

(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
2020年6月11日(11.06.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/115871 A1

(51) 国際特許分類:
C30B 29/42 (2006.01) C30B 11/00 (2006.01)

阪市北区中之島三丁目2番4号 中之島フェスティバルタワー・ウエスト Osaka (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/JP2018/044954

(22) 国際出願日: 2018年12月6日(06.12.2018)

(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: 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: 石川 幸雄 (ISHIKAWA, Yukio);
〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 Osaka (JP). 羽木 良明 (HAGI, Yoshiaki); 〒5410041 大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号 住友電気工業株式会社内 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

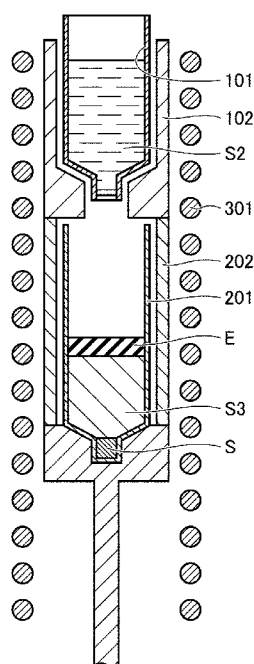
(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, 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,

(54) Title: METHOD FOR MANUFACTURING GaAs SUBSTRATE AND GaAs SINGLE CRYSTAL GROWTH DEVICE

(54) 発明の名称: GaAs 基板の製造方法および GaAs 単結晶成長装置

FIG.1A



(57) Abstract: A method for manufacturing a GaAs substrate the main surface of which has a plane orientation of (100), said method comprising: a step for preparing a GaAs single crystal growth device provided with a first crucible in which GaAs is housed and a second crucible which is positioned below the first crucible and in which a GaAs seed crystal is housed in the bottom; a step for, in the GaAs single crystal growth device, heating the GaAs in the first crucible to give a melt, dropping the melt into the second crucible and, after completing the dropping, controlling the temperature of the GaAs seed crystal and the temperature of the melt on the GaAs seed crystal to thereby grow GaAs single crystal from the GaAs seed crystal; and a step for cutting the GaAs single crystal perpendicularly to the growth direction thereof to thereby give the aforesaid GaAs substrate the main surface of which has a plane orientation of (100).

LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

- 一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：主面の面方位が（１００）面であるＧａＡｓ基板の製造方法であって、ＧａＡｓが收容された第１坩堝と、前記第１坩堝よりも下方に配置され、ＧａＡｓ種結晶が底部に收容された第２坩堝とを備えたＧａＡｓ単結晶成長装置を準備する工程と、前記ＧａＡｓ単結晶成長装置において前記第１坩堝内の前記ＧａＡｓを加熱することにより融液とし、前記融液を前記第２坩堝内へ滴下し、これを完了させた後、前記ＧａＡｓ種結晶および前記ＧａＡｓ種結晶上の前記融液の温度を制御することにより、前記ＧａＡｓ種結晶からＧａＡｓ単結晶を成長させる工程と、前記ＧａＡｓ単結晶を、その成長方向に対して垂直に切出すことにより、前記主面の面方位が（１００）面であるＧａＡｓ基板を得る工程とを含む。

明 細 書

発明の名称：

G a A s 基板の製造方法およびG a A s 単結晶成長装置

技術分野

[0001] 本開示は、G a A s 基板の製造方法およびG a A s 単結晶成長装置に関する。

背景技術

[0002] G a A s 単結晶およびこれを用いたG a A s 基板を、原料であるヒ素およびガリウムの使用効率を落とすことなく得るには、直接合成法を用いることが望まれる。しかしながら一般に直接合成法は、ヒ素およびガリウムの組成比を1：1に精密に制御することが困難であること、ならびに種結晶がガリウムよりも下部に設置される成長法となるために種結晶の保持および保護が困難であることなどから、縦型の融液成長法を利用した直接合成法によって所望のG a A s 単結晶およびこれを用いたG a A s 基板を得ることは現実的でないとされる。これに対し、特開平02-196081号公報（特許文献1）は、G a A s 単結晶およびこれを用いたG a A s 基板を得る方法として引き上げ法（L E C法）、水平ブリッジマン法および垂直ブリッジマン法などの各種の方法を開示している。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開平02-196081号公報

発明の概要

[0004] 本開示に係るG a A s 基板の製造方法は、主面の面方位が（100）面であるG a A s 基板の製造方法であって、G a A s が収容された第1坩堝と、上記第1坩堝よりも下方に配置され、G a A s 種結晶が底部に収容された第2坩堝とを備えたG a A s 単結晶成長装置を準備する工程と、上記G a A s 単結晶成長装置において上記第1坩堝内の上記G a A s を加熱することによ

り融液とし、上記融液を上記第2坩堝内へ滴下し、これを完了させた後、上記GaAs種結晶および上記GaAs種結晶上の上記融液の温度を制御することにより、上記GaAs種結晶からGaAs単結晶を成長させる工程と、上記GaAs単結晶を、その成長方向に対して垂直に切出すことにより、上記主面の面方位が(100)面であるGaAs基板を得る工程とを含む。

[0005] 本開示に係るGaAs単結晶成長装置は、GaAsが収容される第1坩堝と、上記第1坩堝よりも下方に配置され、GaAs種結晶が底部に収容される第2坩堝とを備え、上記GaAsは、上記第1坩堝内で加熱されることにより融液となり、上記融液は、上記第2坩堝内へ滴下され、上記GaAs種結晶および上記GaAs種結晶上の上記融液は、温度制御されることにより上記GaAs種結晶からGaAs単結晶を成長させる。

図面の簡単な説明

[0006] [図1A]図1Aは、本開示に係るGaAs基板の製造方法に用いるGaAs単結晶成長装置の一例であって、特に第1GaAs原料が第1坩堝内で加熱される前の状態のGaAs単結晶成長装置の概略構成を示す断面図である。

[図1B]図1Bは、本開示に係るGaAs基板の製造方法に用いるGaAs単結晶成長装置の一例であって、特にGaAs種結晶からGaAs単結晶を成長させている状態のGaAs単結晶成長装置の概略構成を示す断面図である。

[図2]図2は、図1Aおよび図1Bにおける第2支持部材の概略構成の一例を説明する水平断面図である。

[図3]図3は、図1Aおよび図1Bにおける第2支持部材の概略構成の他の一例を説明する水平断面図である。

発明を実施するための形態

[0007] [本開示が解決しようとする課題]

上記特許文献1に開示された引き上げ法(LEC法)を用いてGaAs単結晶のインゴットを得た場合、凹凸を有する側面が形成されるため、これを円盤状のGaAs基板に加工する際に大きな加工ロスが発生する。水平ブリ

ブリッジマン法を用いてGaAs単結晶のインゴットを得た場合も、その断面が重力によって円盤状とはならないため、GaAs単結晶のインゴットを円盤状のGaAs基板に加工する際に大きな加工ロスが発生する。垂直ブリッジマン法を用いる場合、円形断面を有する結晶を成長させることができるので上述のような加工ロスは低減されるが、直接合成法ではないので原料を準備する段階でのロス（以下、「原料ロス」とも記す）が生じる。すなわち所定の合成炉で固体のGaAsを合成し、これを分割して上記合成炉とは異なる加熱炉内の単結晶成長用坩堝に移すため、固体のGaAsの分割時およびその後処理において原料ロスが生じる。したがって、未だ原料ロスが十分に低減されたGaAs単結晶およびこれを含むGaAs基板を得る技術は実現されておらず、その開発が切望されている。

