濃度は非常に微量であるため、その露点を制御する方法によれば、水分濃度の調整を容易に行うことができ、さらには、上記のような好ましい水分濃度範囲内での調整もより容易となる。

以下、窒素ガスの露点と、水分濃度の関係を表1に示す。

[0030]

[表1]

露点(°C)	水分量(ppm)	露点(°C)	水分量(ppm)	露点(°C)	水分量(ppm)	露点(°C)	水分量(ppm)
0	6032	-31	337.8	-62	8.117	-93	0.05468
-1	5553	-32	304.0	-63	7.067	-94	0.04522
-2	5110	-33	273.4	-64	6.145	-95	0.03733
-3	4698	-34	245.6	-65	5.336	-96	0.03074
-4	4318	-35	220.5	-66	4.628	-97	0.02527
-5	3965	-36	197.7	-67	4.008	-98	0.02072
-6	3639	-37	177.1	-68	3.466	-99	0.01695
-7	3338	-38	158.6	-69	2.993	-100	0.01384
-8	3059	-39	141.8	-70	2.581	-101	0.01127
-9	2802	-40	126.7	-71	2.223	-102	0.009156
-10	2565	-41	113.1	-72	1.911	-103	0.007421
-11	2346	-42	100.8	-73	1.641	-104	0.006000
-12	2145	-43	89.82	-74	1.407	-105	0.004839
-13	1959	-44	79.93	-75	1.204	-106	0.003893
-14	1788	-45	71.06	-76	1.029	-107	0.003123
-15	1631	-46	63.11	-77	0.8780	-108	0.002500
-16	1487	-47	55.99	-78	0.7479	-109	0.001995
-17	1354	-48	49.62	-79	0.6361	-110	0.001588
-18	1233	-49	43.92	-80	0.5401	-111	0.001260
-19	1121	-50	38.84	-81	0.4578	-112	0.0009975
-20	1029	-51	34.31	-82	0.3874	-113	0.0007872
-21	925.3	-52	30.28	-83	0.3272	-114	0.0006195
-22	839.6	-53	26.68	-84	0.2759	-115	0.0004860
-23	761.3	-54	23.49	-85	0.2323	-116	0.0003801
-24	689.7	-55	20.66	-86	0.1952	-117	0.0002964
-25	624.4	-56	18.14	-87	0.1637	-118	0.0002304
-26	564.8	-57	15.91	-88	0.1370	-119	0.0001785
-27	510.5	-58	13.94	-89	0.1145	-120	0.0001378
-28	461.0	-59	12.20	-90	0.09544		
-29	416.0	-60	10.67	-91	0.07943		
-30	375.0	-61	9.31	-92	0.06597		

[0031] 表1に示すように、窒素ガスを本発明の水分濃度範囲（5 ppm以上250 ppm以下）に調整するためには、その露点を−65℃以上−34℃以下に制御すればよく、さらに好ましい水分濃度範囲（10 ppm以上150 ppm以下）に調整するためには、窒素ガスの露点を−60℃以上−38℃以下に制御すればよいことがわかる。

[0032] このような本発明のRTA熱処理を施すシリコンウェーハとしては、特に限定されないが、例えば初期酸素濃度が9 ppm以上14 ppm以下（JEIDA）のシリコンウェーハが好ましい。

このような、比較的低酸素濃度のシリコンウェーハであっても本発明のRTA熱処理であれば、低温でも十分な空孔量を注入することができ、スリップがなく、高いBMD密度のシリコンウェーハを製造することができるとともに、析出過多となることもなく、好適である。

[0033] また、このような本発明のRTA熱処理の条件についても、特に限定され

ず、例えば、 $20 \sim 50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ で昇温し、 $1100^{\circ}\text{C} \sim 1200^{\circ}\text{C}$ で60秒以下の熱処理を施した後、 $20 \sim 50^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ で降温することができる。

このように、本発明のRTA熱処理であれば、 $1100 \sim 1200^{\circ}\text{C}$ といった比較的低温の熱処理であっても空孔注入できるため、シリコンウェーハにスリップが生じず、良好な熱処理を行うことができる。また、 1200°C を超える温度で熱処理を行う場合には、熱処理時間を10秒未満とすることもでき、短時間であっても十分な空孔を注入することができる。なお、降温速度をより速くして、より多くの空孔を凍結することもできる。

