(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
2022年12月1日(01.12.2022)

WIPO | PCT

(10) 国際公開番号
WO 2022/249223 A1

(51) 国際特許分類:
C30B 13/24 (2006.01) *B23K 26/00* (2014.01)

(21) 国際出願番号： PCT/JP2021/019517

(22) 国際出願日： 2021年5月24日(24.05.2021)

(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: 日本電信電話株式会社 (**NIPPON TELEGRAPH AND TELEPHONE CORPORATION**) [JP/JP]; 〒1008116 東京都千代田区大手町一丁目５番１号 Tokyo (JP).

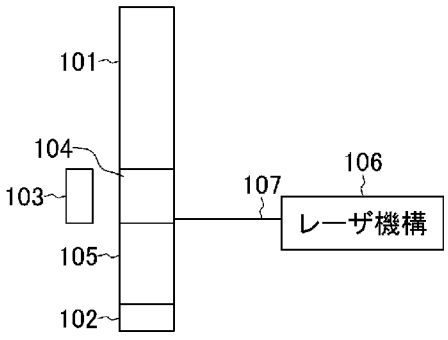
(72) 発明者: 川村 宗範 (**KAWAMURA, Sohan**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 佐藤 映虹 (**SATO, Eiko**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 坂本 尊 (**SAKAMOTO, Takashi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP). 岡 宗一 (**OKA, Soichi**); 〒1808585 東京都武蔵野市緑町３丁目９－１１ ＮＴＴ 知的財産センタ内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 山川 茂樹, 外 (**YAMAKAWA, Shigeki** et al.); 〒1006104 東京都千代田区永田町２丁目１１番１号 山王パークタワー４階 山川国際特許事務所内 Tokyo (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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,

(54) **Title:** CRYSTAL GROWING DEVICE

(54) 発明の名称： 結晶成長装置



106 Laser mechanism

(57) **Abstract:** This crystal growing device causes a crystal (105) of a raw material to grow by heating and melting, with a heating mechanism (103), an end side of a raw material body (101) comprising a solid raw material, the end side being in contact with a seed crystal (102), the crystal growing device further comprising a laser mechanism (106). The crystal growth using this crystal growing device involves: moving a heating location for forming a melt (104) in a direction toward the other end side of the raw material body (101); and irradiating and heating the melt (104) with a laser beam (107) emitted from the laser mechanism (106) during the stage of moving the melt (104) from the one end side to the other end side.

(57) 要約：この結晶成長装置は、固体の原料からなる原料体（１０１）の種結晶（１０２）が接触している一端側を、加熱機構（１０３）で加熱して溶融することにより、原料の結晶（１０５）を結晶成長させる装置であり、さらに、レーザ機構（１０６）を備える。この結晶成長装置を用いた結晶成長は、溶融体（１０４）を形成するための加熱箇所を原料体（１０１）の他端側の方向に移動させ、溶融体（１０４）を一端側から他端側へ移動させる過程で、溶融体（１０４）に、レーザ機構（１０６）から出射したレーザ光（１０７）を照射して加熱する。

WO 2022/249223 A1

［続葉有］

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, IT, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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)）

明　細　書

発明の名称 ： 結晶成長装置

技術分野

[0001]　本発明は、結晶成長装置に関する。

背景技術

[0002]　特許文献１、特許文献２のように、結晶の成長に伴って融液の組成や、融液中の不純物の濃度が変化する場合に、その変化を抑制し、均一な組成の単結晶を成長する方法がある。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開２０１３－１２６９４１号公報

特許文献2：特開２００５－００８４２７号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004]　しかしながら、上述した技術では、目的とする単結晶の組成と融液の組成とが異なるため、結晶の成長方向に沿って融液の組成分布が変化する。このため、固液界面の温度勾配によっては、組成分布の変化に起因した過冷却である組成的過冷却が発生するため、所望の組成を有する結晶が成長させにくいという問題がある。

[0005]　本発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、結晶の成長に伴って融液の組成や、融液中の不純物の濃度が変化しても、所望の組成を有する結晶が成長できるようにすることを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006]　本発明に係る結晶成長装置は、固体の原料からなる原料体の種結晶が接触している一端側を、加熱機構で加熱して溶融し、加熱する箇所を原料体の他端側の方向に移動させることで、原料体が溶融する箇所を一端側から他端側へ移動させ、種結晶が接触した箇所から他端側の方向に、原料の結晶を成長