[0008] 以上の点に鑑み、本開示は、原料ロスが十分に低減されたGaAs基板を得ることができるGaAs基板の製造方法およびGaAs単結晶成長装置を提供することを目的とする。

[0009] [本開示の効果]

本開示によれば、原料ロスが十分に低減されたGaAs基板を得ることができるGaAs基板の製造方法およびGaAs単結晶成長装置を提供することができる。

[0010] [実施形態の概要]

本発明者らは、上記課題を解決するために鋭意検討を重ね、本開示に到達した。具体的には、垂直ブリッジマン法および垂直温度傾斜凝固法に共通する縦型円筒容器内結晶成長法、所謂垂直ボート法（以下、「VB法」とも記す）を用いてGaAs単結晶を成長させる場合において、所定の合成炉で合成した固体のGaAsを分割することなく、GaAs単結晶の成長に用いることに着目した。その結果、GaAs合成用坩堝を、合成した固体のGaAsを収容した状態のままGaAs単結晶成長用坩堝の上方に位置させ、上記固体のGaAsを加熱することにより融液とし、この融液をGaAs単結晶成長用坩堝内へ滴下することにより、直接合成法と同様に原料ロスを十分に

低減させてGaAs単結晶を成長させる方法に想到し、本開示に到達した。

[0011] 最初に本開示の実施態様を列記して説明する。

[1] 本開示の一態様に係るGaAs基板の製造方法は、主面の面方位が(100)面であるGaAs基板の製造方法であって、GaAsが収容された第1坩堝と、上記第1坩堝よりも下方に配置され、GaAs種結晶が底部に収容された第2坩堝とを備えたGaAs単結晶成長装置を準備する工程と、上記GaAs単結晶成長装置において上記第1坩堝内の上記GaAsを加熱することにより融液とし、上記融液を上記第2坩堝内へ滴下し、これを完了させた後、上記GaAs種結晶および上記GaAs種結晶上の上記融液の温度を制御することにより、上記GaAs種結晶からGaAs単結晶を成長させる工程と、上記GaAs単結晶を、その成長方向に対して垂直に切出すことにより、上記主面の面方位が(100)面であるGaAs基板を得る工程とを含む。このような特徴を備えたGaAs基板の製造方法は、原料ロスが十分に低減されたGaAs基板を得ることができる。

[0012] [2] 上記GaAs単結晶成長装置は、上記第2坩堝の外周に沿って配設され、上記第1坩堝を支持する支持部材をさらに備えることが好ましい。これにより、容易に第1坩堝および第1坩堝内のGaAsの荷重を支持することができる。

[0013] [3] 上記支持部材は、複数の支柱部と上記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、上記開口部は、成長中の上記GaAs単結晶の[011]方向と、上記[011]方向と等価な方向とに形成されることが好ましい。これにより、後述するように成長中のGaAs単結晶において、その[010]方向と[011]方向との間で熱応力を同程度とすることができ、もって主面上の転位密度が均一となるGaAs基板を得ることができる。

[0014] [4] 上記支持部材は、複数の支柱部と上記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、上記支柱部は、成長中の上記GaAs単結晶の[010]方向と、上記[010]方向と等価な方向

とに形成されることが好ましい。これにより、成長中のGaAs単結晶の〔010〕方向および〔010〕方向と等価な方向における中央部と外周部との間の温度差を小さくすることができ、もって主面上の転位密度が均一となるGaAs基板を得ることができる。

[0015] ここでGaAs基板の転位密度の評価は、GaAs基板の主面の面方位が(100)面である場合、一般にGaAs基板における〔010〕方向および〔011〕方向の2方向が用いられる。GaAs基板では、その〔010〕方向の外周部において転位密度が最大となりやすく、かつ〔011〕方向の径方向の midpoint 付近で転位密度が最小になりやすく、上記の2方向が転位密度を測定する上で特徴的となるからである。

[0016] VB法では、GaAs単結晶からなる基板全体の転位密度の低減を図るため、従来から結晶成長時にGaAs単結晶の中央部と外周部とで一定の温度差を設けることにより、GaAs単結晶の成長面(GaAs単結晶と融液との界面)の形状を、その成長方向に凸な放物面となるようにしている。しかしながら上記の温度差は、成長中のGaAs単結晶において熱応力として現れる。GaAs単結晶Cの特性上、GaAs単結晶の成長方向が〔100〕方向であるとき、上記熱応力は、GaAs単結晶Cの〔010〕方向が〔011〕方向よりも大きく現れる傾向があり、このことが基板上の〔010〕方向と〔011〕方向との間の転位密度の差として現れることが知られている。したがって、〔010〕方向と〔011〕方向とで均一な転位密度を有するGaAs基板を得るためには、成長中のGaAs単結晶の〔010〕方向と〔011〕方向との間で熱応力を同程度とすることが求められる。これを達成するには、上記温度差をGaAs単結晶の〔010〕方向および〔010〕方向と等価な方向において小さくすることが必要となる。

[0017] 本開示では、支柱部を成長中のGaAs単結晶の〔010〕方向と、上記〔010〕方向と等価な方向とを遮るようにして形成することが好ましい。これにより、坩堝における支柱部の背後に位置する部分の温度を、坩堝の他の部分の温度よりも下げ、もって上記温度差を、少なくとも単結晶の〔01

0] 方向および [0 1 0] 方向と等価な方向において小さくすることができる。さらに開口部が成長中の GaAs 単結晶の [0 1 1] 方向と、上記 [0 1 1] 方向と等価な方向とに位置するように、隣接する上記支柱部の間に開口部を形成することにより、坩堝における開口部の背後に位置する部分の温度を、支柱部の背後に位置する部分の温度よりも上げることがより好ましい。これにより成長中の GaAs 単結晶において、その [0 1 0] 方向と [0 1 1] 方向との間で熱応力を同程度とすることができる。もって本開示では、[0 1 0] 方向と [0 1 1] 方向とで均一な転位密度を有する GaAs 基板を得ることができる。

[0018] [5] 上記支柱部は、その水平断面が上記円筒形状の径方向に凸となる形状を有することが好ましい。これにより、成長中の GaAs 単結晶において大きな熱応力が発生する部分（成長中の GaAs 単結晶における [0 1 0] 方向の外周部）の温度を効果的に下げることができ、もって上記温度差を GaAs 単結晶の [0 1 0] 方向および [0 1 0] 方向と等価な方向において小さくすることができる。

[0019] [6] 上記支持部材は、ムライト、カーボン、石英、アルミナおよびシリコンカーバイドからなる群より選ばれるいずれかを含むことが好ましい。これにより、容易に上記温度差を GaAs 単結晶の [0 1 0] 方向および [0 1 0] 方向と等価な方向において小さくすることができ、もって主面上の転位密度が均一となる GaAs 基板を容易に得ることができる。

[0020] [7] 本開示の一態様に係る GaAs 単結晶成長装置は、GaAs が収容される第 1 坩堝と、上記第 1 坩堝よりも下方に配置され、GaAs 種結晶が底部に収容される第 2 坩堝とを備え、上記 GaAs は、上記第 1 坩堝内で加熱されることにより融液となり、上記融液は、上記第 2 坩堝内へ滴下され、上記 GaAs 種結晶および上記 GaAs 種結晶上の上記融液は、加熱されることによって上記 GaAs 種結晶から GaAs 単結晶を成長させる。このような特徴を備えた GaAs 単結晶成長装置は、GaAs 単結晶を得るのに原料ロスを十分に低減させることができる。

