

(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
2011年9月9日(09.09.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/108137 A1

- (51) 国際特許分類:
C30B 29/36 (2006.01) H01L 21/203 (2006.01)
C30B 33/06 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2010/066829
- (22) 国際出願日: 2010年9月28日(28.09.2010)
- (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 2010-045623 2010年3月2日(02.03.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 住友電気工業株式会社(SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) [JP/JP]; 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33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): 西口 太郎 (NISHIGUCHI, Taro) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 佐々木 信 (SASAKI, Makoto) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 原田 真 (HARADA, Shin) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市

此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP). 沖田 恭子 (OKITA, Kyoko) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 井上 博揮 (INOUE, Hiroki) [JP/JP]; 〒6640016 兵庫県伊丹市昆陽北一丁目1番1号 住友電気工業株式会社 伊丹製作所内 Hyogo (JP). 並川 靖生 (NAMIKAWA, Yasuo) [JP/JP]; 〒5540024 大阪府大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社 大阪製作所内 Osaka (JP).

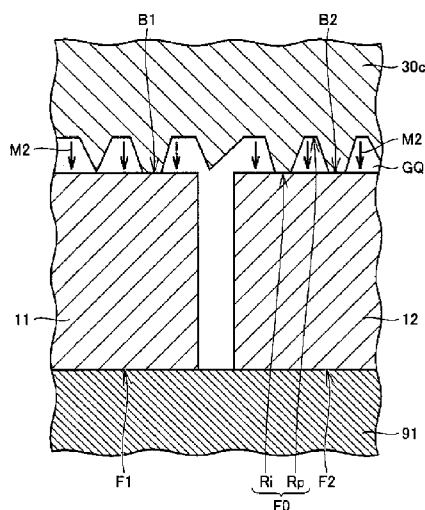
- (74) 代理人: 特許業務法人深見特許事務所 (Fukami Patent Office, p.c.); 〒5300005 大阪府大阪市北区中之島二丁目2番7号 中之島セントラルタワー Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, 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, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[続葉有]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING SILICON CARBIDE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 炭化珪素基板の製造方法

[図9]



(57) Abstract: A support section (30c) made from silicon carbide has undulations on at least a portion of the primary surface (F0) thereof. The support section (30c) and at least one monocrystalline substrate (11) are stacked in a manner so that the back surface (B1) of each of the at least one monocrystalline substrate (11) formed from silicon carbide makes contact with the primary surface (F0) of the support section (30c) that has undulations formed. In order to join the back surface (B1) of each of the at least one monocrystalline substrate (11) to the support section (30c), the support section (30c) and the at least one monocrystalline substrate (11) are heated in a manner such that the temperature of the support section (30c) exceeds the sublimation temperature of silicon carbide, and the temperature of each of the at least one monocrystalline substrate (11) is less than the temperature of the aforementioned support section (30c).

(57) 要約: 炭化珪素から作られた支持部 (30c) は主面 (F0) の少なくとも一部に起伏を有する。炭化珪素から作られた少なくとも1つの単結晶基板 (11) の各々の裏面 (B1) と、支持部 (30c) の起伏が形成された主面 (F0) とが互いに接触するように、支持部 (30c) および少なくとも1つの単結晶基板 (11) が積み重ねられる。少なくとも1つの単結晶基板 (11) の各々の裏面 (B1) を支持部 (30c) に接合するために、支持部 (30c) の温度が炭化珪素の昇華温度を超えかつ少なくとも1つの単結晶基板 (11) の各々の温度が前記支持部 (30c) の温度未満となるように、支持部 (30c) および少なくとも1つの単結晶基板 (11) が加熱される。

(57) 要約: 炭化珪素から作られた支持部 (30c) は主面 (F0) の少なくとも一部に起伏を有する。炭化珪素から作られた少なくとも1つの単結晶基板 (11) の各々の裏面 (B1) と、支持部 (30c) の起伏が形成された主面 (F0) とが互いに接触するように、支持部 (30c) および少なくとも1つの単結晶基板 (11) が積み重ねられる。少なくとも1つの単結晶基板 (11) の各々の裏面 (B1) を支持部 (30c) に接合するために、支持部 (30c) の温度が炭化珪素の昇華温度を超えかつ少なくとも1つの単結晶基板 (11) の各々の温度が前記支持部 (30c) の温度未満となるように、支持部 (30c) および少なくとも1つの単結晶基板 (11) が加熱される。

WO 2011/108137 A1



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.

NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, 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, 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,

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第 21 条(3))
- 補正された請求の範囲 (条約第 19 条(1))

明 細 書

発明の名称：炭化珪素基板の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は炭化珪素基板の製造方法に関するものである。

背景技術

[0002] 近年、半導体装置の製造に用いられる半導体基板としてSiC（炭化珪素）基板の採用が進められつつある。SiCは、より一般的に用いられているSi（シリコン）に比べて大きなバンドギャップを有する。そのためSiC基板を用いた半導体装置は、耐圧が高く、オン抵抗が低く、また高温環境下での特性の低下が小さい、といった利点を有する。

[0003] 半導体装置を効率的に製造するためには、ある程度以上の基板の大きさが求められる。米国特許第7314520号明細書（特許文献1）によれば、76mm（3インチ）以上のSiC基板を製造することができるとされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：米国特許第7314520号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] SiC単結晶基板の大きさは工業的には100mm（4インチ）程度にとどまっており、このため大型の単結晶基板を用いて半導体装置を効率よく製造することができないという問題がある。特に六方晶系のSiCにおいて、（0001）面以外の面の特性が利用される場合、上記の問題が特に深刻である。このことについて、以下に説明する。

[0006] 欠陥の少ないSiC単結晶基板は、通常、積層欠陥の生じにくい（0001）面成長で得られたSiCインゴットから切り出されることで製造される。このため（0001）面以外の面方位を有する単結晶基板は、成長面に対

して非平行に切り出されることになる。このため単結晶基板の大きさを十分確保することが困難であったり、インゴットの多くの部分が有効に利用できなかったりする。このため、SiCの(0001)面以外の面を利用した半導体装置は、効率よく製造することが特に困難である。

[0007] このように困難をともなうSiC単結晶基板の大型化に代わって、支持部と、この上に接合された複数の小さな単結晶基板とを有する炭化珪素基板を用いることが考えられる。この炭化珪素基板は、単結晶基板の枚数を増やすことで、必要に応じて大型化することができる。しかしこのように支持部と単結晶基板とが接合される場合、その接合の強度が不十分となることがある。

[0008] 本発明は、上記の問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、単結晶基板および支持部の間の接合強度を高めることができる炭化珪素基板の製造方法を提供することである。

課題を解決するための手段

[0009] 本発明の炭化珪素基板の製造方法は、以下の工程を有する。

各々が裏面を有しかつ炭化珪素から作られた少なくとも1つの単結晶基板が準備される。主面を有しかつ炭化珪素から作られた支持部が準備される。支持部は主面の少なくとも一部に起伏を有する。少なくとも1つの単結晶基板の各々の裏面と、支持部の起伏が形成された主面とが互いに接触するように、支持部および少なくとも1つの単結晶基板が積み重ねられる。少なくとも1つの単結晶基板の各々の裏面を支持部に接合するために、支持部の温度が炭化珪素の昇華温度を超えかつ少なくとも1つの単結晶基板の各々の温度が前記支持部の温度未満となるように、支持部および少なくとも1つの単結晶基板が加熱される。

[0010] 本発明によれば、支持部が起伏を有することによって支持部と単結晶基板との間に空隙が確保されるので、単結晶基板の温度を支持部の温度に比して、より確実に低くすることができる。これにより、昇華・再結晶反応にともなう支持部から単結晶基板への物質移動をより確実に発生させることができ

るので、単結晶基板および支持部間の接合強度を高めることができる。

[0011] 好ましくは、支持部を準備する工程は、主面を形成する工程と、主面に起伏を形成する工程とを含む。これにより、主面の形成と起伏の形成とを独立して行うことができる。

[0012] 好ましくは、起伏を形成する工程は、主面を荒らすように主面を削る工程を含む。好ましくは、主面を削る工程は、直線的な一方向に沿って主面を削る工程を含む。

[0013] 好ましくは、起伏を形成する工程は、主面に所定の表面形状を付与する工程を含む。好ましくは、表面形状は、主面上において第1方向に沿って延びる複数の凹部を含む。好ましくは、表面形状は、主面上において第1方向に交差する第2方向に沿って延びる凹部を含む。好ましくは、表面形状は、主面上において円周方向に沿って延びる凹部を含む。

[0014] 支持部を準備する工程において主面上に、結晶構造の歪を有する表面層が形成されてもよい。好ましくは、支持部および少なくとも1つの単結晶基板を積み重ねる工程の前に、表面層の少なくとも一部が化学的に除去される。

[0015] 好ましくは、少なくとも1つの単結晶基板は、六方晶の結晶構造を有し、かつ $\{0001\}$ 面に対して 50° 以上 65° 以下のオフ角を有する。

[0016] 好ましくは、起伏はランダムな方向を有する。これにより起伏の異方性が小さくなる。

好ましくは、支持部を準備する工程は主面をスライスによって形成する工程を含み、スライスによって起伏が形成される。これにより、起伏の形成のためだけの独立した工程を行う必要がないので、炭化珪素基板の製造工程を簡略化することができる。

[0017] 好ましくは、少なくとも1つの単結晶基板の各々の前記裏面は、スライスによって形成された面である。

[0018] 好ましくは、加熱する工程は、 10^{-1}Pa よりも高く 10^4Pa よりも低い圧力を有する雰囲気中で行われる。

発明の効果

[0019] 以上の説明から明らかなように、本発明の炭化珪素基板の製造方法によれば、単結晶基板および支持部の間の接合強度を高めることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の実施の形態1における炭化珪素基板の構成を概略的に示す平面図である。

