

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-193469

(P2017-193469A)

(43) 公開日 平成29年10月26日(2017.10.26)

(51) Int.Cl.

C30B 15/34 (2006.01)**C30B 29/20 (2006.01)**

F I

C30B 15/34

C30B 29/20

テーマコード (参考)

4G077

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願2016-85723 (P2016-85723)

(22) 出願日 平成28年4月22日 (2016.4.22)

(71) 出願人 000240477

並木精密宝石株式会社

東京都足立区新田 3 丁目 8 番 2 2 号

(72) 発明者 斎藤 弘倫

秋田県湯沢市愛宕町 4 丁目 6 番 5 6 号 並

木精密宝石株式会社秋田湯沢工場内

(72) 発明者 竹内 貴幸

秋田県湯沢市愛宕町 4 丁目 6 番 5 6 号 並

木精密宝石株式会社秋田湯沢工場内

(72) 発明者 樋口 数人

秋田県湯沢市愛宕町 4 丁目 6 番 5 6 号 並

木精密宝石株式会社秋田湯沢工場内

(72) 発明者 矢口 洋一

東京都足立区新田 3 丁目 8 番 2 2 号 並木

精密宝石株式会社内

最終頁に続く

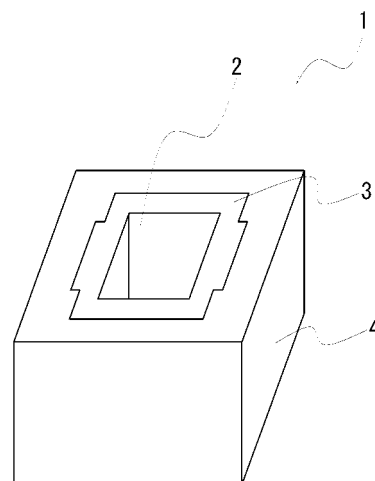
(54) 【発明の名称】 アフターヒータ及びサファイア単結晶製造装置

(57) 【要約】

【課題】 耐久性があり、EFG法によるサファイア単結晶製造に適した温度勾配を形成可能なアフターヒータ及びサファイア単結晶製造装置を提供すること。

【解決手段】 育成結晶が通過する中空部分 2 を形成する別材部分 3 と、本体部分 4 とを少なくとも有し、別材部分 3 に設けた凸部 5 を本体部分 4 に設けた凹部 6 にはめ込み固定することでアフターヒータ 1 を構成する。別材部分 3 は本体部分 4 とは別の材質で構成されており、別材部分 3 は、本体部分 4 よりも大きな熱伝導率を有する材質で構成される。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

育成結晶が通過する中空部分を形成する別材部分と、
本体部分とを少なくとも有し、
前記本体部分に前記別材部分がはめ込まれていることを特徴とするアフターヒータ。

【請求項 2】

前記別材部分は前記本体部分よりも大きな熱伝導率を有する材質からなることを特徴とする請求項 1 に記載のアフターヒータ。

【請求項 3】

前記別材部分はグラファイトからなり、前記本体部分は炭素材料系成形材からなることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のアフターヒータ。

10

【請求項 4】

原料を収容する坩堝と、
原料を加熱溶融するヒータと、
前記坩堝及び前記ヒータを取り囲むように設けられた加熱部断熱材と、
育成結晶が通過する空間に配置されたアフターヒータを少なくとも備え、
前記アフターヒータは、育成結晶が通過する中空部分を形成する別材部分と本体部分を少なくとも有し、
前記本体部分に前記別材部分がはめ込まれていることを特徴とするサファイア単結晶製造装置。

20

【請求項 5】

E F G 法によるサファイア単結晶製造に用いられる請求項 4 に記載のサファイア単結晶製造装置。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、アフターヒータ及びサファイア単結晶製造装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

サファイアやシリコン等の単結晶成長方法として知られる C Z (Czochralski) 法、E F G (Edge-defined Film-fed Growth) 法などの結晶製造装置内に設けられる断熱材構造として、特許文献 1 ~ 3 に示すようなものがある。

30

【0003】

特許文献 1 は、C Z 法による結晶製造装置において、炭素繊維成型材からなる坩堝とヒータを囲繞する断熱筒を具備している。特許文献 1 では、シリコン、ゲルマニウム等の半導体結晶成長中の熱履歴を制御することを目的として、断熱筒に局所的な熱の放散を可能にする複数の断熱部を設けている。さらに、この断熱部を坩堝内の原料の湯面より上部に設けることで結晶に対しより直接的に作用し結晶欠陥の低減に効果的であることが記載されている。