- [0021] [8] 上記GaAs単結晶成長装置は、上記第2坩堝の外周に沿って配設され、上記第1坩堝を支持する支持部材をさらに備えることが好ましい。これにより、容易に第1坩堝および第1坩堝内のGaAsの荷重を支持することができる。
- [0022] [9] 上記支持部材は、複数の支柱部と上記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、上記開口部は、成長中の上記GaAs単結晶の[011]方向と、上記[011]方向と等価な方向とに形成されることが好ましい。これにより、上述したように成長中のGaAs単結晶において、その[010]方向と[011]方向との間で熱応力を同程度とすることができ、もって主面上の転位密度が均一となるGaAs基板を得ることができる。
- [0023] [10] 上記支持部材は、複数の支柱部と上記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、上記支柱部は、成長中の上記GaAs単結晶の[010]方向と、上記[010]方向と等価な方向とに形成されることが好ましい。これにより、成長中のGaAs単結晶の[010]方向および[010]方向と等価な方向における中央部と外周部との間の温度差を小さくすることができ、もって主面上の転位密度が均一となるGaAs基板を製造することができる。
- [0024] [11] 上記支柱部は、その水平断面が上記円筒形状の径方向に凸となる形状を有することが好ましい。これにより、成長中のGaAs単結晶において大きな熱応力が発生する部分（成長中のGaAs単結晶における[010]方向の外周部）の温度を効果的に下げることができ、もって上記温度差をGaAs単結晶の[010]方向および[010]方向と等価な方向において小さくすることができる。
- [0025] [12] 上記支持部材は、ムライト、カーボン、石英、アルミナおよびシリコンカーバイドからなる群より選ばれるいずれかを含むことが好ましい。これにより、容易に上記温度差をGaAs単結晶の[010]方向および[010]方向と等価な方向において小さくすることができ、もって主面上の

転位密度が均一となるGaAs基板を容易に製造することができる。

[0026] [実施形態の詳細]

以下、本開示の実施形態（以下「本実施形態」とも記す）についてさらに詳細に説明するが、本実施形態はこれらに限定されるものではない。以下では図面を参照しながら説明するが、本明細書および図面において同一または対応する要素に同一の符号を付すものとし、それらについて同じ説明は繰り返さない。

[0027] 本明細書において「A～B」という形式の表記は、範囲の上限下限（すなわちA以上B以下）を意味し、Aにおいて単位の記載がなく、Bにおいてのみ単位が記載されている場合、Aの単位とBの単位とは同じである。

[0028] 《GaAs基板の製造方法》

本実施形態に係るGaAs基板の製造方法は、主面の面方位が（100）面であるGaAs基板の製造方法である。GaAs基板の製造方法は、たとえば図1Aおよび図1Bに示すように、GaAsが収容された第1坩堝101と、第1坩堝101よりも下方に配置され、GaAs種結晶Sが底部に収容された第2坩堝201とを備えたGaAs単結晶成長装置を準備する工程（第1工程）と、上記GaAs単結晶成長装置において第1坩堝101内のGaAsを加熱することにより融液Lとし、融液Lを第2坩堝201内へ滴下し、これを完了させた後、GaAs種結晶SおよびGaAs種結晶S上の融液Lの温度を制御することにより、GaAs種結晶SからGaAs単結晶Cを成長させる工程（第2工程）と、GaAs単結晶Cを、その成長方向に対して垂直に切出すことにより、上記主面の面方位が（100）面であるGaAs基板を得る工程（第3工程）とを含む。上記GaAs単結晶成長装置は、第2坩堝201の外周に沿って配設され、第1坩堝101を支持する支持部材をさらに備えることが好ましい。

[0029] このような特徴を備えたGaAs基板の製造方法は、所定の合成炉で合成したGaAsを分割した上で、上記合成炉とは異なる加熱炉内の単結晶成長用坩堝に移す操作が不要となるため、原料ロスを十分に低減することができる。

る。したがって、原料ロスが十分に低減されたGaAs基板を得ることができる。

[0030] 本明細書においてGaAs単結晶の「成長方向」とは、GaAs種結晶が、これを起点にGaAsの融液を原料としてGaAs単結晶へと成長していく方向をいい、通常、GaAs単結晶と融液とが接触する接触面に対して垂直な方向をいう。したがって、たとえばGaAs単結晶と融液との接触面の面方位が(100)面である場合、GaAs単結晶の「成長方向」は[100]方向となる。上記製造方法により得られるGaAs基板は、上述のように主面の面方位が(100)面である。

[0031] <第1工程>

第1工程は、GaAsが収容された第1坩堝101と、第1坩堝101よりも下方に配置され、GaAs種結晶Sが底部に収容された第2坩堝201とを備えたGaAs単結晶成長装置を準備する工程である。すなわち第1工程は、図1Aおよび図1Bに例示されるようなGaAs単結晶成長装置を準備する工程である。

[0032] (GaAs単結晶成長装置)

図1Aおよび図1Bに示すGaAs単結晶成長装置は、原料である固体のGaAsとしての第1GaAs原料S2が収容される第1坩堝101と、第1坩堝101よりも下方に配置され、GaAs種結晶Sが底部に収容される第2坩堝201とを備える。GaAs単結晶成長装置は、第2坩堝201の外周に沿って配設され、第1坩堝101を支持する支持部材をさらに備えることが好ましい。さらにGaAs単結晶成長装置は、支持部材の外周に沿って配設される発熱体301を備えることができる。

[0033] 上記支持部材は、図1Aおよび図1Bにおいて第1坩堝101と対面することにより、第1坩堝101を支持する介在部材を介して第1坩堝101を支持している。以下、説明の便宜のため、上記介在部材を第1支持部材102と記し、上記支持部材を第2支持部材202と記すことにより本開示を説明する。

[0034] 図1Aでは、第1坩堝101内に後述する第2工程においてGaAsが加熱されることにより形成される融液Lの原料となる第1GaAs原料S2が表され、第2坩堝201内にGaAs種結晶Sと、このGaAs種結晶S上に予め載置された固体の第2GaAs原料S3および液体封止材Eとが表されている。さらに図1Bでは、GaAs単結晶CとGaAs種結晶Sとが説明の便宜のために別々の結晶のように界面を有して表されているが、GaAs単結晶Cは、GaAs種結晶Sを起点として同一結晶方向で成長するため、これらの間に界面は存在しない。ここで第2GaAs原料S3は、後述する第2工程においてGaAs種結晶Sへ融液Lが直接接触した場合、高温の融液Lに起因する熱衝撃によってGaAs種結晶Sに転位が入る可能性が高くなるため、これを防止する目的でGaAs種結晶S上に予め載置されることが好ましい。第2GaAs原料S3は、公知の方法により第2坩堝201内に収容することができる。

[0035] (第1坩堝)

第1坩堝101は、底部が下端に向かってテーパ状に縮閉する円筒形状を有し、内部に第1GaAs原料S2が収容されている。この第1GaAs原料S2は固体であることが好ましい。第1坩堝101は、底部の下端に開口を有することが好ましい。これにより内部に収容された第1GaAs原料S2が後述する第2工程において加熱されることにより融液Lとなった場合、融液Lを開口から滴下することが可能となる。

