

(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
2024年10月3日(03.10.2024)

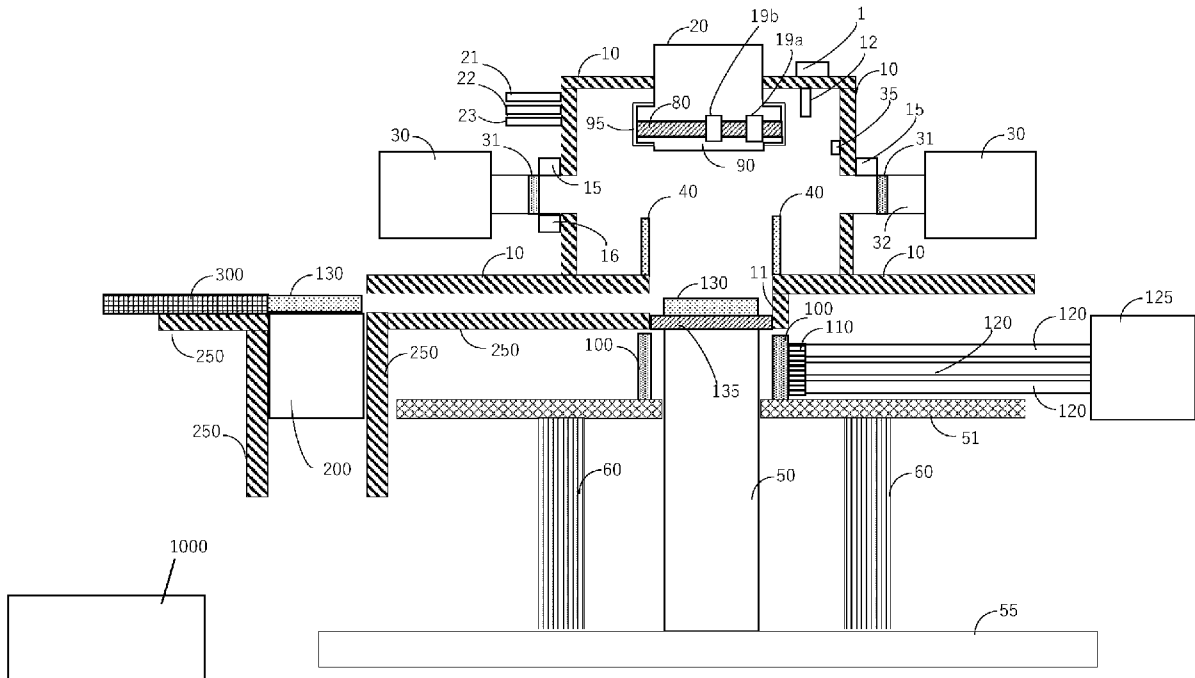


(10) 国際公開番号
WO 2024/202964 A1

- (51) 国際特許分類:
F27B 17/00 (2006.01) *H05B 6/80* (2006.01)
C04B 35/64 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2024/007977
- (22) 国際出願日: 2024年3月4日(04.03.2024)
- (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 2023-057474 2023年3月31日(31.03.2023) JP
- (71) 出願人:株式会社SUN METALON(K.K. SUN METALON) [JP/JP]; 〒2120032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-7 K B I C本館203号室 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 西岡 和彦 (NISHIOKA, Kazuhiko); 〒2120032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-7 K B I C本館203号室 株式会社SUN METALON内 Kanagawa (JP). 前田 雄貴(MAEDA, Yuki); 〒2120032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-7 K B I C本館203号室 株式会社SUN METALON内 Kanagawa (JP). 安敬(YASU, Takashi); 〒2120032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-7 K B I C本館203号室 株式会社SUN METALON内 Kanagawa (JP). 鈴木 大地(SUZUKI, Daichi); 〒2120032 神奈川県川崎市幸区新川崎7-7 K B I C本館203号室 株式会社SUN METALON内 Kanagawa (JP). 景山 宏治(KAGEYAMA, Koji); 〒2120032 神奈川県川崎市幸区新川崎

(54) Title: SOLID MANUFACTURING APPARATUS AND SOLID MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 固体製造装置及び固体の製造方法



(57) Abstract: The present invention is provided with: a housing; an electromagnetic wave emission device for emitting microwaves or millimeter waves into the housing; an electromagnetic wave generation unit that is disposed in the housing and generates electromagnetic waves while, and a first substrate capable of coming into contact with at least a part of the workpiece serving as the raw material of the workpiece At least one of the housing and the first substrate includes a cooling part for cooling.



WO 2024/202964 A1

7-7 K B I C本館 203号室 株式会社 S
U N M E T A L O N内 Kanagawa (JP).

(74) 代理人: 稲葉 良幸, 外(INABA, Yoshiyuki et al.);
〒1066123 東京都港区六本木 6-10-
1 六本木ヒルズ森タワー 23階 T M I
総合法律事務所 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, CL, CN,
CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC,
EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR,
HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG,
KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,
LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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: 筐体と、筐体内にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、筐体内に配置された、筐体内に少なくとも突出した状態で、被加工体の原料となる被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、を備え、筐体及び第1の基体の少なくとも一つは冷却するための冷却部を備える固体製造装置。

明 細 書

発明の名称： 固体製造装置及び固体の製造方法

技術分野

[0001] 本発明のいくつかの態様は、被加工体等の前駆体から金属及びセラミック等の固体を製造する製造装置及び金属及びセラミック等の固体の製造方法に関する。

背景技術

[0002] 日用品、家電製品及び工作機械等に用いられる金属部品は、鉱石、製錬等の製錬中間物、金属を含む産業廃棄物、スクラップ、都市ごみの焼却灰の製錬を行うことにより得られた鋳塊や金属鋼片などをさらに加工して製造されている。同様に、日用品、家電製品、及び工作機械等に用いられるセラミック部品は、粉碎した原料の成形及び焼成の後、加工する工程等を経て製造されている。金属部品の製造工程もセラミック部品の製造工程にも少なくとも一部には高温を要する工程を含んでおり、高温にするために多くのエネルギー又は時間がかかることがあるため、製造工程の効率の向上が要求されている。

先行技術文献

特許文献

- [0003] 特許文献1：特開2012-158790号公報
特許文献2：特開2017-145151号公報
特許文献3：特開2009-035776号公報
特許文献4：特開2013-216943号公報
特許文献5：特開2017-145151号公報
特許文献6：国際公開第2022/195989号
特許文献7：国際公開第2022/196681号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 本発明のいくつかの態様は、効率よく、固体、特に金属やセラミック等の無機物質の固体を製造可能である製造装置及びそれらの製造方法を提供することを目的の一つとする。

課題を解決するための手段

[0005] 本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、筐体の内部に配置された、筐体の内部に少なくとも突出した状態で、被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、を備える。固体製造装置は、筐体及び第1の基体の少なくとも一つは冷却するための冷却部を備えていてもよい。

[0006] 上記の固体製造装置における第1の基体は、典型的には、例えば、後述する本発明のいくつかの態様に係る図1に示した固体製造装置における加圧部20並びに加圧部20に取り付けられた断熱性部材80及びマイクロ波吸収性部材90、あるいは同じく図1に示された固体製造装置におけるステージ50及び台座135の少なくともいずれかであり得るが、これらに限定されない。

[0007] 上記の固体製造装置における被加工体は、典型的には、例えば、後述する本発明のいくつかの態様に係る図1に示した固体製造装置における被加工体130であり得るが、これに限定されない。

[0008] 上記の固体製造装置における冷却部は、典型的には、例えば、後述する本発明のいくつかの態様に係る図1に示した固体製造装置における冷却部1であり得るが、これに限定されない。

[0009] 上記の冷却部の具体例としては、例えば、空気又は冷却空気を筐体及び第1の基体の少なくとも一つに空気を送るエアージェットを備える冷却装置、筐体又は第1の基体に接するか、又は筐体又は第1の基体の内部に設けた冷却用の水やアルコール等の液体を通過させる冷却管を有し、冷却した液体を当該冷却管に通過させる液体冷却型の冷却装置、又は筐体又は第1の基体の外部に接触するか、筐体又は第1の基体の内部に配置されたペルチェ冷却素

子等を備える電子冷却の機構を挙げることができる。

[0010] 上記の固体製造装置においては、筐体及び第1の基体の少なくとも一つが冷却部を有するため、例えば、筐体内にマイクロ波又はミリ波が放出され、又は被加工体が高温になる場合等に、例えば、以下のような効果を奏する。

(1) 高温による熱変形又は熱膨張により筐体及び第1の基体の寸法が変わることによる筐体内に放出されたマイクロ波又はミリ波の漏洩を抑制することが可能である。

(2) マイクロ波又はミリ波を筐体内に放出する際に、第1の基体を所定の位置から移動させて被加工体の少なくとも一部又は全部に接触して圧力を加えること等に用いる場合において、第1の基体を移動させる際に第1の基体が熱膨張等により他の部材や部品と接触することを防止し、動作不良のリスクを低減する。

(3) 被加工体が高いプロセス温度を必要とする場合であっても、筐体又は第1の基体の耐熱温度以上の温度を被加工体に加えられる。

(4) 被加工体をマイクロ波又はミリ波により加工して造形物を得る場合において、少なくとも被加工体の少なくとも一部と第1の基体とが接する状態で第1の基体の温度を冷却部により制御することにより、被加工体又は上記造形物の熱膨張等による造形精度の悪化を防止することができる。

[0011] 上記の固体製造装置は、さらに第2の基体を備え得る。第1の基体と第2の基体は、第1の基体と第2の基体との間の距離が変更できるよう構成されていることが好ましい。

[0012] これにより、第1の基体と第2の基体との距離を調整することにより、被加工体に加えられる圧力を適宜調整することができる。

[0013] 上記のいずれかの固体製造装置において、冷却部は、第1の基体を冷却するように構成されており、第1の基体は、被加工体に圧力に加えるように構成されていることが好ましい。

[0014] これにより、例えば、被加工体が、筐体の内部に放出されたマイクロ波又はミリ波により高温になり、被加工体から第1の基体への熱伝導により第1

の基体が高温となることを抑制し、上記固体製造装置の使用者の安全を確保することが可能である。

[0015] 上記のいずれかの固体製造装置は、さらに第3の基体を備え得る。第3の基体は、筐体の内部に電磁波放出デバイスがマイクロ波又はミリ波を筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部の期間において、被加工体及び第1の基体の少なくとも一方と、電磁波放出デバイスから筐体内へマイクロ波又はミリ波を放出するための放出口と、の間に配置されるように構成されていることが好ましい。

[0016] なお、第3基体としては、典型的には、例えば、後述する本発明のいくつかの態様に係る図1に示した固体製造装置における囲い40であり得るが、これに限定されない。

[0017] 例えば、第3の基体にマイクロ波又はミリ波の適切な遮蔽機能を付与することにより、被加工体又は第1の基体が所望温度以上にならないように制御することが可能である。

[0018] あるいは、第3の基体にマイクロ波又はミリ波の適切な遮蔽機能を付与することにより、被加工体への他の部材からの熱伝導と被加工体に対する直接的な加熱とのバランスを適宜調整することができる。

[0019] また、例えば、第3の基体にマイクロ波又はミリ波の適切な吸収機能を付与することにより、被加工体の温度を被加工体の加工に必要な温度に上昇させることができる。

[0020] また、例えば、第3の基体と第1の基体又は被加工体との間に適切な空隙又は空間を作ることにより、別の材料（以下「加工補助材料」）を空隙又は空間に配置することができる。

[0021] 加工補助材料は、被加工体の少なくとも一部を覆うように配置されることが好ましい。

[0022] 第3の基体と第1の基体又は被加工体との間に適切な空間又は空隙を作ることにより、当該加工補助材料が配置される位置を必要の範囲内の精度で決めることができる。加工補助材料は、例えば、板状、凹形状、凸形状等の成

形物であり、当該成形物の形状を第3の基体と第1の基体又は被加工体との間に形成された空間又は空隙に合わせてよい。あるいは、被加工体、第3の基体又は第1の基体の形状を当該成形物の形状に合わせてもよい。

[0023] 成形物以外の加工補助材料としては、例えば、粒子状、粉末状又は液体等の加工補助材料を用いることができる。

[0024] 当該加工補助材料としては、当該加工補助材料がマイクロ波又はミリ波を吸収することで温度が上昇し、その上昇した温度を被加工体に伝える材料であることが好ましい。

[0025] その中でも、例えば、筐体内にマイクロ波又はミリ波を放出し、被加工体の加工の過程で被加工体が焼結又は溶解に至る過程において、加工補助材料の温度と被加工体の温度が境界の温度で逆転し、当該境界の温度以降は、被加工体の温度が加工補助材料の温度より高くなる性質を有することが好ましい。

[0026] あるいは、被加工体の加工の過程における被加工体が焼結又は溶解に至る過程において、加工補助材料の温度と被加工体の温度が境界の温度で逆転するようにマイクロ波又はミリ波を調整してもよい。例えば、被加工体が加工補助剤より導電性が高く、加工補助剤が被加工体より誘電性が高い場合は、被加工体の加工開始時にはマイクロ波の電場成分を利用して加工補助材料を加熱後、マイクロ波の磁場成分を利用した加熱に切り替えることにより、被加工体が焼結又は溶融されるまでの温度変化の間で、加工補助材料の温度と被加工体の温度が逆転するようにすることができる。

[0027] 逆に被加工体が加工補助剤より誘電性が高く、加工補助剤が被加工体より導電性が高い場合は、被加工体の加工開始時にはマイクロ波の磁場成分を利用し、途中でマイクロ波の電場成分を利用することで、被加工体が加工開始から加工温度に到達する間に当初は加工補助剤の温度が被加工体より高い状態から被加工体の温度を加工補助剤よりも高い状態することができる。

[0028] 加工補助剤は、例えば、後述するプロモータ400であり得るが、これに限定されない。加工補助剤は、例えば、後述するプロモータ400と同様な

材料を用いることが可能であるが、これに限定されない。

- [0029] 上記の固体製造装置において、筐体、第1基体及び第2の基体のうち少なくとも一つが冷却部を備えていることが好ましい。
- [0030] これにより、例えば、被加工体に対して第1の基体と第2の基体とにより圧力を加えるような場合において、被加工体が極度の高温になることを抑制することが可能である。
- [0031] 上記のいずれかの固体製造装置において、少なくともマイクロ波又はミリ波を筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部の期間において、被加工体の少なくとも一部を囲んで、部材又は複数の粉末若しくは複数の粒子である第3の基体が配置されることが好ましい。
- [0032] 当該部材又は当該複数の粉末若しくは当該複数の粒子は、例えば、上述の加工補助剤であることが好ましい。
- [0033] 上記のいずれかの固体製造装置において第1の基体は、被加工体に圧力を加えるように構成されていることが好ましい。
- [0034] 上記のような固体製造装置の構成により、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出している期間の少なくとも一部において、第1の基体を用いて被加工体に圧力を加えるようにしてもよい。これにより、例えば、被加工体の焼結時又は溶解時に圧力が加えられるので、被加工体からより稠密な構造を有する固体を製造することができる。
- [0035] 筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出していない期間であっても、第1の基体を用いて被加工体に圧力を加えるようにしてもよい。これにより、例えば、被加工体が粉末状又は粒子状物質の集合体の場合は、焼結又は溶解する前に当該集合体が崩れやすく、また、形状が一定しないが、第1の基体により圧力を加えることにより崩れ易さを軽減し、また、形状を一定とした集合体とすることができる。
- [0036] 被加工体が粉末状又は粒子状物質の集合体である場合に、第1の基体により当該集合体に圧力を加えることにより、当該集合体の崩れ易さ軽減し、あるいは形状を一定に近い状態とすることにより、上述のような加工補助剤を