【0004】

特許文献 2 には、C Z 法によるサファイア単結晶製造装置において、炉体内に断熱空間を形成するカーボン製断熱材とともに、坩堝の上方に配置された複数の熱反射板を備えた構造が開示されている。熱反射板は、原料融液からの輻射熱を反射することによって、原料融液及び断熱空間の垂直温度勾配を制御している。

40

【0005】

一方、E F G 法においては、特許文献 3 の図 1 に育成容器内部が断熱材 116 によって囲まれている単結晶製造装置が開示されている。特許文献 3 に示す従来の E F G 法に用いるサファイア単結晶製造装置では、断熱材 116 が坩堝、ヒータ、電極、ダイを取り囲んでいる。

【先行技術文献】

50

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特許第3128795号

【特許文献2】特開2014-65639号

【特許文献3】特許第4465481号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

特許文献3の図1において、シャフト駆動部及びシード基板が鉛直方向に移動する坩堝上方の空間は、結晶成長が進む方向であるとともに成長した育成結晶が通過する空間でもある。育成結晶が急冷されることを防ぐため、一般に、この空間の断熱材116は炭素材料系の断熱材で形成される。炭素材料系断熱材は、熱伝導率が $1\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下と小さく断熱性能に優れているため、様々な単結晶成長炉の断熱材として広く用いられている。

10

【0008】

しかしながら、本出願人らが特許文献3に示す従来の断熱材116を用いてサファイア単結晶を製造したところ、断熱材116を通過してきた育成結晶には多数の結晶欠陥が導入されるという問題があった。本出願人らは、結晶欠陥の原因は断熱材116内部の鉛直方向の温度勾配によるものであると考えた。

【0009】

サファイア単結晶の引き上げ速度は、CZ法では 1 mm/h 程度であるのに対し、EFG法では 10 mm/h 以上の高速で結晶成長が行われる。そのため、CZ法と比較して高速で引き上げられる育成結晶からの熱放射の影響により、断熱材116内部は特に鉛直方向の温度勾配が変化しやすく不安定な状態であると考えた。2000を超える高温環境下で育成されたサファイア単結晶が熱源となり、断熱材116内部は局所的に高温となることが考えられる。また、育成結晶が通過している間は、断熱材内部はサファイア単結晶からの熱放射を受け続けるため、断熱材構造には高温に対する耐久性も求められる。

20

【0010】

本発明は、上記課題に鑑みてなされたものであり、耐久性があり、EFG法によるサファイア単結晶製造に適した温度勾配を形成可能な断熱材構造（アフターヒータ）とこのアフターヒータを備えたサファイア単結晶製造装置を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

上記課題は本発明により解決される。すなわち、本発明に係るアフターヒータは、育成結晶が通過する中空部分を形成する別材部分と、本体部分を少なくとも有し、本体部分に別材部分がはめ込まれていることを特徴とする。

【0012】

本発明に係るアフターヒータの一実施形態は、別材部分は本体部分よりも大きな熱伝導率を有する材質からなることを特徴とする。別材部分と本体部分は同一の材質ではなく、別材部分の熱伝導率は本体部分の熱伝導率よりも大きな材質であることを意味する。

40

【0013】

本発明に係るアフターヒータの別の実施形態は、別材部分はグラファイトからなり、本体部分は炭素材料系成形材からなることを特徴とする。

【0014】

本発明に係るサファイア単結晶製造装置は、原料を収容する坩堝と、原料を加熱溶解するヒータと、坩堝及び前記ヒータを取り囲むように設けられた加熱部断熱材と、育成結晶が通過する空間に配置されたアフターヒータを少なくとも備え、アフターヒータは、育成結晶が通過する中空部分を形成する別材部分と本体部分を少なくとも有し、本体部分に別材部分がはめ込まれていることを特徴とする。

【発明の効果】

【0015】

50

本発明によれば、耐久性があり、サファイア単結晶製造に適した温度勾配を形成可能なアフターヒータ及びサファイア単結晶製造装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0016】

【図1】本実施形態のアフターヒータの一例を示す模式図である。

【図2】図1に示すアフターヒータにおいて、別材部分及び本体部分を示す模式図である。

【図3】本実施形態のサファイア単結晶製造装置の概略構成図である。

【図4】本実施形態のアフターヒータの開口部輪郭線2Lとダイの寸法との関係を示す模式図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0017】

