

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7537079号
(P7537079)

(45)発行日 令和6年8月21日(2024.8.21)

(24)登録日 令和6年8月13日(2024.8.13)

(51)国際特許分類 F I
C 3 0 B 23/06 (2006.01) C 3 0 B 23/06

請求項の数 7 (全12頁)

(21)出願番号	特願2019-220686(P2019-220686)	(73)特許権者	000004455 株式会社レゾナック 東京都港区東新橋一丁目9番1号
(22)出願日	令和1年12月5日(2019.12.5)	(74)代理人	100141139 弁理士 及川 周
(65)公開番号	特開2020-93974(P2020-93974A)	(74)代理人	100163496 弁理士 荒 則彦
(43)公開日	令和2年6月18日(2020.6.18)	(74)代理人	100134359 弁理士 勝俣 智夫
審査請求日	令和4年10月20日(2022.10.20)	(74)代理人	100137017 弁理士 眞島 竜一郎
(31)優先権主張番号	特願2018-230182(P2018-230182)	(72)発明者	金田一 麟平 千葉県千葉市緑区大野台1-1-1 昭 和電工株式会社内
(32)優先日	平成30年12月7日(2018.12.7)	(72)発明者	奥野 好成
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 結晶成長装置及び坩堝

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

本体部と前記本体部より輻射率の低い低輻射部とを有する坩堝と、
前記坩堝の外側に位置し、前記坩堝を輻射熱によって加熱する加熱部と、を備え、
前記低輻射部は、低輻射部を有さない坩堝である場合に加熱中心となる前記低輻射部を
有さない坩堝の第1点の外表面に設けられており、

前記低輻射部の上部及び下部の外表面に前記本体部が露出している、結晶成長装置。

【請求項2】

前記低輻射部の輻射率は、前記本体部の輻射率の0.6倍以下である、請求項1に記載
の結晶成長装置。

【請求項3】

前記本体部は、黒鉛であり、
前記低輻射部は、Ta、Mo、Nb、Hf、W及びZrからなる群から選択される元素
を含む単体、炭化物、窒化物または混合物である、請求項1又は2に記載の結晶成長装置。

【請求項4】

前記本体部の外表面は凹凸であり、
前記低輻射部の外表面は平坦面である、請求項1～3のいずれか一項に記載の結晶成長
装置。

【請求項5】

前記低輻射部の高さは、前記第1点から前記加熱部に向って下した垂線の距離の2倍以

上である、請求項 1 ~ 4 のいずれか一項に記載の結晶成長装置。

【請求項 6】

前記低輻射部の高さは、前記坩堝の内部に收容される原料の高さの 40% 以上である、請求項 1 ~ 5 のいずれか一項に記載の結晶成長装置。

【請求項 7】

本体部と前記本体部より輻射率の低い低輻射部とを有し、

前記低輻射部は、坩堝の内部に收容される原料の表面位置より下方の前記坩堝の外表面の一部に設けられ、

前記低輻射部の上部及び下部の外表面に前記本体部が露出している、坩堝。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、結晶成長装置及び坩堝に関する。

【背景技術】

【0002】

炭化珪素 (SiC) は、シリコン (Si) に比べて絶縁破壊電界が 1 桁大きく、バンドギャップが 3 倍大きい。また、炭化珪素 (SiC) は、シリコン (Si) に比べて熱伝導率が 3 倍程度高い等の特性を有する。そのため炭化珪素 (SiC) は、パワーデバイス、高周波デバイス、高温動作デバイス等への応用が期待されている。このため、近年、上記のような半導体デバイスに SiC エピタキシャルウェハが用いられるようになっている。

20

【0003】

SiC エピタキシャルウェハは、SiC 単結晶基板上に化学的気相成長法 (Chemical Vapor Deposition: CVD) によって SiC 半導体デバイスの活性領域となる SiC エピタキシャル膜を成長させることによって製造される。