被加工体の少なくとも一部と接触して配置する場合、又は加工補助剤を被加工体の少なくとも一部を覆うように配置する場合等において、被加工体と加工補助剤との位置関係や、接触の程度の再現性を向上させることができるため、被加工体から得られた固体の性質、形状又は性能の再現性が担保し易くなる。

[0037] 上記の固体製造装置において、第3の基体は、マイクロ波又はミリ波の第1の透過率を有する第1の部分と、マイクロ波又はミリ波の第2の透過率を有する第2の部分と、を含み、第1の透過率と第2の透過率とは異なっていることが好ましい。

[0038] このような構成により、例えば、加工対象の被加工体に対しては加熱を行い、第1の基体の加熱を抑制することが可能である。

[0039] 上記のいずれかの第3の基体において、第1の透過率は、第2の透過率より高く、少なくともマイクロ波又はミリ波を筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部の期間において、第1の部分と被加工体との距離は、第2の部分と被加工体との距離に比べて小となるよう構成されていることが好ましい。

[0040] このような構成により、例えば、加工対象の被加工体に対して加熱を行う際に被加工体にマイクロ波又はミリ波を集中することができる。また、例えば、マイクロ波又はミリ波を筐体内に放出する期間の少なくとも一部において、第2の基体又は第1の基体が過度に高温になることを抑制することができる。これにより、例えば、第2の基体又は第1の基体を、機械的機構を用いて筐体内で移動しようとする際に、第2の基体又は第1の基体の熱変形や熱膨張により当該機械的機構の誤動作を抑制することができる。

[0041] 上記のいずれかの固体製造装置において、第1の基体は、第1の部位と第2の部位と、を有し、第1の部位は第2の部位に比べてマイクロ波又はミリ波を吸収することが好ましい。

[0042] これにより、例えば、第1の基体の第1の部位を被加工体に接触させた状態で、筐体内にマイクロ波又はミリ波を放出させることにより、第1の基体

が加熱され、その熱により被加工体も加熱されることが可能である。

[0043] 上記のいずれかの固体製造装置において、第1の部位と第2の部位との間に第3の部位を有し、第3の部位の熱伝導率は、第1の部位及び第2の部分の少なくとも一方の熱伝導率より小であることが好ましい。このような構成では、例えば、筐体内に放出されたマイクロ波又はミリ波により第1の部位が高温になった場合であっても、第1の部位と第2の部位との間に第2の部位の熱伝導率より低い熱伝導率を有する第3の部位を有することで、第1の部位から第2の部位への熱伝導を抑制することができる。

[0044] 例えば、第1の基体の第2の部位が、機械的制御部により筐体に設けられた孔を移動する場合、第1の部位の熱の第2の部位への伝導を第3の部位が抑制するため、第2の部位の熱変形や熱膨張が抑制され、第2の部位の移動の障害の発生リスクを低減することができる。

[0045] 上記のいずれかの固体製造装置において、筐体内に電磁波放出デバイスがマイクロ波又はミリ波を筐体内に放出する期間の少なくとも一部の期間において、第1の基体の第1の部位が被加工体の少なくとも一部に接するように構成されていることが好ましい。

[0046] このような構成において、例えば、第1の基体の第1の部位がマイクロ波又はミリ波を吸収することで発生した熱を被加工体に伝えることが可能となり、被加工体の加工の効率が向上させることができる。

[0047] 本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、筐体内にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、筐体内に配置された、固体の原料となる被加工体を載置するステージと、固体を筐体の内部から筐体の外に移送されたときに固体を受け取る固体受取部と、を備え、ステージ上で固体が形成されるように構成されている。

[0048] このような構成とすることにより、例えば、固体の製造後は固体が高温になっているが、そのように高温になっている固体を安全に筐体の外に取り出すことができる。また、固体受取部に移送された固体は、固体受取部で冷却

されるため、安全な装置運用が可能である。

- [0049] 上記の固体製造装置において、ステージが移動することにより、固体受取部に固体を受け渡すことができる構成とすることが好ましい。あるいは、ステージが、固体が筐体の内部から固体が固体受取部に近づく方向に移動することにより固体受取部に固体を受け渡すことができる構成が好ましい。
- [0050] このような構成とすることにより、容易に当該固体製造装置から得られた固体を筐体外に取り出すことが可能である。
- [0051] 上記の固体製造装置において、固体受取部は、内側に第1の空間を有し、第1の空間を取り囲む枠部材により構成されており、ステージは、枠部材の内部を移動可能に構成されていることが好ましい。
- [0052] 上記の固体製造装置において、枠部材は、筐体の下方に取り付けられていることが好ましい。
- [0053] 上記の固体製造装置において、さらに、筐体は、筐体の内部の第1の面から第1の面と第1の面に対向する第2の面に向かって突出した突出部を有し、突出部の内側には第2の空間を有し、第2の空間をステージが移動可能であるように構成されていることが好ましい。当該突出部は、例えば、後述する、本発明に係るいくつかの態様の固体製造装置の囲い40であり得るが、これに限定されない。
- [0054] 上記の固体製造装置において、固体受取部は、筐体と直接又は他の部材を介在して接続された状態で、ステージが第1の空間を移動することにより、固体を受け取ることが可能に構成されていることが好ましい。
- [0055] 上記の固体製造装置において、固体受取部と突出部とは、第1の空間と第2の空間とが、直接又は内部に空間のある少なくとも一つの部材を介在して連結することが可能に構成されていることが好ましい。
- [0056] 上記の固体製造装置において、マイクロ波又はミリ波が筐体内に放出されている期間の少なくとも一部である第1の期間において、第1の空間と第2の空間とが、直接又は内部に空間のある少なくとも一つの部材を介在して連結することが可能に構成されていることが好ましい。

- [0057] 上記の固体製造装置において、固体受取部は、第1の面に沿った方向又は第1の面と交差する方向に移動可能に構成されていることが好ましい。
- [0058] 本発明のいくつかの態様に係る固体の製造方法は、被加工体から固体を製造する固体の製造方法であって、第1の工程と、第2の工程と、を含み、第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に被加工体及び第1の部材の配置を行い、第2の工程の少なくとも一部において被加工体の焼結又は溶解を行い、第2の工程を実施する期間は、少なくとも第1の期間及び第2の期間を含み、第1の期間及び第2の期間のいずれにおいても筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、第1の期間において、被加工体の少なくとも一部が第1の部材と接した状態であり、かつ、第1の部材の温度は、被加工体の温度より高く、第2の期間において、第1の部材の温度は、被加工体の温度は低くなる。
- [0059] 上記の固体の製造方法により、例えば、第1の期間における場合に比べて第2の期間において第1の部材から被加工体への熱伝導が相対的に減少し、当該被加工体のマイクロ波又はミリ波の吸収現象が自発的に生起し、被加工体がマイクロ波又はミリ波を吸収する温度に早く達するため、全体として効率よく被加工体の焼結又は溶解を行うことが可能である。
- [0060] 上記の固体の製造方法において、第2の期間の少なくとも一部の期間において、被加工体は、被加工体が焼結する又は溶解する温度に達していることが好ましい。
- [0061] 上記の固体の製造方法において、第1の期間の少なくとも一部の期間において、被加工体の少なくとも一部が第2の部材と接していることが好ましい。なお、上記の固体の製造方法において、被加工体の少なくとも一部に第1の部材が接し、さらに被加工体の少なくとも一部に第2の部材が接している状態で筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出される態様としては、例えば、後述する図11に示したようなマイクロ波吸収性部材90とプロモータ400が被加工体130に接した状態においてマイクロ波又はミリ波が放出される場合が挙げられるが、これに限定されない。

- [0062] 上記のいずれかに記載の固体の製造方法において、第1の部材は、成形物又は粒子の集合体若しくは粉の集合体であることが好ましい。成形物としては、例えば、板状、皿状、ドーナツ形状等が挙げられるが、被加工体の形状に応じて適宜選択することができる。粒子の集合体又は粉の集合体が、集合体として安定な形状を有していない場合は被加工体の形状に応じた形状となることができるので、例えば、第1の部材に被加工体への熱伝導機能を付与した場合等は、効率的に被加工体に熱を伝えることが可能である。
- [0063] 上記の固体の製造方法において、第1の部材は、第1の材料と第2の材料とを含み、第1の材料のマイクロ波吸収効率は、第2のマイクロ波吸収効率より大であることが好ましい。上記の固体の製造方法において、第1の部材が第1の材料のみからなる場合は、例えば、第1の部材のマイクロ波吸収が大きくなってしまい、被加工体がマイクロ波を吸収する自走的な現象が生じ難くなる場合がある。
- [0064] 上記の固体の製造方法において、第2の材料の融点は、第1の材料の融点より高いことが好ましい。これにより、例えば、第1の部材に耐熱性を付与することが可能である。
- [0065] 上記の固体の製造方法において、第2の材料の断熱性は、第1の材料の断熱性より大であることが好ましい。これにより、例えば、第1の部材に断熱性を付与することが好ましい。
- [0066] 上記の固体の製造方法において、被加工体は、粉の集合体又は粉の集合体の成形体であることが好ましい。
- [0067] 上記の固体の製造方法において、第2の部材は、第3の材料と第4の材料とを含み、第3の材料のマイクロ波吸収効率は、第4のマイクロ波吸収効率より大であることが好ましい。なお、第1の部材は、例えば、本発明のいくつかの態様に係る本実施形態におけるマイクロ波吸収性部材90及びプロモータ400の少なくともいずれかであり得るが、これに限定されない。
- [0068] 本発明のいくつかの態様に係るマイクロ波又はミリ波等の電磁波を用いたプロセスに用いられる部材（以下「プロセス部材」）は、マイクロ波を吸収

するマイクロ波吸収性材料を含んでいることが好ましい。プロセス部材は、第1の部材及び第2の部材を含む。プロセス部材は、プロモータとも呼ばれる。プロセス部材を用いるより、例えば、少なくとも被加工体に対するマイクロ波の加工を開始した初期の段階で被加工体への熱伝導の役割を担うことができる。マイクロ波吸収性材料は、例えば、含炭素材料を含む。含炭素材料の例としては、カーボンブラック、非晶質カーボン、黒鉛、炭化ケイ素、炭素樹脂及び金属炭化物等が挙げられる。また、マイクロ波吸収性材料としては、金属粒子、金属窒化物、金属酸化物、及び金属硼化物等が挙げられる。上記に例示したいずれかの材料の少なくとも二つの混合物であってもよい。

[0069] プロセス部材は、さらに断熱性材料を含んでいることが好ましい。断熱性材料の例としては、例えば、金属の酸化物、半金属の酸化物が挙げられる。金属及び半金属の酸化物の例としては、例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化ケイ素 (SiO_2)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ジルコニウム (ZrO_2)、及び酸化チタン (TiO_2) 等が挙げられる。例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3) の融点は $2072^{\circ}C$ である。酸化ケイ素 (SiO_2) の融点は $1710^{\circ}C$ である。酸化マグネシウム (MgO) の融点は $2852^{\circ}C$ である。断熱性材料は、これらの化合物又は混合物であってもよい。

[0070] プロセス部材は、マイクロ波吸収性材料より高い融点を有する高融点材料を含んでいてもよい。高融点材料としては、例えば、炭素、及び炭化ケイ素被加工体を還元する還元材料であってもよい。

[0071] プロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、被加工体130のマイクロ波吸収効率が上昇する温度帯より低い温度帯の少なくとも一部の範囲でプロセス部材が被加工体よりもマイクロ波を相対的により多く吸収し、被加工体のマイクロ波吸収効率が上昇する温度帯以上の範囲の少なくとも一部において被加工体がプロセス部材よりもマイクロ波を相対的に多く吸収するように選択することが好ましい。

[0072] あるいは、プロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、被加工体が焼結又は溶解温度に達するまでの温度範囲の少なく

とも一部においてプロセス部材の温度が被加工体の温度より相対的に高くなり、被加工体の焼結する温度又は溶解する温度に到達して以降の少なくとも一部の温度範囲においては被加工体の温度がプロセス部材より相対的に高くなるように設定することが好ましい。

[0073] 典型的なプロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、1 : 1 か、断熱性材料の質量割合がマイクロ波吸収性材料の質量割合より大きいことが好ましい。例えば、プロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料の質量割合は、1 質量%以上、2 質量%以上、あるいは5 質量%以上であり、70 質量%以下、50 質量%以下、40 質量%以下、30 質量%以下、20 質量%以下、あるいは10 質量%以下であるが、所望の加工条件に応じて適宜選択するようにしてもよい。

[0074] なお、「マイクロ波吸収性材料」における「マイクロ波吸収性」及び「断熱性材料」における「断熱」の意味は、それぞれ、必ずしも絶対的なマイクロ波吸収性及び断熱性を意味しているものではなく、例えば、マイクロ波吸収性材料のマイクロ波吸収性は、断熱性材料のマイクロ波吸収性より高いことも意味として含んでいる。また、断熱性材料の断熱性は、マイクロ波吸収性材料の断熱性より高いことも意味として含んでいる。

[0075] 本発明のいくつかの態様に係る固体の製造方法は、被加工体から固体を製造する製造方法であって、第1の工程と、第2の工程と、を含み、第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に被加工体及び第1の部材の配置を行い、第2の工程の少なくとも一部において被加工体の焼結又は溶解を行い、第2の工程は、被加工体又は第1の部材の温度が第1の温度以上かつ第2の温度以下の第1の温度範囲と被加工体又は第1の部材の温度が第3の温度以上かつ第4の温度以下の第2の温度範囲で、行われ、第1の温度範囲及び第2の温度範囲において、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、第1の温度範囲における第1の部材のマイクロ波の吸収効率は被加工体のマイクロ波の吸収効率よりも大であり、第2の温度範囲における被加工体のマイクロ波の吸収効率は第1の部材のマイクロ波の吸収効率より大である。な

お、上記の固体の製造方法において、被加工体又は第1の部材の温度は、経時的に第1の温度範囲又は第2の温度範囲内で変化してもよい。

[0076] 上記の固体の製造方法において、第2の工程は、第1の副工程と第2の副工程とを含み、第1の副工程は第1の温度範囲で行われ、第2の副工程は第2の温度範囲で行われ、第1の副工程は、第2の副工程を行う前に行われることが好ましい。

[0077] 上記の固体の製造方法により、例えば、被加工体がマイクロ波又はミリ波を吸収する温度に早く達し、その後、被加工体自体がマイクロ波を吸収することで、全体として効率よく被加工体の焼結又は溶解を行うことが可能である。

[0078] 上記の固体の製造方法において、第3の温度は、第2の温度よりも高いことが好ましい。

[0079] 上記の固体の製造方法において、第2の温度範囲には、被加工体が焼結する温度である焼結温度又は被加工体が溶解する温度である溶解温度が含まれることが好ましい。

[0080] 上記の固体の製造方法において、第1の温度、第2の温度、第3の温度及び第4の温度は、被加工体及び第1の部材の温度であることが好ましい。

[0081] 本発明のいくつかの態様に係る金属製品の製造方法は、第1の工程と、第2の工程と、を含み、第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に金属製品の原料及び第1の部材の配置を行い、第2の工程の少なくとも一部において原料の焼結又は溶解を行い、第2の工程を実施する期間は、少なくとも第1の期間及び第2の期間を含み、第1の期間及び第2の期間のいずれにおいても筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、第1の期間において、原料の少なくとも一部が第1の部材と接した状態であり、かつ、第1の部材の温度は、原料の温度より高く、第2の期間において、第1の部材の温度は、原料の温度は低くなっており、第2の期間の少なくとも一部において、原料は、被加工体が焼結する又は溶解する温度に達している。金属製品は、例えば、金属固体である。

