

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2009年5月28日 (28.05.2009)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2009/066566 A1

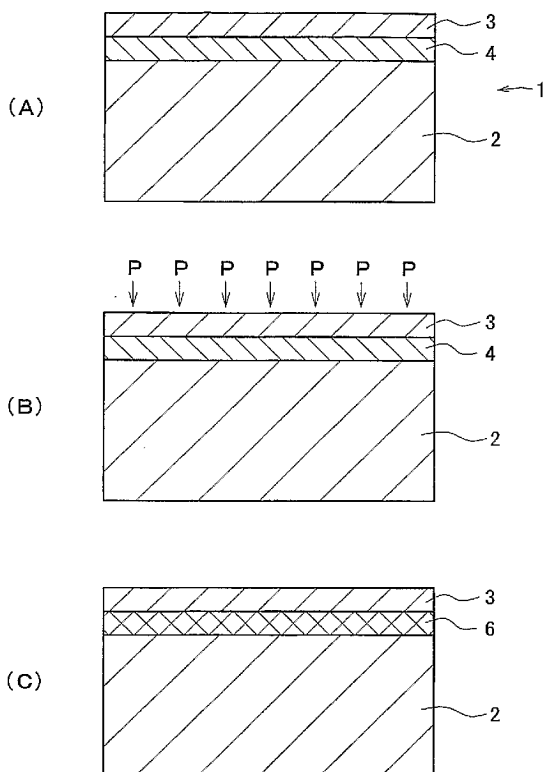
- (51) 国際特許分類:  
*C30B 29/36* (2006.01)     *H01L 21/205* (2006.01)  
*C23C 14/48* (2006.01)     *H01L 21/265* (2006.01)  
*C30B 1/10* (2006.01)     *H01L 21/316* (2006.01)  
*H01L 21/02* (2006.01)     *H01L 27/12* (2006.01)  
*H01L 21/20* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2008/070160
- (22) 国際出願日: 2008年10月29日 (29.10.2008)
- (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 2007-298752  
2007年11月19日 (19.11.2007) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): エア・ウォーター株式会社 (AIR WATER INC.) [JP/JP]; 〒
- 0600003 北海道札幌市中央区北3条西1丁目2番地 Hokkaido (JP). 公立大学法人大阪府立大学 (OSAKA PREFECTURE UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5998531 大阪府堺市中央区学園町1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 泉勝俊 (IZUMI, Katsutoshi) [JP/JP]; 〒5998233 大阪府堺市中央区大野芝町23番地府大宅舎1-2号 Osaka (JP). 横山敬志 (YOKOYAMA, Takashi) [JP/JP]; 〒3901701 長野県松本市梓川俣4007番地3 エア・ウォーター株式会社 総合開発研究所内 Nagano (JP).
- (74) 代理人: 森本直之 (MORIMOTO, Naoyuki); 〒5400012 大阪府大阪市中央区谷町2丁目4-5 谷町センタービル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE,

[続葉有]

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING SINGLE CRYSTAL SiC SUBSTRATE AND SINGLE CRYSTAL SiC SUBSTRATE PRODUCED BY THE PROCESS

(54) 発明の名称: 単結晶 SiC 基板の製造方法およびそれによって得られた単結晶 SiC 基板

図 1



(57) Abstract: Disclosed is a process for producing a single crystal SiC substrate which can produce a single crystal SiC substrate, which does not cause significant distortion, has a large size, and has good crystallinity, at low cost using a relatively inexpensive polycrystalline SiC substrate as a base material substrate. The production process comprises a P ion implantation step of providing an SOI substrate (1) comprising a Si base material layer (2), and a surface Si layer (3) and an embedded oxide layer (4) each in a predetermined thickness formed on the Si base material layer (2) and implanting P ions from the surface Si layer (3) side into the SOI substrate (1) to convert the embedded oxide layer (4) to a PSG layer (6) for softening point lowering, and an SiC forming step of heating the SOI substrate (1) with the PSG layer (6) formed thereon in a hydrocarbon gas atmosphere to convert the surface Si layer (3) to SiC and then cooling the assembly to form a single crystal SiC layer (5) on the surface of the assembly.

(57) 要約: 比較的安価な多結晶 SiC 基板を母材基板として歪みが少なく大型で結晶性の良い単結晶 SiC 基板を安価に製造する。Si 母材層 2 に所定厚さの表面 Si 層 3 と埋め込み酸化層 4 が形成された SOI 基板 1 に対し、上記表面 Si 層 3 側から P イオンを注入することにより、上記埋め込み酸化層 4 を PSG 層 6 に変成させて軟化点を低下させる P イオン注入工程と、上記 PSG 層 6 が形成された SOI 基板 1 を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面 Si 層 3 を SiC に変成させたのち冷却させて表面に単結晶 SiC 層 5 を形成する SiC 形成工程とを行なう。

WO 2009/066566 A1



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, 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.

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, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(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,

添付公開書類:

- 国際調査報告書
- 補正書

## 明 細 書

単結晶 SiC 基板の製造方法およびそれによって得られた単結晶 SiC 基板

5

## 技術分野

本発明は、単結晶 SiC 基板の製造方法および単結晶 SiC 基板に係るものであり、詳しくは、大型で結晶性の良くかつ歪みの少ない単結晶 SiC 基板を製造できる単結晶 SiC 基板の製造方法および単結晶 SiC 基板に関するものである。

10

## 背景技術

単結晶 SiC (炭化シリコン) は、熱的、化学的安定性に優れ、機械的強度も強く、放射線照射にも強いという特性から、次世代の半導体デバイス材料として注目を集めている。特に、青色発光ダイオード等の基板材料や耐環境半導体素子等の技術分野において有望視されている。このような用途に用いる SiC 膜を得る方法としては、SiC 単結晶の基板上に、1400℃以上の温度での液相成長法、もしくは1300℃以上の温度での気相成長法が通常用いられている。

15

ところが、上記出発材料として SiC 単結晶基板を用いる方法では、SiC 単結晶基板自体が、極めて高価でかつ小面積のものしか得られていないのが実情である。このため、半導体デバイスとしても極めて高価なものとなってしまっており、大面積の単結晶 SiC 基板を安価に提供する技術が強く望まれている。

20

そこで、下記の特許文献 1 のように、表面 Si 層とこの表面 Si 層の下側に存在する埋め込み絶縁層 (SiO<sub>2</sub> 層) および Si 母材層を有す

25

る絶縁層埋め込み型 Si 基板を利用し、絶縁層埋め込み型 Si 基板の表面 Si 層を 10 nm 程度に薄膜化し、これを高温で炭化処理して単結晶 SiC 層に変成させる技術が提供されている。