【0004】

SiC 単結晶基板は、SiC 単結晶を切り出して作製する。この SiC 単結晶は、一般に昇華法によって得ることができる。昇華法は、黒鉛製の坩堝内に配置した台座に SiC 単結晶からなる種結晶を配置し、坩堝を加熱することで坩堝内の原料粉末から昇華した昇華ガスを種結晶に供給し、種結晶をより大きな SiC 単結晶へ成長させる方法である。

【0005】

30

近年、市場の要求に伴い、SiC 単結晶の大口径化、長尺化の要望も高まっている。また SiC 単結晶の大口径化、長尺化の要望と共に、SiC 単結晶の高品質化及び生産効率の向上も求められている。

【0006】

特許文献 1 には、高さ方向に分割されたヒータとの間に仕切壁部を設けることが記載されている。仕切壁部は、分割されたヒータ間の熱伝導を制御し、ヒータから坩堝へ伝わる輻射熱を制御し、種結晶側と原料側とを断熱する。特許文献 1 に記載の炭化珪素単結晶の製造装置は、仕切壁部により坩堝の種結晶側と原料側とを別々に制御する。

【0007】

また特許文献 2 には、坩堝内に、原料の中心部上面から種結晶側に向かう熱の流れを遮る断熱材を配置することが記載されている。断熱材は、原料全体の温度を均一化する。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【文献】特開 2008 - 290885 号公報

【文献】特開 2015 - 212207 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、特許文献 1 に記載の仕切壁部は、分割されたヒータ間における熱伝導を

50

抑制し、種結晶側と原料側とを熱的に分離できるが、熱輻射による原料側における温度分布を制御できない。また特許文献2に記載の断熱材は、坩堝内に配置されるものであり、温度分布を自由に設計できない。

【0010】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、坩堝内に收容される原料内に生じる温度分布を低減できる結晶成長装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明者らは、鋭意検討の結果、坩堝の所定の部分の輻射率を他の部分より低くすることで、坩堝の最高温度となる点の近傍における温度分布を上下方向に緩やかにし、坩堝内に收容される原料内に生じる温度分布を低減できることを見出した。すなわち、本発明は、上記課題を解決するため、以下の手段を提供する。

【0012】

(1) 第1の態様にかかる結晶成長装置は、本体部と前記本体部より輻射率の低い低輻射部とを有する坩堝と、前記坩堝の外側に位置し、前記坩堝を輻射熱によって加熱する加熱部と、を備え、前記低輻射部は、低輻射部を有さない坩堝である場合に加熱中心となる前記低輻射部を有さない坩堝の第1点の外表面に設けられており、前記低輻射部の上部及び下部の外表面に前記本体部が露出している。

【0013】

(2) 上記態様にかかる結晶成長装置において、前記低輻射部の輻射率は、前記本体部の輻射率の0.6倍以下であってもよい。

【0014】

(3) 上記態様にかかる結晶成長装置において、前記本体部は、黒鉛であり、前記低輻射部は、Ta、Mo、Nb、Hf、W及びZrからなる群から選択される元素を含む単体、炭化物、窒化物または混合物であってもよい。

【0015】

(4) 上記態様にかかる結晶成長装置において、前記本体部の外表面は凹凸であり、前記低輻射部の外表面は平坦面であってもよい。

【0016】

(5) 上記態様にかかる結晶成長装置において、前記低輻射部の高さは、前記第1点から前記加熱部に向って下した垂線の距離の2倍以上であってもよい。

【0017】

(6) 上記態様にかかる結晶成長装置において、前記低輻射部の高さは、前記坩堝の内部に收容される原料の高さの40%以上であってもよい。

【0018】

(7) 第2の態様にかかる坩堝は、本体部と前記本体部より輻射率の低い低輻射部とを有し、前記低輻射部は、前記坩堝の内部に收容される原料の表面位置より下方の前記坩堝の外表面の一部に設けられ、前記低輻射部の上部及び下部の外表面に前記本体部が露出している。

【発明の効果】

【0019】

上記態様にかかる結晶成長装置によれば、坩堝内に收容される原料内に生じる温度分布を低減できる。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】 第1実施形態に係る結晶成長装置の断面模式図である。