[図2]図1の線I I - I Iに沿う概略断面図である。

[図3]本発明の実施の形態1における炭化珪素基板の製造方法の第1工程を概略的に示す断面図である。

[図4]本発明の実施の形態1における炭化珪素基板の製造方法の第2工程を概略的に示す部分上面図である。

[図5]図5の線V - Vに沿う概略断面図である。

[図6]本発明の実施の形態1における炭化珪素基板の製造方法の第3工程を概略的に示す断面図である。

[図7]本発明の実施の形態1における炭化珪素基板の製造方法の第4工程を概略的に示す断面図である。

[図8]図8の一部拡大図である。

[図9]本発明の実施の形態1における炭化珪素基板の製造方法の第5工程における、昇華による物質の移動方向を概略的に示す部分断面図である。

[図10]図9に対応する工程における、昇華による空隙の移動方向を概略的に示す部分断面図である。

[図11]本発明の実施の形態1における炭化珪素基板の製造方法の第6工程における、昇華によるボイドの移動方向を概略的に示す部分断面図である。

[図12]比較例の炭化珪素基板の製造方法の一工程を概略的に示す断面図である。

[図13]本発明の実施の形態2における炭化珪素基板の構成を概略的に示す平面図である。

[図14]本発明の実施の形態2における炭化珪素基板の製造方法の一工程を概略的に示す平面図である。

[図15] 図14の線X V - X Vに沿う概略断面図である。

[図16] 本発明の実施の形態2における第1変形例の炭化珪素基板の製造方法の一工程を概略的に示す断面図である。

[図17] 本発明の実施の形態2における第2変形例の炭化珪素基板の製造方法の一工程を概略的に示す断面図である。

[図18] 本発明の実施の形態2における第3変形例の炭化珪素基板の製造方法の一工程を概略的に示す上面図である。

[図19] 本発明の実施の形態2における第4変形例の炭化珪素基板の製造方法の一工程を概略的に示す上面図である。

[図20] 本発明の実施の形態3における炭化珪素基板の製造方法の一工程を概略的に示す斜視図である。

[図21] 本発明の実施の形態5における半導体装置の構成を概略的に示す部分断面図である。

[図22] 本発明の実施の形態5における半導体装置の製造方法の概略的なフロー図である。

[図23] 本発明の実施の形態5における半導体装置の製造方法の第1工程を概略的に示す部分断面図である。

[図24] 本発明の実施の形態5における半導体装置の製造方法の第2工程を概略的に示す部分断面図である。

[図25] 本発明の実施の形態5における半導体装置の製造方法の第3工程を概略的に示す部分断面図である。

[図26] 本発明の実施の形態5における半導体装置の製造方法の第4工程を概略的に示す部分断面図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、図面に基づいて本発明の実施の形態を説明する。

(実施の形態1)

図1および図2を参照して、本実施の形態の炭化珪素基板81は、SiCから作られた基板である。炭化珪素基板81は、それを用いた半導体装置の

製造工程における取り扱いの便宜上、ある程度以上の厚さ（図2における縦方向の寸法）を有することが好ましく、たとえば $300\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。また炭化珪素基板の平面形状は、たとえば 60mm の辺を有する正方形である。炭化珪素基板81は、支持部30と、単結晶基板11~19とを有する。支持部30は、SiCから作られた層であり、この層は主面F0を有する。単結晶基板11~19は、SiCから作られており、図1に示すように、マトリックス状に配置されている。単結晶基板11~19の各々の裏面と、支持部30の主面F0とは、互いに接合されている。単結晶基板11は、互いに対向する表面F1および裏面B1を有し、単結晶基板12は、互いに対向する表面F2および裏面B2を有する。裏面B1およびB2の各々は、主面F0に接合されている。これら以外の単結晶基板13~19も、同様の構成を有する。

[0022] 単結晶基板11~19の各々は、好ましくは六方晶の結晶構造を有し、より好ましくは $\{0001\}$ 面に対して 50° 以上 65° 以下のオフ角を有し、さらに好ましくは面方位 $\{03-38\}$ を有する。ただし面方位として、 $\{0001\}$ 、 $\{11-20\}$ 、または $\{1-100\}$ も、好ましい面方位として用いることができる。また上記の各面方位から数度オフした面を用いることもできる。また六方晶における各種ポリタイプの中では、ポリタイプ4Hが特に好ましい。単結晶基板11~19の各々は、たとえば、 $20\times 20\text{mm}$ の平面形状と、 $300\mu\text{m}$ の厚さと、4Hのポリタイプと、 $\{03-38\}$ の面方位と、 $1\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ のn型不純物濃度と、 0.2cm^{-2} のマイクロパイプ密度と、 1cm^{-1} 未満の積層欠陥密度とを有する。

[0023] 支持部30は、単結晶、多結晶、およびアモルファスのいずれの結晶構造を有してもよいが、好ましくは、単結晶基板11~19と同様の結晶構造を有する。ただし一般に、支持部30の欠陥量は単結晶基板11~19の欠陥量に比して大きくてもよく、よって支持部30の不純物濃度は単結晶基板11~19の不純物濃度に比して容易に高められ得る。支持部30は、たとえば、 $60\times 60\text{mm}$ の平面形状と、 $300\mu\text{m}$ の厚さと、4Hのポリタイプ

と、 $\{03-38\}$ の面方位と、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ のn型不純物濃度と、 $1 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ のマイクロパイプ密度と、 $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ の積層欠陥密度とを有する。

[0024] 好ましくは単結晶基板11～19間の最短間隔（たとえば図2における単結晶基板11および12の間の横方向の間隔）は、5mm以下とされ、より好ましくは1mm以下とされ、さらに好ましくは100 μm 以下とされ、さらに好ましくは10 μm 以下とされる。

[0025] 次に炭化珪素基板81の製造方法について説明する。なお以下において、説明を簡略化するために単結晶基板11～19のうち単結晶基板11および12に関してのみ言及する場合があるが、単結晶基板13～19も単結晶基板11および12と同様に扱われる。

[0026] 図3を参照して、SiCから作られ、かつ主面F0を有する板30bが準備される。この準備は、たとえば、SiCからつくられた塊をスライスすることによってSiCの板を得ること、言い換えれば、この塊に主面F0を形成することによって行われる。板30bの結晶構造は、単結晶構造、多結晶構造、およびアモルファス構造のいずれであってもよい。また板30bの材料は、結晶成長によって形成されたもの、および焼結によって形成されたもののいずれであってもよい。板30bは、たとえば、60mm \times 60mm程度の正方形の主面F0と、300 μm の厚さとを有する。

[0027] 次に主面F0に起伏が形成される。この起伏は、所望の程度に主面F0を荒らすように主面F0を削る工程によって形成することができる。この工程は主面F0を研磨することによって行うことができる。この研磨は、砥粒を含むスラリーを含浸させたパッドと、主面F0とを互いに所定の圧力で押し付けつつ、パッドおよび主面F0を相対運動させることによって行うことができる。砥粒の粒径は、形成される起伏の程度に応じて定めることができ、たとえば9 μm である。また砥粒の材料は、SiCと同程度以上の硬さを有するものが好ましく、たとえばダイヤモンドである。また上記圧力は、たとえば0.1～0.2kg/cm²である。また上記の相対運動は、たとえば、

直線的な一方向に沿った約30cmに渡る1000回の往復運動である。

[0028] 主に図4および図5を参照して、上記の起伏の形成により、起伏が形成された主面F0を有する支持部30cが準備される。この起伏は、たとえば $R_a = 20 \mu m$ 程度の表面荒さに対応する。またこの起伏は凹部Riおよび凸部Rpを有する。凹部Riは主面F0において凸部Rpに比してより削られた部分である。凸部Rpと凹部Riとの間の高さの差異は、たとえば $5 \mu m$ である。

[0029] この起伏を形成する工程に起因して、主面F0上に、結晶構造の歪を有する表面層71が形成され得る。好ましくは、表面層71の少なくとも一部が化学的に除去されることで、図6に示すように、表面層71の量がより少なくされる。このための具体的方法としては、たとえば、エッチングによる方法、または、酸化膜の形成とその除去とによる方法がある。エッチングとしては具体的には、ウェットエッチング、ガスエッチング、またはRIE (Reactive Ion Etching)が行われ得る。

[0030] 図7および図8を参照して、単結晶基板11および12などの単結晶基板（総称して単結晶基板群10ともいう）と、加熱装置とが準備される。各単結晶基板の裏面は、スライスによって形成された面、すなわちスライスによって形成されその後に研磨されていない面であってもよく、この場合、この裏面上に適度な起伏が設けられる。加熱装置は、第1および第2の加熱体91、92と、断熱容器40と、ヒータ50と、ヒータ電源150とを有する。断熱容器40は、断熱性の高い材料から形成されている。ヒータ50は、たとえば電気抵抗ヒータである。第1および第2の加熱体91、92は、ヒータ50からの放射熱を吸収して得た熱を再放射することによって、支持部30cおよび単結晶基板群10を加熱する機能を有する。第1および第2の加熱体91、92は、たとえば、空隙率の小さいグラファイトから形成されている。

[0031] 次に、第1の加熱体91、単結晶基板群10、支持部30c、第2の加熱体92が、この順に積み重なるように配置される。具体的には、まず第1の

加熱体 91 上に、単結晶基板 11~19 (図 1) がマトリクス状に配置される。次に、単結晶基板群 10 の各々の裏面に支持部 30c の主面 F0 が接触するように、単結晶基板群 10 と支持部 30c とが積み重ねられる。次に支持部 30c 上に第 2 の加熱体 92 が載置される。次に、互いに積層された第 1 の加熱体 91 と単結晶基板群 10 と支持部 30c と第 2 の加熱体 92 とが、ヒータ 50 が設けられた断熱容器 40 内に収められる。

[0032] 次に断熱容器 40 内の雰囲気、大気雰囲気を減圧することにより得られた雰囲気とされる。雰囲気の圧力は、好ましくは、 10^{-1} Pa よりも高く 10^4 Pa よりも低くされる。

[0033] なお上記の雰囲気は不活性ガス雰囲気であってもよい。不活性ガスとしては、たとえば、He、Ar などの希ガス、窒素ガス、または希ガスと窒素ガスとの混合ガスを用いることができる。また断熱容器 40 内の圧力は、好ましくは 50 kPa 以下とされ、より好ましくは 10 kPa 以下とされる。

[0034] さらに図 9 を参照して、この時点では、支持部 30c は単結晶基板 11 および 12 の各々の上に載置されているだけであって、まだ接合はされていない。また裏面 B1 および B2 の各々と支持部 30c との間には、支持部 30c の主面 F0 に形成された起伏の存在によって、微小な空隙 GQ が設けられている。ヒータ 50 によって、第 1 および第 2 の加熱体 91、92 のそれぞれを介して、単結晶基板 11 および 12 を含む単結晶基板群 10 と、支持部 30c とが加熱される。この加熱は、支持部 30c の温度が SiC の昇華温度を超え、かつ、単結晶基板群 10 の各々の温度が支持部 30c の温度未満となるように行われる。すなわち、図 9 における上から下に向かって、温度が低下するような温度勾配が形成される。この温度勾配は、単結晶基板 11 および 12 の各々と、支持部 30c との間において、好ましくは $1^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 以上 $200^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 以下であり、より好ましくは $10^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 以上 $50^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ 以下とされる。このように厚さ方向 (図 9 における縦方向) に温度勾配が設けられると、単結晶基板 11 および 12 の各々と支持部 30c とが空隙 GQ によって分離されている領域において、支持部 30c の温度に比して、単

結晶基板 11 および 12 の温度が低くなる。この結果、空隙 GQ 内への SiC の昇華反応は単結晶基板 11 および 12 に比して支持部 30c から生じ易くなり、また空隙 GQ 内からの SiC 材料の供給による再結晶反応は支持部 30c 上に比して単結晶基板 11 および 12 上に生じ易くなる。この結果、空隙 GQ 中で、図中矢印 M2 に示すような、昇華による物質移動が生じる。

[0035] 図 9 の矢印 M2 に示す物質移動は、逆に言えば、空隙 GQ に存在する空間の、矢印 H2 (図 10) に示すような移動に対応する。この移動にともなって、支持部 30c と、単結晶基板 11 および 12 の各々との間が接合される。またこの移動にともなって支持部 30c は、最初に準備されたものから、単結晶基板 11 および 12 上に再成長することによって形成し直されたものへと置換されていく。この置換は、単結晶基板 11 および 12 に近い領域から徐々に進んでいく。