[0034] 以上のように、本発明のRTA熱処理が施されたシリコンウェーハは、スリップがなく、十分な空孔量を有するため、後工程の酸素を析出させる熱処理により、 $5 \times 10^8/\text{cm}^3$ 以上、さらには $2 \times 10^9/\text{cm}^3$ 以上という十分に高いBMD密度をバルク部に有し、表面にDZ層を有する高品質のシリコンウェーハになる。

[0035] そして、本発明のRTA熱処理が施されたシリコンウェーハは、その表面にエピタキシャル層を形成するのが好ましい。

本発明のRTA熱処理が施されたシリコンウェーハであれば、十分な量の空孔を有しているため、高温でエピタキシャル成長を行うシリコンウェーハの製造においても、良好な酸素析出が起こり、高いBMD密度を有するエピタキシャルウェーハとすることができ、好適である。

[0036] 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。

[0037] (実施例、比較例)

熱処理を施すシリコンウェーハとして、初期酸素濃度が12ppma (JEIDA)のシリコンウェーハを準備した。

雰囲気ガスとして、窒素ガスに混入させる水分濃度を0ppm $\sim$ 300p

p mの範囲で変えて、RTA熱処理温度1175℃、熱処理時間30秒、昇温速度50℃/sec、降温速度33℃/secで、準備したシリコンウェーハにRTA熱処理を施した。また、同様の条件で、ただし雰囲気ガスとしてNH₃とArの混合ガスを用いてシリコンウェーハに熱処理を施した。

[0038] 上記のようにRTA熱処理を施したシリコンウェーハに、BMD評価のために2段階熱処理（800℃/4時間、1000℃/16時間）を施した。この2段階熱処理後のシリコンウェーハを、へき開、エッチングして表層から500μmまでのBMD層を観察し、BMD密度を測定した。図4はBMD層を観察した図である。

図1及び表2にBMD密度の測定結果を示す。

[0039] [表2]

RTA温度 (℃)	RTA (sec)	水分濃度 (ppm)	昇温速度 (℃/sec)	降温速度 (℃/sec)	BMD密度 (cm ⁻³)	備考
1175	30	0	50	33	2.0E+07	N ₂
1175	30	5	50	33	6.2E+08	N ₂ +H ₂ O
1175	30	10	50	33	2.5E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	25	50	33	6.6E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	50	50	33	6.6E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	75	50	33	6.5E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	100	50	33	5.0E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	125	50	33	6.8E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	150	50	33	2.6E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	200	50	33	1.1E+09	N ₂ +H ₂ O
1175	30	250	50	33	5.6E+08	N ₂ +H ₂ O
1175	30	300	50	33	1.6E+08	N ₂ +H ₂ O
1175	30	0	50	33	2.3E+09	NH ₃ /Ar

*表層～150umまでの平均値

[0040] 図1、表2からわかるように、純粋な窒素ガス（N₂）の雰囲気で行った場合にはBMD密度が非常に小さいが、窒素ガスに水分を混入させた雰囲気ガス（N₂+H₂O（5ppm以上））で行った場合にはBMD密度が

高く、R T A熱処理において十分な空孔注入が行われていることがわかる。

また、水分濃度が250ppmを超えると酸化膜が形成されてしまい、格子間S iの注入量が多くなって空孔が減るため、BMD密度が非常に小さくなっていることがわかる。

[0041] R T A熱処理において、実施例（ $N_2 + H_2O$ （5～250ppm））と比較例（ NH_3 / Ar ）では共にシリコンウェーハ表面に酸窒化膜または窒化膜が形成されていたが、実施例では1nm程度の厚さで、比較例に比べてその膜厚は薄かった。しかし、実施例の方が比較例よりもBMD密度が高いケースもあった。これは、空孔注入量が多いほどBMDのサイズが小さく、サイズの小さいBMDは後の熱処理工程で消滅しやすいため、実施例の方が比較例（ NH_3 / Ar ）よりも適度な空孔注入量であったことがわかる。