[0082] 本発明のいくつかの態様に係る固体の製造方法は、被加工体から固体を製造する製造方法であって、筐体の内部に被加工体及び第1の部材を配置する第1の工程と、被加工体の少なくとも一部と第1の部材とが接した状態で、被加工体が焼結又は溶解する第2の工程と、を含み、第2の工程において、第2の工程を実施する期間は、少なくとも第1の期間及び第2の期間を含み、第1の期間及び第2の期間のいずれにおいても筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出され、第1の期間において、第1の部材の温度は、被加工体の温度より高く、第2の期間において、第1の部材の温度は、被加工体の温度は低くなる。

[0083] 上記の固体の製造方法により、例えば、第1の期間における場合に比べて第2の期間において第1の部材から被加工体への熱伝導が相対的に減少し、被加工体のマイクロ波又はミリ波の吸収現象が自発的に生起し、被加工体がマイクロ波又はミリ波を吸収する温度に早く達するため、全体として効率よく被加工体の焼結又は溶解を行うことが可能である。

[0084] 上記の固体の製造方法において、第2の期間の少なくとも一部において、被加工体は、被加工体が焼結する又は溶解する温度に達していることが好ましい。

[0085] 本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、筐体の内部に配置された、筐体の内部に少なくとも突出した状態で、被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、を備える。

[0086] 上記の固体製造装置において、例えば、固体製造装置の複数の箇所、特に筐体の内部の複数の箇所における温度測定を可能している構成が好ましい。例えば、筐体の内壁の複数の箇所、第1の基体の複数の箇所で温度を測定するようにしてもよい。さらに、上記の固体製造装置が第2の基体を備える場合において、第2の基体の複数の箇所の温度を測定する構成としてもよい。また、筐体の内部、第1の基体及び第2の基体のうち少なくとも二つの各々に

対して温度計を備えるようにしてもよい。例えば、複数の箇所測定した温度に差があった場合は、その差が所定の範囲になるようにマイクロ波又はミリ波を筐体の内部に放出する時間及びマイクロ波又はミリ波の強度の少なくとも一方を調整するように構成することが好ましい。

[0087] 本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、筐体の内部に配置された、筐体の内部に少なくとも突出した状態で、被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、を備え、筐体の少なくとも一部が複数の層から構成される。

[0088] 上記の固体製造装置において、複数の層のうち少なくとも一つを金属材料で構成することが好ましく、複数の層のうち少なくとも二つを金属材料で構成することがさらに好ましい。複数の層のうち少なくとも一つを断熱材で構成するようにすることが好ましい。

[0089] 本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、筐体の内部に配置された、筐体の内部に少なくとも突出した状態で、被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、を備え、マイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスを複数備える。これにより、例えば、マイクロ波又はミリ波の位相の一致が筐体の内部で起こりにくくなり、ホットスポット生成によるスパーク等のリスクを低減することができる。

[0090] 上記の固体製造装置において、複数の発生器は、放出するマイクロ波又はミリ波の位相が一致しないような構成することが好ましい。具体的には複数の発生器が複数のマイクロ波発生器の場合、複数のマイクロ波発生器のうち一つのマイクロ波発生に対応する導波管の断面形状の異方性を複数のマイクロ波発生器のうち他のマイクロ波発生器に対応する導波管の断面形状の異方性とは異ならせるようにしてもよい。また、マイクロ波又はミリ波の周波数を

時間的に変化させるようにしてもよい。なお、詳細については本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置の説明の箇所述べる。

[0091] 本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、筐体の内部に配置された、筐体の内部に少なくとも突出した状態で、被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、を備え、さらに被加工体に対して圧力を加えるか又は成形する機能を備えていてもよい。

[0092] 上記の固体製造装置は、筐体の内部で被加工体に圧力を加えるか又は成形する構成を備えていてもよい。被加工体に圧力を加えるか又は成形するタイミングについてはマイクロ波又はミリ波を筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部であってもよいし、被加工体が焼結又は溶解され固体が得られた後であってもよい。

[0093] 本発明のいくつかの態様に係る固体製造装置は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、を備え、さらに被加工体を筐体の内部へ移動させる移動デバイスを備える。移動デバイスは、例えば、筐体外から筐体内への移動経路の少なくとも一部の区間を用いて、被加工体を移動させる。上記の固体製造装置において、被加工体を投入された地点から第1の方向に被加工体を移動させ第1の地点に到達させた後、第1の方向とは交差する方向に被加工体を移動させ第2の地点に到達させるような構成を有していることが好ましい。上記の固体製造装置において、典型的には、第1の方向としては筐体の底部に沿う方向であり、第2の方向は当該底部に交差する方向であることが好ましい。

[0094] 本発明のいくつかの態様に係る部材は、被加工体の焼結又は溶解に用いる部材であって、部材は、被加工体又は部材が第1の温度以上かつ第2の温度以下の第1の温度範囲では、部材のマイクロ波の吸収効率が被加工体のマイクロ波の吸収効率より高く、被加工体又は部材が第3の温度以上かつ第4の

温度以下の第2の温度範囲では、被加工体のマイクロ波の吸収効率が部材のマイクロ波の吸収効率より高く、部材は、被加工体の少なくとも一部が接した状態で被加工体の焼結又は溶解に用いられ、第3の温度は、第2の温度より高い。

[0095] 上記のような部材（以下「プロセス部材」）は、例えば、被加工体の温度を、効率良くマイクロ波を吸収し易い温度域に到達させることができるので、被加工体の焼結又は溶解が促進させるという効果を発揮することができる。

[0096] 上記の部材において、部材は、粉体又は成形物であってもよい。

[0097] プロセス部材は、マイクロ波を吸収するマイクロ波吸収性材料を含んでいることが好ましい。これにより、例えば、少なくとも被加工体に対するマイクロ波の加工を開始した初期の段階で被加工体への熱伝導の役割を担うことができる。マイクロ波吸収性材料は、例えば、含炭素材料を含む。含炭素材料の例としては、カーボンブラック、非晶質カーボン、黒鉛、炭化ケイ素、炭素樹脂及び金属炭化物等が挙げられる。また、マイクロ波吸収性材料としては、金属粒子、金属窒化物、金属酸化物、及び金属硼化物等が挙げられる。上記に例示したいずれかの材料の少なくとも二つの混合物であってもよい。

[0098] プロセス部材は、さらに断熱性材料を含んでいることが好ましい。断熱性材料の例としては、例えば、金属の酸化物、半金属の酸化物が挙げられる。金属及び半金属の酸化物の例としては、例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化ケイ素 (SiO_2)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ジルコニウム (ZrO_2)、及び酸化チタン (TiO_2) 等が挙げられる。例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3) の融点は $2072^{\circ}C$ である。酸化ケイ素 (SiO_2) の融点は $1710^{\circ}C$ である。酸化マグネシウム (MgO) の融点は $2852^{\circ}C$ である。断熱性材料は、これらの化合物又は混合物であってもよい。

[0099] プロセス部材は、マイクロ波吸収性材料より高い融点を有する高融点材料を含んでもよい。高融点材料としては、例えば、炭素、及び炭化ケイ素被加工体を還元する還元材料であってもよい。

- [0100] プロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、被加工体130のマイクロ波吸収効率が上昇する温度帯より低い温度帯の少なくとも一部の範囲でプロセス部材が被加工体よりもマイクロ波を相対的により多く吸収し、被加工体のマイクロ波吸収効率が上昇する温度帯以上の範囲の少なくとも一部において被加工体がプロセス部材よりもマイクロ波を相対的に多く吸収するように選択することが好ましい。
- [0101] あるいは、プロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、被加工体が焼結又は溶解温度に達するまでの温度範囲の少なくとも一部においてプロセス部材の温度が被加工体の温度より相対的に高くなり、被加工体の焼結する温度又は溶解する温度に到達して以降の少なくとも一部の温度範囲においては被加工体の温度がプロセス部材より相対的に高くなるように設定することが好ましい。
- [0102] 典型的なプロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、1：1か、断熱性材料の質量割合がマイクロ波吸収性材料の質量割合より大きいことが好ましい。例えば、プロセス部材におけるマイクロ波吸収性材料の質量割合は、1質量%以上、2質量%以上、あるいは5質量%以上であり、70質量%以下、50質量%以下、40質量%以下、30質量%以下、20質量%以下、あるいは10質量%以下であるが、所望の加工条件に応じて適宜選択するようにしてもよい。
- [0103] なお、「マイクロ波吸収性材料」における「マイクロ波吸収性」及び「断熱性材料」における「断熱性」の意味は、それぞれ、必ずしも絶対的なマイクロ波吸収性及び断熱性を意味しているものではなく、例えば、マイクロ波吸収性材料のマイクロ波吸収性は、断熱性材料のマイクロ波吸収性より高いことも意味として含んでいる。また、断熱性材料の断熱性は、マイクロ波吸収性材料の断熱性より高いことも意味として含んでいる。
- [0104] 上述した課題を解決する手段の詳細については、後述する本発明の実施形態でさらに説明する。

発明の効果

[0105] 本発明のいくつかの態様によれば、例えば、固体を製造可能である製造装置及び固体の製造方法を提供可能である。

図面の簡単な説明

[0106] [図1]図1は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図2]図2は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図3]図3は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図4]図4は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図5]図5は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図6]図6は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図7]図7は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図8]図8は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図9]図9は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図10]図10は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図11]図11は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図12]図12は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図13]図13は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の

模式図である。

[図14]図14は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図15]図15は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図16]図16は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図17]図17は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

[図18]図18は、本発明のいくつかの態様の実施形態に係る固体製造装置の模式図である。

発明を実施するための形態

[0107] 以下、本発明のいくつかの態様に係る実施形態について図1乃至18を参照して説明する。ただし、当該図面は模式的なものであり、実際の寸法等は当該態様の主旨に応じて適宜設定することが可能である。

[0108] 本発明のいくつかの態様に係る実施形態における固体製造装置の典型的な基本構成について説明する。

[0109] 図1に示すように、実施形態に係る固体製造装置はマイクロ波加熱室を備え、マイクロ波加熱室は、筐体10と、筐体10を冷却するための冷却部1と、送風部15と、位置センサ16と、温度計19aと、温度計19bと、加圧部20と、複数の種類のガスを供給するガス供給部21~23と、筐体10の内部にマイクロ波を放出するためのマイクロ波発生器30と、被加工体130を載置するステージ50と、を備える。

[0110] 実施形態に係る固体製造装置は、さらに、被加工体130をステージ50に移動させる搬送部300と、被加工体130をステージ50まで搬送させるための搬送台250と、被加工体130の加工後に得られる固体を受け取る固体受取部100と、固体受取部100を支持台51上で移動させるためのシャフト120と、固体受取部100とシャフト120とを接続するシャ

フト接続部110と、シャフト120を駆動するシャフト駆動部125と、支持台51に加わる荷重を受ける荷重受け部60と、ステージ50と荷重受け部60とを支える基底部55等を備える。

[0111] 固体製造装置は、原料供給ステージ200を備える。被加工体130を筐体10の外から筐体10内のステージ50の方向へ移動させる前に、原料供給ステージ200上に被加工体130が載置される。原料供給ステージ200の材料としては後述するステージ50と同様の材料が使用できる。

[0112] 搬送台250は、例えば、搬送部300により、被加工体130を筐体10外の原料供給ステージ200から筐体10内のステージ50の方向に移動させるために用いることができる。

[0113] 固体製造装置における搬送台250と筐体10の底部をなす部分との間には、空間が設けられていることが好ましい。これにより、被加工体130及び搬送部300が、空間を通して、ステージ50の方向へ移動することが可能である。

[0114] 固体製造装置は、筐体10の加圧部20に対向する側の面側の部分である底部から加圧部20とは逆方向、すなわち、筐体10の外側に突出しているストッパ11を備えていてもよい。ストッパ11は、例えば、搬送部300が被加工体130をステージ50の上方に移動させる際に、搬送部300がシャフト120の上方にまで到達しないように構成されている。

[0115] 筐体10は、典型的には、例えば、図18に示すように複数の層からなっていることが好ましい。本実施形態に係る固体製造装置では筐体内部の側から層10a、層10b及び層10cの3層から構成されている。層10a及び層10cの材質としては、種々の合金又は純金属を用いることができる。例えば、スチール、ステンレス及びアルミニウム等を用いることができるが、マイクロ波により誘起される電流が流れやすい金属のほうが被加工体130に対してマイクロ波のエネルギーを集中できる可能性が高い。したがって、鉄のような電気伝導率が1ACS%（焼鈍標準軟銅の体積抵抗率）で17.5%以上の金属又は合金が好ましい。さらに、例えば、アルミニウムのよ

うな IACS%で55%以上の金属又は合金が好ましい。特に、銅のような IACS%で75%以上である金属又は合金が好ましい。なお、層10aの材質と層10cの材質は異なってもよいが、筐体10の内部側、つまりマイクロ波加熱室の内部に位置する層10aの材質は、例えば、製造コスト、寸法精度、強度等の制限がある場合は、外部側の層10cの材質より電気伝導率が高い材料を用いることが好ましい。

[0116] 層10bの材質としては断熱材を用いることが好ましい。断熱材としては、耐熱温度が400℃以上、さらに好ましくは耐熱温度が500℃以上である材料が好ましい。材質としては、ガラス繊維又はセラミック繊維が好ましい。例えば、ミオレックス（登録商標）、ロスナボード（登録商標）、ガラスエポキシ、ベスサーモ、BLA-GLA（登録商標）及びカルホン、ヘミサル（登録商標）が挙げられる。

[0117] 被加工体130を載置するステージ50としては、例えば、ステンレスやアルミニウム等の金属製や酸化アルミニウム又は窒化アルミニウム等セラミック製のものが用いることができる。ステージ50上に台座135を設け、被加工体130を台座135上に配置してもよい。例えば、筐体10の底面に開口が設けられており、ステージ50は、筐体10の開口を通過して、筐体10の内外に移動することが可能である。

[0118] 位置センサ16は、ステージ50上に配置された被加工体130の位置を検出する。ステージ50は、例えば、位置センサ16が被加工体130を検出するまで、加圧部20に向かって移動する。本実施形態に係る固体製造装置に用いる位置センサ16としては、非接触型の位置センサを用いることが好ましい。このように非接触型の位置センサを用いるのは、例えば、筐体10の内部の温度が高温になることがあり、あるいは、加圧部20や後述する囲い40等のように筐体10の内部に多くの部品が配置されるためスペースを確保することが困難な場合があるからである。非接触型の位置センサとしては、例えば、電磁誘導又は磁歪方式を用いたリニアトランスデューサ型、位置に応じた電気出力を得るリニアエンコーダ型、レーザー光等の光を用い

て測長する光センサ型等が用いることができる。上記のいずれかのタイプの位置センサを用いるかは所望の測長精度や筐体10の内部のレイアウトに応じて適宜選択できるが、本実施形態に係る固体製造装置においては測長精度を必要としているため非接触型の位置センサの中でも比較的測長精度の高い光センサ型を用いている。