図1に、本発明に係るアフターヒータ1の一例を示す。図2には、図1に示すアフターヒータ1における別材部分3及び本体部分4を示す。図3には、本発明に係るアフターヒータ1を設置したサファイア単結晶製造装置を示す。

【0018】

図1及び図2に示すように、本発明に係るアフターヒータ1は、育成結晶が通過する中空部分2を形成する別材部分3と、本体部分4とを少なくとも有し、本体部分4に別材部分3がはめ込まれている。図2に示すように、別材部分3は本体部分4とは別の材質で構成されており、別材部分3に設けた凸部5を本体部分4に設けた凹部6にはめ込むことで固定し、アフターヒータ1を構成する。

20

【0019】

別材部分3と本体部分4の固定は、図1及び図2に示すはめ込み式の形態に限らず、別材部分3が本体部分4から抜け落ちて落下しない方法であればよいが、接着材やボルト、ピン等の部材を用いないことが構造の複雑化防止のためにも好ましい。このように、単純なはめ込み式の構造とすることにより、アフターヒータの高温への耐久性を向上させることができ、さらには消耗時に交換しやすいという利点をも有する。

【0020】

図3に示すように、アフターヒータ1は、坩堝11及びヒータ12を取り囲むように設けられた円筒状の加熱部断熱材13の上部に設置される。図3についての詳細は後述する。

30

【0021】

図2に示すように、中空部分2は、育成結晶が通過するために別材部分3に設けられた開口部である。この開口部は別材部分3を貫通するように設けられている。中空部分2の間口寸法は、成長させる結晶の大きさや枚数によって適宜設定される。図4に示すように、開口部輪郭線2Lは、ダイ16の幅方向の寸法E及び枚数方向の寸法Fに対し、両側にそれぞれ10mm以上100mm以下、より好ましくは20mm以上70mm以下の余裕分を設けるように設定されるのが好ましい。このような余裕分を設定する理由としては、育成結晶に対する断熱効果を保持しつつ、育成結晶が別材部分3の開口部に接触しないようにするためである。

40

【0022】

別材部分3は、熱変形に対する強度を確保するためにもある程度の厚みを有することが好ましい。図2に示すように、厚みtは少なくとも5mm以上、より好ましくは10mm以上が好ましい。厚みtが5mm未満であると熱変形に対する強度や耐久性が十分でないため好ましくない。

【0023】

図2に示すように、別材部分3には凸部5が設けられている。凸部5の幅Wは、熱変形や自重による破損、落下を防ぐためにも、凸部が設けられる別材部分3の1辺の1/3以上1以下の長さにするのが好ましい。また、凸部5の高さHは、別材部分3の高さの1/2以上1未満の長さにするのが好ましく、凸部厚みDは5mm以上とするのが好ましい。

50

【0024】

本体部分４の外形状は、図１及び図２では直方体を一例として示しているが、円柱体等でもよい。図１及び図２に示すような直方体の場合、その外形の辺 a 、 b の対角線の長さは、図３に示す、円筒状の加熱部断熱材１３の直径を超えない範囲とするのが好ましい。直径を超えない範囲とすることで、育成結晶が通過する空間の断熱効果を保ちつつも、本体部分４の厚み方向に適度に熱を逃がす効果を有する。

【００２５】

また、本体部分４の高さ c は、育成結晶の長さに応じて設定される。すなわち、引き上げ軸１８を上方に移動し所望の長さまで結晶育成を行った後、サファイア単結晶２１をダイ１６から切り離した時点において、少なくとも種結晶１９がアフターヒータ１の上面を越えることがないような高さに設定するのが好ましい。種結晶１９の上方にシードホルダー

10

【００２６】

本体部分４は、熱伝導率が小さく断熱性能の高い炭素材料系の材質、より好ましくは炭素材料系成形材で構成するのが望ましい。高温の育成結晶が通過する中空部分を形成する別材部分３は、本体部分４とは別の材質で構成されており、本体部分４よりも大きな熱伝導率を有する材質、より好ましくは、本体部分４よりも１０倍以上大きな熱伝導率を有する材質とするのが望ましい。