[0036] 支持部 30c は、上記の再成長によって、単結晶基板 11 および 12 の結晶構造に対応した結晶構造を有する部分を含む支持部 30 (図 11) へと変化する。また空隙 GQ (図 10) に対応する空間は、支持部 30 中のポイド VD (図 11) となる。さらに加熱が継続されると、ポイド VD は、矢印 H3 (図 11) に示すように主面 F0 から離れていく。これにより接合強度がさらに高められる。また支持部 30 のうち、単結晶基板 11 および 12 の結晶構造に対応する部分がより拡大していく。以上により炭化珪素基板 81 (図 2) が得られる。

[0037] 次に比較例 (図 12) の炭化珪素基板の製造方法について説明する。本比較例においては、上述した支持部 30c の代わりに、主面 F0 上に起伏が特に設けられていない支持部 30Z が準備される。よって支持部 30Z が単結晶基板 11 および 12 の各々の上に載せられた際には、本実施の形態と異なり、空隙 GQ (図 9) が実質的に設けられない。この結果、単結晶基板 11 および 12 の裏面 B1 および B2 の各々と、支持部 30Z の主面 F0 とが実質的に密着してしまうので、裏面 B1 および B2 の各々の温度を主面 F0 の温度に比して十分に低くすることが困難となる。よって主面 F0 から裏面 B

1 および B 2 の各々へと向かう物質移動（たとえば図 9 の矢印 M 2 に示すような物質移動）を発生させることが困難となる。このため、上記物質移動によってなされる支持部と単結晶基板との間の接合の強度が低下し得る。

[0038] これに対して本実施の形態によれば、支持部 30c（図 9）が起伏を有することによって支持部 30c と単結晶基板 11 および 12 の各々との間に空隙 GQ が設けられるので、両者の間により容易に温度差を設けることができる。よって単結晶基板 11 および 12 の温度を支持部 30c の温度に比して、より確実に低くすることができる。より具体的には、裏面 B 1 および B 2 の温度を主面 F 0 の温度に比して、より確実に低くすることができる。これにより、昇華・再結晶反応にともなう支持部 30c から単結晶基板 11 および 12 への物質移動（図 9：矢印 M 2）をより確実に発生させることができるので、単結晶基板 11 および 12 の各々と支持部 30c との間の接合強度を高めることができる。

[0039] また各単結晶基板の裏面がスライスによって形成された面である場合、この裏面上に適度な起伏が設けられ、このことによっても上記空隙 GQ と同様の空隙が設けられる。よって上述した作用効果を高めることができる。

[0040] また本実施の形態によれば、表面層 71（図 5）が化学的に除去される。この除去は化学的であることから、機械的な除去と異なり、裏面 B 1 および B 2 に新たな結晶構造の歪を生じさせることがない。よって表面層 71 の少なくとも一部をより確実に除去することができる。これにより、裏面 B 1 および B 2 の各々と主面 F 0 との間の接合強度を高めることができる。また炭化珪素基板 81（図 2）において、この表面層 71 の存在に起因した厚さ方向（図 2 における縦方向）の電気抵抗の増大を抑制することができる。

[0041] 好ましくは、単結晶基板 11～19 の各々の結晶構造はポリタイプ 4H 型を有する。これにより電力用半導体の製造に適した炭化珪素基板 81 が得られる。

[0042] 好ましくは、炭化珪素基板 81 の割れを防止するために、炭化珪素基板 81 における支持部 30 の熱膨張係数と、単結晶基板 11～19 の熱膨張係数

との差がなるべく小さくされる。これにより炭化珪素基板 81 の反りの発生を抑制することができる。このためには、たとえば、支持部 30 の結晶構造が単結晶基板 11 ~ 19 の結晶構造と同一とされればよく、具体的には、昇華および再結晶化による物質移動（図 9 : 矢印 M2）が十分に行われることで支持部 30 の結晶構造が単結晶基板 11 ~ 19 の結晶構造と同一とされる。

- [0043] 好ましくは、支持部 30 c（図 6）の電気抵抗率は $50 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 未満とされ、より好ましくは、 $10 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 未満とされる。
- [0044] 好ましくは、炭化珪素基板 81 における支持部 30 の不純物濃度は、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上とされ、より好ましくは $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以上とされる。このような炭化珪素基板 81 を用いて縦型 MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor) などのように縦方向に電流を流す縦型半導体装置を製造することにより、縦型半導体装置のオン抵抗を低減することができる。
- [0045] 好ましくは、炭化珪素基板 81 の電気抵抗率の平均値は、好ましくは $5 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下とされ、より好ましくは、 $1 \text{ m}\Omega \cdot \text{cm}$ 以下とされる。
- [0046] 好ましくは、表面 F1（図 2）は、 $\{0001\}$ 面に対して 50° 以上 65° 以下のオフ角を有する。これにより、表面 F1 が $\{0001\}$ 面である場合に比して、表面 F1 におけるチャネル移動度を高めることができる。より好ましくは、以下の第 1 または第 2 の条件が満たされる。
- [0047] 第 1 の条件下において、表面 F1 のオフ方位と単結晶基板 11 の $\langle 1-100 \rangle$ 方向とのなす角は 5° 以下である。さらに好ましくは、単結晶基板 11 の $\langle 1-100 \rangle$ 方向における $\{03-38\}$ 面に対する表面 F1 のオフ角は -3° 以上 5° 以下である。
- [0048] 第 2 の条件下において、表面 F1 のオフ方位と単結晶基板 11 の $\langle 11-20 \rangle$ 方向とのなす角は 5° 以下である。
- [0049] なお上記において、「 $\langle 1-100 \rangle$ 方向における $\{03-38\}$ 面に対する表面 F1 のオフ角」とは、 $\langle 1-100 \rangle$ 方向および $\langle 0001 \rangle$ 方向の

張る射影面への表面 F 1 の法線の正射影と、{0 3 - 3 8}面の法線とのなす角度であり、その符号は、上記正射影が<1 - 1 0 0>方向に対して平行に近づく場合が正であり、上記正射影が<0 0 0 1>方向に対して平行に近づく場合が負である。

[0050] また上記において単結晶基板 1 1 の表面 F 1 の好ましい方位について説明したが、好ましくは、他の単結晶基板 1 2 ~ 1 9 (図 1) の各々の表面の方位についても同様とされる。

[0051] また正方形の支持部 3 0 (図 1) を図示したが、支持部の形状は正方形に限定されるものではなく、たとえば円形状であってもよい。この場合、支持部の直径は 5 cm 以上であることが好ましく、15 cm 以上であることがより好ましい。

[0052] またヒータ 5 0 として電気抵抗ヒータを用いた抵抗加熱法を例示したが、他の加熱法を用いることもでき、たとえば、高周波誘導加熱法またはランプアニール法を用いることもできる。

[0053] なお本実施の形態においては起伏の形成のためにパッドおよび主面 F 0 の間で直線的な一方向に沿った相対運動が行われたが、この相対運動の方向はランダムな方向とされてもよい。これにより起伏の方向がランダムなものとなるので、異方性の小さい起伏を形成することができる。

[0054] (実施の形態 2)

図 1 3 を参照して、本実施の形態の炭化珪素基板 8 1 r は、炭化珪素基板 8 1 (図 1 : 実施の形態 1) と同様に、SiC から作られた基板である。また炭化珪素基板の平面形状は、たとえば直径 10 cm を有する円形である。炭化珪素基板 8 1 r は、支持部 3 0 (図 1 : 実施の形態 1) とほぼ同様の支持部 3 1 を有する。なお、上記以外の構成については、上述した実施の形態 1 の構成とほぼ同じであるため、同一または対応する要素について同一の符号を付し、その説明を繰り返さない。

[0055] 次に炭化珪素基板 8 1 r の製造方法について説明する。まず、板 3 0 b (図 3 : 実施の形態 1) とほぼ同様の板が準備される。

- [0056] 図14および図15を参照して、上記板の主面に起伏が形成されることで、主面F0上に起伏を有する支持部31aが形成される。この起伏の形成は、主面F0に所定の表面形状を付与するように行われる。つまりこの起伏の形成は、予め設計されたパターンに対応した表面形状を付与するように行われる。この目的で、たとえば、フォトリソグラフィ法、プレス加工法、レーザ加工法、超音波加工法などによる表面形状の付与が行われる。フォトリソグラフィ法が用いられる場合、フォトマスクを用いたエッチングが行われ、またこのエッチングはウェットエッチングおよびドライエッチングのいずれであってもよい。
- [0057] また支持部31aは、主面F0上における第1の方向（図14における縦方向）に沿って延びる複数の凹部R_i（図15）と、同方向に沿って延びる複数の凸部R_p（図15）とを有し、また第1の方向に直交する方向（図14および図15における横方向）において周期P₁で周期構造を有する。またこの凹部R_iおよび凸部R_pによる表面形状の断面は、図15に示すように三角波状である。ただし表面形状の断面は三角波状に限定されるものではなく、たとえば、鋸波状（図16）の断面を有する支持部31b、または正弦波状（図17）の断面を有する支持部31cが用いられてもよい。
- [0058] 続いて実施の形態1と同様の工程が行われることによって、炭化珪素基板81r（図13）が得られる。
- [0059] 本実施の形態によっても実施の形態1とほぼ同様の効果が得られる。また支持部31a～31cには所定の表面形状が付与されるので、実施の形態1のようにランダムな表面形状が付与され得る場合に比して、より制御された空隙GQ（図9）を設けることができる。よって上記効果をより確実に得ることができる。
- [0060] 図18を参照して、本実施の形態の一変形例について説明する。本変形例において準備される支持部31dは、主面上における第1の方向（図18における縦方向）に延びる複数の凹部R_i（図15）に加えて、第2の方向（図18における横方向）に延びる複数の凹部を有する。なお支持部31dの

表面形状が有する周期構造に関して、第1の方向に直交する方向における周期 P_1 と、第2の方向に直交する方向における周期 P_2 とは必ずしも同一である必要はない。また好ましくは、第1および第2の方向は互いに直交する。

[0061] 本変形例によれば、空隙 GQ （図9）が、第1の方向に直交する方向（周期 P_1 の方向）においてだけでなく、第2の方向に直交する方向（周期 P_2 の方向）においても繰り返し形成される。よって支持部 $31d$ 上に空隙 GQ をより均一に分布させることができるので、本発明の効果をより高めることができる。

[0062] 図19を参照して、本実施の形態の他の変形例について説明する。本変形例において準備される支持部 $31e$ は、同心円状の配置で、複数の凹部 R_i および複数の凸部 R_p を有する。つまり支持部 $31d$ の表面形状は、円周方向に沿って延びる複数の凹部 R_i を有する。なお支持部 $31e$ は、径方向に関して周期 P_3 の周期構造を有してもよい。

[0063] 本変形例によれば、特定の直線方向に沿った表面形状が形成されないので、この特定の直線方向に対応した異方性が炭化珪素基板に付与されてしまうことを避けることができる。