[0036] 第1GaAs原料S2は、従来公知の方法により製造することができる。たとえば、まず所定の合成炉内に液体のGaと固体のAsとをモル比で1:1となる量それぞれ準備する。次にAsを660℃以上に加熱することにより昇華させて気体とする。この気体となったAsを注入法によりGaの液体中に送り込み、GaとAsとを反応させた後、これを固化することにより得ることができる。第1坩堝101は、合成炉内の坩堝をそのまま用いることが好ましい。

[0037] 第1坩堝101は、1238℃に耐熱可能かつ熱衝撃に耐える材料である

限り、従来公知のあらゆる種類の材料により構成することができる。第1坩堝101の材料としては、たとえばカーボン、窒化硼素(BN)および石英などを例示することができる。第1坩堝101の底部の開口は、自動または手動により開閉可能に制御できる機構を備えることが好ましい。

[0038] (第1支持部材)

第1支持部材102は、第1坩堝101と対面することにより、第1坩堝101を支持している。具体的には第1支持部材102は、第1坩堝101を下方から対面し、これを包囲するように支持している。第1支持部材102の形状は、第1坩堝101を支持することができ、かつ本開示の効果を奏する限り、任意の形状を有することができる。ただし第1支持部材102は、第1坩堝101の底部の開口から滴下された融液Lが通過する貫通孔部を、第1坩堝101の底部の開口と対応する位置に有することが好ましい。

[0039] 第1支持部材102は、本開示の効果を奏する限り、従来公知のあらゆる種類の材料を用いることができる。第1支持部材102の材料としては、たとえばムライト、カーボン、石英、アルミナ、シリコンカーバイド、シリコンナイトライドなどを例示することができる。第1支持部材102にカーボンを用いる場合、発塵対策としてCVDカーボンコーティング、SiCコーティング、ガラス状カーボンコーティングを施してもよい。

[0040] (第2坩堝)

第2坩堝201は、第1坩堝101よりも下方に配置される。さらに第2坩堝201は、第1支持部材102よりも下方に配置される。第2坩堝201は、底部が下端に向けてテーパ状に縮閉する円筒形状を有し、底部にGaAs種結晶Sが収容される。GaAs種結晶Sは、主面の面方位が(100)面であるGaAs基板を得る目的で、GaAs単結晶Cの成長方向に対して垂直となる面の面方位が(100)面となるように、第2坩堝201の底部に収容されることが好ましい。

[0041] GaAs種結晶Sは、従来公知の方法により製造したGaAs単結晶を用いることができる。たとえばGaAs種結晶Sは、VB法、液体封止チョク

ラルスキー法（引き上げ法、LEC法）、蒸気圧制御チョクラスキー法（VCZ法）および水平ブリッジマン法（HB法）などに基づいて製造することができる。GaAs種結晶Sに対し、カーボン、ホウ素、酸素などの不純物をドーパントとしてドーピング（添加）することができる。

[0042] 第2坩堝201の内径は、成長中のGaAs単結晶Cの直径に相当し、すなわちGaAs基板の直径に相当する。このため第2坩堝201の内径は150～200mmであることが好ましい。第2坩堝201の材料には、第1坩堝101と同様に従来公知の材料を用いることができる。第2坩堝201の材料としては、たとえばカーボン、窒化硼素（BN）、窒化ケイ素（Si₃N₄）、アルミナ（Al₂O₃）、炭化ケイ素（SiC）などを例示することができる。

[0043] （第2支持部材）

第2支持部材202は、第2坩堝201の外周に沿って配設される。第2支持部材202は、第1坩堝101を、第1支持部材102を介して支持することが好ましい。GaAs単結晶成長装置は、第2支持部材202により容易に第1坩堝101および第1坩堝101内の第1GaAs原料S2の荷重を支持することができる。

[0044] 図2に示すように、第2支持部材202は、複数の支柱部202aと複数の開口部202bとを有する側面を備えた円筒形状を有することが好ましい。支柱部202aは、成長中のGaAs単結晶Cの[010]方向と、この[010]方向と等価な方向とを遮るようにして形成されることが好ましい。さらに複数の開口部202bのそれぞれは、成長中のGaAs単結晶Cの[011]方向と、この[011]方向と等価な方向とに位置するように、隣接する支柱部202aの間に形成されることが好ましい。図2において、支柱部202aの水平断面は、上記円筒形状の一部を形成する円弧形状を有する。

[0045] これによりGaAs単結晶成長装置は、成長時のGaAs単結晶Cにおいて、その[010]方向と[011]方向との間で熱応力を同程度とするこ

とができ、もって主面上の転位密度が均一となるGaAs基板を得ることができる。

[0046] すなわちVB法では、上述のように結晶成長時にGaAs単結晶の中央部と外周部とで一定の温度差を設けることにより、GaAs単結晶の成長面（GaAs単結晶と融液との界面）の形状を、その成長方向に凸な放物面となるようにしている。この温度差によって、成長中のGaAs単結晶には熱応力が発生する。GaAs単結晶Cの特性上、GaAs単結晶の成長方向が $[100]$ 方向であるとき、上記熱応力は、GaAs単結晶Cの $[010]$ 方向において、 $[011]$ 方向よりも大きく現れる傾向があり、このことが基板上の $[010]$ 方向と $[011]$ 方向との間の転位密度の差として現れることとなる。したがって、主面上の転位密度が均一となるGaAs基板を得るには、上記温度差をGaAs単結晶Cの $[010]$ 方向および $[010]$ 方向と等価な方向において小さくすることにより、GaAs単結晶Cの $[010]$ 方向と $[011]$ 方向との間で熱応力を同程度とすることが求められる。

[0047] 本実施形態に係るGaAs基板の製造方法では、好ましくは支柱部202aを成長中の上記GaAs単結晶Cの $[010]$ 方向と、上記 $[010]$ 方向と等価な方向とを遮る様にして形成し、さらに開口部202bが成長中の上記GaAs単結晶Cの $[011]$ 方向と、上記 $[011]$ 方向と等価な方向とに位置するように、隣接する支柱部202aの間に開口部202bを形成する。この場合、第2坩堝201における支柱部202aの背後に位置する部分の温度は、開口部202bの背後に位置する部分の温度よりも下げることができる。これにより上記温度差をGaAs単結晶Cの $[010]$ 方向および $[010]$ 方向と等価な方向において小さくすることができる。

[0048] 具体的には、成長させる直径150mmのGaAs単結晶Cの $[010]$ 方向および $[010]$ 方向と等価な方向を遮るようにして、カーボンからなる厚さ5mmの支柱部202aを配置した場合、GaAs単結晶Cの中央部と外周部との間に設けられる一般的な温度差（約5℃）を約1℃小さくする

ことができる。これによりGaAs単結晶Cの $[010]$ 方向と $[011]$ 方向との間で熱応力を同程度とすることができる。

[0049] さらに支柱部202aは、図3に示すように、その水平断面が円筒形状の径方向に凸となる形状を有することがより好ましい。具体的には、支柱部202aの水平断面として現れる円弧形状において、その外側を突出させた形状である。これにより成長中のGaAs単結晶Cにおいて、大きな熱応力が発生する部分（成長中のGaAs単結晶Cにおける $[010]$ 方向の外周部）の温度を効果的に下げることができ、もって上記温度差をGaAs単結晶Cの $[010]$ 方向および $[010]$ 方向と等価な方向のみにおいて小さくすることができる。