【図2】 低輻射部を有さない結晶成長装置の機能を説明するための断面模式図である。

【図3】 第1実施形態に係る結晶成長装置の機能を説明するための断面模式図である。

【図4】 第2実施形態に係る結晶成長装置の断面模式図である。

【図5】 実施例2の結果を示すグラフである。

10

20

30

40

50

【図6】実施例3の結果を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下、本実施形態にかかる結晶成長装置および坩堝について、図を適宜参照しながら詳細に説明する。以下の説明で用いる図面は、本発明の特徴をわかりやすくするために便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などは実際とは異なっていることがある。以下の説明において例示される材質、寸法等は一例であって、本発明はそれらに限定されるものではなく、その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することが可能である。

【0022】

(結晶成長装置)

図1は、第1実施形態にかかる結晶成長装置の断面模式図である。図1に示す結晶成長装置100は、坩堝10と断熱材20と加熱部30と支持体40とを備える。図1では、理解を容易にするために、原料G、種結晶S、種結晶S上に結晶成長した単結晶Cを同時に図示している。

【0023】

以下図示において、坩堝10が支持体40により支持される支持面と鉛直方向を上下方向とし、上下方向に対して垂直な方向を径方向とする。図1は、支持体40の中心軸に沿う任意の断面で切断した断面図である。

【0024】

坩堝10は、単結晶Cを結晶成長させる成長空間Kを囲む。坩堝10は、本体部11と低輻射部12と結晶設置部13とを有する。昇華法によって単結晶Cを結晶成長させる際は、坩堝10の底部に原料Gが充填される。結晶設置部13は、原料Gと対向する位置にある。昇華法によって単結晶Cを結晶成長させる際は、結晶設置部13に種結晶Sが設置される。原料Gから昇華した原料ガスが、種結晶Sの表面で再結晶化することで、単結晶Cが結晶成長する。

【0025】

本体部11は、成長空間Kを囲む部分である。本体部11は、単結晶Cを成長する際の高温に耐えることができる材料からなる。本体部11は、例えば、黒鉛である。黒鉛は昇華温度が3550と極めて高く、成長時の高温にも耐えることができる。

【0026】

低輻射部12は、本体部11より輻射率の低い部分である。輻射率は、放射率とも呼ばれる。輻射率は、物体が熱輻射で輻射するエネルギーを同温の黒体が輻射するエネルギーを1とした際の比である。輻射率が高いと吸熱しやすく、輻射率が低いと吸熱しにくい。低輻射部12は、例えば、本体部11の輻射率の0.6倍以下であることが好ましく、0.4倍以下であることがより好ましい。また、低輻射部12は、本体部11の輻射率の0.1倍以上であることが好ましい。

【0027】

低輻射部12は、例えば、Ta、Mo、Nb、Hf、W及びZrからなる群から選択される元素を含む単体、炭化物、窒化物または混合物を含む。低輻射部12は、例えばTaC、Ta、Mo、Mo₂C、W、WC、Nb、NbCである。TaCの輻射率は、表面の形状、粗さ、酸化の有無、測定温度、測定波長等にもよるが、例えば0.1~0.5である。またWの輻射率は、例えば0.1~0.4であり、Moの輻射率は、例えば、0.1~0.4である。黒鉛の輻射率は、例えば0.7~0.95であり、これらの材料より輻射率が高い。

【0028】

低輻射部12は、坩堝10の第1点の外表面を覆う。図2を基に、第1点P1について説明する。図2は、低輻射部を有さない結晶成長装置の断面模式図である。図2に示す坩堝10'は、低輻射部12を有さない点で図1に示す坩堝10と異なる。

【0029】

10

20

30

40

50

加熱部 30 は、坩堝 10 ' 全体を加熱できるように上下方向に延びる。坩堝 10 ' は、上下方向に高さを有する加熱部 30 によって間接加熱される。坩堝 10 ' の径方向の側面の加熱状態は、均一ではなく、高さ方向に温度分布が生じる。