[0064] （実施の形態3）

図20を参照して、本実施の形態における炭化珪素基板の製造方法においては、 SiC から作られた塊 $30a$ が準備される。塊 $30a$ は、たとえば、 SiC 単結晶のインゴットである。次に、図中破線で示すように、塊 $30a$ がスライスされる。このスライスは、たとえばワイヤーソーによる切断によって行われる。このスライスによって、支持部 $30c$ （図5：実施の形態1）が直接形成される。すなわち、本実施の形態においては、主面 F_0 上に起伏を形成する工程が行われる代わりに、最初から起伏を有する主面 F_0 が形成される。スライスによって形成される主面 F_0 の表面荒さ R_a は、好ましくは $10\mu m$ 以下であり、より好ましくは $1\mu m$ 以下である。なおこれ以降の工程は実施の形態1または2とほぼ同様であるため、その説明を省略する

。

[0065] 本実施の形態によれば、主面F0（図5）の形成にともなって、主面F0上に起伏が形成される。よって起伏の形成のためだけの独立した工程を行う必要がないので、炭化珪素基板81（図2）の製造工程を簡略化することができる。

[0066] （実施の形態4）

本実施の形態においては、支持部30c（図6：実施の形態1）に対応する構造が、SiC粉体を押し固めることによって形成される。この場合、支持部30cの主面F0には粉体の粒径に対応した大きさのランダムな起伏が形成される。また起伏の方向はランダムなものとなる。粉体は、たとえば、その粒径が10 μ m～50 μ mの範囲におおよそ分布するように準備される。なお、支持部30cの準備以降の工程は実施の形態1または2とほぼ同様であるため、その説明を省略する。

[0067] 本実施の形態によれば、SiC粉体を押し固めるという極めて簡易な方法によって支持部30cを準備することができる。よって炭化珪素基板81（図2）の製造工程を大幅に簡略化することができる。

[0068] （実施の形態5）

図21を参照して、本実施の形態の半導体装置100は、縦型DiMOSFET(Double Implanted Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor)であって、炭化珪素基板81、バッファ層121、耐圧保持層122、p領域123、n⁺領域124、p⁺領域125、酸化膜126、ソース電極111、上部ソース電極127、ゲート電極110、およびドレイン電極112を有する。

[0069] 炭化珪素基板81は、本実施の形態においてはn型の導電性を有し、また実施の形態1で説明したように、支持部30および単結晶基板11を有する。ドレイン電極112は、単結晶基板11との間に支持部30を挟むように、支持部30上に設けられている。バッファ層121は、支持部30との間に単結晶基板11を挟むように、単結晶基板11上に設けられている。

- [0070] バッファ層 121 は、導電型が n 型であり、その厚さはたとえば $0.5 \mu\text{m}$ である。またバッファ層 121 における n 型の導電性不純物の濃度は、たとえば $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ である。
- [0071] 耐圧保持層 122 は、バッファ層 121 上に形成されており、また導電型が n 型の炭化ケイ素からなる。たとえば、耐圧保持層 122 の厚さは $10 \mu\text{m}$ であり、その n 型の導電性不純物の濃度は $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ である。
- [0072] この耐圧保持層 122 の表面には、導電型が p 型である複数の p 領域 123 が互いに間隔を隔てて形成されている。p 領域 123 の内部において、p 領域 123 の表面層に n⁺領域 124 が形成されている。また、この n⁺領域 124 に隣接する位置には、p⁺領域 125 が形成されている。一方の p 領域 123 における n⁺領域 124 上から、p 領域 123、2 つの p 領域 123 の間において露出する耐圧保持層 122、他方の p 領域 123 および当該他方の p 領域 123 における n⁺領域 124 上にまで延在するように、酸化膜 126 が形成されている。酸化膜 126 上にはゲート電極 110 が形成されている。また、n⁺領域 124 および p⁺領域 125 上にはソース電極 111 が形成されている。このソース電極 111 上には上部ソース電極 127 が形成されている。
- [0073] 酸化膜 126 と、半導体層としての n⁺領域 124、p⁺領域 125、p 領域 123 および耐圧保持層 122 との界面から 10nm 以内の領域における窒素原子濃度の最大値は $1 \times 10^{21} \text{cm}^{-3}$ 以上となっている。これにより、特に酸化膜 126 下のチャネル領域（酸化膜 126 に接する部分であって、n⁺領域 124 と耐圧保持層 122 との間の p 領域 123 の部分）の移動度を向上させることができる。
- [0074] 次に半導体装置 100 の製造方法について説明する。なお図 23～図 26 においては単結晶基板 11～19（図 1）のうち単結晶基板 11 の近傍における工程のみを示すが、単結晶基板 12～19 の各々の近傍においても、同様の工程が行なわれる。
- [0075] まず基板準備工程（ステップ S110：図 22）にて、炭化珪素基板 81

(図1および図2)が準備される。炭化珪素基板81の導電型はn型とされる。

[0076] 図23を参照して、エピタキシャル層形成工程(ステップS120:図22)により、バッファ層121および耐圧保持層122が、以下のように形成される。

[0077] まず炭化珪素基板81の単結晶基板11上にバッファ層121が形成される。バッファ層121は、導電型がn型の炭化ケイ素からなり、たとえば厚さ0.5 μm のエピタキシャル層である。またバッファ層121における導電型不純物の濃度は、たとえば $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ とされる。

[0078] 次にバッファ層121上に耐圧保持層122が形成される。具体的には、導電型がn型の炭化ケイ素からなる層が、エピタキシャル成長法によって形成される。耐圧保持層122の厚さは、たとえば10 μm とされる。また耐圧保持層122におけるn型の導電性不純物の濃度は、たとえば $5 \times 10^{15} \text{cm}^{-3}$ である。

[0079] 図24を参照して、注入工程(ステップS130:図22)により、p領域123と、n⁺領域124と、p⁺領域125とが、以下のように形成される。

[0080] まず導電型がp型の不純物が耐圧保持層122の一部に選択的に注入されることで、p領域123が形成される。次に、n型の導電性不純物を所定の領域に選択的に注入することによってn⁺領域124が形成され、また導電型がp型の導電性不純物を所定の領域に選択的に注入することによってp⁺領域125が形成される。なお不純物の選択的な注入は、たとえば酸化膜からなるマスクを用いて行われる。

[0081] このような注入工程の後、活性化アニール処理が行われる。たとえば、アルゴン雰囲気中、加熱温度1700 $^{\circ}\text{C}$ で30分間のアニールが行われる。

[0082] 図25を参照して、ゲート絶縁膜形成工程(ステップS140:図22)が行われる。具体的には、耐圧保持層122と、p領域123と、n⁺領域124と、p⁺領域125との上を覆うように、酸化膜126が形成される。こ

の形成はドライ酸化（熱酸化）により行われてもよい。ドライ酸化の条件は、たとえば、加熱温度が1200℃であり、また加熱時間が30分である。

[0083] その後、窒素アニール工程（ステップS150）が行われる。具体的には、一酸化窒素（NO）雰囲気中でのアニール処理が行われる。この処理の条件は、たとえば加熱温度が1100℃であり、加熱時間が120分である。この結果、耐圧保持層122、p領域123、n⁺領域124、およびp⁺領域125の各々と、酸化膜126との界面近傍に、窒素原子が導入される。

[0084] なおこの一酸化窒素を用いたアニール工程の後、さらに不活性ガスであるアルゴン（Ar）ガスを用いたアニール処理が行われてもよい。この処理の条件は、たとえば、加熱温度が1100℃であり、加熱時間が60分である。

[0085] 図26を参照して、電極形成工程（ステップS160：図22）により、ソース電極111およびドレイン電極112が、以下のように形成される。

[0086] まず酸化膜126上に、フォトリソグラフィ法を用いて、パターンを有するレジスト膜が形成される。このレジスト膜をマスクとして用いて、酸化膜126のうちn⁺領域124およびp⁺領域125上に位置する部分がエッチングにより除去される。これにより酸化膜126に開口部が形成される。次に、この開口部においてn⁺領域124およびp⁺領域125の各々と接触するように導電体膜が形成される。次にレジスト膜を除去することにより、上記導電体膜のうちレジスト膜上に位置していた部分の除去（リフトオフ）が行われる。この導電体膜は、金属膜であってもよく、たとえばニッケル（Ni）からなる。このリフトオフの結果、ソース電極111が形成される。

[0087] なお、ここでアロイ化のための熱処理が行なわれることが好ましい。たとえば、不活性ガスであるアルゴン（Ar）ガスの雰囲気中、加熱温度950℃で2分の熱処理が行なわれる。

[0088] 再び図21を参照して、ソース電極111上に上部ソース電極127が形成される。また、炭化珪素基板81の裏面上にドレイン電極112が形成される。また酸化膜126上にゲート電極110が形成される。以上により、

半導体装置 100 が得られる。

[0089] なお本実施の形態における導電型が入れ替えられた構成、すなわち p 型と n 型とが入れ替えられた構成を用いることもできる。

[0090] また半導体装置 100 を作製するための炭化珪素基板は、実施の形態 1 の炭化珪素基板 81 に限定されるものではなく、たとえば、他の実施の形態のいずれかによる炭化珪素基板が用いられてもよい。

[0091] また縦型 DiMOSFET を例示したが、本発明の半導体基板を用いて他の半導体装置が製造されてもよく、たとえば RESURF-JFET (Reduced Surface Field-Junction Field Effect Transistor) またはショットキーダイオードが製造されてもよい。

[0092] (付記 1)

本発明の炭化珪素基板は、以下の製造方法で作製されたものである。

[0093] 各々が裏面を有しかつ炭化珪素から作られた少なくとも 1 つの単結晶基板が準備される。主面を有しかつ炭化珪素から作られた支持部が準備される。支持部は主面の少なくとも一部に起伏を有する。少なくとも 1 つの単結晶基板の各々の裏面と、支持部の起伏が形成された主面とが互いに接触するように、支持部および少なくとも 1 つの単結晶基板が積み重ねられる。少なくとも 1 つの単結晶基板の各々の裏面を支持部に接合するために、支持部の温度が炭化珪素の昇華温度を超えかつ少なくとも 1 つの単結晶基板の各々の温度が支持部の温度未満となるように、支持部および少なくとも 1 つの単結晶基板が加熱される。

[0094] (付記 2)

本発明の半導体装置は、以下の製造方法で作製された半導体基板を用いて作製されたものである。

[0095] 各々が裏面を有しかつ炭化珪素から作られた少なくとも 1 つの単結晶基板が準備される。主面を有しかつ炭化珪素から作られた支持部が準備される。支持部は主面の少なくとも一部に起伏を有する。少なくとも 1 つの単結晶基板の各々の裏面と、支持部の起伏が形成された主面とが互いに接触するよう

に、支持部および少なくとも1つの単結晶基板が積み重ねられる。少なくとも1つの単結晶基板の各々の裏面を支持部に接合するために、支持部の温度が炭化珪素の昇華温度を超えかつ少なくとも1つの単結晶基板の各々の温度が支持部の温度未満となるように、支持部および少なくとも1つの単結晶基板が加熱される。