させる結晶成長装置であって、原料体が溶融する箇所と結晶との境界領域の近傍の原料体が溶融する箇所にレーザ光を照射して加熱するレーザ機構を備える。

発明の効果

[0007] 以上説明したように、本発明によれば、原料体が溶融する箇所と結晶との境界領域の近傍の原料体が溶融する箇所にレーザ光を照射して加熱するレーザ機構を備えるので、結晶の成長に伴って融液の組成や、融液中の不純物の濃度が変化しても、所望の組成を有する結晶が成長できるようになる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1A]図１Ａは、本発明の実施の形態１に係る結晶成長装置の構成を示す構成図である。

[図1B]図１Ｂは、本発明の実施の形態１に係る結晶成長装置の一部構成を示す斜視図である。

[図2A]図２Ａは、本発明の実施の形態２に係る結晶成長装置の構成を示す構成図である。

[図2B]図２Ｂは、本発明の実施の形態２に係る結晶成長装置の一部構成を示す斜視図である。

[図3A]図３Ａは、本発明の実施の形態３に係る結晶成長装置の構成を示す構成図である。

[図3B]図３Ｂは、本発明の実施の形態３に係る結晶成長装置の一部構成を示す斜視図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下、本発明の実施の形態に係る結晶成長装置について説明する。

[0010] ［実施の形態１］

はじめに、本発明の実施の形態１に係る結晶成長装置について図１Ａ、図１Ｂを参照して説明する。

[0011] この結晶成長装置は、固体の原料からなる原料体１０１の種結晶１０２が接触している一端側を、加熱機構１０３で加熱して溶融することにより、原

料の結晶１０５を結晶成長させる装置であり、さらに、レーザ機構１０６を備える。原料体１０１は、例えば、棒状とされている。加熱機構１０３は、例えば、誘導加熱、抵抗加熱、キセノンランプなどを用いた加熱方法により、所望の箇所を加熱する。加熱機構１０３は、例えば、原料体１０１の周囲を取り巻くように設けられている。

[0012] レーザ機構１０６は、原料体１０１の周囲を囲う状態に複数配置することができる。また、複数のレーザ機構１０６は、出射されるレーザ光１０７が原料体１０１の一端側から他端側の方向に垂直な第１平面１５１の上を通過する状態に配置することができる。この場合、複数配置されたレーザ機構１０６の各々は、他のレーザ機構１０６から出射されるレーザ光１０７の光路上以外に配置されていることが望ましい。

[0013] この結晶成長装置を用いた浮遊帯域溶融法（フローティングゾーン法）あるいはブリッジマン法により、以下に示すことにより、結晶成長が実施できる。まず、原料体１０１の種結晶１０２が接触している一端側を、加熱機構１０３で加熱して溶融することにより溶融体１０４を形成し、加熱する箇所を原料体１０１の他端側の方向に移動させることで、原料体１０１が溶融している箇所（溶融体１０４）を一端側から他端側へ移動させる。これらのことにより、種結晶１０２が接触した箇所から他端側の方向に、原料の結晶１０５を成長させる。このように結晶成長させる過程で、原料体１０１が溶融する溶融体１０４と結晶１０５との境界領域の近傍の溶融体１０４に、レーザ機構１０６から出射したレーザ光１０７を照射して加熱する。

[0014] 上述した実施の形態１に係る結晶成長装置によれば、溶融体１０４と結晶１０５との境界領域（界面）における溶融体１０４から結晶１０５にかけての温度勾配を、レーザ機構１０６を用いることでさらに大きくすることができる。レーザ機構１０６を用いることで、結晶成長方向の組成分布に応じて、結晶１０５溶融体１０４との境界領域における温度勾配を大きくすることができる。

[0015] 浮遊帯域溶融法あるいはブリッジマン法などにより、参考文献１の６６，

６７頁に記載されているような分解溶融する物質、あるいは参考文献１の７１，７２頁に記載されているような状態図を示す物質の単結晶を成長させる場合、結晶１０５の成長に伴って融液（溶融体）の組成が変化するため、結晶１０５の成長方向に溶融体１０４の組成分布が発生する。

[0016] このような組成分布が発生すると、参考文献１の８２，８３頁によれば、結晶１０５と溶融体１０４との境界領域における成長方向の温度勾配が小さい場合に、組成的過冷却が発生して、セル状に結晶成長が進み、所望の品質の単結晶が得られないことがある。

[0017] このような組成的過冷却を抑制するために、レーザ機構１０６によるレーザ光１０７の照射で、局所的な加熱を実施することで、上述した温度勾配をより大きくする。例えば、一般には、抵抗加熱による加熱機構１０３を用いて原料体１０１を溶融させ、結晶１０５の成長方向（他端側）と反対の方向（一端側）に、種結晶１０２を移動させて結晶１０５を成長させるが、この成長に伴って溶融体１０４の組成が変化する。