【 0 0 3 0 】

第 1 点 P 1 は、坩堝 10 ' において最も高温になる加熱中心となる位置である。加熱部 30 が高さ方向に均一な場合において、例えば、加熱部 30 の上下方向の中心と対向する位置が第 1 点 P 1 となる場合がある。すなわち、第 1 点 P 1 は、図 1 に示す坩堝 10 が低輻射部 12 を有さない場合に、加熱中心となる位置である。

【 0 0 3 1 】

第 1 点 P 1 は、坩堝 10 の内部に收容される原料 G の表面位置より下方に位置する。加熱中心が原料の周囲に位置することで、原料 G の昇華効率が高まる。低輻射部 12 は、坩堝 10 の内部に收容される原料 G の表面位置より下方の外表面の一部を少なくとも覆う。

10

【 0 0 3 2 】

図 3 は、第 1 実施形態に係る結晶成長装置の断面模式図である。低輻射部 12 は坩堝 10 の第 1 点 P 1 の外表面を覆い、低輻射部 12 の表面は坩堝 10 の外表面に露出する。坩堝 10 の外表面は、加熱部 30 からの電磁波が入射する面である。坩堝 10 の外表面の状態が、本体部 11 と低輻射部 12 とで異なるため、坩堝 10 の内部の温度分布に差が生じる。

【 0 0 3 3 】

低輻射部 12 の高さ h は、第 1 点 P 1 から加熱部 30 に向って下した垂線の距離 d の 2 倍以上であることが好ましく、2 倍以上 4 倍以下であることがより好ましい。第 1 点 P 1 から加熱部 30 に向って下した垂線と加熱部 30 との交点を第 2 点 P 2 とし、低輻射部 12 の上下方向の一端を第 1 端 E 1 とし、第 1 点 P 1 と第 2 点 P 2 とを結ぶ線分と第 2 点 P 2 と第 1 端 E 1 とを結ぶ線分とのなす角を θ とする。上記関係を満たすと $\tan \theta = 1$ が成り立つ。

20

【 0 0 3 4 】

また低輻射部 12 の高さ h は、加熱部 30 との距離によらず、坩堝 10 の内部に收容される原料 G の高さの 40 % 以上であることが好ましく、60 % 以上であることがより好ましい。さらに、低輻射部 12 の高さ h は、坩堝 10 の内部に收容される原料 G の高さの 80 % 以下であることが好ましい。

30

【 0 0 3 5 】

断熱材 20 は、坩堝 10 及び加熱部 30 の周囲を覆う（図 1 参照）。断熱材 20 により坩堝 10 の温度が保たれる。

断熱材 20 は、2000 以上の高温で熱伝導率が 10 W/mK 以下である材料により構成されていることが好ましい。2000 以上の高温で熱伝導率が 10 W/mK 以下の材料としては、黒鉛、炭素を主成分としたフェルト材があげられる。また、断熱材 20 は 5 W/mK 以下の部材であることが望ましい。

【 0 0 3 6 】

加熱部 30 は、坩堝 10 の外側に位置する。図 1 に示す加熱部 30 は、坩堝 10 の径方向外側、断熱材 20 の径方向内側に位置する。加熱部 30 は、断熱材 20 の外周に位置するコイル（図示略）による誘導加熱によって加熱される。発熱した加熱部 30 は、自身が熱輻射の発生源となり、坩堝 10 を輻射熱により加熱する。加熱部 30 は、例えば、黒鉛部材である。加熱部 30 は、ヒータとも呼ばれる。

40

【 0 0 3 7 】

支持体 40 は、坩堝 10 の下方に位置し、坩堝 10 を支持する。支持体 40 は、径方向に回転可能である。支持体 40 が駆動装置（図示略）により径方向に回転すると、坩堝 10 も支持体 40 と共に回転する。

【 0 0 3 8 】

第 1 実施形態にかかる結晶成長装置 100 によれば、坩堝 10 内に收容される原料 G 内に生じる温度分布を低減できる。図 2 及び図 3 を基にその理由を説明する。