特許文献 1 特開 2003-224248 号公報

5 特許文献 2 特開 2001-094082 号公報

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

しかしながら、上述した製造方法では、Si の融点が 1410℃であることから、1400℃以上の高温プロセスは全く適用することができず、少なくともそれよりも低い温度で炭化処理を行う必要がある。一方、Si と SiC の熱膨張係数が異なるうえ、SiO<sub>2</sub> の軟化点が 1200℃付近と比較的高いことから、炭化処理で加熱した後に冷却する段階で Si 母材層と SiC 層の間で収縮率に差が生じ、冷却後の基板にそりが発生することが避けられないという問題があった。このように、基板自体にそりが発生するため、基板を大型化するにも限界があったのが実情である。

このように、現状の技術では、膜質の良い単結晶 SiC 基板は高価かつ小型のものしか得られておらず、大型で膜質のよい単結晶 SiC 基板は得られていないのが実情であり、大型で結晶性の良い単結晶 SiC 基板を安価に提供できる技術の開発が強く望まれていた。

本発明は、上記のような事情に鑑みなされたもので、比較的安価な多結晶 SiC 基板を母材基板として歪みが少なく大型で結晶性の良い単結晶 SiC 基板を安価に製造できる単結晶 SiC 基板の製造方法および単結晶 SiC 基板の提供を目的とする。

## 課題を解決するための手段

上記目的を達成するため、本発明の単結晶 SiC 基板の製造方法は、Si 母材層に所定厚さの表面 Si 層と埋め込み酸化物層が形成された SOI 基板に対し、上記表面 Si 層側から P イオンを導入することにより、  
5 上記埋め込み酸化物層を埋め込みガラス層に変成させて軟化点を低下させる P イオン導入工程と、

上記埋め込みガラス層が形成された SOI 基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面 Si 層を SiC に変成させたのち冷却させて表面に単結晶 SiC 層を形成する SiC 形成工程とを備えたことを第 1 の  
10 要旨とする。

また、本発明の単結晶 SiC 基板の製造方法は、Si 母材と表面 Si 層となる Si 薄板を接合する前に、その接合面となる Si 母材と表面 Si 層の少なくとも一方の表面に、堆積法によって少なくとも SiO<sub>2</sub> よりも軟化点が低いガラス層を形成するガラス層形成工程と、

15 上記 Si 母材と Si 薄板をガラス層を挟むように接合し、Si 母材層、表面 Si 層および埋め込みガラス層が積層された埋め込み型基板を形成する接合工程と、

上記埋め込み型基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面 Si 層を SiC に変成させたのち冷却させて表面に単結晶 SiC 層を形成  
20 する SiC 形成工程とを備えたことを第 2 の要旨とする。

また、上記目的を達成するため、本発明の単結晶 SiC 基板は、Si 母材層と表面の単結晶 SiC 層との間に、少なくとも SiO<sub>2</sub> よりも軟化点が低い埋め込みガラス層が形成されたことを要旨とする。

## 25 発明の効果

すなわち、本発明の第 1 の単結晶 SiC 基板の製造方法は、SOI 基

板の埋め込み酸化層を軟化点が低い埋め込みガラス層に変成させた後、炭化水素系ガス雰囲気中で加熱し冷却する炭化処理を行うため、炭化処理で形成されたSiC層とSi母材層の収縮率に差があっても、SiC層とSi母材層の間の埋め込みガラス層が変形してSi母材層とSiC層の間に滑りが発生し、基板全体の反りを大幅に抑制することができる。

本発明の第1の単結晶SiC基板の製造方法において、上記Pイオン導入工程におけるPイオンの導入量は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18}$ 個/cm<sup>2</sup>である場合には、形成されるSiC層の結晶性を良好に維持しながら基板の反りを効果的に抑制することができる。

10 本発明の第1の単結晶SiC基板の製造方法において、上記Pイオン導入工程における基板温度は、200～550℃である場合には、表面Si層の結晶性を良好に維持するとともに、その炭化工程において良質なSiC層を確保できる。

15 本発明の第1の単結晶SiC基板の製造方法において、上記Pイオン導入工程をイオン注入によって行い、その際のPイオンの加速エネルギーが5～30keVである場合には、表面Si層の結晶性を維持しながらイオン注入を実施することができ、その結果、基板の反りを効果的に抑制することができる。

20 また、本発明の第2の単結晶SiC基板の製造方法は、Si母材層と表面Si層の間に少なくともSiO<sub>2</sub>よりも軟化点が低い埋め込みガラス層が形成された埋め込み型基板を形成した後、炭化水素系ガス雰囲気中で加熱し冷却する炭化処理を行うため、炭化処理で形成されたSiC層とSi母材層の収縮率に差があっても、SiC層とSi母材層の間の埋め込みガラス層が変形してSi母材層とSiC層の間に滑りが発生し、  
25 基板全体の反りを大幅に抑制することができる。

また、本発明の単結晶SiC基板は、Si母材層と表面の単結晶Si

C層との間に、少なくともSiO<sub>2</sub>よりも軟化点が高い埋め込みガラス層が形成されているため、炭化水素系ガス雰囲気中で加熱し冷却する炭化処理を行っても、SiC層とSi母材層の間の埋め込みガラス層が変形してSi母材層とSiC層の間に滑りが発生し、基板全体の反りが大幅に抑制される。

#### 図面の簡単な説明

図1 本発明の第1実施の形態の単結晶SiC基板の製造方法を示す図である。

10 図2 本発明の第1実施の形態の単結晶SiC基板の製造方法を示す図である。

図3 上記単結晶SiC基板の製造方法を示す図である。

図4 本発明の第2実施の形態の単結晶SiC基板の製造方法を示す図である。

#### 15 符号の説明

- |    |               |
|----|---------------|
| 1  | SOI基板         |
| 2  | Si母材層         |
| 3  | 表面Si層         |
| 4  | 埋め込み酸化物層，酸化物層 |
| 20 | 5 単結晶SiC層     |
|    | 6 PSG層        |
|    | 8 GaN層        |

#### 25 発明を実施するための最良の形態

つぎに、本発明を実施するための最良の形態を説明する。

## 〔第 1 実施形態〕

図 1 および図 2 は、本発明の第 1 実施形態の単結晶 SiC 基板の製造方法を示す図である。

この単結晶 SiC 基板の製造方法は、下記 (1) (2) の工程を行なう。

- 5 (1) Si 母材層 2 に所定厚さの表面 Si 層 3 と埋め込み酸化物層 4 が形成された SOI (Silicon On Insulator) 基板 1 に対し、上記表面 Si 層 3 側から P イオンを導入することにより、上記埋め込み酸化物層 4 を埋め込みガラス層である PSG 層 6 に変成させて軟化点を低下させる P イオン導入工程。
- 10 (2) 上記埋め込みガラス層である PSG 層 6 が形成された SOI 基板 1 を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面 Si 層 3 を SiC に変成させたのち冷却させて表面に単結晶 SiC 層 5 を形成する SiC 形成工程。