[0096] 今回開示された実施の形態はすべての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味、および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0097] 11～19 単結晶基板、30, 30c, 31, 31a～31e 支持部、81, 81r 炭化珪素基板、91 第1の加熱体、92 第2の加熱体、100 半導体装置。

請求の範囲

- [請求項1] 各々が裏面（B1）を有しかつ炭化珪素から作られた少なくとも1つの単結晶基板（11）を準備する工程と、
- 主面（F0）を有しかつ炭化珪素から作られた支持部（30c）を準備する工程とを備え、前記支持部は前記主面の少なくとも一部に起伏を有し、さらに
- 前記少なくとも1つの単結晶基板の各々の前記裏面と、前記支持部の前記起伏が形成された前記主面とが互いに接触するように、前記支持部および前記少なくとも1つの単結晶基板を積み重ねる工程と、
- 前記少なくとも1つの単結晶基板の各々の前記裏面を前記支持部に接合するために、前記支持部の温度が炭化珪素の昇華温度を超えかつ前記少なくとも1つの単結晶基板の各々の温度が前記支持部の温度未満となるように、前記支持部および前記少なくとも1つの単結晶基板を加熱する工程とを備える、炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項2] 前記支持部を準備する工程は、前記主面を形成する工程と、前記主面に前記起伏を形成する工程とを含む、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項3] 前記起伏を形成する工程は、前記主面を荒らすように前記主面を削る工程を含む、請求の範囲第2項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項4] 前記主面を削る工程は、直線的な一方向に沿って前記主面を削る工程を含む、請求の範囲第3項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項5] 前記起伏を形成する工程は、前記主面に所定の表面形状を付与する工程を含む、請求の範囲第2項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項6] 前記表面形状は、前記主面上において第1方向に沿って延びる複数の凹部を含む、請求の範囲第5項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項7] 前記表面形状は、前記主面上において前記第1方向に交差する第2方向に沿って延びる凹部を含む、請求の範囲第6項に記載の炭化

珪素基板の製造方法。

- [請求項8] 前記表面形状は、前記主面上において円周方向に沿って延びる凹部を含む、請求の範囲第5項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項9] 前記支持部を準備する工程において前記主面上に、結晶構造の歪を有する表面層が形成され、さらに
前記支持部および前記少なくとも1つの単結晶基板を積み重ねる工程の前に、前記表面層の少なくとも一部を化学的に除去する工程を備える、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項10] 前記少なくとも1つの単結晶基板は、六方晶の結晶構造を有し、かつ{0001}面に対して 50° 以上 65° 以下のオフ角を有する、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項11] 前記起伏はランダムな方向を有する、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項12] 前記支持部を準備する工程は前記主面をスライスによって形成する工程を含み、前記スライスによって前記起伏が形成される、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項13] 前記少なくとも1つの単結晶基板の各々の前記裏面は、スライスによって形成された面である、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項14] 前記加熱する工程は、 10^{-1} Paよりも高く 10^4 Paよりも低い圧力を有する雰囲気中で行われる、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。

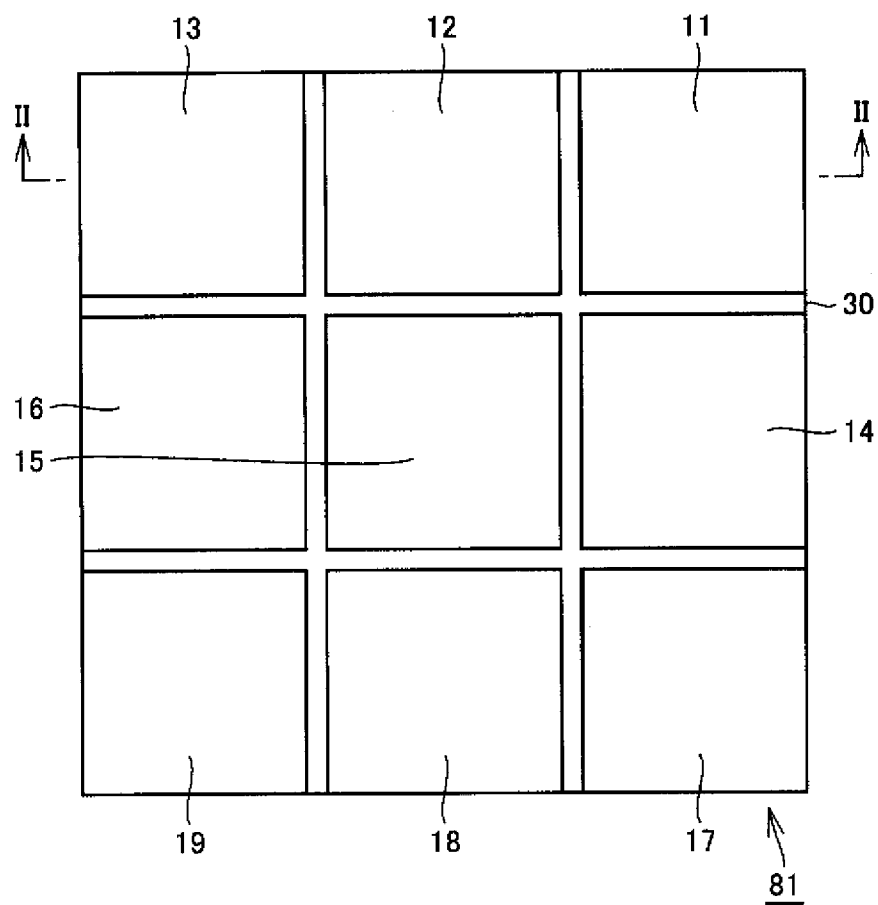
補正された請求の範囲
[2011年3月17日(17.03.2011)国際事務局受理]

- [請求項1] (補正後) 各々が裏面 (B 1) を有しかつ炭化珪素から作られた複数の単結晶基板 (1 1) を準備する工程と、
主面 (F 0) を有しかつ炭化珪素から作られた支持部 (3 0 c) を準備する工程とを備え、前記支持部は前記主面の少なくとも一部に起伏を有し、さらに
前記複数の単結晶基板の各々の前記裏面と、前記支持部の前記起伏が形成された前記主面とが互いに接触するように、前記支持部および前記複数の単結晶基板を積み重ねる工程と、
前記複数の単結晶基板の各々の前記裏面を前記支持部に接合するために、前記支持部の温度が炭化珪素の昇華温度を超えかつ前記複数の単結晶基板の各々の温度が前記支持部の温度未満となるように、前記支持部および前記複数の単結晶基板を加熱する工程とを備える、炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項2] 前記支持部を準備する工程は、前記主面を形成する工程と、前記主面に前記起伏を形成する工程とを含む、請求の範囲第 1 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項3] 前記起伏を形成する工程は、前記主面を荒らすように前記主面を削る工程を含む、請求の範囲第 2 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項4] 前記主面を削る工程は、直線的な一方向に沿って前記主面を削る工程を含む、請求の範囲第 3 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項5] 前記起伏を形成する工程は、前記主面に所定の表面形状を付与する工程を含む、請求の範囲第 2 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項6] 前記表面形状は、前記主面上において第 1 の方向に沿って延びる複数の凹部を含む、請求の範囲第 5 項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
。
- [請求項7] 前記表面形状は、前記主面上において前記第 1 の方向に交差する第 2 の方向に沿って延びる凹部を含む、請求の範囲第 6 項に記載の炭化

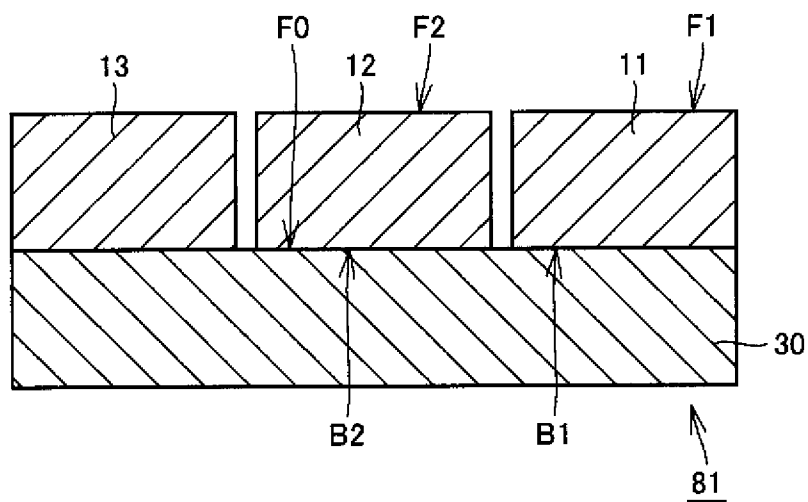
珪素基板の製造方法。

- [請求項8] 前記表面形状は、前記主面上において円周方向に沿って延びる凹部を含む、請求の範囲第5項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項9] (補正後) 前記支持部を準備する工程において前記主面上に、結晶構造の歪を有する表面層が形成され、さらに
前記支持部および前記複数の単結晶基板を積み重ねる工程の前に、前記表面層の少なくとも一部を化学的に除去する工程を備える、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項10] (補正後) 前記複数の単結晶基板は、六方晶の結晶構造を有し、かつ{0001}面に対して 50° 以上 65° 以下のオフ角を有する、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項11] 前記起伏はランダムな方向を有する、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項12] 前記支持部を準備する工程は前記主面をスライスによって形成する工程を含み、前記スライスによって前記起伏が形成される、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項13] (補正後) 前記複数の単結晶基板の各々の前記裏面は、スライスによって形成された面である、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。
- [請求項14] 前記加熱する工程は、 10^{-1}Pa よりも高く 10^4Pa よりも低い圧力を有する雰囲気中で行われる、請求の範囲第1項に記載の炭化珪素基板の製造方法。

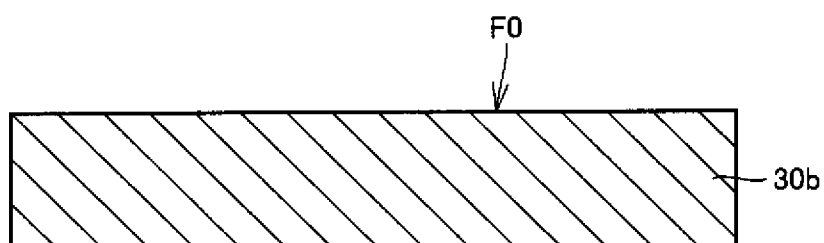
[図1]



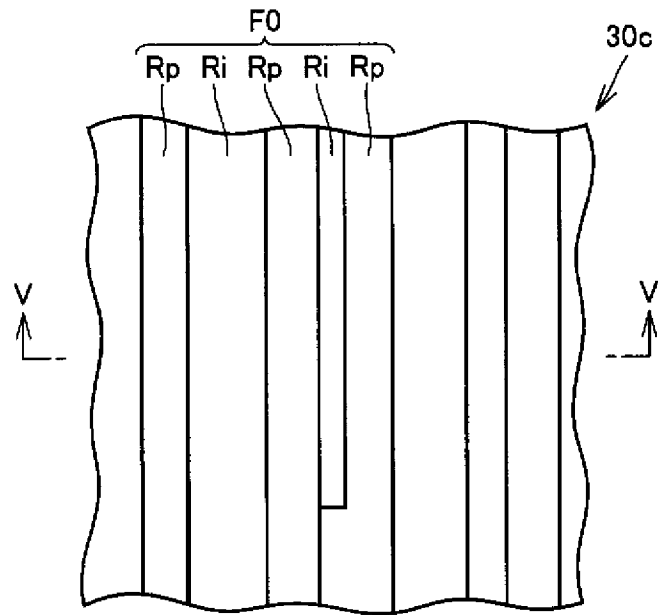
[図2]