50

【 0 0 3 9 】

図 2 に示す坩堝 1 0 ' は、低輻射部 1 2 を有さず、加熱中心と第 1 点 P 1 は一致する。原料 G 内の温度分布は、第 1 点 P 1 から広がるように生じる。原料 G 内の等温面 T s は、最高温度の第 1 点 P 1 を中心に放射状に形成される。原料 G 内には、温度差 T が生じる。温度差 T は、原料 G 内における最高温度と最低温度との差である。図 2 の場合では、原料 G は、第 1 点 P 1 の近傍が最高温度となり、第 1 点 P 1 から離れた坩堝 1 0 ' の底部中央近傍が最低温度となる。なお、加熱中心の位置によっては、原料 G の上端が最低温度になることもある。

【 0 0 4 0 】

原料 G からの原料ガスは、坩堝 1 0 ' 内の温度差に応じて流れ、種結晶 S で再結晶化する。昇華した原料ガスの一部は、原料 G 内の温度差 T に応じて坩堝 1 0 ' の底部中央近傍にも流れる。坩堝 1 0 ' の底部中央近傍に供給された原料ガスは、結晶成長には利用されない。また坩堝 1 0 ' の底部中央近傍で再結晶化した原料は、原料として機能しなくなる。坩堝 1 0 ' の径方向のサイズは、SiC 単結晶の大口径化に伴い大きくなる。坩堝 1 0 ' の径方向のサイズが大きいほど、原料 G 内の温度差 T は大きくなる。

10

【 0 0 4 1 】

これに対し、図 3 に示す坩堝 1 0 は、第 1 点 P 1 の外表面に、低輻射部 1 2 を有する。低輻射部 1 2 は、本体部 1 1 より輻射を受けにくく、加熱されにくい。その結果、坩堝 1 0 の加熱中心付近の上下方向の温度勾配が緩和される。すなわち、第 1 点 P 1 を中心に上下方向に広がる温度分布の勾配が緩やかになり、第 1 点 P 1 の近傍の温度が均一化される。

20

【 0 0 4 2 】

加熱中心付近の上下方向の温度勾配が緩和されると、原料 G 内の等温面 T s の形状が変化する。等温面 T s は、加熱中心を基準に放射状に形成される。二つの等温面 T s に囲まれる一つの温度域の面積は、加熱中心が上下方向に広がることで、図 2 の場合より広がる。そのため、原料 G 内の温度差 T は、低輻射部 1 2 を有さない場合より小さくなる。原料内の温度差 T が小さいほど、種結晶 S への原料ガスの供給効率が高まる。

【 0 0 4 3 】

「第 2 実施形態」

図 4 は、第 2 実施形態にかかる結晶成長装置 1 0 1 の断面模式図である。結晶成長装置 1 0 1 は、坩堝 1 5 の構成が結晶成長装置 1 0 0 の坩堝 1 0 と異なる。その他の構成は同一であり、同一の構成については同一の符号を付し、説明を省く。

30

【 0 0 4 4 】

図 4 に示す坩堝 1 5 は、本体部 1 6 と低輻射部 1 7 とを有する。本体部 1 6 は、外表面（外側面）に凹凸が形成されている。これに対し、低輻射部 1 7 は、外表面が平坦面である。

【 0 0 4 5 】

輻射率は、物体の表面状態によっても変化する。物体の表面に凹凸が形成されると、その部分の実効的な輻射率は増加する。加熱部 3 0 からの放射光（輻射熱）を吸収する面積が広がるためである。つまり、表面形状の違いにより、低輻射部 1 7 は本体部 1 6 より輻射率が低い。

40

【 0 0 4 6 】

本体部 1 6 と低輻射部 1 7 は、同じ材料からなってもよいし、異なる材料からなってもよい。本体部 1 6 及び低輻射部 1 7 に用いられる材料は、第 1 実施形態における本体部 1 1 及び低輻射部 1 2 と同様である。例えば、本体部 1 6 及び低輻射部 1 7 は、いずれも黒鉛からなり、表面形状のみが異なってもよい。