[0018] このため、結晶１０５と溶融体１０４との境界領域（界面）の組成と、原料体１０１と溶融体１０４との境界領域の組成とが異なるものとなり、結晶成長方向に組成分布が発生する。この組成分布の結晶１０５と溶融体１０４の境界領域での微分値は、得ようとする単結晶の組成と、原料体１０１の組成に依存し、原料組成の状態図の液相線の濃度依存性を反映して変化する。

[0019] 従って、参考文献１の６６，６７頁に記載されているような物質、あるいは参考文献１の７１，７２頁に記載されているような状態図で示される物質が対象となる場合、結晶１０５の成長に伴って、前述の結晶１０５と溶融体１０４との境界領域での組成分布の微分値も変化し、境界領域における、組成的過冷却を回避するために必要な温度勾配も変化する。

[0020] 例えば、レーザ光１０７のパワーを、結晶１０５の成長した長さに応じて増加させながら照射することによって、結晶１０５の成長に伴って溶融体１０４に発生する、結晶成長方向の組成分布に応じて、結晶１０５と溶融体１０４との境界領域の温度勾配を大きくし、組成的過冷却を回避して長尺の結

晶１０５を成長させることができる。

[0021] ここで、複数のレーザ機構１０６を用いることで、実現できる温度勾配の上限を大きくすることができる。ただし、複数のレーザ機構１０６の各々のレーザ光１０７のエネルギーの一部は、溶融体１０４を透過する。透過したエネルギーが、溶融体１０４に入射したエネルギーの、例えば０．５％以上である場合、他のレーザ機構１０６の故障を招く場合がある。このようなレーザ機構１０６の故障を防止するため、複数配置されたレーザ機構１０６の各々は、他のレーザ機構１０６から出射されるレーザ光１０７の光路上以外に配置されていることが望ましい。

[0022] 例えば、ｎ個のレーザ機構１０６の各々より出射するレーザ光１０７が形成するｎ本の仮想直線のうち、任意に選んだ２本の仮想直線のなす角度が、１８０度にならないように、複数のレーザ機構１０６を配置する。

[0023] ところで、加熱機構１０３は、レーザ機構１０６とすることで、以下に示すように、高いエネルギー変換効率を実現しつつ、結晶成長装置の体積を小さくすることができる。

[0024] 抵抗加熱やキセノンランプを用いた浮遊帯域溶融法、抵抗加熱を用いたブリッジマン法では、装置に入力したエネルギーのうち、熱としての変換されるのは最大３０％程度である。さらに、熱に変換されたエネルギーの最大約３０％が、結晶を成長させる過程で溶融体に照射されている。

[0025] 例えば、抵抗加熱に必要なエネルギーをＷｉｎ、溶融体に照射されるエネルギーをＷｏｕｔとすると、Ｗｏｕｔ／Ｗｉｎで示されるエネルギー変換効率が約９％となる。また、一般的に定格電力をＡｋＷとした場合、上記の装置の体積はおよそA^3m^3程度になる。

[0026] これに対し、レーザ機構を用いた場合、参考文献２によれば、レーザ光を放出するのに必要なエネルギーのうち最大で約４０％がレーザ光に変換される。また、レーザ光は指向性が高いため、ほぼ１００％のレーザ光のエネルギーを溶融体に照射することができ、レーザ光源に入力するエネルギーをＷｉｎ、溶融体に照射されるエネルギーをＷｏｕｔとすると、変換効率Ｗｏｕ

ｔ／Ｗｉｎは約４０％となり、キセノンランプや抵抗加熱と比較して約４倍大きなエネルギー変換効率を実現できる。

[0027] さらに、一般的にレーザ機構の定格電力をＡｋＷとした場合、レーザ機構の体積は、A^3／２５m^3程度となり、装置の体積はA^3／８m^3まで小さくできることが期待できる。従って、加熱機構をレーザ機構とし、レーザ機構のみで加熱を実施する場合、キセノンランプや抵抗加熱を用いた結晶成長装置と比較して、エネルギー変換効率をより高くし、装置の体積を小さくできる。例えば、加熱機構を回転楕円体ミラーとキセノンランプとから構成した浮遊帯域溶融法の結晶成長装置と比較して、レーザ機構のみで加熱を実施する場合、高いエネルギー変換効率約４０％を実現しつつ、装置の体積を約１／８程度に小さくできる。