[0119] 加圧部20は、ステージ50上に配置された被加工体130に圧力を加える。加圧部20には、例えば、マイクロ波の吸収性能が加圧部20より大きく、マイクロ波の吸収により発熱するマイクロ波吸収性部材90を取り付けることができる。この場合において、加圧部20とマイクロ波吸収性部材90との間には、マイクロ波吸収性部材90より断熱性の高い断熱性部材80を配置することが好ましい。これにより被加工体130又はマイクロ波吸収性部材90がマイクロ波の吸収によって高温になったとしても加圧部20への熱伝導が抑制され、例えば、加圧部20の移動動作の際の誤動作や使用者のリスクの低減が可能である。

[0120] 加圧部20は、焼結又は溶解等の加工により得られた固体140に対して圧力を加えてもよい。この場合、固体140が熱を有し、所定温度まで冷却される前であって、当該所定温度より温度が高い状態で圧力を加えることが好ましい。加えられる圧力は、例えば、1MPa以上、100MPa以上、あるいは200MPa以上であり、2000MPa以下、1900MPa以下、あるいは1800MPa以下である。圧力を加えることにより、得られた固体140をさらに緻密にすることができる。

[0121] また、図7に示したように固体140の上方に新たな被加工体130を配置した状態で加圧部20により上述のような圧力を加えることで、図8に示す、固体140と被加工体130から製造された固体結合体141の層間の結合強度を高めることが可能である。

[0122] 加圧部20に設けられた断熱性部材80は、例えば、被加工体130、マイクロ波吸収性部材90又は筐体10の内部が高温になった場合でも、加圧部20への熱伝導を抑制する機能を有することが好ましい。断熱性部材80

の熱伝導率はマイクロ波吸収性部材 90 の熱伝導率より低い材料を用いることが好ましい。

[0123] 断熱性部材 80 の材料としては、例えば、酸化アルミニウム又は酸化ケイ素を 50% 以上含む無機材料が好ましい。ケイ酸カルシウム等のケイ酸塩を含むものであってもよい。

[0124] 加圧部 20 に設けられたマイクロ波吸収性部材 90 は、例えば、加圧部 20 が被加工体 130 に圧力を加えるときに、被加工体 130 に接触する。マイクロ波吸収性部材 90 の材料としては、例えば、被加工体 130 又はマイクロ波吸収性部材 90 が第 1 の温度以上かつ第 2 の温度以下の第 1 の温度範囲では、マイクロ波吸収性部材 90 のマイクロ波の吸収効率が被加工体 130 のマイクロ波の吸収効率より高く、被加工体 130 又はマイクロ波吸収性部材 90 が第 3 の温度以上かつ第 4 の温度以下の第 2 の温度範囲では、被加工体 130 のマイクロ波の吸収効率がマイクロ波吸収性部材 90 のマイクロ波の吸収効率より高くなるように選択することが好ましい。なお、前記第 2 の温度が前記第 3 の温度よりも低いことが好ましい。

[0125] マイクロ波吸収性部材 90 の材料としては、例えば、炭化ケイ素等のワイドギャップ半導体、酸化亜鉛、チタン酸ジルコン酸鉛等の含酸素アニオンの塩、黒鉛、チタン等の導電性粒子又は金属粉末若しくは金属粒子を含む材料が好ましい。上述に例示した材料を当該材料よりマイクロ波の吸収率が低い材料である、例えば、アルミナ、酸化ケイ素等の無機材料あるいはセメント等との混合を行い、当該混合後、適宜焼結又は焼き固めることにより得られたプレート等の成形物を用いることがさらに好ましい。これにより、例えば、マイクロ波吸収性部材 90 に対してより高い機械的強度を付与することが可能である。あるいは被加工体 130 の加熱過程におけるマイクロ波吸収性部材 90 からの熱伝導と被加工体 130 に対するマイクロ波による直接加熱との比率を調整することが可能である。

[0126] なお、マイクロ波吸収性部材 90 の原料は、後述するプロモータ 400 と同様な材料又は混合物を成形又は加工するようにしてもよい。

- [0127] なお、「断熱性部材」における「断熱性」及び「マイクロ波吸収性部材」における「マイクロ波吸収性」の意味は、それぞれ、必ずしも絶対的な断熱性及びマイクロ波吸収性を意味しているものではなく、例えば、本実施形態に係る固体製造装置を用いた製造の条件として、断熱性部材 80 の断熱性はマイクロ波吸収性部材 90 の断熱性よりも相対的に高いことも意味することを含んでいる。また、本実施形態に係る固体製造装置を用いた製造の条件として、マイクロ波吸収性部材 90 のマイクロ波吸収効率が、断熱性部材 80 のマイクロ波吸収効率より相対的に高いことも意味として含んでいる。
- [0128] 図 1 に示した固体製造装置は、例えば、マイクロ波吸収性部材 90 と断熱性部材 80 とを加圧部 20 に取り付けるプレート治具 95 を備えていてもよい。なお、プレート治具 95 は、マイクロ波吸収性部材 90 及び断熱性部材 80 の少なくともいずれか一方を加圧部 20 に取り付けるよう構成されていてもよい。
- [0129] 図 13 に示したように被加工体 130 と加圧部 20 との間に接着防止板 410 を配置した状態でマイクロ波又はミリ波等の電磁波を用いた被加工体 130 の加工を行うようにしてもよい。これにより、被加工体 130 が加圧部 20 に接着することを抑制可能である。特に被加工体 130 の少なくとも一部と接着防止板 410 の少なくとも一部とが接した状態で加工することが好ましい。接着防止板 410 の材質としては、被加工体 130 に応じて適宜選択することができる。被加工体 130 が金属材料の場合は、接着防止板 410 としては、例えば、炭素板が好ましい。
- [0130] 本実施形態に係る固体製造装置が備えるガス供給部 21～23 は、筐体 10 内に複数の種類のガスを供給できるように構成されているが、特に、被加工体 130 について焼結又は溶解等の加工が行われている時間の少なくとも一部においてガスが供給されるように構成されていることが好ましい。当該複数の種類のガスとしては、例えば、ネオン (Ne)、アルゴン (Ar)、及びヘリウム (He) 等の不活性ガス、窒素 (N₂)、乾燥水素 (H₂)、及びアンモニア (NH₃) 等の中性ガス、水素 (H₂)、一酸化炭素 (CO)、及び

炭化水素ガス（ C_2H_4 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} など）等の還元性ガス等が挙げられる。また、酸素、オゾン、亜酸化窒素、一酸化窒素及び二酸化窒素等の酸化性ガスも使用することができる。

[0131] マイクロ波発生器30としては、マグネトロン、クライストロン、ジャイロトロン、進行波管などの電子管を利用した発振機、水晶振動子の固有振動を増幅するソリッドステート式発振機、又は窒化ガリウム若しくはヒ化ガリウム等の半導体材料からなる半導体素子を用いることができる。周波数としては、約300MHzから約300GHzのマイクロ波が用いられるが、好ましくは、周波数が1GHzから10GHzの範囲のマイクロ波が用いられる。さらにマイクロ波の周波数を可変することが好ましい。これにより、筐体10の内部のマイクロ波の集中によるホットスポットの発生を抑制することができる。

[0132] 本実施形態に係る、図1に示した固体製造装置のようにマイクロ波発生器30を一つのマイクロ波加熱室に対して複数個設けるようにしてもよい。これにより、例えば、筐体10の内部のマイクロ波の局在化の程度を低減することが可能である。図1に示した固体製造装置のように複数のマイクロ波発生器を用いる場合は、導波管32の断面形状の異方性がある方向が複数の導波管32の間で一致しないようにすることで、マイクロ波の集中によるホットスポットの発生を抑制することができる。典型的には、複数のマイクロ波発生器30にそれぞれ対応する導波管32はその断面形状が長方形であり、一方の導波管32の断面形状の長方形の長辺の方向が、他方の導波管32の断面形状の長方形の長辺と交差するように構成することが好ましい。

[0133] マイクロ波発生器30と筐体10の内部との間には、筐体10の内部に近いほうから窓31と導波管32が配置されている。マイクロ波発生器30から放出されたマイクロ波は導波管32を介して筐体10の内部に窓31から放出される。窓31の部材としては、石英ガラスが挙げられる。

[0134] 送風部15は、例えばエアーカーテン供給機であり、窓31の筐体10の内部側の主面に沿った気流を発生させることで、例えば、筐体10の内部で

発生した被加工体 130 等からの塵、粉や屑が窓 31 に付着しないようにすることができる。

[0135] 固体製造装置は、筐体 10 の内部に設けられた電磁波拡散板 12 を備えていてもよい。例えば、電磁波拡散板 12 は、回転することにより、マイクロ波が筐体 10 の内部の一定の場所に集中することを抑制することが可能である。また、例えば、被加工体 130 の場所による温度ムラや筐体 10 の内部でのスパーク発生を抑制することが可能である。

[0136] 本実施形態に係る固体製造装置が備えるマイクロ波センサ 35 は、磁界強度、電界強度又は高周波強度のうち少なくとも一つが測定できる。マイクロ波センサ 35 は、磁界強度、電界強度又は高周波強度のうち少なくとも二つが同時に測定できることが好ましく、磁界強度、電界強度又は高周波強度の全てが同時に測定できることが特に好ましい。

[0137] 温度計 19 a 及び温度計 19 b としては 500℃又はそれ以上の温度範囲の測定が放射温度計を用いることが好ましい。複数の温度計、すなわち温度計 19 a 及び温度計 19 b の少なくともいずれか一方には、放射温度計のレンズを冷却する冷却デバイスを備えることが好ましい。冷却デバイスとしては送風式を用いることが好ましい。

[0138] 温度は筐体 10 内の複数の場所で測定されることが好ましい。これにより、例えば、被加工体 130 の位置による温度差が生じないようにすることが可能である。本実施形態に係る固体製造装置では、温度計 19 a 及び温度計 19 b は加圧部 20 の複数の場所、すなわち、一方の温度計が他方の温度計より加圧部 20 若しくは筐体 10 の中央に近い位置に配置されている。

[0139] 例えば、複数の位置で測定した温度の差が無くなるまでの期間の少なくとも一部の期間、又は複数の位置で測定した温度の差が所定の値になるまでの期間の少なくとも一部の期間において、筐体 10 内へのマイクロ波の放出を停止するようにしてもよい。あるいは、被加工体 130 を加工する際にマイクロ波の出力である第 1 の出力に対して、複数の位置で測定した温度の差が無くなるまでの期間の少なくとも一部の期間、又は複数の位置で測定した温

度の差が所定の値になるまでの期間の少なくとも一部の期間において、マイクロ波の出力を第1の出力より低い第2の出力にするようにしてもよい。このような温度計による測定値に基づく、マイクロ波の出力等の被加工体130の加工条件の設定又は実行の少なくとも一部をプログラム化してコンピュータ等制御装置を用いて自動化するようにしてもよい。

[0140] 本実施形態に係る図1に示した固体製造装置では冷却部1は筐体10に取り付けているが、例えば、図10又は図13に示したように、加圧部20に冷却部1に取り付けることもできる。また、図13又は図14に示したようにステージ50側に冷却部1を取り付けることができる。筐体10、加圧部20及びステージ50のうち少なくとも二つに冷却部1を取り付けてもよい。冷却部1としては、典型的には、例えば、ペルチェ素子が挙げられるが、例えば、筐体10、加圧部20又はステージ50の外部又は内部に配管を設け、当該配管内に水や冷媒、若しくは空気等を循環させる冷却部が特に大型のマイクロ波加熱室に対しては有効である。

[0141] 本実施形態に係る固体製造装置が備える囲い40は、筐体10内に配置され、ステージ50上に配置された被加工体130の側面を取り囲む。囲い40は、例えば、図3に示したように、加圧部20により断熱性部材80及びマイクロ波吸収性部材90を介して被加工体130に圧力を加えることにより被加工体130が変形しても、被加工体130の変形を最大でも囲い40の範囲内で収めて、被加工体130の変形を抑制することが可能である。

[0142] 囲い40は、図1に示したようなステージ50が被加工体130を受け取った第1の位置から、図3に示したように加圧部20が断熱性部材80及びマイクロ波吸収性部材90を介して被加工体130に圧力を加えた状態で筐体10の内部にマイクロ波を放出することにより被加工体130を加工する際の位置である第2の位置に移動した際に、被加工体130から加圧部20への第1の方向と交差する第2の方向に位置する。典型的には、囲い40は、図3に示したような被加工体130に対して加圧部20が断熱性部材80及びマイクロ波吸収性部材90を介して圧力を加えた状態においては、被加

工体 130 の周囲に位置する状態となる。

[0143] これにより、筐体 10 の内部で反射したマイクロ波の少なくとも一部又は窓 31 から放出され、直接被加工体 130 又はステージ 50 の方向に進行するマイクロ波の少なくとも一部が、囲い 40 により減衰させる構成とするようにしてもよい。

[0144] 囲い 40 の材質としては、純金属、合金又は非金属の無機材料を用いることができる。純金属としては、アルミニウム、銅、鉄等の純金属が挙げられる。合金としては、ステンレス鋼材、ニッケルクロム鋼鋼材、クロムモリブデン鋼鋼材、マンガン鋼鋼材、マンガンクロム鋼鋼材、クロム鋼鋼材、炭素鋼鍛鋼品、炭素銅鍛鋼品、ねずみ鋳鉄品、球状黒鉛鋳鉄品及び黒心可鍛鋳鉄品等が挙げられる。非金属の無機材料としては、例えば、酸化アルミニウム、アルミナ磁器、焼結酸化ベリリウム、焼結酸化ジルコニウム、焼結ムライト、ホットプレス窒化ケイ素、反応焼結窒化ケイ素、熔融石英、ホットプレス炭化チタン、黒鉛等非金属材料等が挙げられる。

[0145] なお、図 1 に示したような単一の材質からなる囲い 40 の代わりに、図 10 に示すような複数の材質からなる囲い 41、42 を用いてもよい。例えば、囲い 42 は、囲い 41 の加圧部 20 と対向する側に配置される。例えば、図 10 に示した固体製造装置において、囲い 41 の材料は非金属の無機材料であってもよく、囲い 42 の材料は、上述したような金属、合金又は黒鉛等のマイクロ波の吸収性の高い部材であってもよい。このように、囲いを複数の材質を用いて形成することにより、例えば、被加工体 130 へのマイクロ波の透過率を確保すると同時に、加圧部 20 による加圧の荷重に耐えるようにすることができる。あるいは、例えば、被加工体 130 を熱伝導により加熱する機能を囲い 41 に担わせたり、耐荷重機能を囲い 42 に担わせたりすることもできる。

[0146] 図 11 に示したように、被加工体 130 にプロモータ 400 の少なくとも一部を接触させた状態で、被加工体 130 にマイクロ波を照射してもよい。

[0147] プロモータ 400 は、被加工体 130 のマイクロ波吸収効率が上昇する温

度帯より低い温度帯でマイクロ波を相対的により多く吸収するように調製することが好ましい。これにより、プロモータ400が、被加工体130より早く発熱し、被加工体130のマイクロ波吸収効率がプロモータ400のマイクロ波吸収効率より相対的に高くなる温度帯に達する時間が短縮され、被加工体130の加工に必要な時間を短縮することが可能である。さらに、加工時間のうち被加工体130が焼結又溶解する温度に達して以降の温度域にある期間の少なくとも一部の期間において、被加工体130の温度がプロモータ400の温度より高くなるように、プロモータ400と被加工体130との組み合わせを選択することが好ましい。