【 0 0 4 7 】

低輻射部 1 7 は、低輻射部 1 7 を有さない場合の加熱中心の外表面に設けられる。低輻射部 1 7 は、本体部 1 6 より輻射を受けにくく、加熱されにくい。その結果、坩堝 1 5 の加熱中心付近の上下方向の温度勾配が緩和され、原料 G 内の温度差 T は、低輻射部 1 7 を有さない場合より小さくなる。原料内の温度差 T が小さいほど種結晶 S への原料ガス

50

の供給効率は高まる。

【0048】

以上、本発明の好ましい実施の形態について詳述したが、本発明は特定の実施の形態に限定されるものではなく、特許請求の範囲内に記載された本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

【実施例】

【0049】

(実施例1)

図3に示す構成をシミュレーションで再現し、坩堝を加熱時の原料内に生じる温度差を求めた。シミュレーションは、ANSYS Mechanicalを用いた有限要素法による伝熱解析を実施した。

10

【0050】

シミュレーションは、計算負荷を低減するために、中心軸を通る任意の断面の半分(径方向の半分)の構造のみで行った。また、簡単ため、原料のみでみたされた坩堝と、加熱部のみをモデル化してシミュレーションを実施した。シミュレーションの条件は以下とした。

【0051】

坩堝外半径：150mm

坩堝厚み：10mm

原料部高さ：200mm

坩堝の本体部の輻射率：0.8(黒鉛相当)

坩堝熱伝導率：40W/mK

原料熱伝導率：3W/mK

加熱部の輻射率：0.8

加熱部内半径：180mm(加熱部と坩堝との距離d：30mm)

第1点(加熱中心)の位置：底面から100mm(原料高さの半分)、加熱部の高さ方向の中心位置と同じ高さ

加熱部の中心温度：2450

加熱部の端部温度：2250

低輻射部の高さ：100mm

低輻射部の位置：低輻射部の高さ方向の中心が第1点の高さ位置と一致

低輻射部の輻射率：0.2(TaC相当)

【0052】

上記条件でシミュレーションを行ったところ、実施例1の結晶成長装置の原料内に生じる温度差 T は、147.5であった。

【0053】

(比較例1)

図2に示す構成をシミュレーションで再現し、坩堝を加熱時の原料内に生じる温度差を求めた。シミュレーションの方法、条件は、低輻射部を設けなかった点以外は、実施例1と同様にした。

40

【0054】

上記条件でシミュレーションを行ったところ、比較例1の結晶成長装置の原料内に生じる温度差 T は、155.4であった。

【0055】

実施例1の結晶成長装置は、比較例1の結晶成長装置より原料内の温度差 T が7.9度小さかった。

【0056】

(実施例2)

実施例2は、坩堝の本体部と低輻射部の輻射率の関係を变化させた点以外は、実施例1と同様とした。

50

【 0 0 5 7 】

図 5 は、実施例 2 の結果を示すグラフである。横軸は、本体部と低放射部との放射率の比であり、低放射部の放射率を本体部の放射率で割った値である。横軸の値が大きいほど、本体部と低放射部との放射率の差は大きくなる。縦軸は、低放射部を有さない場合における原料内に生じる温度差 T に対する温度差 T の低減量を示す。縦軸の数値が大きいほど、原料内の温度差 T は、低放射部を有さない場合と比較して小さくなる。

【 0 0 5 8 】

図 5 に示すように、坩堝の本体部と低放射部の放射率差が大きいほど、原料内の温度差 T は小さくなる。低放射部の放射率が、本体部の放射率の 0.6 倍以下であると、原料内の温度差 T は、低放射部を有さない場合と比較して 2 程度小さくなる。原料内の温度差 T が 2 度小さくなると、結晶成長を 150 h 以上続けた場合の昇華量が、約 8 ~ 9 % 上昇する。

10

【 0 0 5 9 】

(実施例 3)