[0028] ［実施の形態２］

次に、本発明の実施の形態２に係る結晶成長装置について、図２Ａ、図２Ｂを参照してこの結晶成長装置は、固体の原料からなる原料体１０１の種結晶１０２が接触している一端側を、加熱機構１０３で加熱して溶融することにより、原料の結晶１０５を結晶成長させる装置であり、さらに、レーザ機構１０６を備える。これらの構成は、前述した実施の形態１と同様である。

[0029] 実施の形態２では、レーザ機構１０６から出射したレーザ光１０７の一部を取り出して、結晶１０５に照射するための分波機構１０８をさらに備える。分波機構１０８は、例えば、半反射鏡１０８ａと反射鏡１０８ｂとを備える。半反射鏡１０８ａに入射したレーザ光１０７は、一部が透過し、一部が反射する。半反射鏡１０８ａで反射したレーザ光は、反射鏡１０８ｂで反射して、結晶１０５の部分に照射されるレーザ光１０９となる。

[0030] レーザ光１０９の照射により、結晶１０５の冷却速度を緩やかにして、結晶１０５のひびの発生を防ぎ、高品質な単結晶が得られるようになる。

[0031] ［実施の形態３］

次に、本発明の実施の形態３に係る結晶成長装置について、図３Ａ、図３Ｂを参照してこの結晶成長装置は、固体の原料からなる原料体１０１の種結

晶１０２が接触している一端側を、レーザ機構１０６で加熱して溶融することにより、原料の結晶１０５を結晶成長させる。実施の形態３では、加熱機構１０３は、レーザ機構１０６としている。

[0032] さらに、実施の形態３では、複数配置されたレーザ機構１０６の各々を、複数の第１レーザ機構１０６ａ、および複数の第２レーザ機構１０６ｂから構成している。複数の第１レーザ機構１０６ａは、照射されるレーザ光１０７ａを、原料体１０１の一端側から他端側の方向に垂直な第１平面１５１の上を通過させる。複数の第２レーザ機構１０６ｂは、照射されるレーザ光１０７ｂが第１平面１５１とは異なる角度の第２平面１５１ａの上を通過させる。

[0033] 複数の第１レーザ機構１０６ａにより、溶融体１０４を形成し、複数の第２レーザ機構１０６ｂにより、溶融体１０４と結晶１０５との境界領域における溶融体１０４から結晶１０５にかけての温度勾配を、さらに大きくする。

[0034] 以下、実施例を用いてより詳細に説明する。

[0035] ［実施例１］

はじめに、実施例１について説明する。実施例１では、実施の形態１に係る結晶成長装置を用い、浮遊帯域溶融法で結晶成長をした。加熱機構１０３は、２台の回転楕円体ミラーと、２個とのキセノンランプとから構成した。また、複数のレーザ機構１０６を用い、出射されるレーザ光１０７が、原料体１０１の一端側から他端側の方向に垂直な第１平面１５１の上を通過する構成とした。各々のレーザ機構１０６として、平均出力が１ｋＷのＣＷレーザを用いた。

[0036] 以上の構成を用いて、ガドリニウムパイロシリケイトの単結晶成長を行う。参考文献３によれば、ガドリニウムパイロシリケイトは、非化学量論組成の融液（溶融体）から結晶を成長させる必要がある。従って、非化学量論組成の原料体１０１を準備した。この原料体１０１は、棒状とし、組成は場所によらず一定である。

[0037] 加熱機構１０３のキセノンランプを点灯させて回転楕円体ミラーで集光し、原料体１０１を溶融させて溶融体１０４を形成したのち、原料体１０１と結晶１０５を一定速度で成長方向に移動させて、結晶成長を開始した。

[0038] 結晶１０５の成長方向の長さが１５ｍｍ程度になったとき、結晶成長方向に沿った溶融体１０４の組成分布が変化した。この組成分布の変化による組成的過冷却を回避するために、キセノンランプによる加熱機構１０３の加熱では実現できない温度勾配が必要となった。

[0039] そこで、キセノンランプを点灯させて加熱機構１０３を動作させながら、レーザ機構１０６を動作させてレーザ光１０７を溶融体１０４に照射し、溶融体１０４の温度を上昇させて、温度勾配を大きくすることで、組成的過冷却を回避した。この結果、長尺の結晶１０５が成長できた。このときの温度勾配は５００℃／ｃｍであった。