[0050] 第2支持部材202に用いられる材料は、本開示の効果を奏する限り、特に制限されるべきではない。しかしながら第2支持部材202は、成長中のGaAs単結晶Cの中央部と外周部との温度差を小さくする観点から、ムライト、カーボン、石英、アルミナおよびシリコンカーバイドからなる群より選ばれるいずれかを含むことが好ましい。さらに第2支持部材202は、ムライト、カーボン、石英、アルミナおよびシリコンカーバイドからなる群より選ばれるいずれかからなることがより好ましい。

[0051] ここで本実施形態において、GaAs単結晶Cの $[011]$ 方向と等価な方向とは、 $[011]$ 方向、 $[01\bar{1}]$ 方向、 $[0\bar{1}\bar{1}]$ 方向および $[0\bar{1}1]$ 方向の4方向を意味する。GaAs単結晶Cの $[010]$ 方向と等価な方向とは、 $[010]$ 方向、 $[00\bar{1}]$ 方向、 $[0\bar{1}0]$ 方向および $[001]$ 方向の4方向を意味する。この場合において、結晶方位を表記する際に表わす「 $\bar{}$ 」は本来、数字の頭上に表わされるもので「バー」と読まれる。たとえば、 $[01\bar{1}]$ は、「ゼロ・イチ・イチ・バー」と読まれる。

[0052] （発熱体）

図1Aおよび図1Bに示すGaAs単結晶成長装置は、上述のとおり発熱体301を備えることができる。発熱体301は、第2支持部材202の外

周に沿って配設される。発熱体301は、線状発熱体であって、第2支持部材202の外周面をGaAs単結晶Cの成長方向に沿ってらせん状に包囲するように配設される。発熱体301は、らせん状の形状を上方から平面視することにより現れる円が、第2坩堝201を上方から平面視することにより現れる円、および第2支持部材202を上方から平面視することにより現れる円との関係において同心円となることが好ましい。たとえば第2坩堝201と発熱体301とは、第2坩堝201の外周面から発熱体301までの最短距離が4～12cmの同心円となる関係であることが好ましい。第2支持部材202と発熱体301とは、第2支持部材202の外周面から発熱体301までの最短距離が2～10cmの同心円となる関係であることが好ましい。

[0053] 発熱体301は、本開示の効果を奏する限り、従来公知のあらゆる種類の材料により構成することができる。なかでも発熱体301は、1000℃以上の高温となるので、たとえばFe-Cr-Al系発熱体、MoSi₂系発熱体、カーボン、モリブデンなどの耐熱材料を好適に用いることができる。

[0054] 第1工程では、上述したようなGaAs単結晶成長装置が準備される。これにより所定の合成炉で合成した固体の第1GaAs原料S2を分割することなく、GaAs単結晶の成長に用いることができる。すなわち第1工程では、GaAs合成用坩堝を合成した第1GaAs原料S2を収容した状態のまま、GaAs単結晶成長装置の第1坩堝101として用いることにより、第2坩堝201の上方に位置させることができる。次いで後述するように、上記第1GaAs原料S2は、第1坩堝101内で加熱されることにより融液Lとなる。この融液Lは、第2坩堝201内へ滴下され、これが完了した後、GaAs種結晶SおよびGaAs種結晶S上の第2GaAs原料S3および融液Lは、温度制御されることによってGaAs種結晶SからGaAs単結晶Cを成長させる。したがって、所定の合成炉で合成した固体GaAs（第1GaAs原料S2）を分割した上で、上記合成炉とは異なる単結晶成長用坩堝に移す操作が不要となり、原料ロスを低減することができる。

[0055] <第2工程>

第2工程は、上記GaAs単結晶成長装置において第1坩堝101内の第1GaAs原料S2を加熱することにより融液Lとし、融液Lを第2坩堝201内へ滴下し、これを完了させた後、GaAs種結晶SおよびGaAs種結晶S上の融液Lの温度を制御することにより、GaAs種結晶SからGaAs単結晶Cを成長させる工程である。特に第2工程では、GaAs種結晶Sへ融液Lが直接接触した場合、高温の融液Lに起因する熱衝撃によってGaAs種結晶Sに転位が入る可能性が高くなるため、これを防止する目的でGaAs種結晶S上に第2GaAs原料S3が予め載置されることが好ましい。したがって第2工程では、GaAs種結晶SおよびGaAs種結晶S上の第2GaAs原料S3および融液Lが、発熱体301からの熱によって温度制御される。このとき第2GaAs原料S3も、発熱体301からの熱によって融液Lとなる。具体的には、図1Bに示すようにGaAs単結晶Cは、GaAs種結晶Sを起点としてGaAs種結晶S上の第2GaAs原料S3に由来する融液Lおよび第1GaAs原料S2に由来する融液Lを原料として成長し、GaAs種結晶Sと同一の結晶方位を有することとなる。このとき、成長中のGaAs単結晶Cの成長面（GaAs単結晶Cと融液Lとの界面）は、その形状がGaAs単結晶Cの成長方向に凸な放物面であることが好ましい。第2工程では、特に制限されるべきではないが、VB法に基づいてGaAs種結晶SからGaAs単結晶Cを成長させることが好ましい。

[0056] ここで本明細書において、GaAs種結晶SおよびGaAs種結晶S上の融液Lの「温度を制御する」とは、GaAs種結晶Sの一部を融解するために加熱したり、融液LをGaAs単結晶Cとするために加熱を一時的に中断して冷却したりする操作など、発熱体から発せられる熱の温度を上下動させる操作をいう。この「温度を制御する」には、第2GaAs原料S3を融解するために、これを加熱する操作も含まれる。

[0057] 本実施形態に係るGaAs基板の製造方法では、第1工程において、上述した第2支持部材202が準備される。第2支持部材202は、複数の支柱

部202aと複数の支柱部202aの間に形成された開口部202bとを有する側面を備えた円筒形状を有し、第2坩堝201の外周に沿って配設される。特に、図2および図3に示すように、支柱部202aは、成長中のGaAs単結晶Cの[010]方向と、この[010]方向と等価な方向とに形成される。開口部202bは、成長中のGaAs単結晶Cの[011]方向と、この[011]方向と等価な方向とに形成される。

[0058] この第2支持部材202の支柱部202aおよび開口部202bにより、上述のように成長中のGaAs単結晶Cにおいて、その[010]方向と[011]方向との間で熱応力を同程度とすることができる。具体的には、成長中のGaAs単結晶Cと融液Lとの界面において、その[010]方向と[011]方向との間の熱応力のバラツキを20%以下とすることができる。

[0059] <第3工程>

第3工程は、GaAs単結晶Cを、その成長方向に対して垂直に切出すことにより、主面の面方位が(100)面であるGaAs基板を得る工程である。

[0060] 第3工程では、従来公知の方法を用いることにより、GaAs単結晶Cをその成長方向に対して垂直に切出すことができる。その後、必要に応じてミラー加工などを行うことによりGaAs基板を得ることができる。この場合において、主面の面方位が(100)面であるGaAs基板を得るため、GaAs単結晶Cの成長方向に対して垂直となる面の面方位が(100)面となるように、第2坩堝201の底部にGaAs種結晶Sを収容しておくことが好ましい。これにより、第2工程において成長したGaAs単結晶Cを、その成長方向（すなわち[100]方向）に対して垂直に切出すことにより、主面の面方位が(100)面であるGaAs基板を容易に得ることができる。