実施例 3 は、坩堝と加熱部の距離及び低放射部の高さの関係を変化させた点以外は、実施例 1 と同様とした。

【 0 0 6 0 】

低放射部の高さ h は、0 mm (比較例 1 に相当) ~ 160 mm の間で変動させた。坩堝と加熱部との距離 d は、30 mm、50 mm、70 mm のいずれかとした。第 1 点 P_1 から加熱部 30 に向かって下した垂線と加熱部 30 との交点を第 2 点 P_2 とし、低放射部 12 の上下方向の一端を第 1 端 E_1 とし、第 1 点 P_1 と第 2 点 P_2 とを結ぶ線分と第 2 点 P_2 と第 1 端 E_1 とを結ぶ線分とのなす角を θ とする (図 3 参照)。すなわち、 $\tan \theta = (h / 2) / d$ である。

20

【 0 0 6 1 】

図 6 は、実施例 3 の結果を示すグラフである。横軸は、上述の $\tan \theta$ である。縦軸は、低放射部を有さない場合における原料内に生じる温度差 T に対する温度差 T の低減量を示す。縦軸の数値が大きいほど、原料内の温度差 T は、低放射部を有さない場合と比較して小さくなる。

【 0 0 6 2 】

坩堝と加熱部の距離及び低放射部の高さの関係が $\tan \theta = 1$ を満たすと、原料内の温度差 T は、低放射部を有さない場合と比較して 2 程度小さくなる。原料内の温度差 T が 2 度小さくなると、結晶成長を 150 h 以上続けた場合の昇華量が、約 8 ~ 9 % 上昇する。

30

【 0 0 6 3 】

(参考例 1 ~ 4)

原料内の温度差と原料ガスの昇華量との関係をシミュレーションで求めた。結晶成長シミュレーションは、STR 社の Virtual Reactor PVT-SiC を用いて行った。シミュレーションは、計算負荷を低減するために、中心軸を通る任意の断面の半分 (径方向の半分) の構造のみで行った。その結果を以下の表 1 に示す。

【 0 0 6 4 】

40

【表 1】

	ΔT 差 (°C)	増加率 (%)					
		初期	20h	50h	100h	150h	200h
参考例1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
参考例2	-1.9	0.0	1.4	0.7	0.9	7.9	9.8
参考例3	-2.8	1.9	2.3	2.5	3.3	9.1	9.3
参考例4	-3.9	3.8	8.2	4.6	5.9	8.4	8.3

10

【0065】

表 1 において T 差は、参考例 1 における原料内の温度差 T を基準に、原料内の温度差 T の変動量を示す。すなわち、参考例 1 における原料内の温度差 T が A の場合、参考例 2 における原料内の温度差 T は $A - 1.9$ であり、参考例 3 における原料内の温度差 T は $A - 2.8$ であり、参考例 2 における原料内の温度差 T は $A - 3.9$ である。原料ガスの昇華量は、結晶成長の開始初期（0 時間付近）、20 時間経過後、50 時間経過、100 時間経過後、150 時間経過後、200 時間経過後のそれぞれで求めた。表 1 は、参考例 1 の昇華量を基準とした際に、それぞれの参考例の昇華量の増加率を求めたものである。表 1 に示すように、原料内の温度差 T が小さくなると、原料ガスの昇華効率が向上する。

20

【符号の説明】

【0066】

- 10、15 坩堝
- 11、16 本体部
- 12、17 低輻射部
- 13 結晶設置部
- 20 断熱材
- 30 加熱部
- 40 支持体
- 100、101 結晶成長装置
- S 種結晶
- C 単結晶
- K 成長空間
- G 原料
- P1 第 1 点
- P2 第 2 点
- E1 第 1 端
- Ts 等温面