図 1 (A) は、Si 母材層 2 の表面に、所定厚さの表面 Si 層 3 と埋  
15 め込み酸化物層 4 とが形成された SOI 基板 1 を示す。上記 SOI 基板 1 は、Si 母材層 2 の表面近傍に、埋め込み酸化物層 4 として所定厚みの SiO<sub>2</sub> 層が形成され、表面に所定厚さの表面 Si 層 3 が形成されたものである。上記埋め込み酸化物層 4 の厚みは、約 100 ~ 200 nm 程度の厚みになるよう設定されている。

20 上記 SOI 基板 1 の表面 Si 層 3 は、厚み 20 nm ~ 50 nm 程度のものを 4 ~ 10 nm に薄膜化して用いる。この薄膜化は、例えば、SOI 基板 1 を酸化雰囲気中で加熱処理することにより、埋め込み酸化物層 4 との界面近傍に所望厚みの Si 層を残存させるよう、表面 Si 層 3 の表面から所定深さを酸化させたのち、表面に生成した酸化物層をフッ化水  
25 素酸等でエッチングすることにより除去して薄膜化することが行われる。

このとき、薄膜化した表面 Si 層 3 の厚みは、上述したように 4 nm



～10 nm程度に設定するのが好ましく、より好ましいのは4 nm～7 nm程度である。上記薄膜化した表面Si層3の厚みが薄すぎると、その後の炭化処理である変成工程によって単結晶SiC層5が十分に生成されず、良好な単結晶SiC層7を形成できないからである。

- 5 また、上記薄膜化した表面Si層3の厚みが厚すぎると、その後に炭化処理によって単結晶SiC層5へ変成させる際に、完全に炭化することが困難になり、SiC層5の底端部に未炭化のSi層が残存することとなる。この残存Si層はその後の熱処理により容易に上部SiC層へ拡散し、その結晶性を悪化させる結果となる。必要に応じて単結晶SiC層5をさらにエピタキシャル成長させることが行なわれるが、シード層としての単結晶SiC層5の結晶性が悪いと、その後エピタキシャル成長させても結晶性の悪い単結晶SiC層5しか得られない。このように、残存SiC層が生じないように完全炭化させることは極めて重要である。

- 15 図1(B)および図1(C)は、上記SOI基板1に対し、上記表面Si層3側からPイオンを導入することにより、上記埋め込み酸化物層4を形成するSiO<sub>2</sub>を磷を導入したガラスである磷珪酸ガラス(PSG; Phospho Silicate Glass)に変成させPSG層6を形成して軟化点を低下させるPイオン導入工程を示す。

- 20 上記Pイオン導入工程は、例えば、イオン注入法やプラズマドーピング法等によって行なうことができる。

- 上記Pイオン導入工程におけるPイオンの導入量すなわちドーズ量は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18}$ 個/cm<sup>2</sup>とするのが好ましい。ドーズ量が $1 \times 10^{15}$ 個/cm<sup>2</sup>未満では、PSG層6の軟化の程度が十分でなく、  
25 基板の反りを防止する効果が十分に得られないからである。反対にドーズ量が $5 \times 10^{18}$ 個/cm<sup>2</sup>を超えると、表面Si層3の結晶性が悪く

なり、良質で結晶性のよい単結晶SiC層5が得られなくなる。このように、Pイオン導入工程におけるドーズ量を $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18}$ 個/cm<sup>2</sup>とすることにより、形成される単結晶SiC層5の結晶性を良好に維持しながら基板の反りを効果的に抑制することができる。

- 5 上記イオン注入により、PSG層6の燐のドーパ量を5～7原子%程度に設定するのが好ましい。ドーパ量が5原子%未満では、PSG層6の軟化の程度が十分でなく、基板の反りを防止する効果が十分に得られないからである。反対にドーパ量が7原子%を超えると、PSG層6の吸湿性が高くなり、単結晶SiC層5を使って作成した電子素子の電気
- 10 的特性を著しく劣化させ、良質で信頼性の高い電子素子を得られなくなる。このように、PSG層6を構成するガラスへの燐のドーパ量を5～7原子%とすることにより、形成される単結晶SiC層5の電気的特性を良好に維持しながら基板の反りを効果的に抑制することができる。

- また、上記Pイオン導入工程における基板温度は、200～550℃
- 15 とするのが好ましい。基板温度が200℃未満では、表面Si層3の結晶性が低下し、良質で結晶性のよい単結晶SiC層5が得られなくなる。反対に基板温度が550℃を超えると、表面Si層3を構成するSiが昇華し始めて厚みが減少してしまい、十分な膜厚の単結晶SiC層5が
- 20 得られなくなる。このように、Pイオン導入工程における基板温度を200～550℃とすることにより、単結晶SiC層5の結晶性を良好に維持するとともに、適切な膜厚も確保できる。

- 上記Pイオン導入工程をイオン注入によって行う場合、その際のPイオンの加速エネルギーは5～30keVに設定するのが好ましい。上記加速エネルギーが5keV未満でも30keVを超えても、表面Si層
- 25 3の膜厚との兼ね合いで、埋め込み酸化物層4を十分軟化点の低いPSG層6に変成することができないからである。そして、上記加速エネル

ギーを5～30keVに設定することにより、SiC層の結晶性および適切な膜厚を維持しながら基板の反りを効果的に抑制することができる。

図2(D)は、上記埋め込みガラス層であるPSG層6が形成されたSOI基板1を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面Si層3をSiCに変成させたのち冷却させて表面に単結晶SiC層5を形成するSiC形成工程を行なった状態である。

上記SiC形成工程は、例えば、雰囲気制御が可能な加熱炉において、加熱炉内に導入される雰囲気ガス（水素ガスおよび炭化水素ガス）を切り換えながら温度調節することにより行うことができる。

10 上記のような装置により、上記SOI基板1を加熱炉内に設置し、上記加熱炉内に水素ガスと炭化水素系ガスとの混合ガスを供給しながら、加熱炉内の雰囲気温度を上昇させて、前記SOI基板1の表面Si層3を単結晶SiC層5に変成させることが行われる。