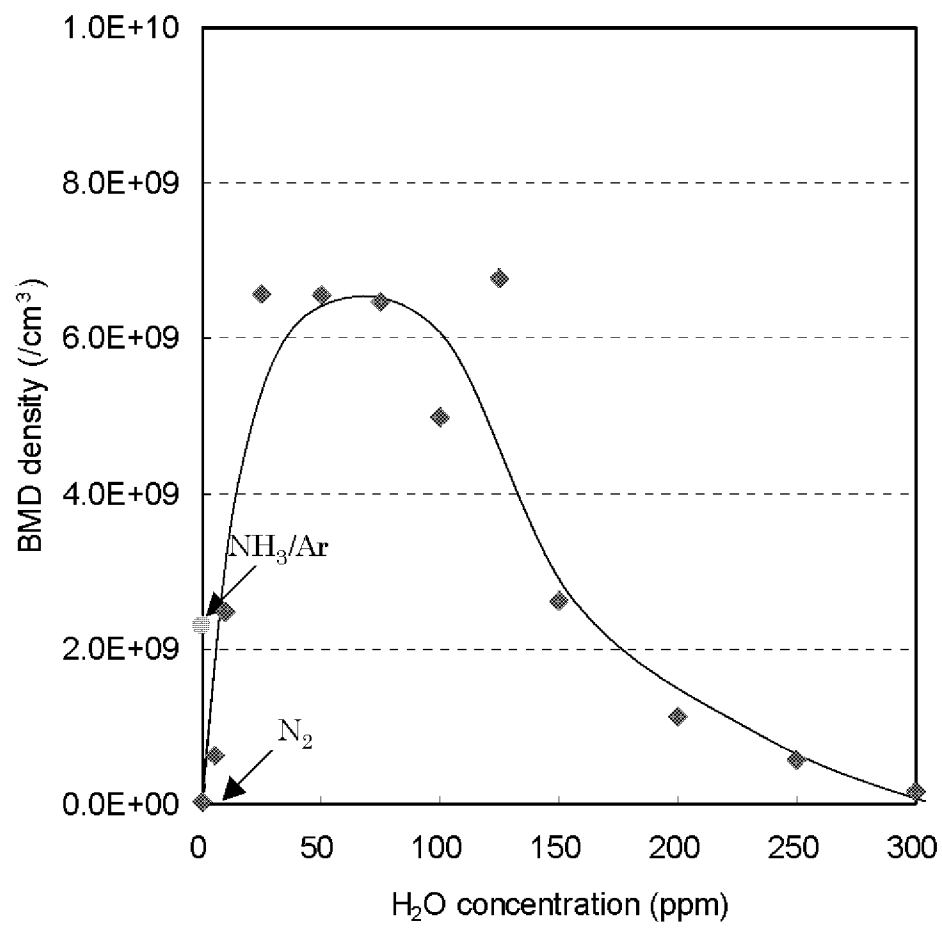
このため、本発明のR T A熱処理を施したシリコンウェーハは、高温熱処理を必要とするエピタキシャル層成長用ウェーハに好適であることがわかる。

[0042] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単なる例示であり、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。