30

40

50

【図面】

【図 1】

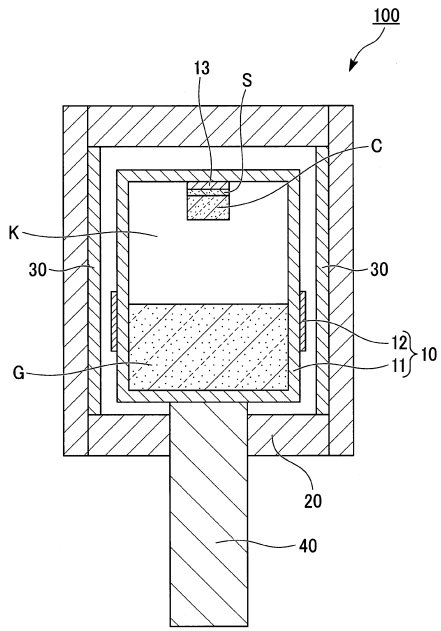


図 1

【図 2】

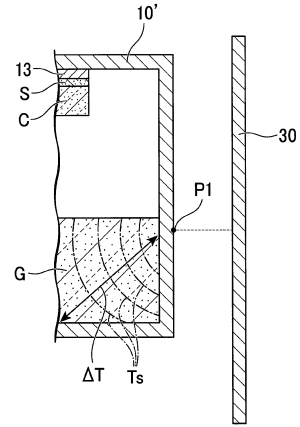


図 2

10

20

【図 3】

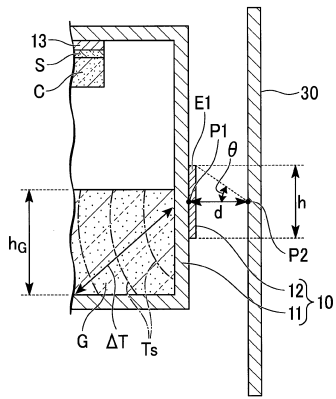


図 3

【図 4】

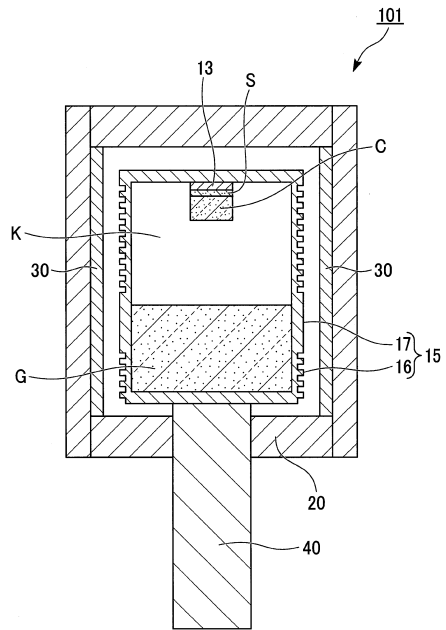


図 4

30

40

50

【図5】

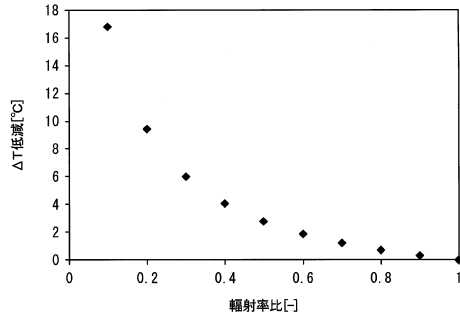


図5

【図6】

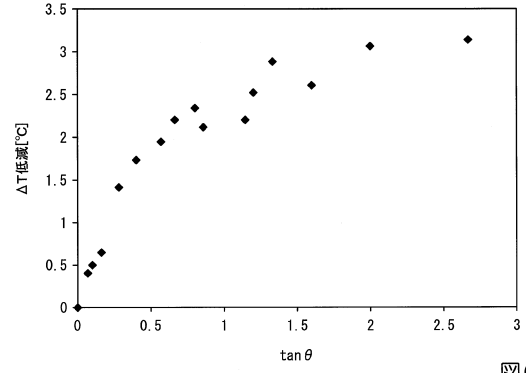


図6

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- 千葉県千葉市緑区大野台 1 - 1 - 1 昭和電工株式会社内
(72)発明者 庄内 智博
滋賀県彦根市清崎町 6 0 番地 昭和電工株式会社内
審査官 宮崎 園子
(56)参考文献 特開昭 5 6 - 1 2 3 3 6 8 (J P , A)
特開 2 0 0 6 - 0 0 9 1 3 4 (J P , A)
特開平 0 3 - 1 7 7 5 6 3 (J P , A)
特表 2 0 1 7 - 5 2 1 3 4 5 (J P , A)
(58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
C 3 0 B 2 3 / 0 6