このとき、上記SOI基板1を加熱炉内に設置して、加熱炉内に水素ガスに対して炭化水素系ガスを1体積%の割合で混合した混合ガスを供給する。また、この混合ガスの供給と同じくして、加熱炉内の雰囲気温度を900～1405℃に加熱する。この加熱によって、SOI基板1の表面Si層3を単結晶SiC層5に変成させることができる。

ここで、前記水素ガスはキャリアガスであり、炭化水素ガスとしては例えばプロパンガスを使用する。例えば、水素ガスのボンベからの供給量が1000cc/分であったならば、炭化水素ガスのボンベからの供給量を10cc/分とする。

そして、所定時間加熱して表面Si層3が完全炭化されて単結晶SiC層5に変成したのち常温まで冷却する。このとき、単結晶SiC層5とSi母材層2との間に、SiO<sub>2</sub>よりも軟化点が高いPSG層6が介在することから、炭化処理で形成された単結晶SiC層5とSi母材層

2の収縮率に差があっても、単結晶SiC層5とSi母材層2の間のPSG層6が変形してSi母材層2と単結晶SiC層5の間に滑りが発生し、基板全体の反りを大幅に抑制することができる。

図2(E)は、上述したように形成した単結晶SiC層5をシード層5として、エピタキシャル成長によりさらに単結晶SiC層5を成長させた状態を示す。

上記エピタキシャル成長は、例えば、下記の条件により単結晶SiC層5を成長させる。例えば、表面に単結晶SiC層5が形成された基板を処理チャンバー内に配置し、上記処理チャンバー内にモノメチルシラン等メチルシラン系ガスの原料ガスを約1.0sccm程度のガス流量で供給しながら、温度900～1405℃で処理することにより、上記単結晶SiC層5をシード層としてエピタキシャル成長により、単結晶SiC層5を成長させることができる。

このように、単結晶SiC層5をエピタキシャル成長させる際の昇温および冷却においても、単結晶SiC層5とSi母材層2との間に軟化点が高いPSG層6が介在することから、単結晶SiC層5とSi母材層2の間のPSG層6が変形してSi母材層2と単結晶SiC層5の間に滑りが発生し、基板全体の反りを大幅に抑制することができる。

上記処理温度は、上記温度範囲で処理可能であるが、より良好な膜質を得るとともに、設備コストやエネルギーコスト、メンテナンスコスト等の面から1000～1350℃程度に設定するのが好適である。

また、上記エピタキシャル成長は、処理チャンバー内にモノシランガス等のシラン系ガスとプロパンガス等の炭化水素系ガスを同時に供給しながら上記温度範囲で処理することにより単結晶SiC層5をエピタキシャル成長させることもできる。

このようにして、Si母材層2と表面の単結晶SiC層5との間に、

少なくとも  $\text{SiO}_2$  よりも軟化点が高い埋め込みガラス層である PSG 層 6 が形成された本発明の単結晶  $\text{SiC}$  基板を得ることができる。

図 2 (F) は、必要に応じて、上記単結晶  $\text{SiC}$  層 5 の上に、エピタキシャル成長により  $\text{GaN}$  層 8 等の他の半導体膜を形成させた状態を示す。

上記エピタキシャル成長は、例えば、下記の条件により  $\text{GaN}$  層 8 を成長させる。例えば、単結晶  $\text{SiC}$  層 5 を形成した基板を処理チャンパー内に配置し、上記処理チャンパー内にトリエチルガリウムを約 2 s c c m、アンモニアを約 1 2 5 0 s c c m の流量で供給しながら、温度 9 10 5 0 ~ 1 2 0 0 °C で処理することにより、上記単結晶  $\text{SiC}$  層 5 の上に  $\text{GaN}$  層 8 を形成させることができる。

このように、単結晶  $\text{SiC}$  層 5 の上に  $\text{GaN}$  層 8 をエピタキシャル成長させる際の昇温および冷却においても、単結晶  $\text{SiC}$  層 5 と  $\text{Si}$  母材層 2 との間に軟化点が高い PSG 層 6 が介在することから、単結晶  $\text{SiC}$  層 5 と  $\text{Si}$  母材層 2 の間の PSG 層 6 が変形して  $\text{Si}$  母材層 2 と単結晶  $\text{SiC}$  層 5 の間に滑りが発生し、基板全体の反りを大幅に抑制することができる。

図 3 は、実施例と比較例の基板の反り量を測定した結果である。

SOI 基板 1 として、表面  $\text{Si}$  層 3 の厚みが 7 n m、 $\text{Si}$  母材層 2 の厚みが 7 2 5  $\mu$  m、埋め込み酸化物層 4 の厚みが 1 6 0 n m、直径 2 0 0 m m のものを準備した。

実施例は、上記 SOI 基板 1 に P イオン注入によって埋め込み酸化物層 4 を PSG 層 6 に変成したのち炭化処理を行なった。イオンの加速エネルギーは 3 0 k e V、ドーズ量は  $6 \times 1 0^{15}$  個 /  $\text{cm}^2$ 、基板温度は 2 5 0 °C に設定した。比較例は、上記 SOI 基板 1 をイオン注入せずに炭化処理を行った。

炭化処理は、プロパンガス30cc、水素ガス2000ccの割合で混合ガスを流しながら、基板を1250℃に15分間加熱して行なった。

その後の、エピタキシャル成長は、モノメチルシランガスを約3scmのガス流量で供給しながら、温度1200℃で処理を行ない、処理  
5 時間を変えて、最終的な単結晶SiC層5の厚みが5nm、160nm、320nm、600nmの資料を準備した。

反り量は、つぎのようにして測定した。すなわち、水平な標準面を有する試料測定台の上に200mm口径の被測定試料を載置し、この被測定資料の表面に探針式反り量測定器の探針を接触させながら水平面内で  
10 走査させる。このとき、被測定試料表面のうねりに応じて垂直面内に現れるうねりを記録し、基板全体の反り量として判定することにより測定した。

図3からわかるように、単結晶SiC層5の膜厚が300nmを超えると、実施例が良好な結果がえられている。なお、膜厚の薄い部分につ  
15 いて比較例の方が良いように見えるが、この差は測定誤差範囲であり、膜厚が300nmを超えたあたりから反りの抑制効果が顕著に現れている。

なお、上記実施形態では、イオン注入の際にPイオンだけを導入して埋め込み酸化層4をPSG層6に変成した例を示したが、Pイオンと  
20 併せてBイオンを導入して埋め込み酸化層4をBP SG層に変成させるようにしてもよい。