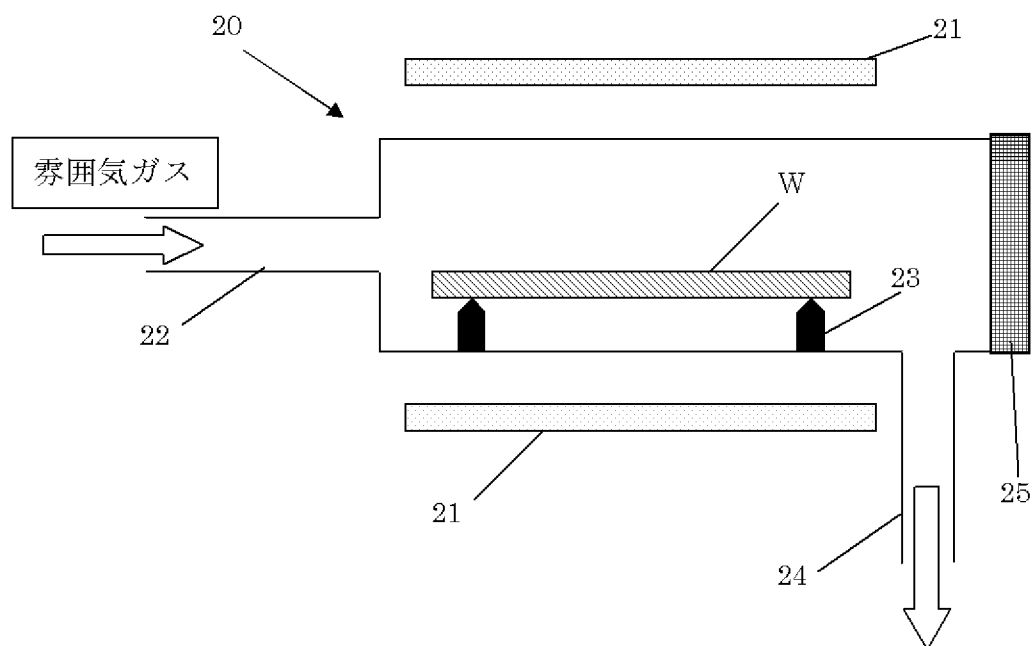
請求の範囲

- [請求項1] 少なくとも、雰囲気ガス中でシリコンウェーハにR T A熱処理を施す工程を有するシリコンウェーハの製造方法であって、前記雰囲気ガスとして、窒素ガスに5 p p m以上2 5 0 p p m以下の濃度の水分を混入させたものを用いてR T A熱処理を施すことを特徴とするシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項2] 前記雰囲気ガスとして、窒素ガスに1 0 p p m以上1 5 0 p p m以下の濃度の水分を混入させたものを用いることを特徴とする請求項1に記載のシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項3] 前記雰囲気ガスとして、窒素ガスの露点を制御することにより窒素ガスに混入させる水分の濃度を調整することを特徴とする請求項1又は請求項2に記載のシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項4] 前記雰囲気ガスとして、窒素ガスの露点を -60°C 以上 -38°C 以下に制御することにより、窒素ガスに1 0 p p m以上1 5 0 p p m以下の濃度の水分を混入させることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載のシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項5] 前記R T A熱処理が施されるシリコンウェーハの初期酸素濃度を、9 p p m a以上1 4 p p m a以下とすることを特徴とする請求項1乃至請求項4のいずれか一項に記載のシリコンウェーハの製造方法。
- [請求項6] 前記R T A熱処理が施されたシリコンウェーハの表面に、エピタキシャル層を成長させることを特徴とする請求項1乃至請求項5のいずれか一項に記載のシリコンウェーハの製造方法。

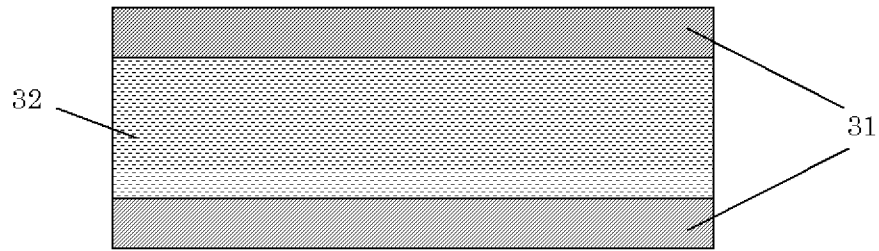
[図1]