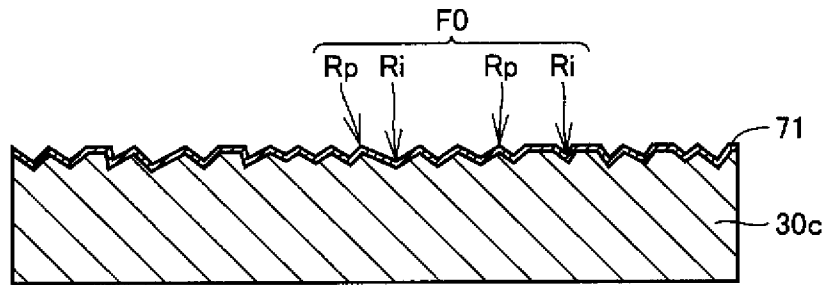
[図3]



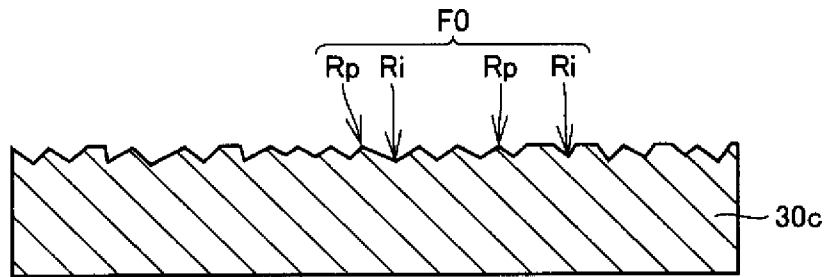
[圖4]



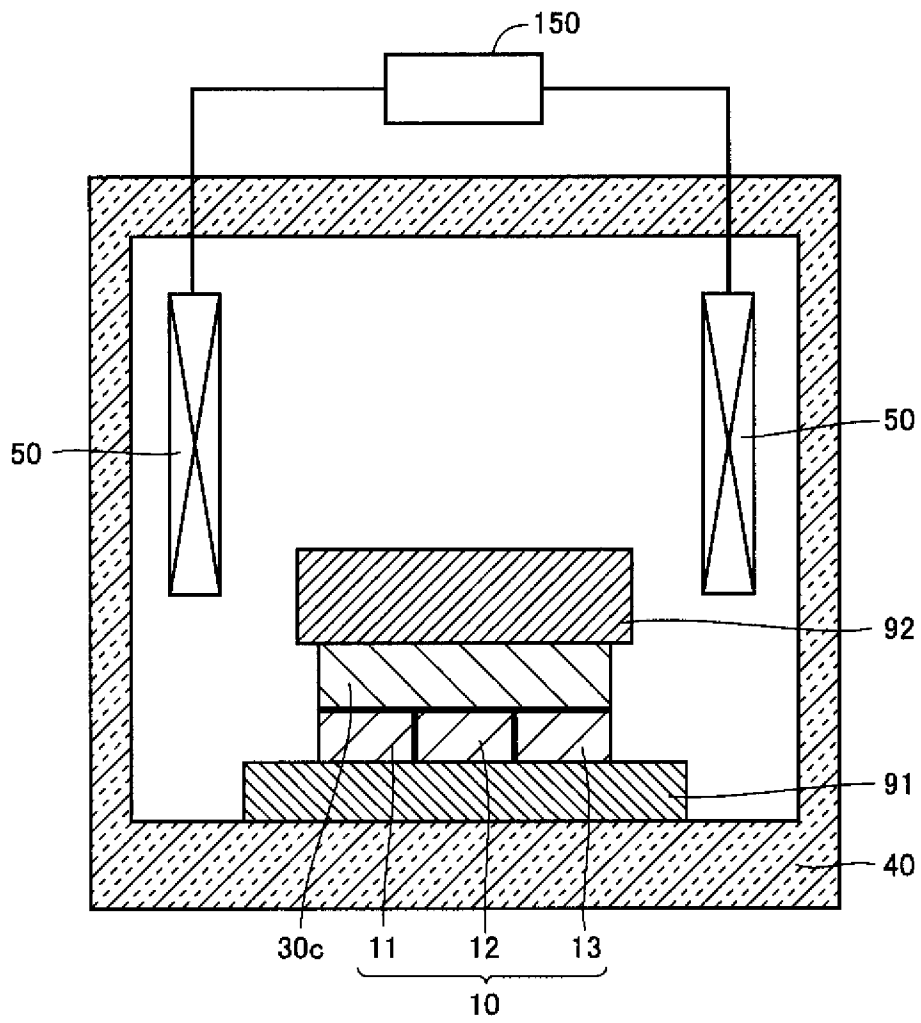
[圖5]



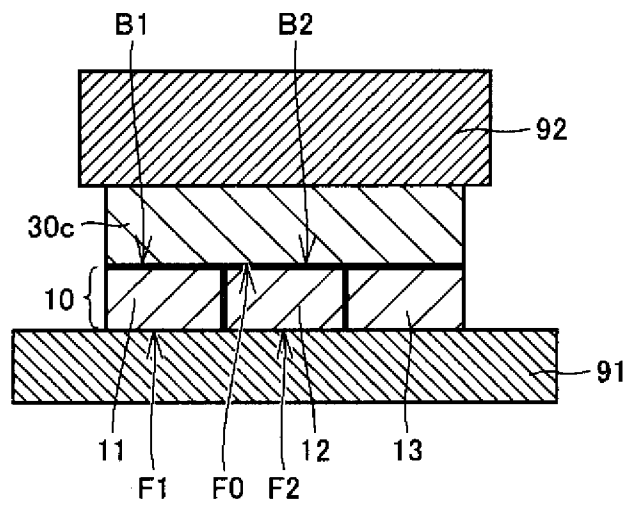
[圖6]



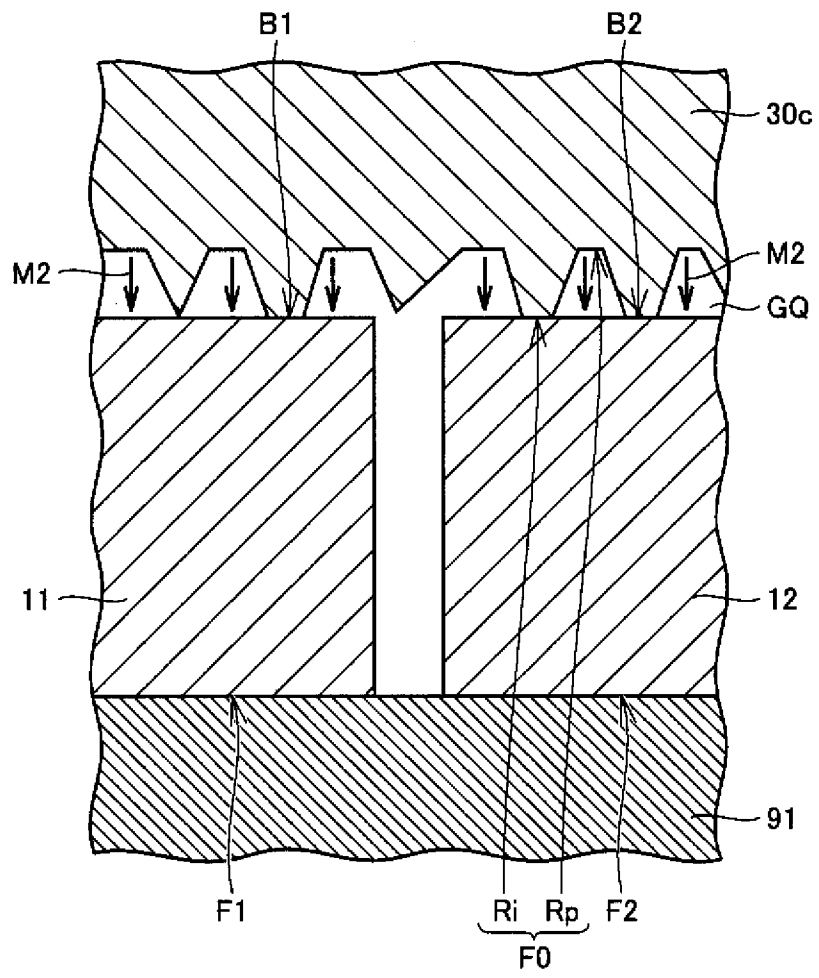
[图7]



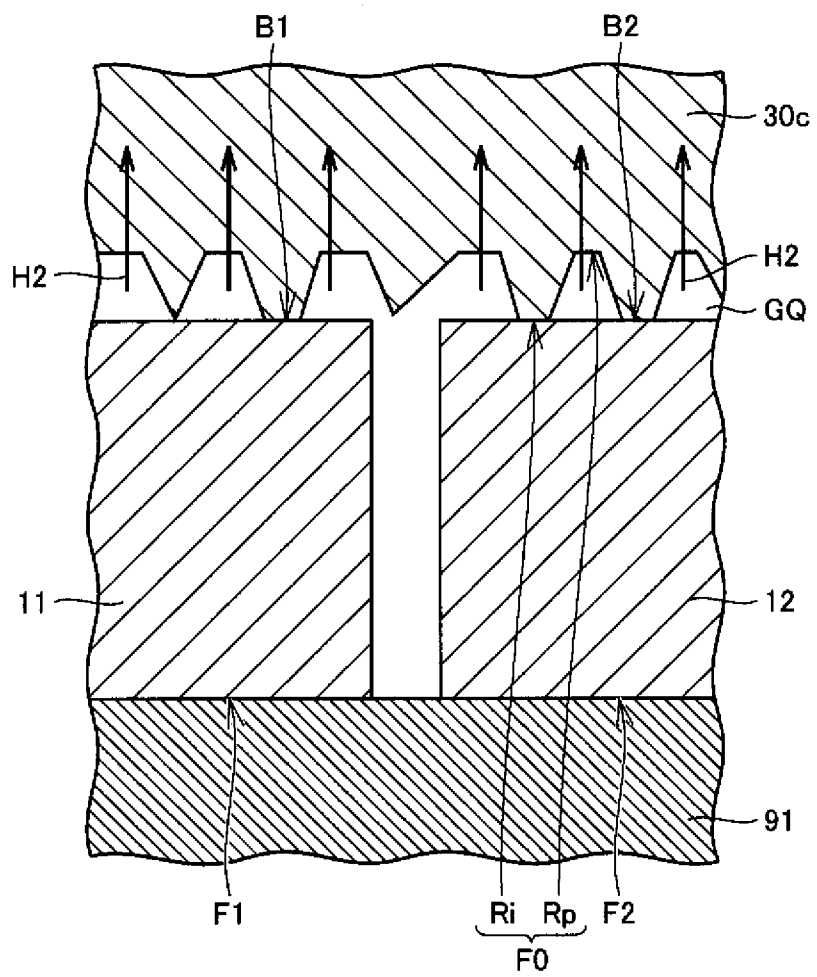
[图8]