[0148] プロモータ400としては、例えば、被加工体130又はプロモータ400が第1の温度以上かつ第2の温度以下の第1の温度範囲では、プロモータ400のマイクロ波の吸収効率が被加工体130のマイクロ波の吸収効率より高く、被加工体130又はプロモータ400が第3の温度以上かつ第4の温度以下の第2の温度範囲では、被加工体130のマイクロ波の吸収効率がプロモータ400のマイクロ波の吸収効率より高くなるように選択することが好ましい。なお、前記第2の温度が前記第3の温度よりも低いことが好ましい。

[0149] プロモータ400は、例えば、マイクロ波を吸収するマイクロ波吸収性材料を含んでいることが好ましい。これにより、例えば、少なくとも被加工体130に対するマイクロ波の加工を開始した初期の段階で、被加工体130への熱伝導の役割をプロモータ400が担うことができる。

[0150] マイクロ波吸収性材料は、例えば、含炭素材料を含む。含炭素材料の例としては、カーボンブラック、非晶質カーボン、黒鉛、炭化ケイ素、炭素樹脂及び金属炭化物等が挙げられる。また、マイクロ波吸収性材料の他の例としては、金属粒子、金属窒化物、金属酸化物、及び金属硼化物等が挙げられる。マイクロ波吸収性材料は、上記に例示したいずれかの材料の少なくとも二つの混合物であってもよい。

[0151] プロモータ400は、さらに断熱性材料を含んでいることが好ましい。断

熱性材料の例としては、例えば、金属の酸化物、半金属の酸化物が挙げられる。金属及び半金属の酸化物の例としては、例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、酸化ケイ素 (SiO_2)、酸化マグネシウム (MgO)、酸化ジルコニウム (ZrO_2)、及び酸化チタン (TiO_2) 等が挙げられる。例えば、酸化アルミニウム (Al_2O_3) の融点は 2072°C である。酸化ケイ素 (SiO_2) の融点は 1710°C である。酸化マグネシウム (MgO) の融点は 2852°C である。断熱性材料は、これらの化合物又は混合物であってもよい。

[0152] プロモータ400は、マイクロ波吸収性材料より高い融点を有する高融点材料を含んでいてもよい。高融点材料は、例えば、炭素、及び炭化ケイ素被加工体130を還元する還元材料であってもよい。

[0153] プロモータ400におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、被加工体130のマイクロ波吸収効率が上昇する温度帯より低い温度帯の少なくとも一部の範囲でプロモータ400が被加工体130よりもマイクロ波を相対的により多く吸収し、被加工体130のマイクロ波吸収効率が上昇する温度帯以上の範囲の少なくとも一部において被加工体130がプロモータ400よりもマイクロ波を相対的に多く吸収するように選択することが好ましい。あるいは、プロモータ400におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、被加工体130が焼結又は溶解温度に達するまでの温度範囲の少なくとも一部においてプロモータ400の温度が被加工体130の温度より相対的に高くなり、被加工体130の焼結する温度又は溶解する温度に到達して以降の少なくとも一部の温度範囲においては被加工体130の温度がプロモータ400より相対的に高くなるように設定することが好ましい。

[0154] 典型的なプロモータ400におけるマイクロ波吸収性材料と断熱性材料との質量割合は、1:1か、断熱性材料の質量割合がマイクロ波吸収性材料の質量割合より大きいことが好ましい。例えば、プロモータ400におけるマイクロ波吸収性材料の質量割合は、1質量%以上、2質量%以上、あるいは5質量%以上であり、70質量%以下、50質量%以下、40質量%以下、

30質量%以下、20質量%以下、あるいは10質量%以下であるが、所望の加工条件に応じて適宜選択するようにしてもよい。

[0155] なお、「マイクロ波吸収性材料」における「マイクロ波吸収性」及び「断熱性材料」における「断熱性」の意味は、それぞれ、必ずしも絶対的なマイクロ波吸収性及び断熱性を意味しているものではなく、例えば、マイクロ波吸収性材料のマイクロ波吸収性は、断熱性材料のマイクロ波吸収性より高いことも意味として含んでいる。また、断熱性材料の断熱性は、マイクロ波吸収性材料の断熱性より高いことも意味として含んでいる。

[0156] プロモータ400が被加工体130と囲い41との間に配置された状態で筐体10内にマイクロ波を放射することにより、より効率的に被加工体130の加工を実施することが可能である。また、被加工体130から囲い41への方向と交差する方向、すなわち、本実施形態では加圧部20と被加工体130のとの間にプロモータ400を配置するようにしてもよい。被加工体130の周囲及び被加工体130を載置するステージ50とは被加工体130に対して反対の位置のいずれか少なくとも一方にプロモータ400を配置して、被加工体130の加工を実施するようにしてもよいが、図12に示したようにプロモータ400を被加工体130と囲い41又は囲い42の間のみ配置した状態で加工を行うようにしてもよい。

[0157] 図11又は図12に示したように被加工体130の少なくとも一部がプロモータ400と接触した状態でマイクロ波等の電磁波による焼結又は溶解等の加工を行うことにより、例えば、プロモータ400が接しない状態で加工を行う場合に比べ、マイクロ波吸収性部材90の吸収効率をより低くするようにすることもできる。

[0158] 本実施形態に係る、図1に示した固体製造装置に用いる荷重受け部60は、例えば、軸と軸受とを含んで構成されている。荷重受け部60にステージ50の加圧部20に対する距離の調整機能を担わせるようにしてもよい。

[0159] マイクロ波照射により被加工体130から固体又は固体結合体141が得られた後、ステージ50は、図8に示すように、固体又は固体結合体141

を、固体受取部100に移動させる。固体受取部100は、例えば、加圧部20に対向する位置にある筐体10の底部において、加圧部20とは反対側の外側に位置している。図8に示したように、固体受取部100は、例えば、筐体10の内部において被加工体130の加工を通して得られた物体である固体結合体141を受け取る機能を有する。固体受取部100は例えば枠を備え、枠内部に空間を有する。ステージ50は、固体受取部100の枠内部の空間を移動可能である。固体受取部100は、例えば、固体結合体141がステージ50と共に筐体10の内部から外側に離れる方向へ移動し、その移動を停止させるように構成されている。この停止した状態において、固体結合体141と支持台51との間に配置された台座135の少なくとも一部と支持台51の少なくとも一部が接している。例えば、支持台51には、ステージ50が貫通する開口が設けられており、台座135は、当該開口を通過できない大きさを有している。

[0160] 固体結合体141が停止した状態からシャフト接続部110介して接続されたシャフト120がシャフト駆動部125により駆動され、シャフト120が固体受取部100を押すことにより、図9に示すように、固体受取部100が、ステージ50が筐体10の内部と支持台51との間で移動する方向とは交差する方向に移動し、その後の動作によって、当該固体製造装置から固体結合体141が取り出される。

[0161] 典型的な例としては、図9に示したように少なくとも一時的には筐体10及び搬送台250の下方に固体受取部100及び固体結合体141が位置するような構成としてもよい。

[0162] なお、図1乃至17本実施形態に係る固体製造装置においては、搬送部300が被加工体130をステージ50の方向に移動させる方向である原料搬送方向が、固体受取部100がシャフト120を介してシャフト駆動部が移動させることができる方向である製品搬送方向に沿うような構成となっているが、例えば、当該原料搬送方向と当該製品搬送方向とが交差する方向、例えば、典型的の場合として実質的に直交するような構成であってもよい。そ

のような構成とすることにより、例えば、原料の筐体10の内部までの搬送距離又は製品の筐体10からの取り出しまでに必要となる搬送距離を短くすることが可能である。

[0163] 被加工体130としては、例えば、金属材料若しくはセラミック材料、あるいはこれらの混合物又はこれらの材料に対して添加物を添加した組成物が挙げられる。当該金属材料又は当該セラミック材料は、1種類であってもよいし、2種類以上を含んでいてもよく、目的物である図4に示した、被加工体130の焼結又は溶解等の加工によって得られる固体140に応じて適宜選択することができる。

[0164] 金属材料としては、例えば、金属単体を含んでいてもよいし、これらの合金等の金属化合物を含んでいてもよい。金属元素の例としては、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、金 (Au)、銀 (Ag)、アルミニウム (Al)、コバルト (Co)、タングステン (W)、チタン (Ti)、クロム (Cr)、モリブデン (Mo)、ベリリウム (Be)、マグネシウム (Mg)、スズ (Sn)、セリウム (Ce)、鉛 (Pb)、水銀 (Hg)、ナトリウム (Na)、ビスマス (Bi)、及びガリウム (Ga) が挙げられる。鉄 (Fe) の焼結温度は例えば1200℃である。鉄 (Fe) の融点は1538℃である。ニッケル (Ni) の焼結温度は例えば1200℃である。ニッケル (Ni) の融点は1495℃である。銅 (Cu) の焼結温度は例えば800℃である。銅 (Cu) の融点は1085℃である。金 (Au) の焼結温度は例えば800℃である。金 (Au) の融点は1064℃である。銀 (Ag) の焼結温度は例えば750℃である。銀 (Ag) の融点は962℃である。アルミニウム (Al) の焼結温度は例えば500℃である。アルミニウム (Al) の融点は660℃である。コバルト (Co) の焼結温度は例えば1100℃である。コバルト (Co) の融点は1455℃である。

[0165] 複数の金属元素からなる合金、金属元素と非金属元素からなる合金、金属の酸化物、金属の水酸化物、金属の塩化物、金属の炭化物、金属のホウ化物、及び金属の硫化物が挙げられるが、所望の固体140に応じて適宜選択す

ることができる。合金を構成する元素としては、例えば、ケイ素 (S i)、マンガン (M n)、クロム (C r)、ニッケル (N i)、炭素 (C)、ホウ素 (B)、銅 (C u)、アルミニウム (A l)、チタン (T i)、ニオブ (N b)、バナジウム (V)、亜鉛 (Z n)、アンチモン (S b)、パラジウム (P d)、ランタン (L a)、金 (A u)、カリウム (K)、カドミウム (C d)、インジウム (I n)、モリブデン (M o)、及び硫黄 (S) 等を含んでいてもよい。

[0166] セラミック材料としては、例えば、酸化物系セラミックまたは非酸化物系セラミック等が使用できる。具体的なセラミック材料としては、例えば、アルミナ ($A l_2O_3$)、ジルコニア ($Z rO_2$)、チタン酸バリウム ($B aT iO_3$)、酸化バリウム ($B aO$)、酸化チタン ($T iO_2$)、酸化ケイ素 ($S iO_2$)、酸化亜鉛 ($Z nO_2$)、酸化ネオジム ($N d_2O_3$)、チタン酸ジルコン酸鉛 (P Z T)、窒化珪素 ($S i_3N_4$)、炭化珪素 (S i C) 等を使用することができる。また、これらの材料は、1種類単独で、または2種以上を組み合わせ使用してもよい。

[0167] 被加工体 130 は粒子であってもよい。被加工体 130 が粒子である場合、被加工体 130 の粒子径は、所望の固体 140 に応じて適宜選択することができる。被加工体 130 としては、例えば、上記の材料の圧粉体等の成形物又はその類似物を用いることができる。これにより、例えば、加工を行う際の変形の程度を低減することができる。

[0168] 被加工体 130 として圧粉体を得る場合には、例えば、材料の粒子又は粉末の集合体に 1 M P a 以上、1 0 0 M P a 以上、あるいは 2 0 0 M P a 以上、2 0 0 0 M P a 以下、1 9 0 0 M P a 以下、あるいは 1 8 0 0 M P a 以下の圧力を加えてもよい。圧力を加えることにより、製造される得られる固体 140 が緻密になる傾向にある。加圧方法としては、例えば、一軸成型、冷間静水圧加圧 (C I P) 成型、熱間等方圧加圧法 (H I P) 成型、及びローラー加圧などが挙げられる。もちろん、被加工体 130 としては、所望の固体 140 に応じて、シート状や板状等種々形状のものを適宜選択することが

できる。

- [0169] 被加工体 130 のマイクロ波の吸収効率が、少なくとも一部の温度領域でマイクロ波吸収性部材 90 のマイクロ波吸収効率より相対的に高くなるように被加工体 130 及びマイクロ波吸収部材を組み合わせることが好ましい。
- [0170] 本実施形態に係る、図 1 に示した固体製造装置に用いられる制御部 1000 は、例えば、冷却部 1、電磁波拡散板 12、送風部 15、位置センサ 16、温度計 19a 及び 19b、加圧部 20、ガス供給器 21~23、マイクロ波発生器 30、ステージ 50、荷重受け部 60、シャフト駆動部 125、原料供給ステージ 200 及び搬送部 300 の少なくとも一つを制御するように構成されていてもよい。また、例えば、上述の各デバイスの少なくとも二つのデバイスが連動して動作できるように制御部 1000 を構成するようにしてもよい。
- [0171] このように二つのデバイスが連動する場合の例を挙げるとすると、制御部 1000 は、温度計 19a 及び温度計 19b 等の複数の温度測定箇所における温度の差が所定の範囲になった場合にマイクロ波発生器 30 からマイクロ波を筐体 10 の内部に放出するような制御するようにしてもよい。
- [0172] 制御部 1000 は、図 1 に示したような加圧部 20 とステージ 50 とが、被加工体 130 が加圧部 20 に取り付けられたマイクロ波吸収性部材 90 とは接触しない距離にある状態から図 3 に示したように加圧部 20 とステージ 50 のうち少なくともいずれか一方を加圧部 20 とステージ 50 とが接近するように移動させ、被加工体 130 とマイクロ波吸収性部材 90 とが接触するような動作の制御をすることもできる。
- [0173] 制御部 1000 は、被加工体 130 とマイクロ波吸収性部材 90 とが接触した状態における被加工体 130 に加わる圧力値をステージ 50 及び加圧部 20 の少なくともいずれか一方を制御して所定値又は所定の範囲となるような制御を行うようにしてもよい。
- [0174] 制御部 1000 は、図 3 に示したような筐体 10 の内部でのマイクロ波照射による焼結又は溶解により固体 140 が得られた後に、図 4 に示したよう

に加圧部 20 とステージ 50 との距離を離れた状態とし、図 5 に示したように搬送台 250 の上を次にマイクロ波焼結を行う被加工体 130 を移動させ、図 6 に示したように既にマイクロ波焼結により得られた固体 140 の上方に次の被加工体 130 を載置するような一連の動作の少なくとも一部を制御するようにしてもよい。

[0175] 制御部 1000 は、図 7 に示したように、被加工体 130 をマイクロ波により加工して既に得られている固体 140 の上に新たな被加工体 130 を載置した状態で、マイクロ波を筐体 10 の内部に放出して被加工体 130 を溶解又は焼結等の加工を行う際にも、加圧部 20 及びステージ 50 の少なくともいずれか一方を制御して、被加工体 130 に加わる圧力又は加圧部 20 とステージ 50 との間の距離を制御するように構成してもよい。

[0176] 制御部 1000 は、マイクロ波照射による被加工体 130 の焼結又は溶解等の加工により得られた固体 140 を結合させた固体結合体 141 を本実施形態に係る固体製造装置から取り出す際には、図 8 に示したように固体結合体 141 の少なくとも一部が固体受取部 100 の内部に収まるようにステージ 50 を加圧部 20 とは反対方向に移動させ、さらに図 9 に示したようにシャフト 120 を介してシャフト駆動部 125 により固体受取部 100 をステージ 50 から加圧部 20 を見た方向とは交差する方向に移動させる動作の少なくとも一部を制御するようにしてもよい。

[0177] 以上例示した制御部 1000 としては、コンピュータを用いることができ、制御部 1000 による制御の少なくとも一部をプログラムとして制御部 1000 に格納し、実施することが好ましい。