【００２７】

例えば、本体部分４には熱伝導率 $1\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以下の炭素材料系成形材、別材部分３には熱伝導率 $100\text{ W/m}\cdot\text{K}$ 以上の炭素材料であるグラファイト等を用いることが好ましい。

20

【００２８】

別材部分３を熱伝導率の大きな材質で構成することにより、育成結晶によって局所的に高温となった別材部分３の内壁３５の温度を短時間で均熱化することが可能となり、育成結晶が通過する中空部分２の鉛直方向の温度勾配が安定化する。さらに、別材部分３をグラファイトとし、本体部分４にはめ込む構成とすることにより、高温による別材部分３の熱変形を防ぎ、耐久性を向上することが可能である。

【００２９】

本体部分４が炭素材料系成形材である場合、凹部６は成形等によってあらかじめ作製されても良いが、カッター等を用いて容易に作製することもできる。別材部分３がグラファイトである場合、粉末を成形後、焼成し、黒鉛化処理された材料を成形加工することによって作製する。

30

【００３０】

図３に示すように、本発明に係るサファイア単結晶製造装置１００は、原料を収容する坩堝１１と、原料を加熱溶融するヒータ１２と、坩堝１１及びヒータ１２を取り囲むように設けられた加熱部断熱材１３と、育成結晶が通過する空間に配置されたアフターヒータ１を少なくとも備える。アフターヒータ１は、育成結晶が通過する中空部分２を形成する別材部分３と本体部分４を少なくとも有し、本体部分４に別材部分３がはめ込まれており、坩堝及びヒータを取り囲む加熱部断熱材１３の上部に設置される。

40

【００３１】

本実施形態のサファイア単結晶製造装置は、ＥＦＧ法によるサファイア単結晶製造に好適に用いられる。

【００３２】

ＥＦＧ法を利用する場合、サファイア単結晶製造装置１００はさらに、育成チャンバ１０と、育成チャンバ１０内部に配置され、上面に坩堝１１を設置するための坩堝支持台１４、ヒータ電極１５、ダイ１６及び引き上げ軸１８を備える。引き上げ軸１８は、育成チャンバ１０の上面部に設けられた連通口１７を通して鉛直方向に昇降可能となっている。引き上げ軸１８の先端に保持された種結晶１９を、毛細管現象によりダイ１６の上面開口部に達したアルミナ融液２０に接触させた後、鉛直方向上方に移動させることで、複数枚

50

のサファイア単結晶 2 1 を製造する構成となっている。

【 0 0 3 3 】

坩堝 1 1 は、アルミナの融点を超える高融点金属であるモリブデン等の材料で作製され、その形状は通常、有底円筒状のものが用いられる。坩堝 1 1 の内部には、上端部から下方へと伸びるスリット 2 2 を備えたダイ 1 6 が配置される。ダイ 1 6 も坩堝 1 1 と同様に、通常はモリブデン等の高融点金属で作製され、坩堝 1 1 の中央部付近に配置される。サファイア単結晶を育成する際には、ダイ 1 6 の下部側は坩堝 1 1 内部に満たされるアルミナ融液 2 0 中に浸される。このため、アルミナ融液 2 0 はスリット 2 2 の内部を上昇し、ダイ 1 6 の上面開口部に到達できる。

【 0 0 3 4 】

ヒータ電極 1 5 はヒータ 1 2 を通電し、坩堝 1 1 内部に充填された原料を加熱溶融し、アルミナ融液 2 0 を得る。ヒータ 1 2 及びヒータ電極 1 5 は、通常、炭素系の材料で作製され、ヒータ 1 2 は坩堝 1 1 の外周面を取り囲む円筒状のものが用いられる。

【 0 0 3 5 】

加熱部断熱材 1 3 は、坩堝 1 1 及びヒータ 1 2 を含む加熱部を断熱するために、坩堝 1 1 及びヒータ 1 2 を取り囲むように設けられる。加熱部断熱材 1 3 は、坩堝 1 1 及びヒータ 1 2 の形状に合わせた円筒状のものが通常用いられるが、その形状は特に限定されない。加熱部断熱材 1 3 の底面は、坩堝支持台 1 4 と一体化されたものでも良いが、図 3 に示す例のように、坩堝支持台 1 4 と分離された構造であってもよい。