#### 〔第2実施形態〕

図4は、本発明の第2実施形態の単結晶SiC基板の製造方法を示す  
25 図である。

この単結晶SiC基板の製造方法は、下記(1)(2)(3)の工程を

行なう。

(1) Si母材と表面Si層となるSi薄板を接合する前に、その接合面となるSi母材と表面Si層の少なくとも一方の表面に、堆積法によって少なくともSiO<sub>2</sub>よりも軟化点が高いガラス層を形成するガラス層形成工程。

(2) 上記Si母材とSi薄板をガラス層を挟むように接合し、Si母材層、表面Si層および埋め込みガラス層が積層された埋め込み型基板を形成する接合工程。

(3) 上記埋め込み型基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面Si層をSiCに変成させたのち冷却させて表面に単結晶SiC層を形成するSiC形成工程。

図4(A)に示すように、この例では、まず、表面Si層3となるSi薄板の一面に、堆積法によって少なくともSiO<sub>2</sub>よりも軟化点が高いガラス層であるPSG層6を形成する。

上記堆積法は、例えば、減圧CVDやプラズマCVDのような化学的気相堆積法、真空蒸着法やスパッタリング法等の物理的気相堆積法等、各種の堆積法を適用することができる。

図4(B)に示すように、PSG層6が形成された表面Si層3と、Si母材層2とを、上記PSG層6を挟むように接合する。上記PSG層6は、リンがドーパされたガラスであり、リンのドーパ量は5~7原子%程度に設定するのが好ましい。ドーパ量が5原子%未満では、PSG層6の軟化の程度が十分でなく、基板の反りを防止する効果が十分に得られないからである。反対にドーパ量が7原子%を超えると、PSG層6の吸湿性が高くなり、単結晶SiC層5を使って作成した電子素子の電気的特性を著しく劣化させ、良質で信頼性の高い電子素子を得られなくなる。このように、PSG層6を構成するガラスへのリンのドーパ量を5

～7原子%とすることにより、形成される単結晶SiC層5の電気的特性を良好に維持しながら基板の反りを効果的に抑制することができる。

上記接合は、Si母材層2の上面に、表面Si層3が上を向きPSG層6が下を向くようにして積層し、加熱することによって行なうことができる。このときの加熱温度は概ね850～950℃、加熱時間は30～60分程度である。

図4(C)は、上記のようにして形成されたSi母材層2と表面Si層3の間に埋め込み型のPSG層6が積層された埋め込み型基板を示す。この埋め込み型基板におけるPSG層6の厚みは、約100～200nm程度  
10 m程度の厚みになるよう設定され、表面Si層3はあらかじめ厚み4nm～10nmに薄膜化されるのは上述した第1実施形態と同様である。

つぎに、上記埋め込み型基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面Si層3をSiCに変成させたのち冷却させて表面に単結晶SiC層5を形成する。この炭化処理の条件は上述した第1実施形態と同様  
15 である。

図4(D)は、上記のようにして形成されたSi母材層2と表面Si層3の間に埋め込み型のPSG層6が積層された埋め込み型基板を示す。

その後、エピタキシャル成長により単結晶SiC層5を成長させたり、GaN層8のような他の半導体層を積層したりすることが行なわれる。  
20 エピタキシャル成長の条件は上述した第1実施形態と同様である。

このようにして、Si母材層2と表面の単結晶SiC層5との間に、少なくともSiO<sub>2</sub>よりも軟化点が低い埋め込みガラス層であるPSG層6が形成された本発明の単結晶SiC基板を得ることができる。

なお、この例では表面Si層3となるSi薄板の一面に、PSG層6  
25 を形成したのちSi母材層2と接合するようにしたが、Si母材層2の一面にPSG層6を形成したのち表面Si層3となるSi薄板を接合し



てもよいし、S i 母材層 2 と表面 S i 層 3 とする S i 薄板の双方の一面に P S G 層 6 を形成したのち両者を接合するようにしてもよい。

本実施形態の単結晶 S i C 基板の製造方法は、S i 母材層 2 と表面 S i 層 3 の間に少なくとも S i O<sub>2</sub> よりも軟化点が高い P S G 層 6 が形成された埋め込み型基板を形成した後、炭化水素系ガス雰囲気中で加熱し冷却する炭化処理を行うため、炭化処理で形成された単結晶 S i C 層 5 と S i 母材層 2 の収縮率に差があっても、単結晶 S i C 層 5 と S i 母材層 2 の間の P S G 層 6 が変形して S i 母材層 2 と単結晶 S i C 層 5 の間に滑りが発生し、基板全体の反りを大幅に抑制することができる。

10 なお、上記実施形態では、堆積法により P S G 層 6 を形成した例を示したが、同じく堆積法により B P S G 層（硼磷珪酸ガラス層）を形成させるようにしてもよい。

#### 産業上の利用可能性

15 本発明は、大規模集積回路等に用いる半導体基板の製造等に適用することができる。

## 請求の範囲

1. Si母材層に所定厚さの表面Si層と埋め込み酸化物層が形成されたSOI基板に対し、上記表面Si層側からPイオンを導入することにより、上記埋め込み酸化物層を埋め込みガラス層に変成させて軟化点を低下させるPイオン導入工程と、

上記埋め込みガラス層が形成されたSOI基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面Si層をSiCに変成させたのち冷却させて表面に単結晶SiC層を形成するSiC形成工程とを備えたことを特徴とする単結晶SiC基板の製造方法。

2. 上記Pイオン導入工程におけるPイオンの導入量は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18}$ 個/cm<sup>2</sup>である請求項1記載の単結晶SiC基板の製造方法。

15

3. 上記Pイオン導入工程における基板温度は、200～550℃である請求項1または2記載の単結晶SiC基板の製造方法。

4. 上記Pイオン導入工程をイオン注入によって行い、その際のPイオンの加速エネルギーが5～30keVである請求項1～3のいずれか一項に記載の単結晶SiC基板の製造方法。

5. Si母材と表面Si層となるSi薄板を接合する前に、その接合面となるSi母材と表面Si層の少なくとも一方の表面に、堆積法によって少なくともSiO<sub>2</sub>よりも軟化点が高いガラス層を形成するガラス層形成工程と、

25

上記 Si 母材と Si 薄板をガラス層を挟むように接合し、Si 母材層、表面 Si 層および埋め込みガラス層が積層された埋め込み型基板を形成する接合工程と、

上記埋め込み型基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面 Si 層を SiC に変成させたのち冷却させて表面に単結晶 SiC 層を形成する SiC 形成工程とを備えたことを特徴とする単結晶 SiC 基板の製造方法。