[0040] ［実施例２］

次に、実施例２について説明する。実施例２では、実施の形態２に係る結晶成長装置を用い、ブリッジマン法で結晶成長をした。加熱機構１０３は、抵抗加熱による機構とした。また、複数のレーザ機構１０６を用い、出射されるレーザ光１０７が、原料体１０１の一端側から他端側の方向に垂直な第１平面１５１を通過する構成とした。各々のレーザ機構１０６として、平均出力が１ｋＷのＣＷレーザを用いた。なお、分波機構１０８を用いることなく、レーザ機構１０６を同様のレーザ機構を用いて、結晶１０５にレーザ光１０９が照射される構成とすることもできる。

[0041] 以上の構成を用いて、ニオブ酸タンタル酸カリウム単結晶を成長させる。ニオブ酸タンタル酸カリウムの原料体１０１を抵抗加熱による加熱機構１０３で溶融して溶融体１０４を形成し、結晶成長を開始した。ニオブ酸タンタル酸カリウムは、結晶１０５の成長に伴って、溶融体１０４の組成が変化し、結晶１０５の成長方向に沿って組成分布が発生する。このため、結晶１０５の長さが１５ｍｍになったときに、発生する組成分布の変化に伴う組成的過冷却を回避するために必要な温度勾配が、加熱機構１０３による加熱では

実現できず組成的過冷却が発生する。

[0042] このため、レーザ機構１０６からレーザ光１０７を放出して、溶融体１０４に照射した。これにより溶融体１０４の温度が上昇し、必要な温度勾配を実現することができた。また、成長したニオブ酸タンタル酸カリウム単結晶である結晶１０５をアニーリングするため、レーザ光１０９を結晶１０５に照射した。この結果、組成的過冷却を回避して長尺の結晶１０５が成長でき、また、アニーリングによって冷却速度が穏やかになったことにより、ひびの発生が防がれて、高品質な結晶１０５が得られた。

[0043] ［実施の形態３］

次に、実施例３について説明する。実施例３では、実施の形態３に係る結晶成長装置を用い、浮遊帯域溶融法で結晶成長をした。複数の第１レーザ機構１０６ａは、出射されるレーザ光１０７ａが、第１平面１５１の上を通過する構成とした。また、複数の第２レーザ機構１０６ｂは、出射されるレーザ光１０７ｂが、第２平面１５１ａの上を通過する構成とした。また、各レーザ機構として、平均出力が１ｋＷのＣＷレーザを用いた。

[0044] 以上の構成を用いて、ガドリニウムパイロシリケイトの単結晶を成長する。ガドリニウムパイロシリケイト単結晶は、非化学量論組成の溶融体１０４から成長させる必要がある。非化学量論組成の原料体１０１を作製し、レーザ光１０７ａの照射で溶融させて溶融体１０４を形成し、結晶成長を開始した。

[0045] 結晶１０５の長さが１５ｍｍになったとき、温度勾配を大きくする必要があったため、レーザ光１０７ｂを照射して所望の温度勾配を実現した。さらに成長が進んだ結果、溶融体１０４の組成分布を一定に保つために、溶融体１０４の体積を増加させ、溶融体１０４内の撹拌を促す必要が生じた。このため、レーザ光１０７ａおよびレーザ光１０７ｂを照射し、溶融体１０４の体積を２倍に増加させて、撹拌を促した。この結果、高品質で長尺の結晶１０５が得られた。

[0046] 以上に説明したように、本発明によれば、原料体が溶融する箇所と結晶と

の境界領域の近傍の原料体が溶融する箇所にレーザ光を照射して加熱するレーザ機構を備えるので、溶融している箇所と結晶との境界領域における温度勾配をさらに大きくすることが可能となり、結晶の成長に伴って融液の組成や、融液中の不純物の濃度が変化しても、所望の組成を有する結晶が成長できるようになる。

[0047] なお、本発明は以上に説明した実施の形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想内で、当分野において通常の知識を有する者により、多くの変形および組み合わせが実施可能であることは明白である。

[0048] ［参考文献１］宮澤　信太郎　編、「メルト成長のダイナミクス」、シリーズ：結晶成長のダイナミクス５巻、共立出版株式会社、２００２年。

［参考文献２］IPGフォトニクス、「YLR-Uシリーズ、新型超コンパクト中出力1μmファイバーレーザー」、［令和３年５月１２日検索］、（https://www.ipgphotonics.com/jp/products/lasers/mid-power-cw-fiber-lasers/1-micron/ylr-u-series）。

［参考文献３］S. Kawamura et al., "Phase Relations around the Pyrosilicate Phase in the Gd2O3-Ce2O3-SiO2 System", CRYSTAL GROWTH & DESIGN, vol. 9, no. 3, pp. 1470-1473, 2009.