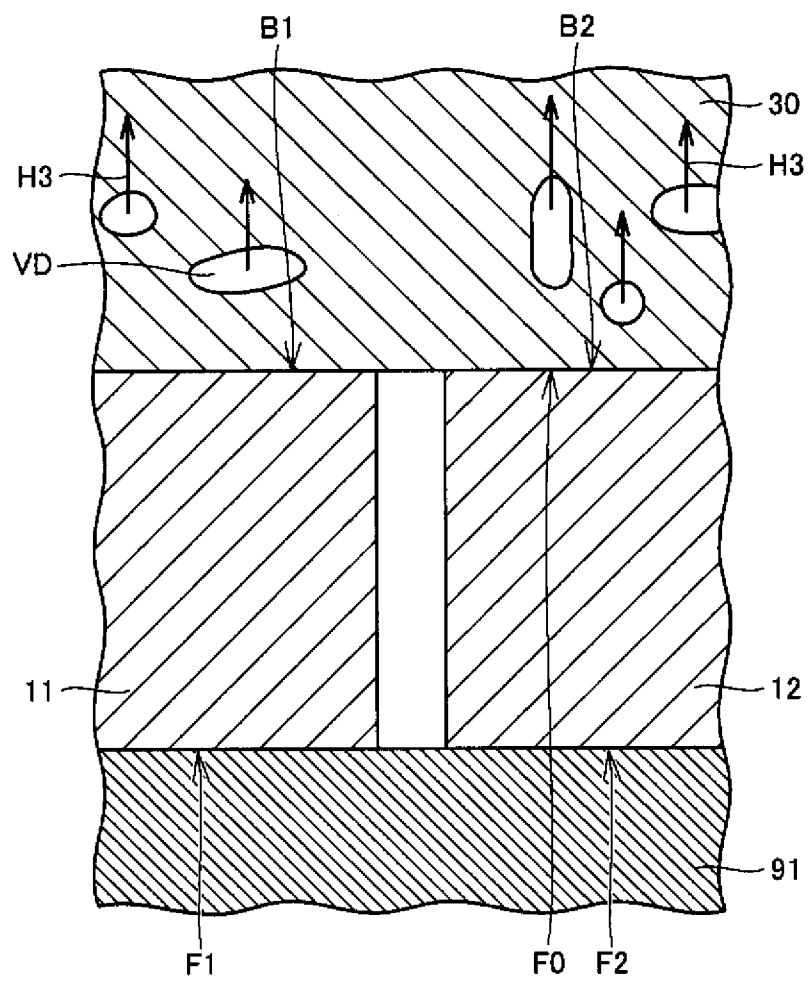
[図9]



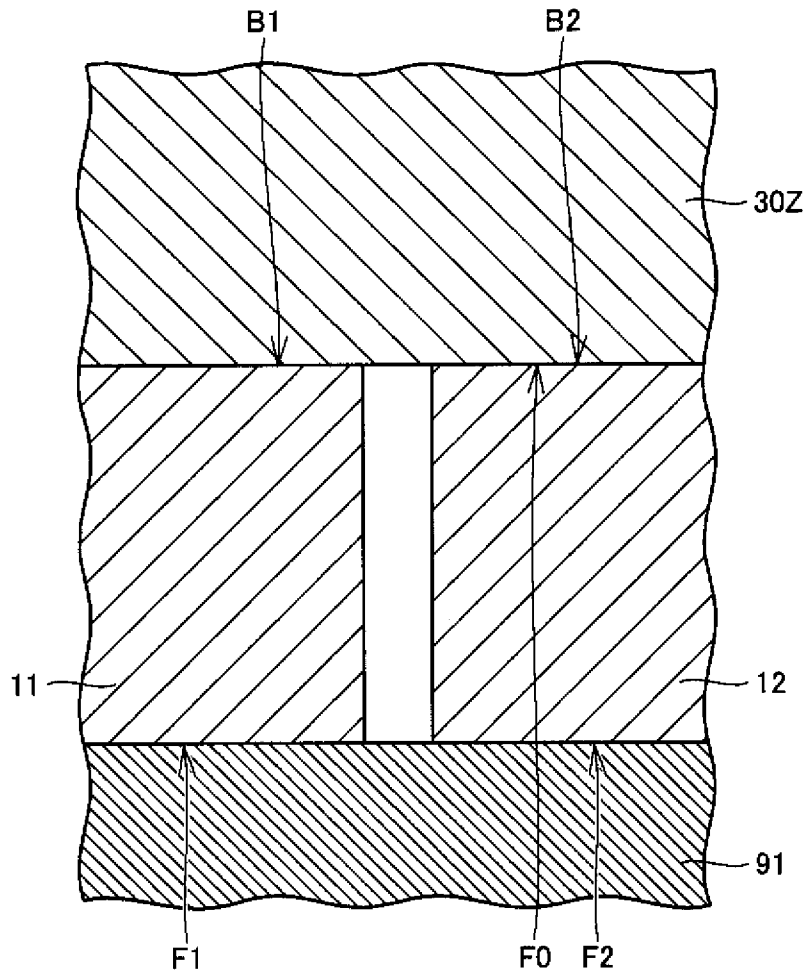
[図10]



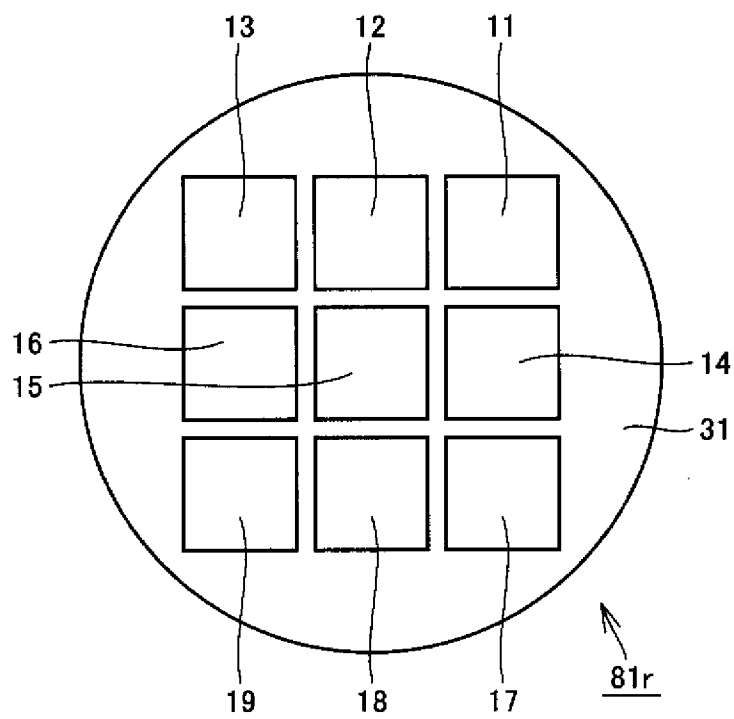
[図11]



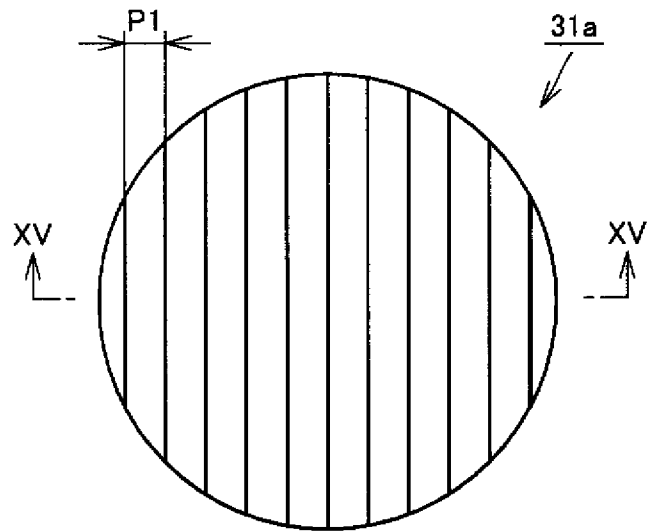
[図12]



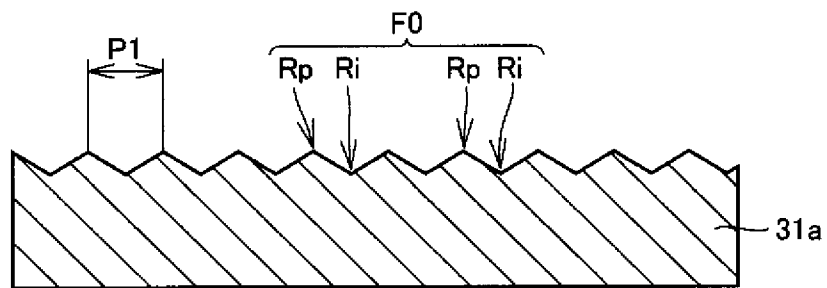
[図13]



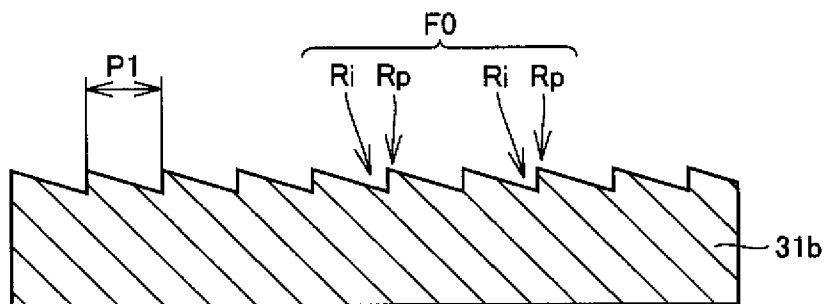
[図14]



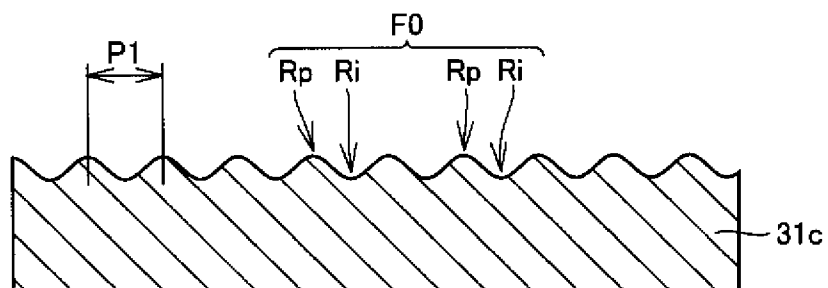
[図15]