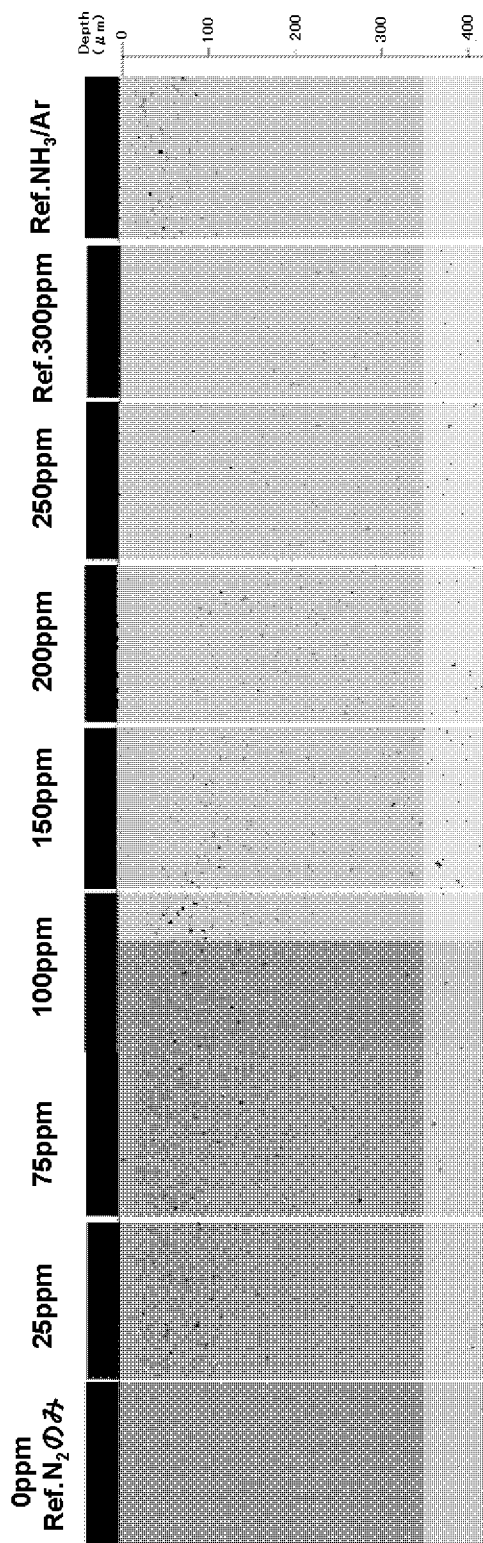
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004955

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/322 (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)

H01L21/322

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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	JP 2004-537161 A (MEMC Electronic Materials, Inc.), 09 December 2004 (09.12.2004), paragraphs [0016], [0024] to [0030], [0033] to [0034], [0045]; fig. 1 & JP 2005-522879 A & US 2003/0054641 A1 & US 2005/0158969 A1 & US 2003/0192469 A1 & EP 1879224 A2 & WO 2002/084728 A1 & WO 2003/088346 A1	1-6
A	JP 2008-16652 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 24 January 2008 (24.01.2008), paragraphs [0023] to [0033]; fig. 1 to 2, 4 to 5 & WO 2008/004379 A1	1-6

☒ 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
16 December, 2009 (16.12.09)

Date of mailing of the international search report
28 December, 2009 (28.12.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004955

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 2003-31582 A (Sumitomo Mitsubishi Silicon Corp.), 31 January 2003 (31.01.2003), paragraphs [0021] to [0034]; fig. 1 to 3 & US 2004/0053516 A1 & US 2005/0130452 A1 & EP 1345262 A1 & WO 2002/045149 A1	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/004955

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
Document 1: JP 2004-537161 A

The invention in claim 1 does not appear to be novel to the invention disclosed in document 1 and does not have a special technical feature.

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/322 (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. H01L21/322

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	1971-2009年
日本国実用新案登録公報	1996-2009年
日本国登録実用新案公報	1994-2009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	JP 2004-537161 A (エムイーエムシー・エレクトロニック・マテリアルズ・インコーポレイテッド) 2004.12.09, 【0016】、【0024】 - 【0030】、【0033】 - 【0034】、【0045】、図1 & JP 2005-522879 A & US 2003/0054641 A1 & US 2005/0158969 A1 & US 2003/0192469 A1 & EP 1879224 A2 & WO 2002/084728 A1 & WO 2003/088346 A1	1-6
A	JP 2008-16652 A (信越半導体株式会社) 2008.01.24, 【0023】 - 【0033】、図1-2、図4-5 & WO 2008/004379 A1	1-6

☒ 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

16.12.2009

国際調査報告の発送日

28.12.2009

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)

和瀬田 芳正

4 L

2929

電話番号 03-3581-1101 内線 3498

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 2003-31582 A (三菱住友シリコン株式会社) 2003.01.31, 【0021】 - 【0034】, 図 1-3 & US 2004/0053516 A1 & US 2005/0130452 A1 & EP 1345262 A1 & WO 2002/045149 A1	1-6

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T 規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2004-537161 A

請求項1に係る発明は文献1に記載された発明に対して新規性が認められず、特別な技術的特徴を有しない。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。