【 0 0 3 6 】

また、加熱部断熱材 1 3 の上部開口部からの熱の流出を防ぐために、図 3 に例示するような加熱部蓋 2 3 を設けても良い。加熱部蓋 2 3 は加熱部断熱材 1 3 と一体化されたものでも良いが、設置の容易さを考慮すると分離された構造である方が好ましい。加熱部蓋 2 3 を設けることによって、アフターヒータ 1 を安定的に設置ができるという効果も有する。加熱部断熱材 1 3 及び加熱部蓋 2 3 としては、炭素材料系成形材を用いることができる。

【 0 0 3 7 】

なお、本発明に係るサファイア単結晶製造装置 1 0 0 は、図示しない原料供給装置等を有していてもよい。

【 0 0 3 8 】

次に、図 3 に示すサファイア単結晶製造装置 1 0 0 を用いて、E F G 法によりサファイア単結晶を製造する方法の一例について説明する。

【 0 0 3 9 】

最初にサファイア単結晶の原料であるアルミナ粉末を、ダイ 1 6 が収納された坩堝 1 1 に所定量投入して充填する。続いて、坩堝 1 1 やヒータ 1 2 若しくはダイ 1 6 を酸化消費させないために、育成チャンバ 1 0 内をアルゴンガスで置換し、酸素濃度を所定値以下とする。次にヒータ 1 2 による加熱を開始し、坩堝 1 1 内に充填された原料を溶融しアルミナ融液 2 0 を得る。

【 0 0 4 0 】

その後、引き上げ軸 1 8 の先端に保持された種結晶 1 9 を降下し、ダイ 1 6 の上部開口部に達したアルミナ融液 2 0 に接触させた後、引き上げ軸を上方へと移動することでサファイア単結晶 2 1 を結晶成長させる。E F G 法を用いてサファイア単結晶 2 1 を育成するにあたっては、ネック部形成工程、拡幅工程及び直胴部形成といった工程を経て育成するのが好ましい。

【 0 0 4 1 】

ネック部形成工程では、引き上げ速度を 1 0 0 mm / h まで徐々に大きくし、細いネック部を 1 0 mm 以下程度の長さ形成する。ネック部を形成後、サファイア単結晶 2 1 の結晶幅をダイ 1 6 の幅方向へと広げる拡幅工程が行われる。拡幅工程は、1 0 ~ 2 0 mm / h の引き上げ速度で行われ、ダイ 1 6 の幅方向いっぱいまで広がると直胴部形成工程へと移行する。直胴部形成工程は、引き上げる結晶のサイズに応じて調整されるが、通常 2 0 ~ 3 0 mm / h の引き上げ速度で行われる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 2 】

サファイア単結晶 2 1 が所定の長さまで結晶成長した後は、サファイア単結晶 2 1 を融液から切り離し、適宜放冷した後、引き上げ軸 1 8 をさらに上方へと移動し、育成チャンバ 1 0 の上部に配置される取り出しチャンバの外へ取り出す。

【 0 0 4 3 】

以下に、図 1 及び図 2 に示すアフターヒータ 1 と、図 3 に示すサファイア単結晶製造装置 1 0 0 を用いて行った c 面を主面とするサファイア単結晶育成の実施例を示す。また、特許文献 3 に示すような、従来のサファイア単結晶製造装置を用いた c 面サファイア単結晶の育成結果について比較例 1 及び 2 に示す。なお、本発明により育成されるサファイア単結晶の主面は c 面に限定されず、a 面、m 面、r 面等でもよい。

10

【 実施例 1 】

【 0 0 4 4 】

実施例 1 では、結晶幅 5 5 mm のサファイア単結晶を複数枚育成する際に、中空部分 2 の間口寸法が、ダイ 1 6 の幅方向寸法 E で 1 5 5 mm、枚数方向の寸法 F で 2 6 0 mm、本体部分 4 の高さ c が 5 0 0 mm であるアフターヒータ 1 を用いた。アフターヒータ 1 において、本体部分 4 の材質は、熱伝導率 1 W / m · K 以下の炭素材料系成形材、別材部分 3 の材質は、熱伝導率 1 0 0 W / m · K 以上の炭素材料であるグラファイトで構成した。直胴部形成工程では、引き上げ速度を 2 5 mm / h に設定し、引き上げ方向に長さ約 2 5 0 mm 育成した後、取り出しチャンバからサファイア単結晶を取り出した。表 1 に、育成結晶の主面中央部分及び主面両側面付近における結晶欠陥発生率を示す。