符号の説明

[0049] １０１…原料体、１０２…種結晶、１０３…加熱機構、１０４…溶融体、１０５…結晶、１０６…レーザ機構、１０７…レーザ光、１５１…第１平面。

請求の範囲

[請求項1] 固体の原料からなる原料体の種結晶が接触している一端側を、加熱機構で加熱して溶融し、加熱する箇所を前記原料体の他端側の方向に移動させることで、前記原料体が溶融する箇所を前記一端側から前記他端側へ移動させ、前記種結晶が接触した箇所から前記他端側の方向に、前記原料の結晶を成長させる結晶成長装置であって、

前記原料体が溶融する箇所と前記結晶との境界領域の近傍の前記原料体が溶融する箇所にレーザ光を照射して加熱するレーザ機構を備えることを特徴とする結晶成長装置。

[請求項2] 請求項１記載の結晶成長装置において、

前記レーザ機構は、前記原料体の周囲を囲う状態に複数配置されていることを特徴とする結晶成長装置。

[請求項3] 請求項２記載の結晶成長装置において、

複数配置された前記レーザ機構の各々は、

照射されるレーザ光が前記原料体の前記一端側から前記他端側の方向に垂直な第１平面の上を通過する複数の第１レーザ機構と、

照射されるレーザ光が前記第１平面とは異なる角度の第２平面の上を通過する複数の第２レーザ機構と

を有することを特徴とする結晶成長装置。

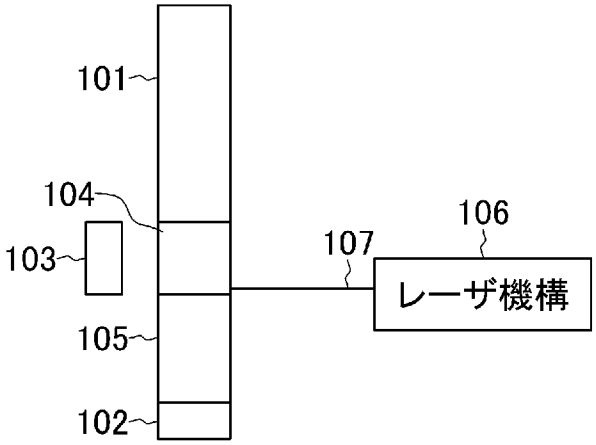
[請求項4] 請求項２または３記載の結晶成長装置において、

複数配置された前記レーザ機構の各々は、他の前記レーザ機構から出射されるレーザ光の光路上以外に配置されていることを特徴とする結晶成長装置。

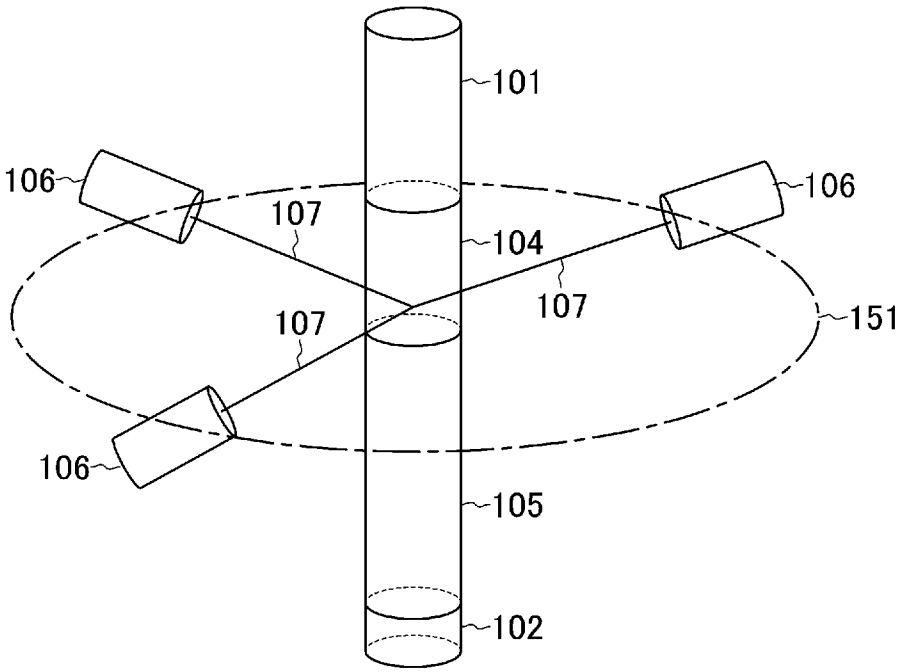
[請求項5] 請求項１～４のいずれか１項に記載の結晶成長装置において、

前記加熱機構は、前記レーザ機構であることを特徴とする結晶成長装置。

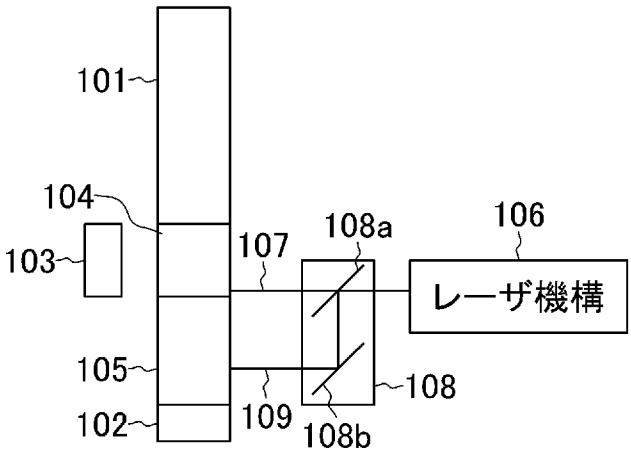
[図1A]


101
104
103
106
107
レーザ機構
105
102

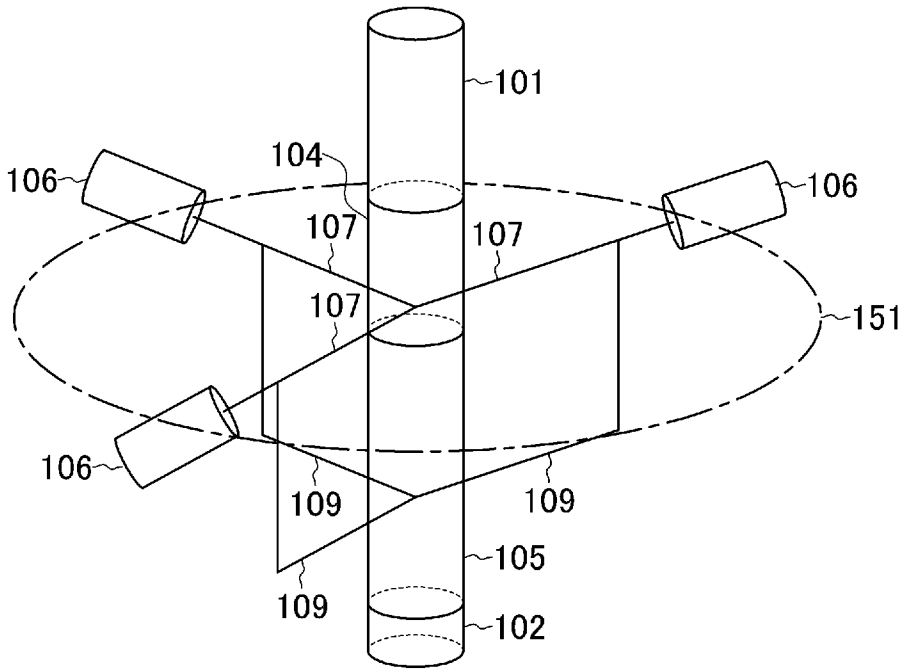
[図1B]


101
106
106
107
104
107
107
151
106
105
102

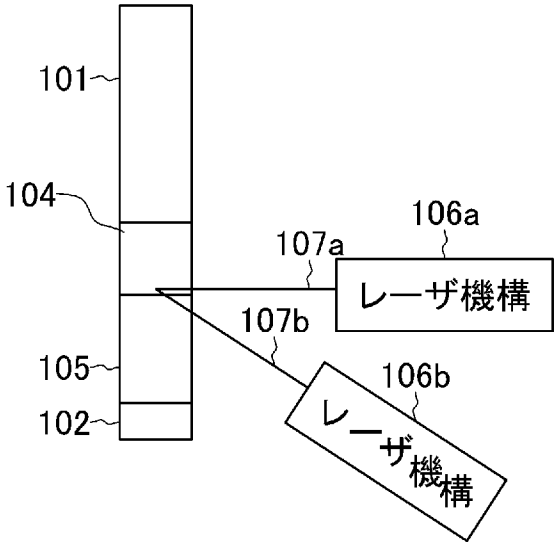
[図2A]