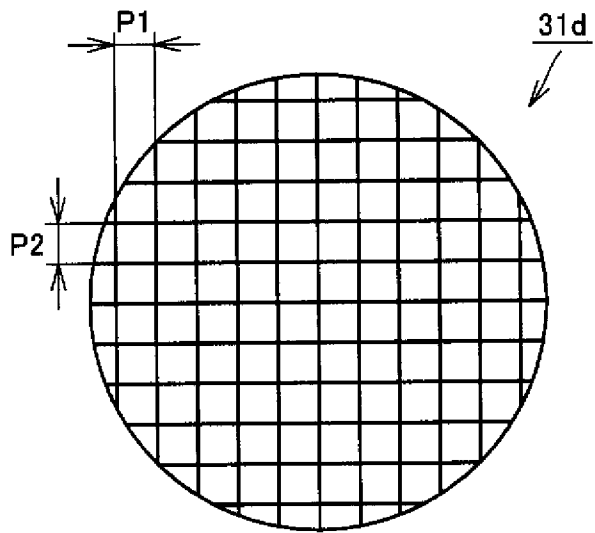
[図16]



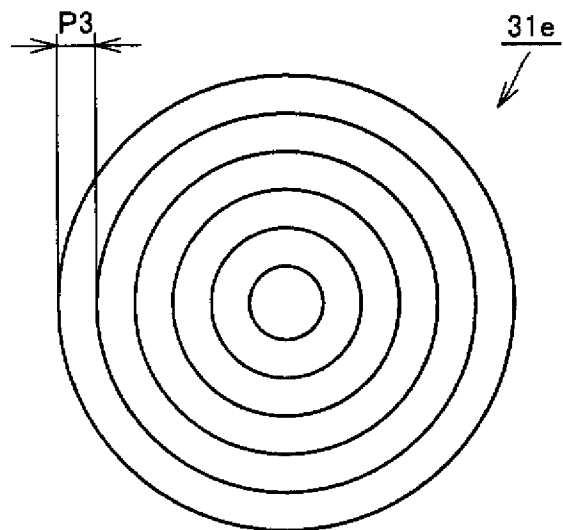
[図17]



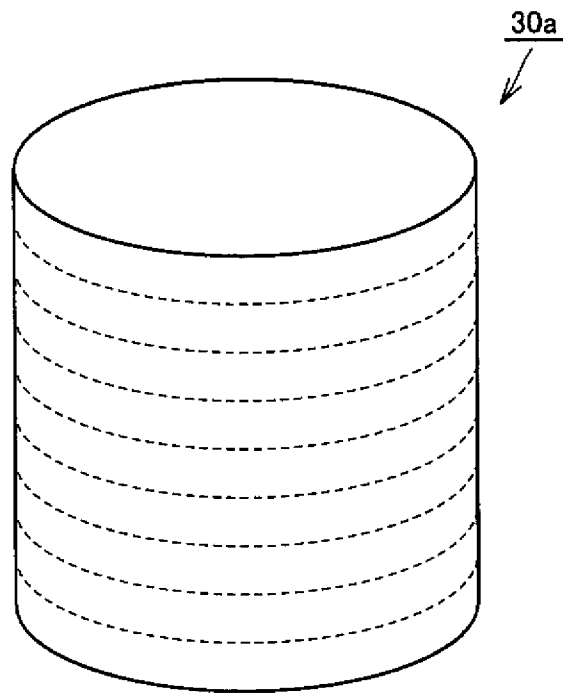
[圖18]



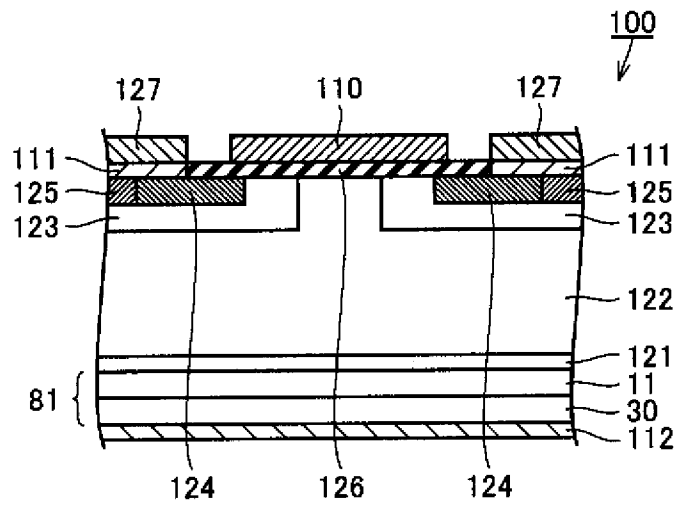
[圖19]



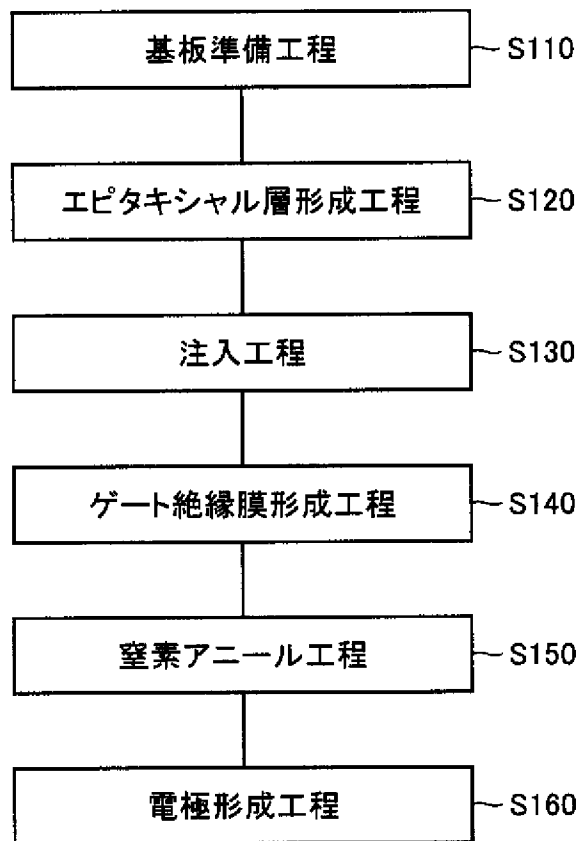
[図20]



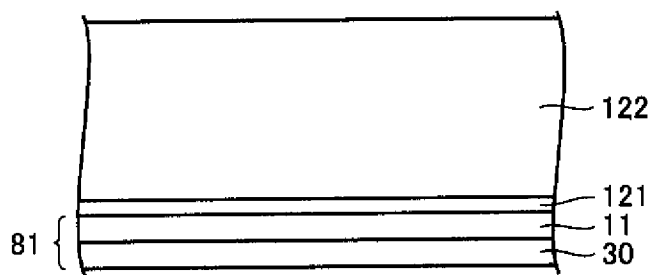
[図21]



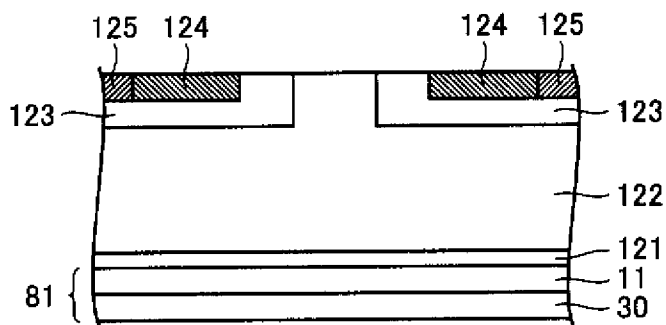
[図22]



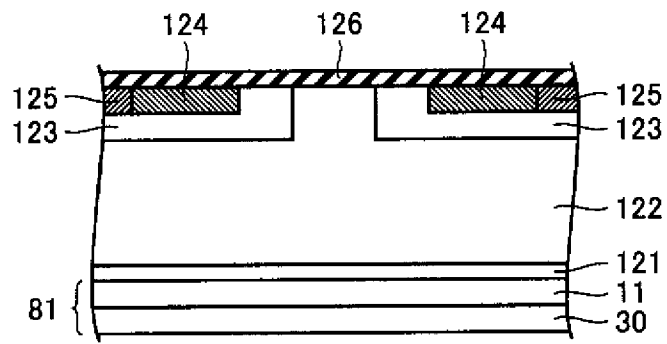
[図23]



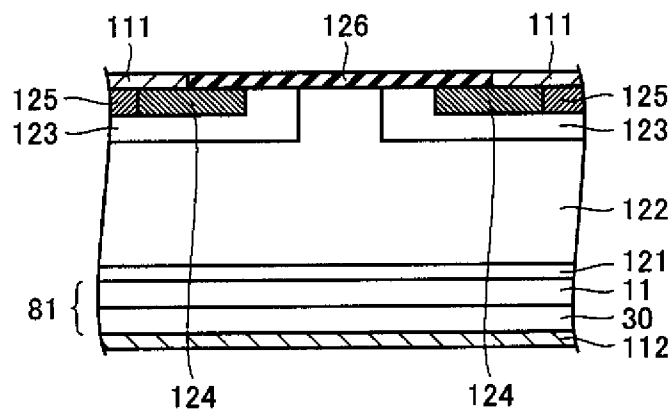
[図24]



[図25]



[図26]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/066829

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

C30B29/36(2006.01) i, C30B33/06(2006.01) i, H01L21/203(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)

C30B1/00-35/00, H01L21/203

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	1996-2010
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2010	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2010

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 2004-091228 A (Fuji Electric Holdings Co., Ltd.),	1-3, 5, 10, 11, 14
Y	25 March 2004 (25.03.2004), examples (Family: none)	4, 6-9, 12, 13
Y	JP 2007-299877 A (Meijo University), 15 November 2007 (15.11.2007), carrying-out mode; fig. 2 (Family: none)	4, 6-8
Y	JP 2008-290898 A (Nippon Steel Corp.), 04 December 2008 (04.12.2008), examples & US 2010/0080956 A	9, 12, 13

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
18 November, 2010 (18.11.10)

Date of mailing of the international search report
30 November, 2010 (30.11.10)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2010/066829

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 10-081599 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 31 March 1998 (31.03.1998), entire text (Family: none)	1-14

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, C30B33/06(2006.01)i, H01L21/203(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. C30B1/00-35/00, H01L21/203

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 1971-2010年
 日本国実用新案登録公報 1996-2010年
 日本国登録実用新案公報 1994-2010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 2004-091228 A (富士電機ホールディングス株式会社) 2004.03.25, 実施例 (ファミリーなし)	1-3, 5, 10, 11, 14
Y		4, 6-9, 12, 13
Y	JP 2007-299877 A (学校法人名城大学) 2007.11.15, 実施形態、図 2 (ファミリーなし)	4, 6-8
Y	JP 2008-290898 A (新日本製鐵株式会社) 2008.12.04, 実施例 & US 2010/0080956 A	9, 12, 13

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 18.11.2010	国際調査報告の発送日 30.11.2010
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) 亀代 陽子 電話番号 03-3581-1101 内線 3416

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 10-081599 A (松下電器産業株式会社) 1998.03.31, 全文 (ファ ミリーなし)	1-14