20

【 実施例 2 】

【 0 0 4 5 】

実施例 2 では、結晶幅 8 0 mm のサファイア単結晶を複数枚育成する際に、中空部分 2 の間口寸法が、ダイ 1 6 の幅方向寸法 E で 1 8 0 mm、枚数方向の寸法 F で 2 3 0 mm、本体部分 4 の高さ c が 5 0 0 mm であるアフターヒータ 1 を用いた。材質については実施例 1 と同様である。直胴部形成工程では、引き上げ速度を 2 5 mm / h に設定し、引き上げ方向に長さ約 2 4 0 mm 育成した後、取り出しチャンバからサファイア単結晶を取り出した。表 1 に、育成結晶の主面中央部分及び主面両側面付近における結晶欠陥発生率を示す。

30

【 比較例 】

【 0 0 4 6 】

比較例 1 では、結晶幅 5 5 mm のサファイア単結晶を複数枚育成する際に、図 1 および図 2 に示されるアフターヒータ 1 において、別材部分 3 が本体部分 4 と一体で、本体部分 4 の材質は実施例 1 及び 2 と同じであるアフターヒータ 1 を用いた。中空部分 2 の間口寸法は、実施例 1 と同様、ダイ 1 6 の幅方向寸法 E で 1 5 5 mm、枚数方向の寸法 F で 2 6 0 mm、本体部分 4 の高さ c は 5 0 0 mm であった。直胴部形成工程では、引き上げ速度を 2 5 mm / h に設定し、引き上げ方向に長さ約 2 5 0 mm 育成した後、取り出しチャンバからサファイア単結晶を取り出した。表 1 に、育成結晶の主面中央部分及び主面両側面付近における結晶欠陥発生率を示す。

40

【 0 0 4 7 】

比較例 2 では、結晶幅 8 0 mm のサファイア単結晶を複数枚育成する際に、図 1 および図 2 に示されるアフターヒータ 1 において、別材部分 3 が本体部分 4 と一体で、本体部分 4 の材質は実施例 1 及び 2 と同じであるアフターヒータ 1 を用いた。中空部分 2 の間口寸法は、実施例 2 と同様、ダイ 1 6 の幅方向寸法 E で 1 8 0 mm、枚数方向の寸法 F で 2 3 0 mm、本体部分 4 の高さ c は 5 0 0 mm であった。直胴部形成工程では、引き上げ速度を 2 5 mm / h に設定し、引き上げ方向に長さ約 2 4 0 mm 育成した後、取り出しチャンバからサファイア単結晶を取り出した。表 1 に、育成結晶の主面中央部分及び主面両側面付近における結晶欠陥発生率を示す。

【 0 0 4 8 】

実施例 1 及び 2 において、本発明のアフターヒータ 1 を用いた場合、結晶の主面中央部分

50

及び主面両側面付近において、11～18%であった結晶欠陥発生率が4～6%に低減されることが分かった。また、本発明のアフターヒータ1は耐久性にも優れており、350回を超える育成回数でも問題なく使用できることが確認できた。

【0049】

【表1】

	結晶幅(mm)	結晶欠陥発生率(%)	
		中央部分	両側面付近
実施例1	55	6	1
比較例1		18	3
実施例2	80	4	4
比較例2		11	9

10

20

【符号の説明】

【0050】

- 1 アフターヒータ
- 2 中空部分
- 2 L 開口部輪郭線
- 3 別材部分
- 3 S 別材部分の内壁
- 4 本体部分
- 5 凸部
- 6 凹部
- 10 育成チャンバ
- 11 坩堝
- 12 ヒータ
- 13 加熱部断熱材
- 14 坩堝支持台
- 15 ヒータ電極
- 16 ダイ
- 17 連通口
- 18 引き上げ軸
- 19 種結晶
- 20 アルミナ融液
- 21 サファイア単結晶
- 22 スリット
- 23 加熱部蓋
- 100 サファイア単結晶製造装置
- t 別材部分の厚み
- W 凸部の幅
- H 凸部の高さ
- D 凸部の厚み