6. Si 母材層と表面の単結晶 SiC 層との間に、少なくとも SiO<sub>2</sub> よりも軟化点が低い埋め込みガラス層が形成されたことを特徴とする単結晶 SiC 基板。

## 補正された請求の範囲

[2009年3月9日 (09. 03. 2009) 国際事務局受理]

1. Si母材層に所定厚さの表面Si層と埋め込み酸化物層が形成されたSOI基板に対し、上記表面Si層側からPイオンを導入することにより、上記埋め込み酸化物層を埋め込みガラス層に変成させて軟化点を低下させるPイオン導入工程と、

上記埋め込みガラス層が形成されたSOI基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面Si層をSiCに変成させたのち冷却させて表面に単結晶SiC層を形成するSiC形成工程とを備えたことを特徴とする単結晶SiC基板の製造方法。

2. 上記Pイオン導入工程におけるPイオンの導入量は、 $1 \times 10^{15} \sim 5 \times 10^{18}$ 個/cm<sup>2</sup>である請求項1記載の単結晶SiC基板の製造方法。

15

3. 上記Pイオン導入工程における基板温度は、200～550℃である請求項1または2記載の単結晶SiC基板の製造方法。

4. 上記Pイオン導入工程をイオン注入によって行い、その際のPイオンの加速エネルギーが5～30keVである請求項1～3のいずれか一項に記載の単結晶SiC基板の製造方法。

5. Si母材と表面Si層となるSi薄板を接合する前に、その接合面となるSi母材と表面Si層の少なくとも一方の表面に、堆積法によって少なくともSiO<sub>2</sub>よりも軟化点が低いガラス層を形成するガラス層形成工程と、

上記 Si 母材と Si 薄板をガラス層を挟むように接合し、Si 母材層、表面 Si 層および埋め込みガラス層が積層された埋め込み型基板を形成する接合工程と、

上記埋め込み型基板を炭化水素系ガス雰囲気中で加熱して上記表面 Si 層を SiC に変成させたのち冷却させて表面に単結晶 SiC 層を形成する SiC 形成工程とを備えたことを特徴とする単結晶 SiC 基板の製造方法。

6. Si 母材層と表面の単結晶 SiC 層との間に、少なくとも SiO<sub>2</sub> よりも軟化点が低い埋め込みガラス層が形成されたことを特徴とする単結晶 SiC 基板。

7. (追加) 上記単結晶 SiC 層は、Si 母材層と埋め込みガラス層の上に表面 Si 層が形成された埋め込み型基板の上記表面 Si 層を SiC に変成させることにより得られるものである請求項 6 記載の単結晶 SiC 基板。

8. (追加) 上記埋め込みガラス層は、Si 母材層に所定厚さの表面 Si 層と埋め込み酸化物層が形成された SOI 基板に対し、上記表面 Si 層側から P イオンを導入することにより、上記埋め込み酸化物層を埋め込みガラス層に変成させて形成されたものである請求項 6 記載の単結晶 SiC 基板。

9. (追加) 上記埋め込みガラス層は、P イオンの導入量が  $1 \times 10^{15}$  ~  $5 \times 10^{18}$  個/cm<sup>2</sup> で P イオン注入されたものである請求項 8 記載の単結晶 SiC 基板。