[0061] <作用>

以上から、本実施形態に係るGaAs基板の製造方法は、所定の合成炉で

合成した固体のGaAsを分割することなく、GaAs単結晶Cを成長させることができる。もって原料ロスが十分に低減されたGaAs基板を得ることができる。さらに上述の製造方法により得たGaAs基板は、その主面において転位密度を測定した場合、任意の結晶方位において転位密度のバラツキが抑えられるため、任意の結晶方位において転位密度が均一となる。したがって、本実施形態に係るGaAs基板の製造方法は、主面のすべての結晶方位で転位密度が均一となるGaAs基板を得ることができる。

[0062] 《GaAs基板》

上記製造方法により得られるGaAs基板は、上述のように主面の面方位が(100)面である。さらに上記製造方法により得られるGaAs基板は、半絶縁性であることが好ましい。本明細書において「半絶縁性」とは、比抵抗が $1\text{ M}\Omega\text{ cm}$ 以上 $1000\text{ M}\Omega\text{ cm}$ 以下の高抵抗を示す性質をいう。

[0063] 上記製造方法により得られるGaAs基板は、直径が 150 mm 以上である円盤状の形状を有することができる。これにより本実施形態に係るGaAs基板の製造方法は、一般に大型であるとされる直径が 150 mm 以上の大きさであっても、原料ロスを十分に低減されたGaAs基板を得ることができる。GaAs基板の直径の上限は、製造設備の制約などの理由から 200 mm である。本明細書において「直径が 150 mm 」のGaAs基板には、6インチのGaAs基板を含むものとする。「直径が 200 mm 」のGaAs基板には、8インチのGaAs基板を含むものとする。

[0064] さらに上述の製造方法により得たGaAs基板は、その主面において転位密度を測定した場合、任意の結晶方位において転位密度のバラツキが抑えられるため、任意の結晶方位において転位密度が均一である。このためGaAs基板は、無線通信、光通信などの技術分野において、送受信、信号処理などを担う光デバイスあるいは電子デバイスなどに好適に用いることができる。

[0065] ここで本明細書において「転位密度」とは、GaAs基板表面（たとえば主面）上の結晶欠陥の一種である転位の密度をいう。転位密度は、GaAs

基板の主面をエッチング液などによりエッチングし、エッチピット密度を測定することにより求めることができる。エッチピット密度は、学術的には転位密度と同義ではないが、本技術分野において転位密度と等価なものとして捉えられている。エッチピット密度は、GaAs基板の主面をピットサイズが $50 \sim 100 \mu\text{m}$ の範囲となるようにエッチングし、このエッチングした主面を顕微鏡により100倍に拡大し、この顕微鏡像中の1mm $\square$ 視野内におけるエッチピット数をカウントすることにより求めることができる。GaAs基板のエッチングに用いるエッチング液としては、熔融水酸化カリウムを用いることができる。

実施例

[0066] 以下、実施例を挙げて本開示をより詳細に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0067] 《GaAs基板の製造》

＜実施例1：面1および面2＞

（第1工程）

図1Aおよび図1Bに示す単結晶成長装置を準備した。この装置は、上述した特徴を有する第1坩堝101、第1支持部材102、第2坩堝201、第2支持部材202および発熱体301を備える。具体的には、第2支持部材202は、その材質がカーボンであり、4つの支柱部202a、およびこの支柱部202aの間に開口部202bが形成された側面を備えた円筒形状を有する。上記単結晶成長装置において第2支持部材202は、第2坩堝201の外周に沿って、支柱部202aが成長中のGaAs単結晶Cの $[010]$ 方向と、この $[010]$ 方向と等価な方向との4方向を遮るようにして設けられている。この場合、第2支持部材202の開口部202bは、成長中のGaAs単結晶Cの $[011]$ 方向と、この $[011]$ 方向と等価な方向との4方向に位置することとなる。実施例1で用いた支柱部202aの水平断面は、図2に示すような円弧形状を有する。

[0068] さらに、カーボンドープされたGaAsの単結晶からなるGaAs種結晶

Sを、VB法を用いて作製した。このGaAs種結晶Sを第2坩堝201の底部へ、GaAs単結晶Cの成長方向に対して垂直となる面の面方位が(100)面となるようにして收容した。GaAs種結晶Sの上には第2GaAs原料S3と、酸化ホウ素からなる液体封止材Eとを設置した。第2GaAs原料S3は、従来公知の方法により作製し、分割することにより第2坩堝201へ收容した。第2坩堝201の内径は、152mmである。第1坩堝101には、合成炉内の坩堝(材質:窒化ホウ素)をそのまま用いた。第1坩堝101には、上記合成炉内で上述した方法により合成したGaAsである第1GaAs原料S2が收容されている。これにより合成後のGaAsをそのまま単結晶成長用の原料として使用することができ、もって原料ロスを直接合成法と同様にほぼゼロ、具体的には0.2質量%に低減することができた。原料ロスは、原料である液体Gaと固体Asとの合計質量(以下、「原料質量」とも記す)から、第1GaAs原料S2として実際に合成されたGaAsの質量を引いた差分を上記原料質量で割り算し、さらに100を乗じることにより算出した。

[0069] (第2工程)

上述した装置を用い、第1坩堝101内の第1GaAs原料S2を発熱体301で加熱することにより融液Lとし、融液Lを第2坩堝201内へ滴下した。さらにGaAs種結晶SおよびGaAs種結晶S上の第2GaAs原料S3および融液Lを発熱体301で温度制御することにより、GaAs種結晶Sと同一方位を有する直径150mmのGaAs単結晶Cを成長させた。このとき成長中のGaAs単結晶Cの成長面は、その形状がGaAs単結晶Cの成長方向にわずかに凸な放物面であった。第2支持部材202の発熱体301側の温度と第2坩堝201側の温度の差を計測したところ、1℃であった。第2工程では上述したVB法に基づいてGaAs単結晶Cを成長させた。

[0070] (第3工程)

上記GaAs単結晶Cを、その成長方向に対して垂直に切出すとともに、

ミラー加工を施すことによって、主面の面方位が（１００）面であるGaAs基板（厚み１mm）を得た。このGaAs基板を実施例１とした。実施例１の主面において種結晶S側を面１とし、面１とは反対側を面２とした。

[0071] <実施例２：面３および面４>

（第１工程～第３工程）

図１Aおよび図１Bに示すGaAs単結晶成長装置に関し、第２支持部材２０２の支柱部２０２aの水平断面を、図３に示すような円筒形状の径方向に凸となる形状として準備したこと以外は、実施例１のGaAs基板の製造方法における第１工程、第２工程および第３工程と同じ工程を行なうことによりGaAs基板（厚み１mm）を得た。このGaAs基板を実施例２とした。実施例２の主面において種結晶S側を面３とし、面３とは反対側を面４とした。実施例２においても合成後の第１GaAs原料S２をそのまま単結晶成長用の原料として使用することができ、もって原料ロスを実施例１と同じ方法により算出したところ、直接合成法と同様にほぼゼロ、具体的には０．２質量％に低減することができた。

[0072] <比較例１：面Aおよび面B>

坩堝の直径を１５０mmとしたこと以外は、上記特許文献１に開示された垂直ブリッジマン法に基づいてGaAs単結晶を成長させた。次いで、このGaAs単結晶を、その成長方向に対して垂直に切出すとともに、ミラー加工を施すことによって主面の面方位が（１００）面であるGaAs基板（厚み１mm）を得た。このGaAs基板を比較例１とした。比較例１の主面において種結晶S側を面Aとし、面Aとは反対側を面Bとした。この場合において原料ロスは、実施例１と同じ方法により算出したところ、９質量％であった。