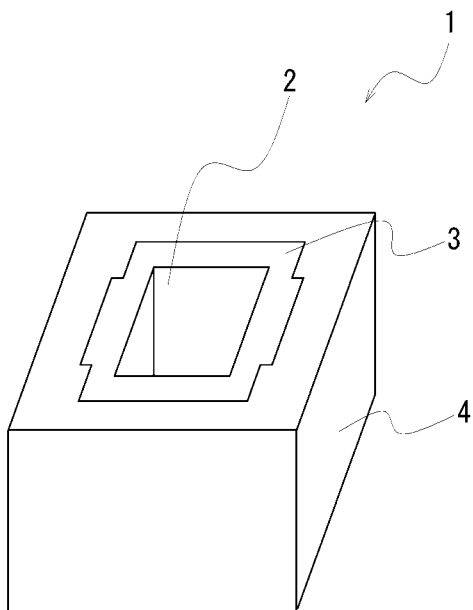
30

40

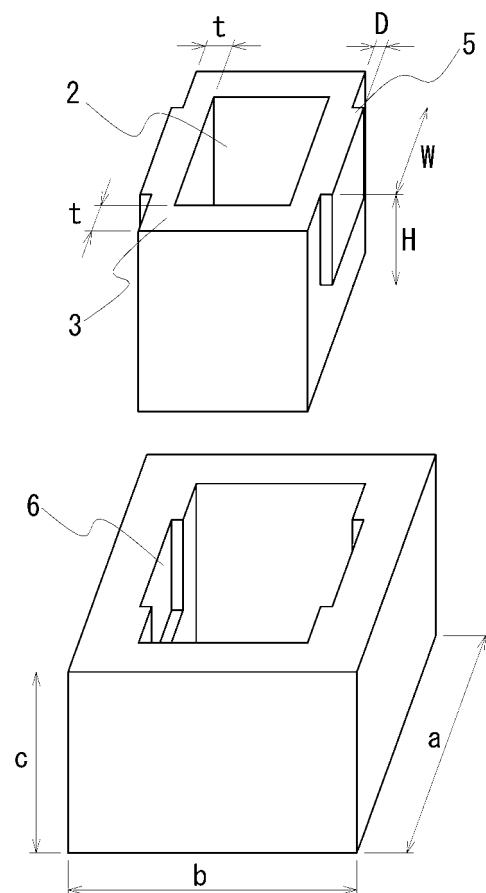
50

加熱部断熱材の直径
 a, b 本体部分の長さ
 c 本体部分の高さ

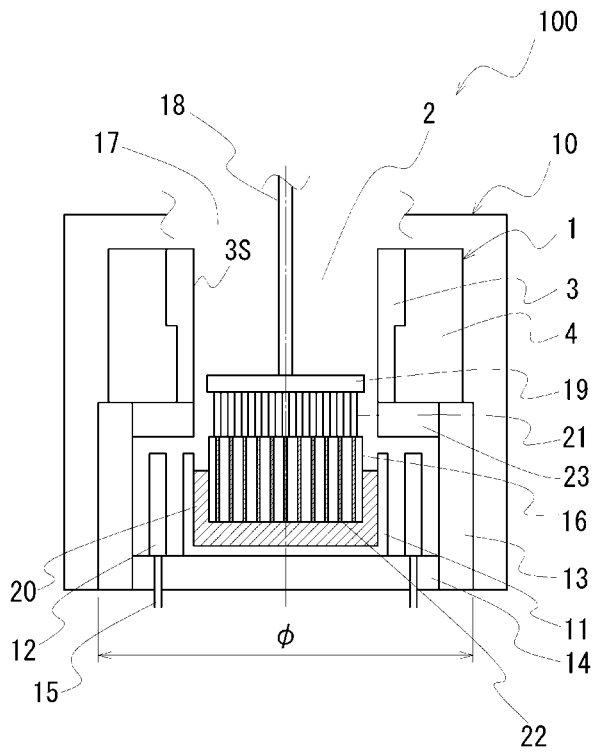
【図 1】



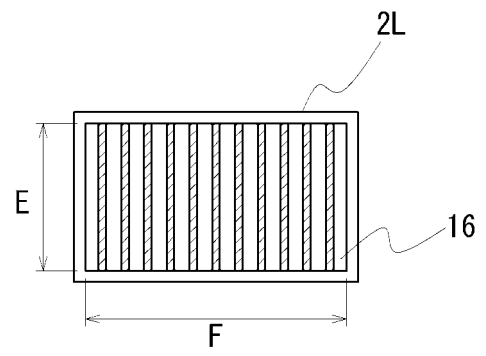
【図 2】



【 図 3 】



【 図 4 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G077 AA02 BB01 CF10 EG15 EG19 EG20 EG25 PE12 PE22