10. (追加) 上記埋め込みガラス層の厚みは、100～200nmである請求項6～9のいずれか一項に記載の単結晶SiC基板。

図 1

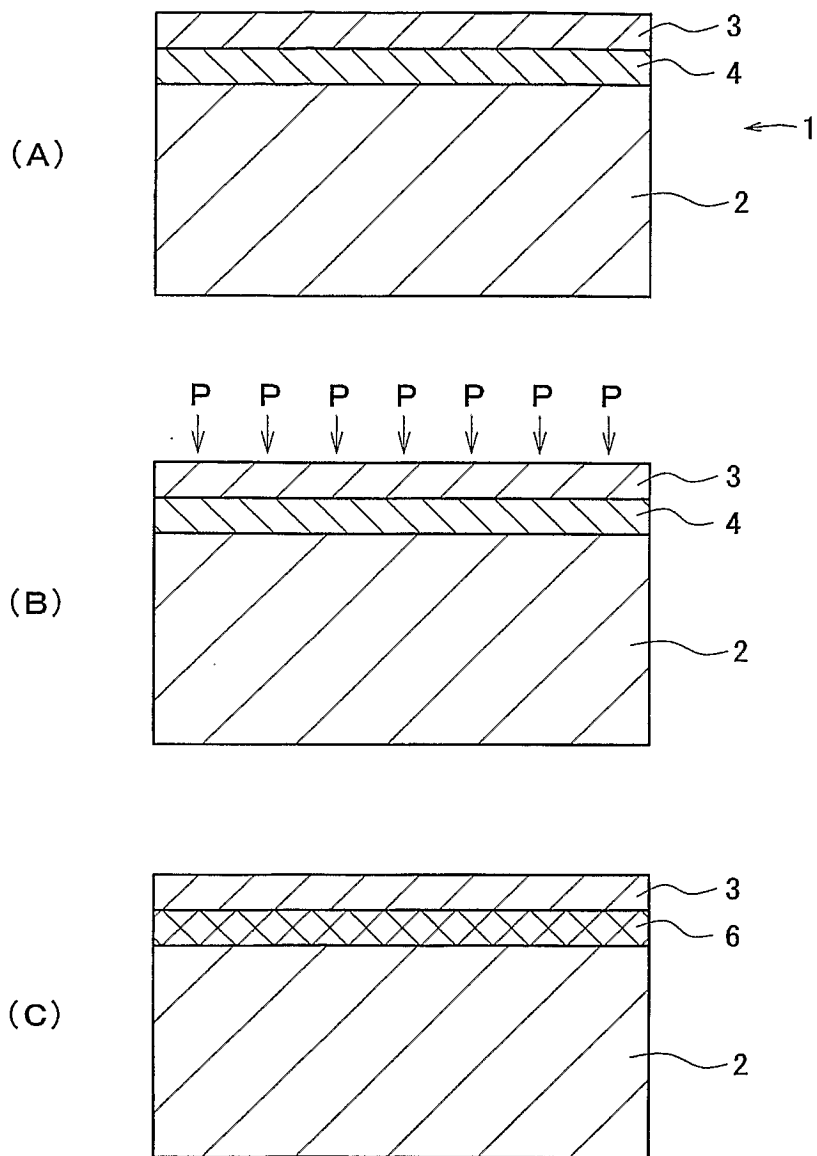


図 2

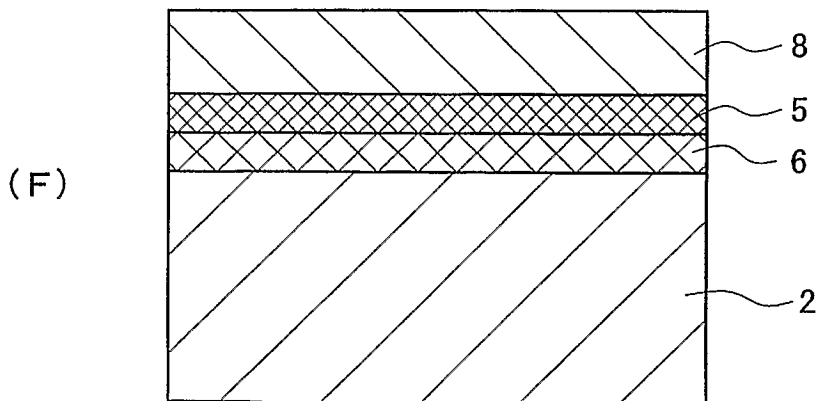
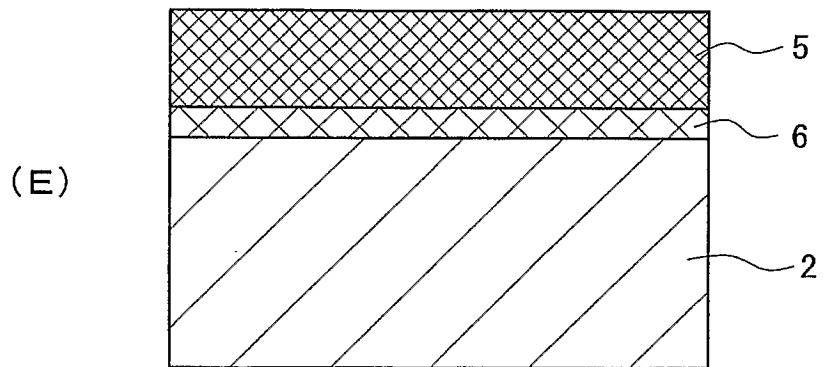
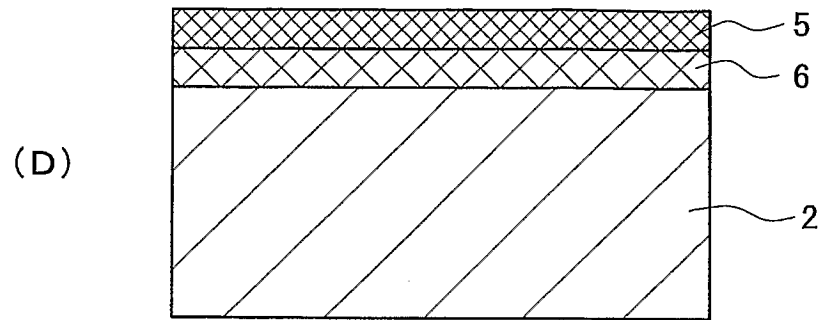




図 3

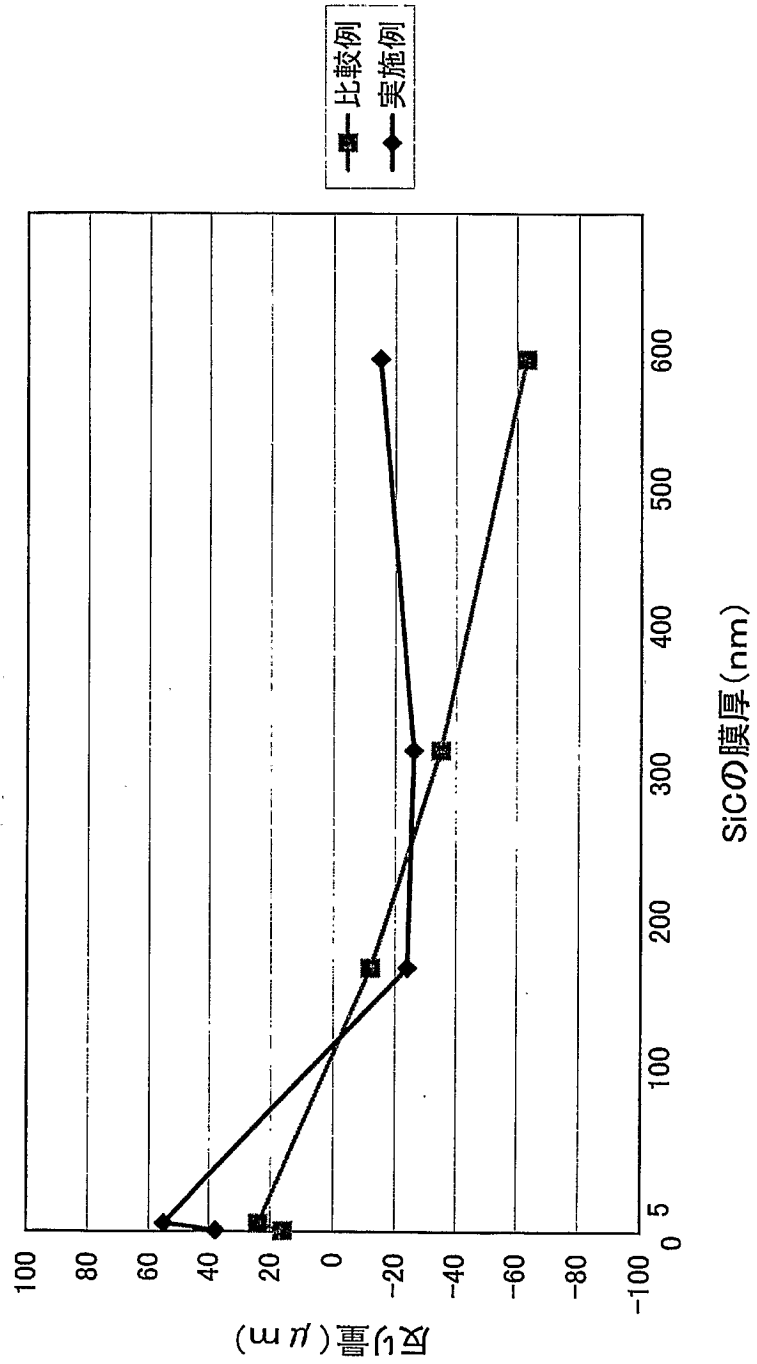
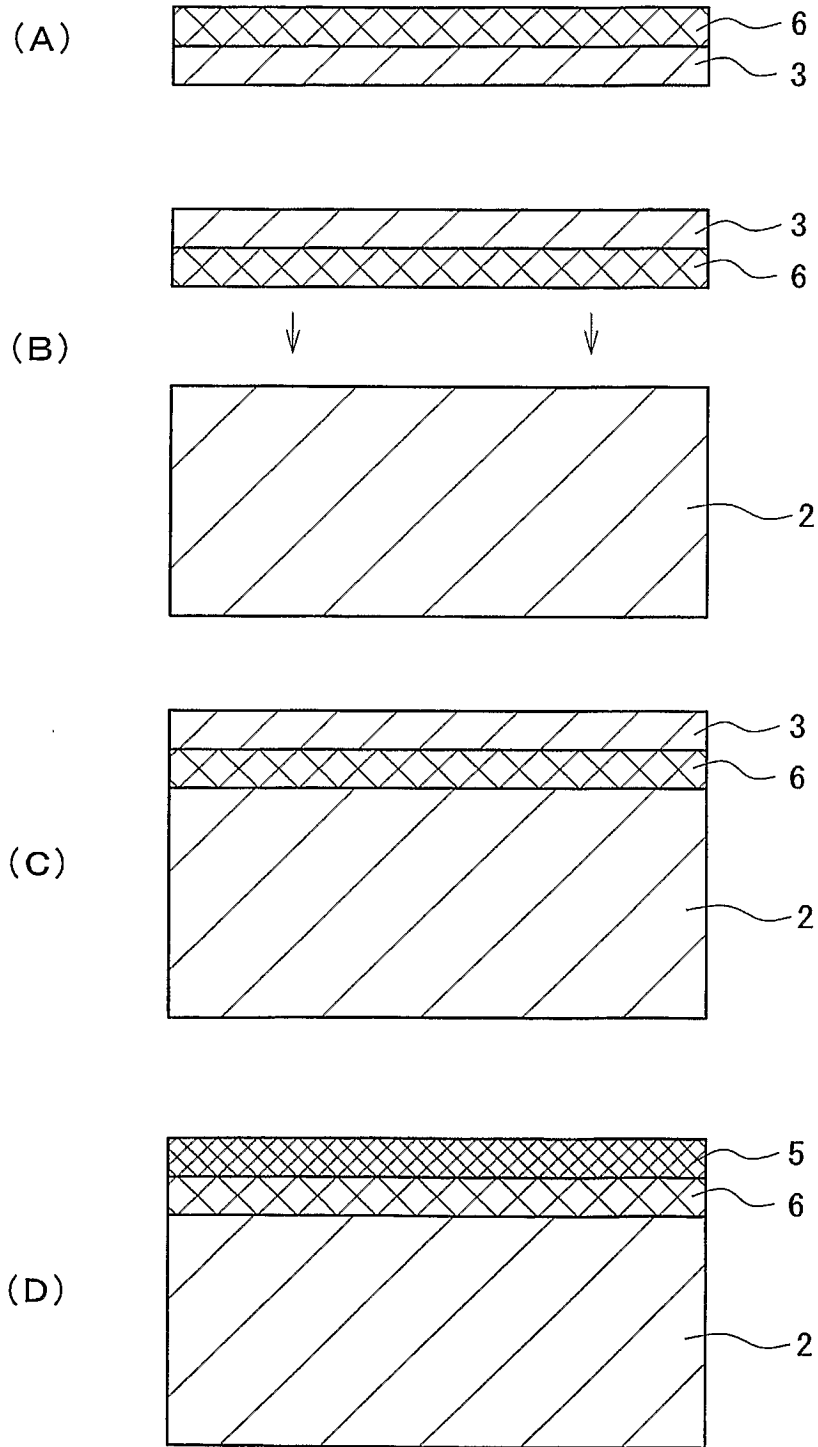