[0073] <<転位密度の測定>>

実施例１、実施例２および比較例１の各面（面１～面４、面Aおよび面B）に対し、次の第１測定点、第２測定点で転位密度を測定した。すなわち第１測定点は、実施例１、実施例２および比較例１の各面において、その中心

から〔0 1 1〕方向に沿ってGaAs基板の外周に至る線分上の上記外周から10mm内側となる点とした。第2測定点は、実施例1、実施例2および比較例1の各面において、その中心から〔0 1 0〕方向に沿ってGaAs基板の外周に至る線分上の上記外周から10mm内側となる点とした。上述した測定方法に従い、第1測定点、第2測定点でのエッチピット密度を測定することにより、これらの測定点での転位密度を求めた。

[0074] 転位密度の測定結果を表1に示す。表1では、第1測定点における転位密度に対する第2測定点の転位密度の比率（第2測定点／第1測定点、すなわち表1中の〔0 1 0〕／〔0 1 1〕）も示した。表1中、各測定点における転位密度の測定値の単位は「 cm^{-2} 」である。面1～面4、面Aおよび面Bにおいて、転位密度の測定値が小さく、かつ第1測定点における転位密度に対する第2測定点の転位密度の比率（表1中の〔0 1 0〕／〔0 1 1〕）が1に近い値であるほど、その面において転位密度が均一であると判断することができる。表1では、実施例1、実施例2および比較例1で発生した原料ロス（質量％）の結果も示した。

[0075]

[表1]

面内方向	転位密度の測定点	比較例 1		実施例 1		実施例 2	
		面 A	面 B	面 1	面 2	面 3	面 4
[011]	第1測定点	6300	7600	6000	7400	5500	6300
[010]	第2測定点	10000	14000	7000	11000	6800	9000
比率	[010]/[011]	1.58	1.84	1.17	1.49	1.24	1.43
原料ロス	—	9 質量%		0.2 質量%		0.2 質量%	

[0076] 《考察》

実施例 1 および実施例 2 の G a A s 基板は、比較例 1 の G a A s 基板に比べ、原料ロスが低減したことが分かる。さらに表 1 によれば、実施例 1 および実施例 2 の面 1 ～面 4 は、比較例 1 の面 A および面 B に比して第 1 測定点および第 2 測定点における転位密度の測定値が小さく、かつ第 1 測定点における転位密度に対する第 2 測定点の転位密度の比率（ $[010]/[011]$ ）が 1 に近い値であり、実施例 1 および実施例 2 は比較例 1 に比べ均一な転位密度を有していた。

[0077] 以上から、実施例 1 および実施例 2 の G a A s 基板は、原料ロスが低減し

、かつすべての結晶方位において転位密度が均一であると判断することができる。

[0078] 以上のように本開示の実施形態および実施例について説明を行なったが、上述の各実施形態および実施例の構成を適宜組み合わせることも当初から予定している。

[0079] 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実施の形態ではなく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

[0080] 101 第1坩堝、102 第1支持部材、201 第2坩堝、202 第2支持部材（支持部材）、202a 支柱部、202b 開口部、301 発熱体、C GaAs単結晶、S GaAs種結晶、S2 第1GaAs原料、S3 第2GaAs原料、L 融液、E 液体封止材。

請求の範囲

- [請求項1] 主面の面方位が（１００）面であるＧａＡｓ基板の製造方法であって、
- ＧａＡｓが收容された第１坩堝と、前記第１坩堝よりも下方に配置され、ＧａＡｓ種結晶が底部に收容された第２坩堝とを備えたＧａＡｓ単結晶成長装置を準備する工程と、
- 前記ＧａＡｓ単結晶成長装置において前記第１坩堝内の前記ＧａＡｓを加熱することにより融液とし、前記融液を前記第２坩堝内へ滴下し、これを完了させた後、前記ＧａＡｓ種結晶および前記ＧａＡｓ種結晶上の前記融液の温度を制御することにより、前記ＧａＡｓ種結晶からＧａＡｓ単結晶を成長させる工程と、
- 前記ＧａＡｓ単結晶を、その成長方向に対して垂直に切出すことにより、前記主面の面方位が（１００）面であるＧａＡｓ基板を得る工程とを含む、ＧａＡｓ基板の製造方法。
- [請求項2] 前記ＧａＡｓ単結晶成長装置は、前記第２坩堝の外周に沿って配設され、前記第１坩堝を支持する支持部材をさらに備える、請求項１に記載のＧａＡｓ基板の製造方法。
- [請求項3] 前記支持部材は、複数の支柱部と前記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、
- 前記開口部は、成長中の前記ＧａＡｓ単結晶の〔０１１〕方向と、前記〔０１１〕方向と等価な方向とに形成される、請求項２に記載のＧａＡｓ基板の製造方法。
- [請求項4] 前記支持部材は、複数の支柱部と前記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、
- 前記支柱部は、成長中の前記ＧａＡｓ単結晶の〔０１０〕方向と、前記〔０１０〕方向と等価な方向とに形成される、請求項２または請求項３に記載のＧａＡｓ基板の製造方法。
- [請求項5] 前記支柱部は、その水平断面が前記円筒形状の径方向に凸となる形

状を有する、請求項3または請求項4に記載のGaAs基板の製造方法。

[請求項6] 前記支持部材は、ムライト、カーボン、石英、アルミナおよびシリコンカーバイドからなる群より選ばれるいずれかを含む、請求項2～請求項5のいずれか1項に記載のGaAs基板の製造方法。

[請求項7] GaAs単結晶成長装置であって、
GaAsが収容される第1坩堝と、
前記第1坩堝よりも下方に配置され、GaAs種結晶が底部に収容され第2坩堝とを備え、
前記GaAsは、前記第1坩堝内で加熱されることにより融液となり、
前記融液は、前記第2坩堝内へ滴下され、
前記GaAs種結晶および前記GaAs種結晶上の前記融液は、温度制御されることによって前記GaAs種結晶からGaAs単結晶を成長させる、GaAs単結晶成長装置。

[請求項8] 前記GaAs単結晶成長装置は、前記第2坩堝の外周に沿って配設され、前記第1坩堝を支持する支持部材をさらに備える、請求項7に記載のGaAs単結晶成長装置。

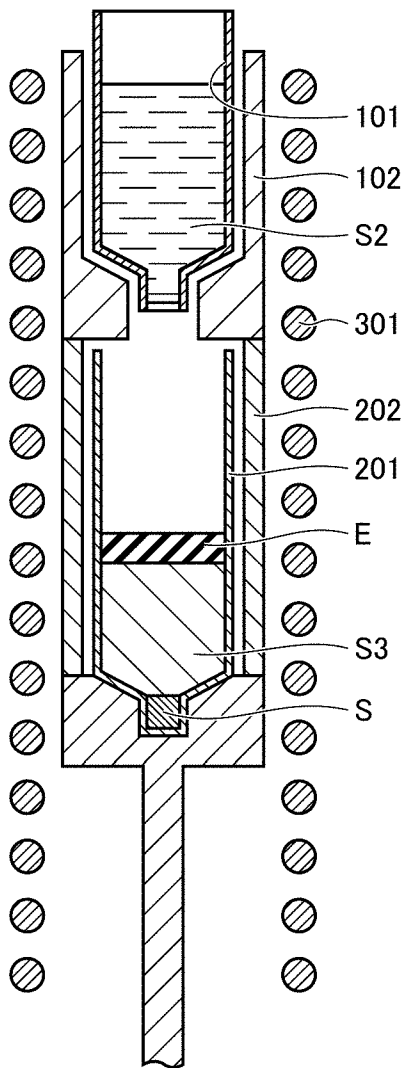
[請求項9] 前記支持部材は、複数の支柱部と前記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、
前記開口部は、成長中の前記GaAs単結晶の $[011]$ 方向と、前記 $[011]$ 方向と等価な方向とに形成される、請求項8に記載のGaAs単結晶成長装置。