[0178] また、図 14 に示したように被加工体 130 として圧力を加えていない、又は成形していない被加工体 800 を用いることができる。被加工体 800 としては、例えば、粉末の集合体で当該集合体の形が保てないものであり得る。この場合は、図 14 に示したように搬送部 301 は、被加工体 800 を載置できる構造になっていることが好ましい。

[0179] 図 15 に示したように搬送部 301 を、被加工体 800 が加圧部 20 及び

ステージ50が対向する位置に移動させた後、図16に示したように搬送部301の被加工体800を載置していた箇所から被加工体800を滑らせて被加工体800をステージ50の上方に配置するようにするようによい。

[0180] なお、図17に示したように、被加工体800を加圧部20とステージ50との間に配置して被加工体800に圧力を加え、成形を行うか、圧粉体を形成してもよい。この場合、被加工体800に対して圧力を加える期間は、筐体10の内部にマイクロ波又はミリ波を放出する期間の少なくとも一部でもよいし、マイクロ波又はミリ波を筐体10の内部に放出する期間の前であってもよい。

[0181] さらに図17に示した固体製造装置の構成では、被加工体800の加工が完了し、固体が得られた後に当該固体に対して加圧部20等を用いて圧力を加えることができる。

[0182] 図14乃至17に示した固体製造装置の動作は、圧力を加えていない、又は成形していない被加工体800を用いた場合について述べているが、被加工体800の代わりに形を保てない粉末の集合体を金属製又はセラミック製の枠に入れたものを使用してもよい。この場合についても、上述の図14乃至17に示した固体製造装置の操作と同様な操作により上記枠の形状に応じた固体が得られる。

[0183] 上記のように本発明のいくつかの態様に係る実施形態を開示したが、この開示の一部をなす記述及び図面は本発明の技術的思想を限定するものであると理解すべきではなく、本発明はここでは記載していない様々な実施形態等を包含するということを理解すべきである。

符号の説明

[0184] 1・・・冷却部、10・・・筐体、11・・・ストップ、12・・・電磁波拡散板、15・・・送風部、16・・・位置センサ、19a・・・温度計、19b・・・温度計、20・・・加圧部、21・・・ガス供給部、22・・・ガス供給部、23・・・ガス供給部、30・・・マイクロ波発生器、3

1 . . . 窓、 3 2 . . . 導波管、 3 5 . . . マイクロ波センサ、 4 0 . . . 囲い、 4 1 . . . マイクロ波透過性囲い、 4 2 . . . マイクロ波吸収性囲い、 5 0 . . . ステージ、 5 1 . . . 支持台、 6 0 . . . 荷重受け部、 8 0 . . . 断熱性部材、 9 0 . . . マイクロ波吸収性部材、 9 5 . . . プレート治具、 1 0 0 . . . 固体受取部、 1 1 0 . . . シャフト接続部、 1 2 0 . . . シャフト、 1 2 5 . . . シャフト駆動部、 1 3 0 . . . 被加工体、 1 3 5 . . . 台座、 1 4 0 . . . 固体（加工物）、 1 4 1 . . . 固体結合体、 2 0 0 . . . 原料供給ステージ、 2 5 0 . . . 搬送台、 3 0 0 . . . 搬送部、 4 0 0 . . . プロモータ、 4 1 0 . . . 接着防止板、 8 0 0 . . . 被加工体、 1 0 0 0 . . . 制御部

請求の範囲

- [請求項1] 被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、
筐体と、
前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、
前記筐体の内部に配置された、前記筐体の内部に少なくとも突出した状態で、前記被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、
を備える固体製造装置。
- [請求項2] 前記筐体及び前記第1の基体の少なくとも一つを冷却するための冷却部をさらに備える、請求項1に記載の固体製造装置。
- [請求項3] さらに第2の基体を備え、
前記第1の基体と前記第2の基体との間の距離を変更できるように前記第1の基体と前記第2の基体が構成されている、
請求項1に記載の固体製造装置。
- [請求項4] 前記冷却部は、前記第1の基体を冷却するように構成されており、
前記第1の基体は、前記被加工体に圧力に加えるように構成されている、
請求項2に記載の固体製造装置。
- [請求項5] さらに第3の基体を備え、
前記第3の基体は、前記筐体の内部に前記電磁波放出デバイスが前記マイクロ波又は前記ミリ波を前記筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部の期間において、前記被加工体及び前記第1の基体の少なくとも一方と、前記電磁波放出デバイスの前記筐体内への前記マイクロ波又は前記ミリ波を放出するための放出口と、の間に配置されるように構成されている、
請求項1に記載の固体製造装置。
- [請求項6] 前記筐体、前記第1の基体及び前記第2の基体のうち少なくとも一

つに冷却部が設けられている、

請求項 3 に記載の固体製造装置。

[請求項7]

前記第 3 の基体は、前記筐体の内部に前記電磁波放出デバイスが少なくとも前記マイクロ波又は前記ミリ波を前記筐体内に放出する期間の少なくとも一部の期間において、前記被加工体及び前記第 1 の基体の少なくとも一方と、前記筐体の内面と、の間に配置されるように構成されている、

請求項 5 に記載の固体製造装置。

[請求項8]

少なくとも前記マイクロ波又は前記ミリ波を前記筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部の期間において、前記第 3 の基体は、前記被加工体の少なくとも一部を囲む部材、粉末、又は粒子を保持する、請求項 5 に記載の固体製造装置。

[請求項9]

前記第 1 の基体は、前記被加工体に圧力を加えるように構成されている、

請求項 1 に記載の固体製造装置。

[請求項10]

前記第 3 の基体は、前記マイクロ波又は前記ミリ波の第 1 の透過率を有する第 1 の部分と、前記マイクロ波又は前記ミリ波の第 2 の透過率を有する第 2 の部分と、を含み、

前記第 1 の透過率と前記第 2 の透過率とは異なっている、

請求項 5 に記載の固体製造装置。

[請求項11]

前記第 1 の透過率は、前記第 2 の透過率より高く、

少なくとも前記マイクロ波又は前記ミリ波を前記筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部の期間において、前記第 1 の部分と前記被加工体との距離は、前記第 2 の部分と前記被加工体との距離に比べて小となるよう構成されている、

請求項 10 に記載の固体製造装置。

[請求項12]

前記第 1 の基体は、第 1 の部位と第 2 の部位と、を有し、

前記第 1 の部位は前記第 2 の部位に比べて前記マイクロ波又は前記

ミリ波の吸収の効率が低い、

請求項 1 に記載の固体製造装置。

[請求項13]

前記第 1 の部位と前記第 2 の部位との間に第 3 の部位を有し、

前記第 3 の部位の熱伝導率は、前記第 1 の部位及び前記第 2 の部位の少なくともいずれか一方の熱伝導率より低い、

請求項 1 2 に記載の固体製造装置。

[請求項14]

前記筐体の内部に前記電磁波放出デバイスが前記マイクロ波又は前記ミリ波を前記筐体の内部に放出する期間の少なくとも一部の期間において、前記第 1 の部位が前記被加工体の少なくとも一部に接するように構成されている、

請求項 1 2 に記載の固体製造装置。

[請求項15]

被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、

筐体と、

前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、

前記固体の原料となる被加工体を載置するステージと、

前記固体が前記筐体の内部から前記筐体の外に移送されたときに前記固体を受け取る固体受取部と、

を備え、

前記ステージの上方で前記固体が形成されるように構成されている

、

固体製造装置。

[請求項16]

前記ステージが移動することにより、前記固体受取部に前記固体を受け渡す、

請求項 1 5 に記載の固体製造装置。

[請求項17]

前記固体受取部は、第 1 の空間を取り囲む枠部材を備え、

前記ステージは、前記第 1 の空間の内部を移動可能に構成されている、

請求項 15 に記載の固体製造装置。

[請求項18] 前記枠部材は、前記筐体の下方に取り付けられている、
請求項 17 に記載の固体製造装置。

[請求項19] 前記筐体は、前記筐体の内部の第1の面から前記第1の面と前記第1の面に対向する第2の面に向かって突出した突出部を有し、
前記突出部の内側の第2の空間を前記ステージが移動可能であるように構成されている、
請求項 15 に記載の固体製造装置。

[請求項20] 前記固体受取部は、前記ステージが、前記固体を前記筐体の内部から前記固体受取部に近づく方向に移動させることにより、前記固体を受け取ることが可能に構成されている、請求項 15 に記載の固体製造装置。

[請求項21] 前記固体受取部は、第1の空間を取り囲む枠部材を備え、前記固体受取部と前記突出部とは、前記第1の空間と前記第2の空間とが、直接又は内部に空間のある少なくとも一つの部材を介在して連結することが可能に構成されている、
請求項 19 に記載の固体製造装置。

[請求項22] 前記マイクロ波又は前記ミリ波が前記筐体の内部に放出されている期間の少なくとも一部である第1の期間において、前記第1の空間と前記第2の空間とが、直接又は内部に空間のある少なくとも一つの部材を介在して連結することが可能に構成されている、
請求項 21 に記載の固体製造装置。

[請求項23] 前記固体受取部は、前記第1の面に沿った方向又は前記第1の面と交差する方向に移動可能に構成されている、
請求項 19 に記載の固体製造装置。

[請求項24] 被加工体から固体を製造する固体製造方法であって、
第1の工程と、第2の工程と、を含み、
前記第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に前記被加工

体及び第 1 の部材の配置を行い、

前記第 2 の工程の少なくとも一部において前記被加工体の焼結又は溶解を行い、

前記第 2 の工程は、前記被加工体又は前記第 1 の部材の温度が第 1 の温度以上かつ第 2 の温度以下の第 1 の温度範囲と前記被加工体又は前記第 1 の部材の温度が第 3 の温度以上かつ第 4 の温度以下の第 2 の温度範囲で、行われ、

前記第 1 の温度範囲及び前記第 2 の温度範囲において、前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、

前記第 1 の温度範囲における前記第 1 の部材のマイクロ波の吸収効率は前記被加工体のマイクロ波の吸収効率よりも大であり、

前記第 2 の温度範囲における前記被加工体のマイクロ波の吸収効率は前記第 1 の部材のマイクロ波の吸収効率より大である、

固体製造方法。

[請求項25] 前記第 2 の工程は、第 1 の副工程と第 2 の副工程とを含み、
前記第 1 の副工程は前記第 1 の温度範囲で行われ、
前記第 2 の副工程は前記第 2 の温度範囲で行われ、
前記第 1 の副工程は、前記第 2 の副工程を行う前に行われる、
請求項 2 4 に記載の固体製造方法。

[請求項26] 前記第 3 の温度は、前記第 2 の温度よりも高い、請求項 2 4 に記載の固体製造方法。

[請求項27] 前記第 2 の温度範囲に、前記被加工体が焼結する温度である焼結温度又は前記被加工体が溶解する温度である溶解温度が含まれる、
請求項 2 4 に記載の固体製造方法。

[請求項28] 前記第 1 の温度、前記第 2 の温度、前記第 3 の温度及び前記第 4 の温度は、前記被加工体及び前記第 1 の部材の温度である、
請求項 2 4 に記載の固体製造方法。

[請求項29] 被加工体から固体を製造する固体製造方法であって、

第1の工程と、第2の工程と、を含み、

前記第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に前記被加工体及び第1の部材の配置を行い、

前記第2の工程の少なくとも一部において前記被加工体の焼結又は溶解を行い、

前記第2の工程を実施する期間は、少なくとも第1の期間及び第2の期間を含み、

前記第1の期間及び前記第2の期間のいずれにおいても前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、

前記第1の期間において、前記被加工体の少なくとも一部が前記第1の部材と接した状態であり、かつ、前記第1の部材の温度は、前記被加工体の温度より高く、

前記第2の期間において、前記第1の部材の温度は、前記被加工体の温度より低くなる、

固体製造方法。

[請求項30] 前記第2の期間の少なくとも一部において、前記被加工体は、前記被加工体が焼結する又は溶解する温度に達している、

請求項29に記載の固体製造方法。

[請求項31] 前記第2の工程の少なくとも一部において、前記被加工体の少なくとも一部が第2の部材と接している、

請求項29に記載の固体製造方法。

[請求項32] 前記第1の期間の少なくとも一部において、前記被加工体の少なくとも一部が第2の部材と接している、

請求項29に記載の固体製造方法。

[請求項33] 前記第1の部材は、成形物又は粒子の集合体若しくは粉の集合体である、

請求項29に記載の固体製造方法。

[請求項34] 前記第1の部材は、第1の材料と第2の材料とを含み、

前記第 1 の材料のマイクロ波吸収効率は、前記第 2 の材料のマイクロ波吸収効率より大である、

請求項 3 3 に記載の固体製造方法。

[請求項35] 前記第 2 の材料の融点は、前記第 1 の材料の融点より高い、
請求項 3 4 に記載の固体製造方法。

[請求項36] 前記第 2 の材料の断熱性は、前記第 1 の材料の断熱性より大である、

請求項 3 4 に記載の固体製造方法。

[請求項37] 前記被加工体は、粉の集合体又は粉の集合体の成形体である、
請求項 2 4 に記載の固体製造方法。

[請求項38] 前記第 2 の部材は、第 3 の材料と第 4 の材料とを含み、
前記第 3 の材料のマイクロ波吸収効率は、前記第 4 の材料のマイクロ波吸収効率より大である、

請求項 3 1 に記載の固体製造方法。

[請求項39] 金属製品の製造方法であって、
第 1 の工程と、第 2 の工程と、を含み、
前記第 1 の工程の少なくとも一部において筐体の内部に前記金属製品の原料及び第 1 の部材の配置を行い、

前記第 2 の工程の少なくとも一部において前記原料の焼結又は溶解を行い、

前記第 2 の工程を実施する期間は、少なくとも第 1 の期間及び第 2 の期間を含み、

前記第 1 の期間及び前記第 2 の期間のいずれにおいても前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、

前記第 1 の期間において、前記原料の少なくとも一部が前記第 1 の部材と接した状態であり、かつ、前記第 1 の部材の温度は、前記原料の温度より高く、

前記第 2 の期間において、前記第 1 の部材の温度は、前記原料の温

度は低くなっており、

前記第2の期間の少なくとも一部において、前記原料は、前記原料が焼結する又は溶解する温度に達している、

金属製品の製造方法。

[請求項40]

金属製品の製造方法であって、

第1の工程と、第2の工程と、を含み、

前記第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に前記金属製品の原料及び第1の部材の配置を行い、

前記第2の工程の少なくとも一部において前記原料の焼結又は溶解を行い、

前記第2の工程は、前記原料又は前記第1の部材の温度が第1の温度以上かつ第2の温度以下の第1の温度範囲と前記原料又は前記第1の部材の温度が第3の温度以上かつ第4の温度以下の第2の温度範囲で、行われ、

前記第1の温度範囲及び前記第2の温度範囲において、前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、

前記第1の温度範囲における前記第1の部材のマイクロ波の吸収効率は前記原料のマイクロ波の吸収効率よりも大であり、

前記第2の温度範囲における前記原料のマイクロ波の吸収効率は前記第1の部材のマイクロ波の吸収効率より大である、

金属製品の製造方法。

[請求項41]