図 4



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No.  
PCT/JP2008/070160

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
C30B29/36(2006.01)i, C23C14/48(2006.01)i, C30B1/10(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L27/12(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)  
C30B29/36, C23C14/48, C30B1/10, H01L21/02, H01L21/20, H01L21/205, H01L21/265, H01L21/316, H01L27/12

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.
A	JP 2005-268460 A (Air Water Inc.), 29 September, 2005 (29.09.05), Full text (Family: none)	1-6
A	JP 2003-224248 A (Osaka-Fu), 08 August, 2003 (08.08.03), Full text & US 2003/0148586 A1 & EP 1333482 A2	1-6
A	JP 2004-296558 A (Osaka-Fu), 21 October, 2004 (21.10.04), Full text & US 2004/0191966 A1 & EP 1463108 A2	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 14 January, 2009 (14.01.09)	Date of mailing of the international search report 27 January, 2009 (27.01.09)
--	---

Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office	Authorized officer
Facsimile No.	Telephone No.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2008/070160

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 2001-094082 A (International Business Machines Corp.), 06 April, 2001 (06.04.01), Full text & US 2002/0089032 A1	1-6
A	JP 04-075379 A (Seiko Epson Corp.), 10 March, 1992 (10.03.92), Full text (Family: none)	1-6
E, X E, A	JP 2007-324573 A (Sharp Corp.), 13 December, 2007 (13.12.07), Par. Nos. [0012], [0015], [0025] & US 2007/0278574 A1	6 1-5

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. C30B29/36(2006.01)i, C23C14/48(2006.01)i, C30B1/10(2006.01)i, H01L21/02(2006.01)i, H01L21/20(2006.01)i, H01L21/205(2006.01)i, H01L21/265(2006.01)i, H01L21/316(2006.01)i, H01L27/12(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. C30B29/36, C23C14/48, C30B1/10, H01L21/02, H01L21/20, H01L21/205, H01L21/265, H01L21/316, H01L27/12

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 請求の範囲の番号
A	JP 2005-268460 A (エア・ウォーター株式会社) 2005.09.29, 全文 (ファミリーなし)	1-6
A	JP 2003-224248 A (大阪府) 2003.08.08, 全文 & US 2003/0148586 A1 & EP 1333482 A2	1-6
A	JP 2004-296558 A (大阪府) 2004.10.21, 全文 & US 2004/0191966 A1 & EP 1463108 A2	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

14.01.2009

国際調査報告の発送日

27.01.2009

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
 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)

鮎沢 輝万

電話番号 03-3581-1101 内線 3416

4G

4141

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 請求の範囲の番号
A	JP 2001-094082 A (インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション) 2001.04.06, 全文 & US 2002/0089032 A1	1-6
A	JP 04-075379 A (セイコーエプソン株式会社) 1992.03.10, 全文 (ファミリーなし)	1-6
E、X E、A	JP 2007-324573 A (シャープ株式会社) 2007.12.13, 【0012】、【0015】、 【0025】 & US 2007/0278574 A1	6 1-5