[請求項10] 前記支持部材は、複数の支柱部と前記複数の支柱部の間に形成された開口部とを有する側面を備えた円筒形状を有し、
前記支柱部は、成長中の前記GaAs単結晶の $[010]$ 方向と、前記 $[010]$ 方向と等価な方向とに形成される、請求項8または請求項9に記載のGaAs単結晶成長装置。

- [請求項11] 前記支柱部は、その水平断面が前記円筒形状の径方向に凸となる形状を有する、請求項9または請求項10に記載のGaAs単結晶成長装置。
- [請求項12] 前記支持部材は、ムライト、カーボン、石英、アルミナおよびシリコンカーバイドからなる群より選ばれるいずれかを含む、請求項8～請求項11のいずれか1項に記載のGaAs単結晶成長装置。

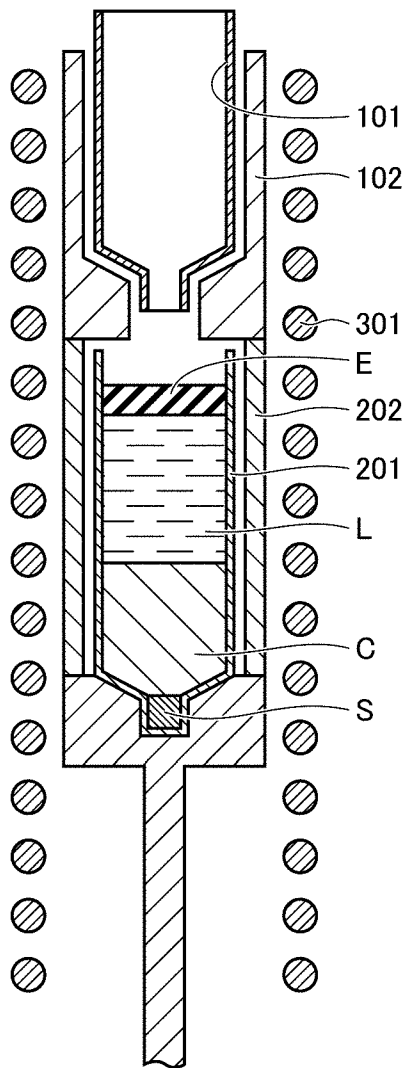
[図1A]

FIG.1A



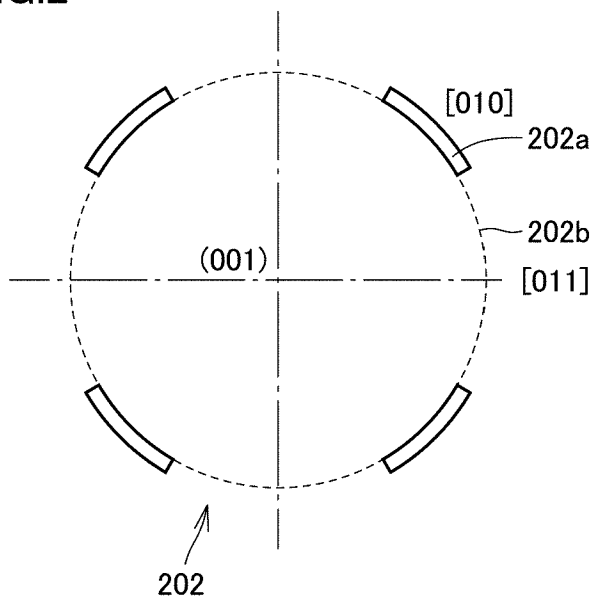
[図1B]

FIG.1B



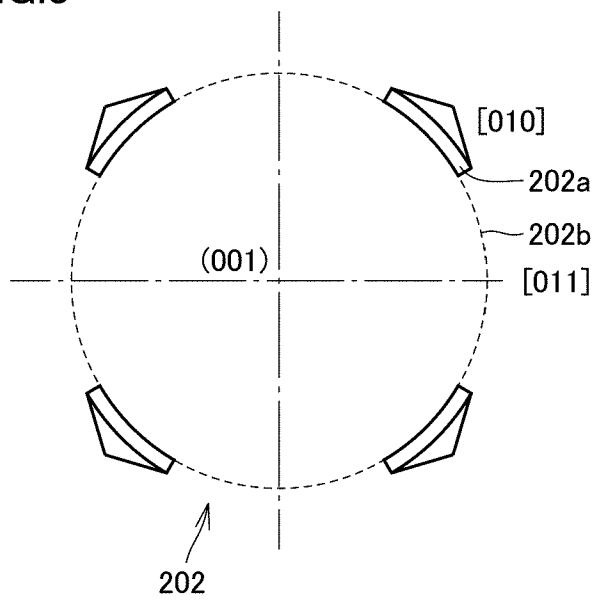
[図2]

FIG.2



[図3]

FIG.3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/044954

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. C30B29/42 (2006.01) i, C30B11/00 (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)

Int. Cl. C30B29/42, C30B11/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996

Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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.
Y	CN 108060454 A (FIRST SEMICONDUCTOR MATERIALS CO., LTD.) 22 May 2018, paragraphs [0033]-[0075] (Family: none)	1-12
Y	JP 2013-119500 A (HITACHI CABLE LTD.) 17 June 2013, paragraphs [0011]-[0039] (Family: none)	1-12
Y	JP 2013-507313 A (AXT, INC.) 04 March 2013, paragraphs [0010], [0015], [0016], [0019], fig. 4 & WO 2011/043777 A1, page 3, line 18 to page 4, line 17, page 6, line 16 to page 8, line 19, fig. 4 & EP 2501844 A1	1-12
A	JP 2005-350295 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES, LTD.) 22 December 2005 (Family: none)	1-12



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
28.12.2018

Date of mailing of the international search report
15.01.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/044954

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 09-227295 A (SONY CORP.) 02 September 1997 (Family: none)	1-12
A	JP 61-155286 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 14 July 1986 (Family: none)	1-12

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. C30B29/42(2006.01)i, C30B11/00(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. C30B29/42, C30B11/00

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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
Y	CN 108060454 A (FIRST SEMICONDUCTOR MATERIALS CO., LTD.) 2018.05.22, 段落0033-0075 (ファミリーなし)	1-12
Y	JP 2013-119500 A (日立電線株式会社) 2013.06.17, 段落0011-0039 (ファミリーなし)	1-12

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

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

28.12.2018

国際調査報告の発送日

15.01.2019

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）

村岡 一磨

4G

3448

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
Y	JP 2013-507313 A (エーエックスティール, インコーポレーテッド) 2013.03.04, 段落 0010、0015-0016、0019、図 4 & WO 2011/043777 A1, P. 3, Line 18-P. 4, Line 17, P. 6, Line 16-P. 8, Line 19, Fig. 4 & EP 2501844 A1	1-12
A	JP 2005-350295 A (住友電気工業株式会社) 2005.12.22, (ファミリーなし)	1-12
A	JP 09-227295 A (ソニー株式会社) 1997.09.02, (ファミリーなし)	1-12
A	JP 61-155286 A (松下電器産業株式会社) 1986.07.14, (ファミリーなし)	1-12