被加工体の焼結又は溶解に用いる部材であって、

当該部材は、

前記被加工体又は前記部材が第1の温度以上かつ第2の温度以下の第1の温度範囲では、当該部材のマイクロ波の吸収効率が前記被加工体のマイクロ波の吸収効率より高く、

前記被加工体又は前記部材が第3の温度以上かつ第4の温度以下の第2の温度範囲では、前記被加工体のマイクロ波の吸収効率が前記部

材のマイクロ波の吸収効率より高く、

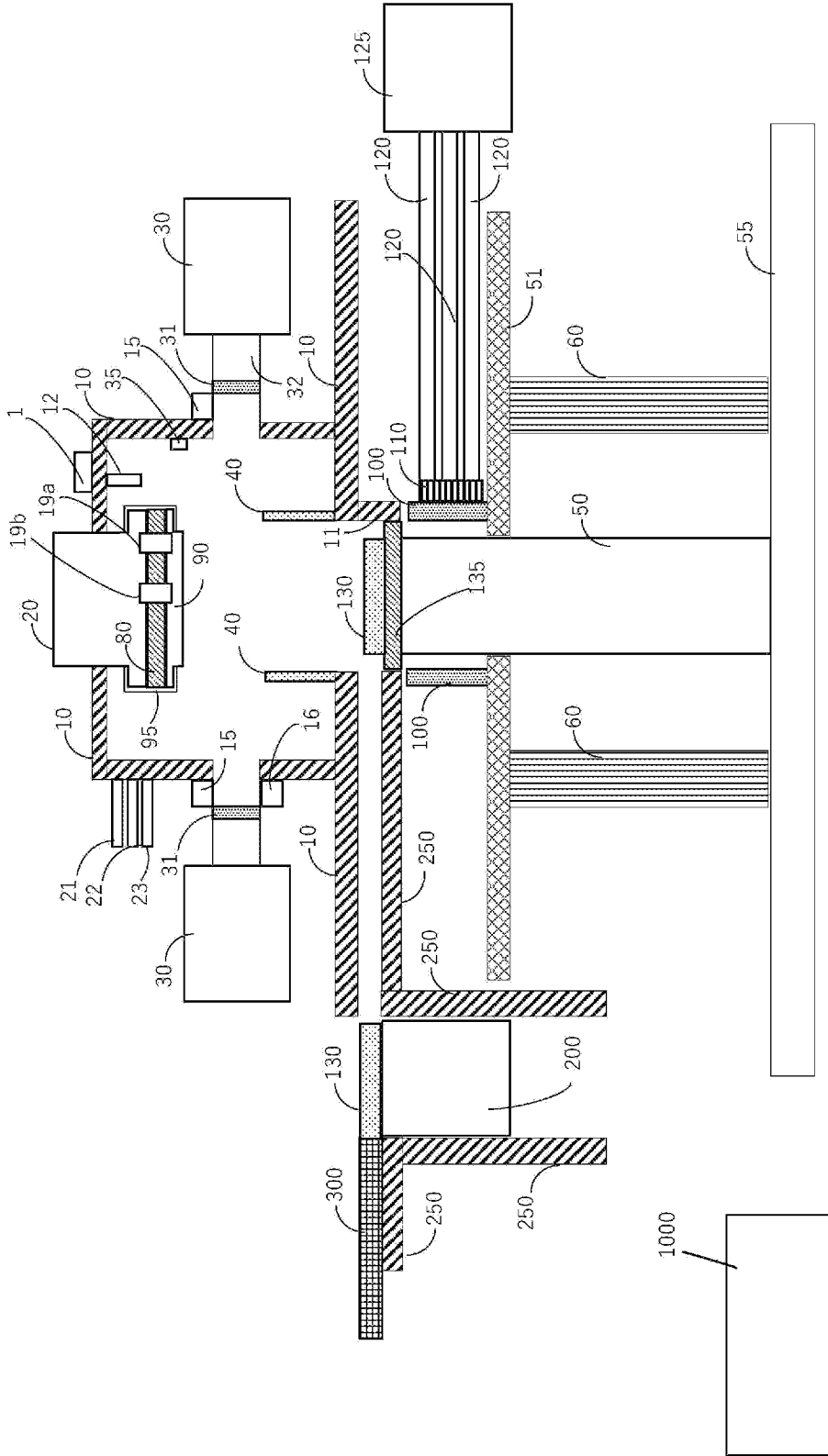
当該部材は、前記被加工体の少なくとも一部が接した状態で前記被加工体の焼結又は溶解に用いられ、

前記第3の温度は、前記第2の温度より高い、
部材。

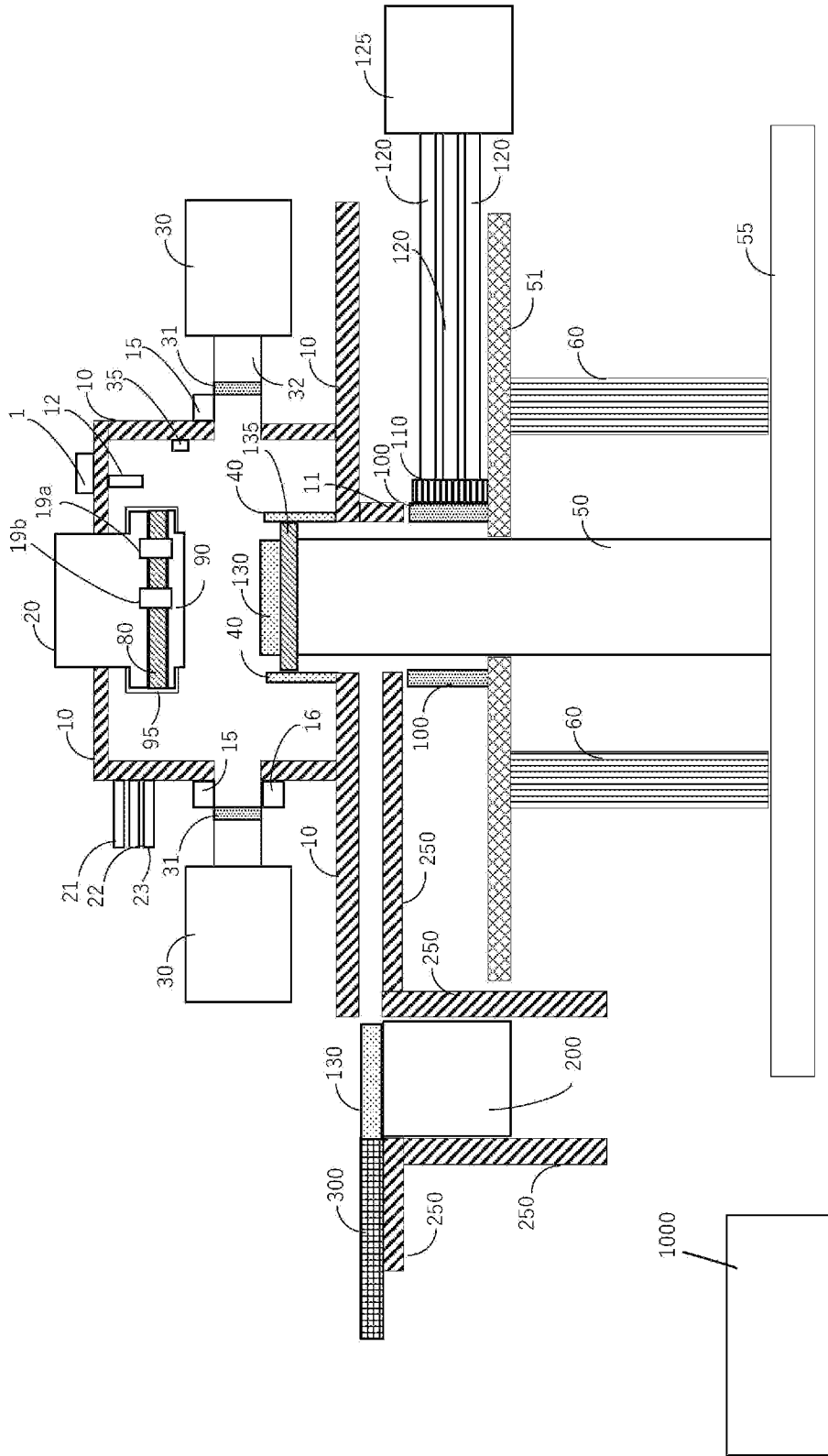
[請求項42] 粉体である、請求項41に記載の部材。

[請求項43] 成形物である、請求項41に記載の部材。

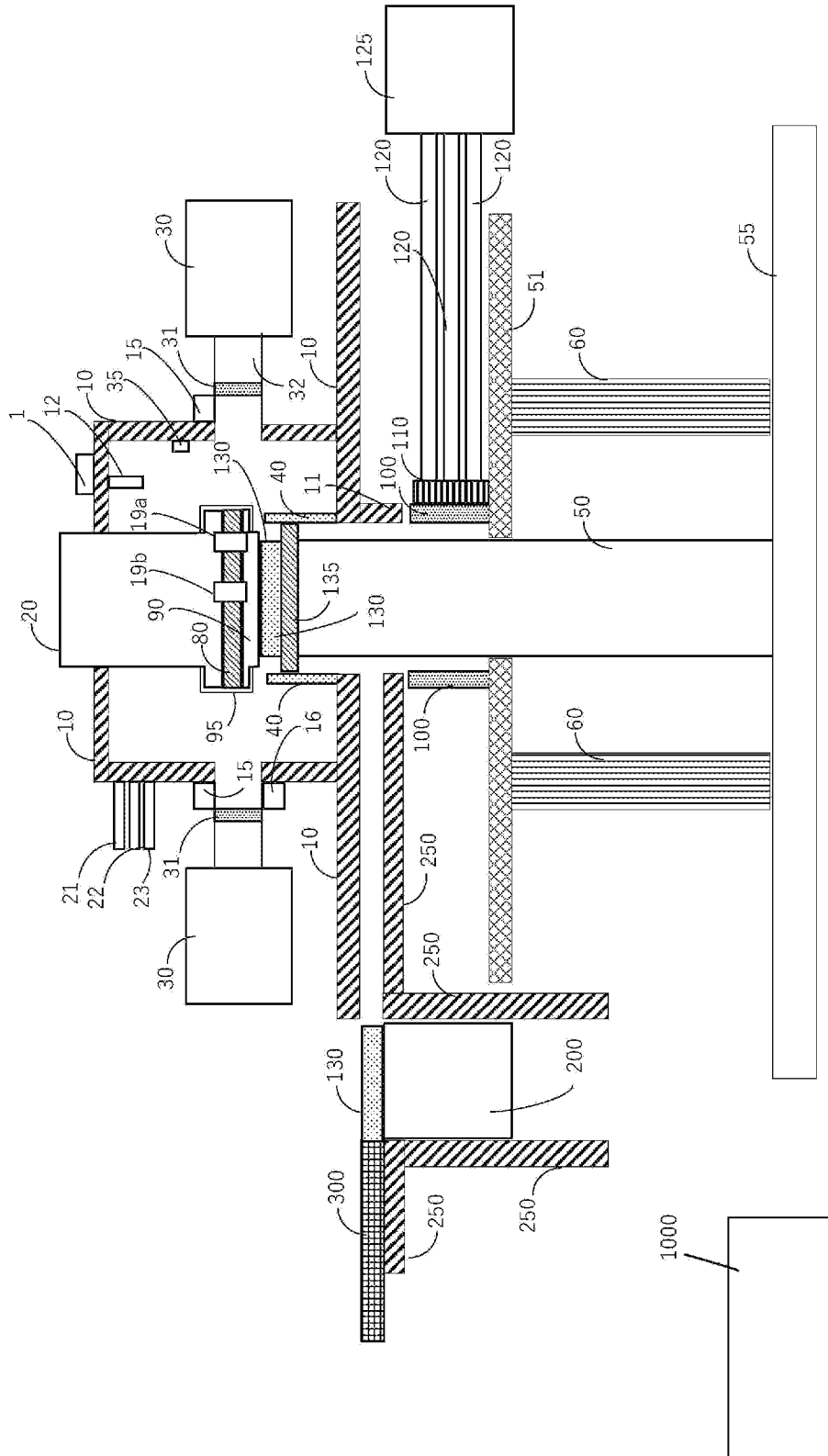
[図1]



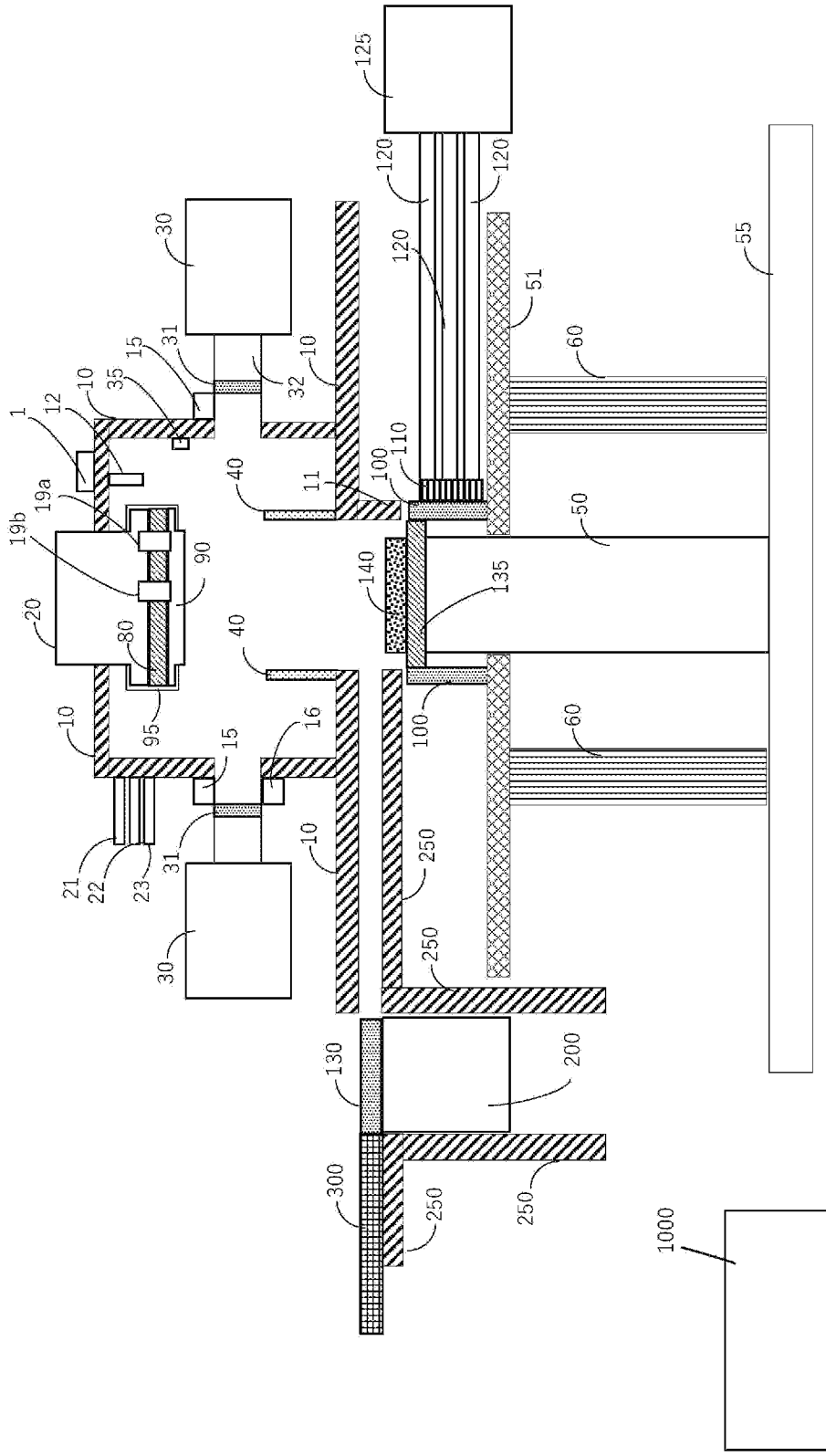
[図2]