101
104
103
107
108a
106
レーザ機構
105
108
102
109
108b

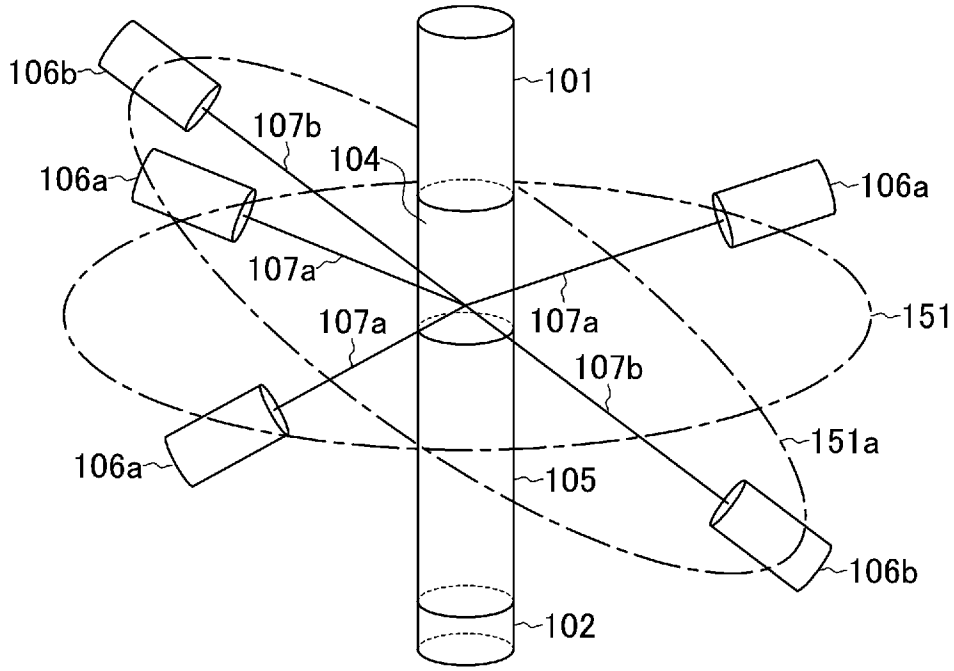
[図2B]


101
104
106
106
107
107
107
151
106
109
109
109
105
102

[図3A]


101
104
106a
107a
レーザ機構
107b
105
106b
102
レーザ機構

[図3B]


106b
101
107b
104
106a
106a
107a
151
107a
107a
107b
151a
106a
105
106b
102

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2021/019517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
C30B 13/24(2006.01)i; B23K 26/00(2014.01)i
FI: C30B13/24; B23K26/00

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)
C30B13/24; B23K26/00

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	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

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 Y	JP 2019-19046 A (INSTITUTE PHYSICAL & CHEMICAL RES) 07 February 2019 (2019-02-07) paragraphs [0011]-[0093]	1, 2, 5 3, 4
Y	JP 56-160396 A (KOGYO GIJUTSUIN) 10 December 1981 (1981-12-10) page 2, upper left column, line 6 to page 3, upper right column, line 16	3, 4
A	JP 2001-257174 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD) 21 September 2001 (2001-09-21) paragraphs [0014]-[0059]	1-5

☐ 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	Date of mailing of the international search report
30 June 2021 (30.06.2021)	13 July 2021 (13.07.2021)

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/019517

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2019-19046 A	07 Feb. 2019	WO 2019/013301 A1 paragraphs [0011]-[0093]	
JP 56-160396 A	10 Dec. 1981	(Family: none)	
JP 2001-257174 A	21 Sep. 2001	(Family: none)	

国際調査報告

国際出願番号
PCT/JP2021/019517

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（ＩＰＣ））

C30B 13/24(2006.01)i; B23K 26/00(2014.01)i
FI: C30B13/24; B23K26/00

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））

C30B13/24; B23K26/00

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	１９７１－２０２１年
日本国実用新案登録公報	１９９６－２０２１年
日本国登録実用新案公報	１９９４－２０２１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 2019-19046 A (国立研究開発法人理化学研究所) 07.02.2019 (2019-02-07) [0011]-[0093]	1,2,5
Y		3,4
Y	JP 56-160396 A (工業技術院長) 10.12.1981 (1981-12-10) 第２頁左上欄第６行～第3頁右上欄第16行	3,4
A	JP 2001-257174 A (住友重機械工業株式会社) 21.09.2001 (2001-09-21) [0014]-[0059]	1-5

☐ 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抵触するものではなく、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	国際調査報告の発送日
30.06.2021	13.07.2021

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目４番３号

権限のある職員（特許庁審査官）
今井　淳一 4G 9055
電話番号 03-3581-1101 内線 3416

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2021/019517

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2019-19046 A	07.02.2019	WO 2019/013301 A1 [0011]-[0093]	
JP 56-160396 A	10.12.1981	（ファミリーなし）	
JP 2001-257174 A	21.09.2001	（ファミリーなし）	