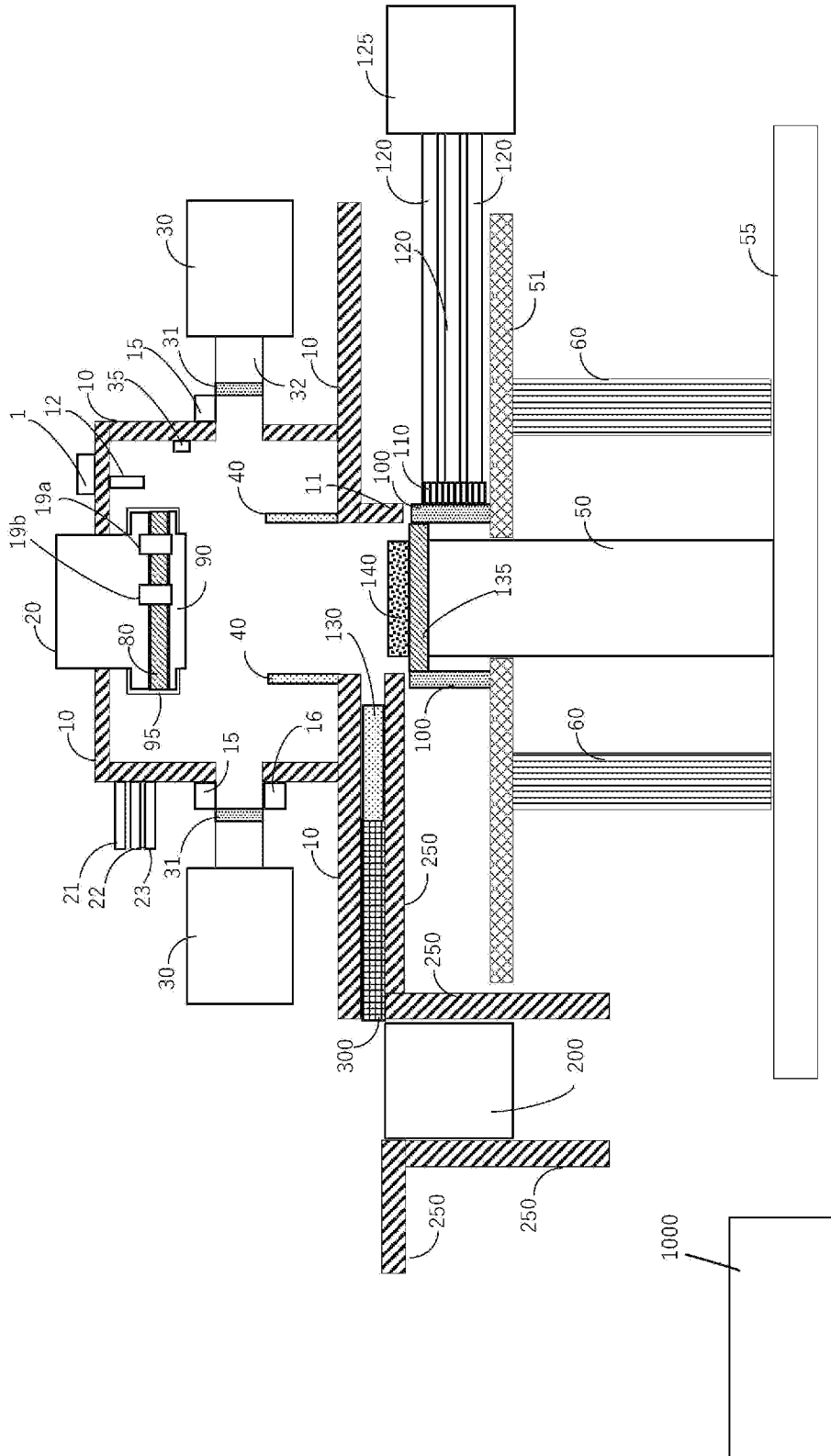
[3]



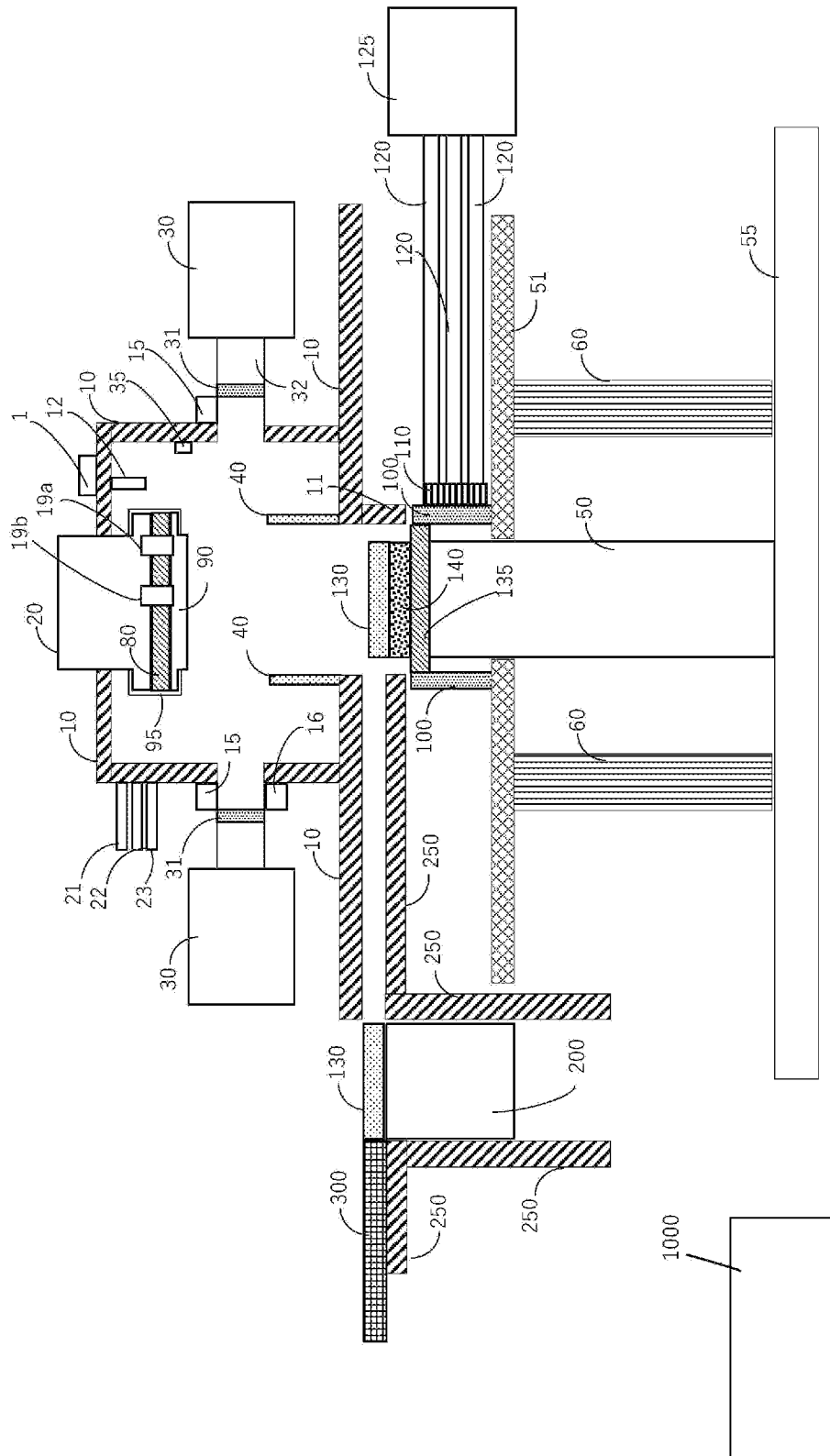
[図4]



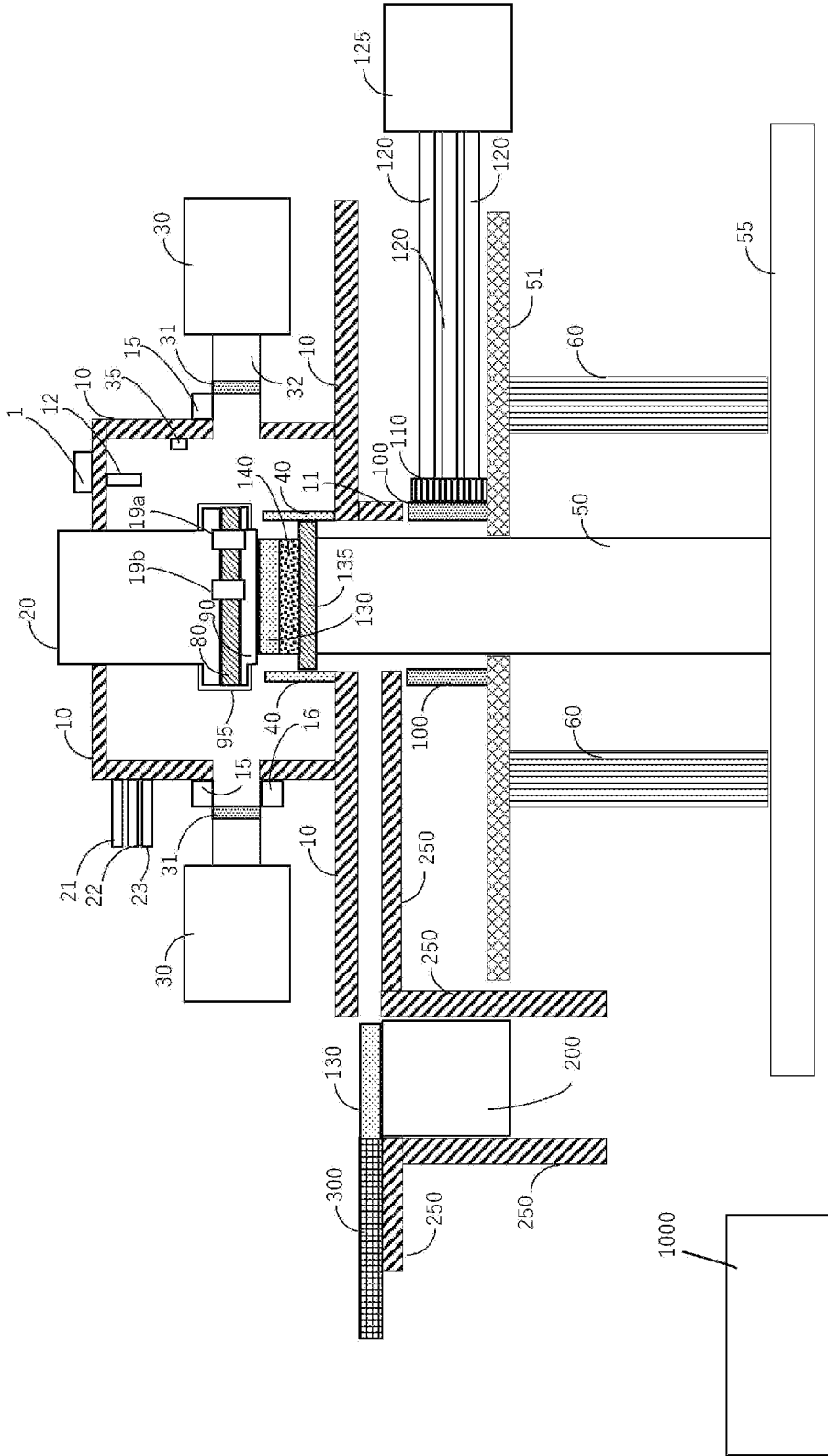
[5]



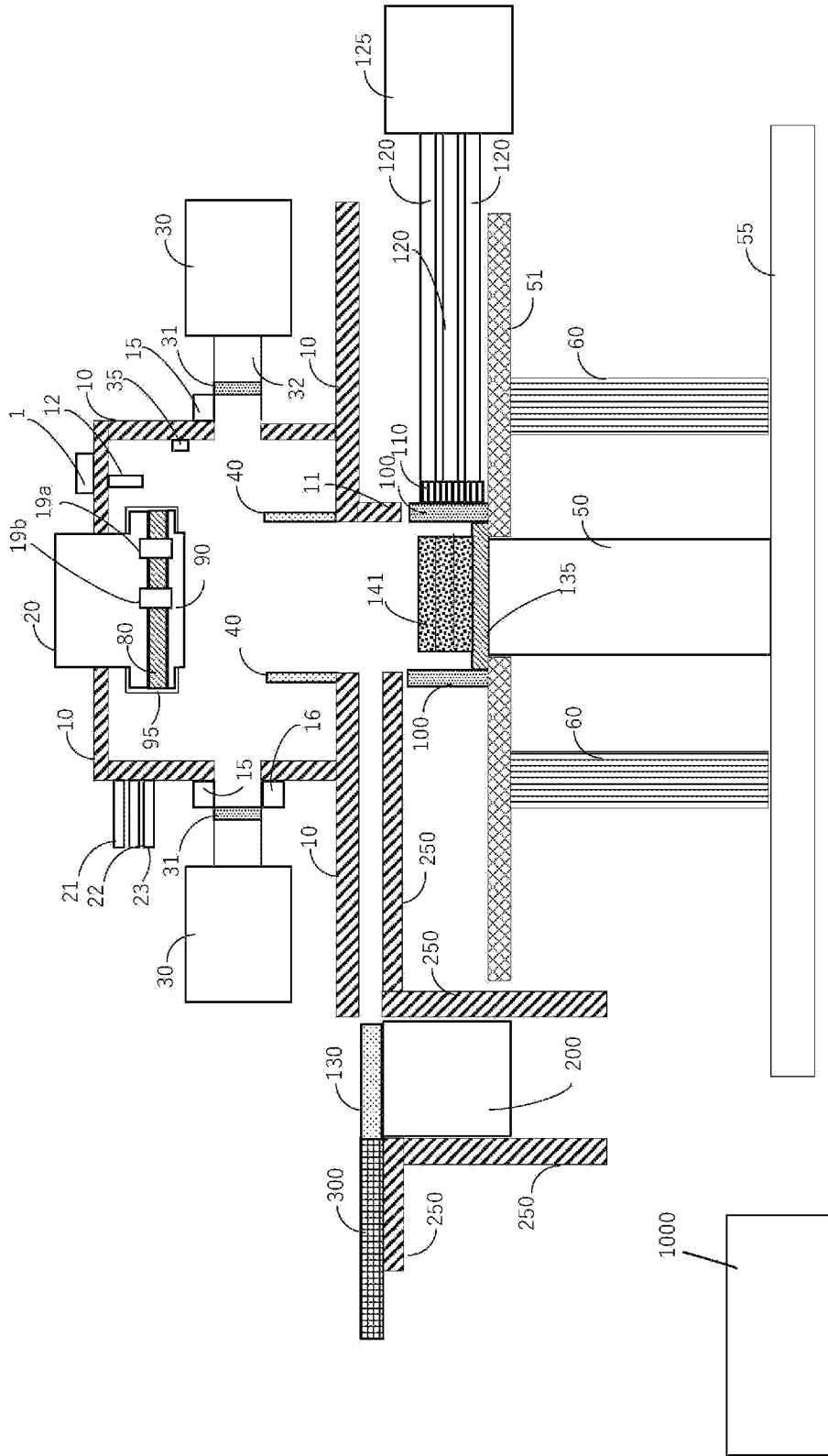
[図6]



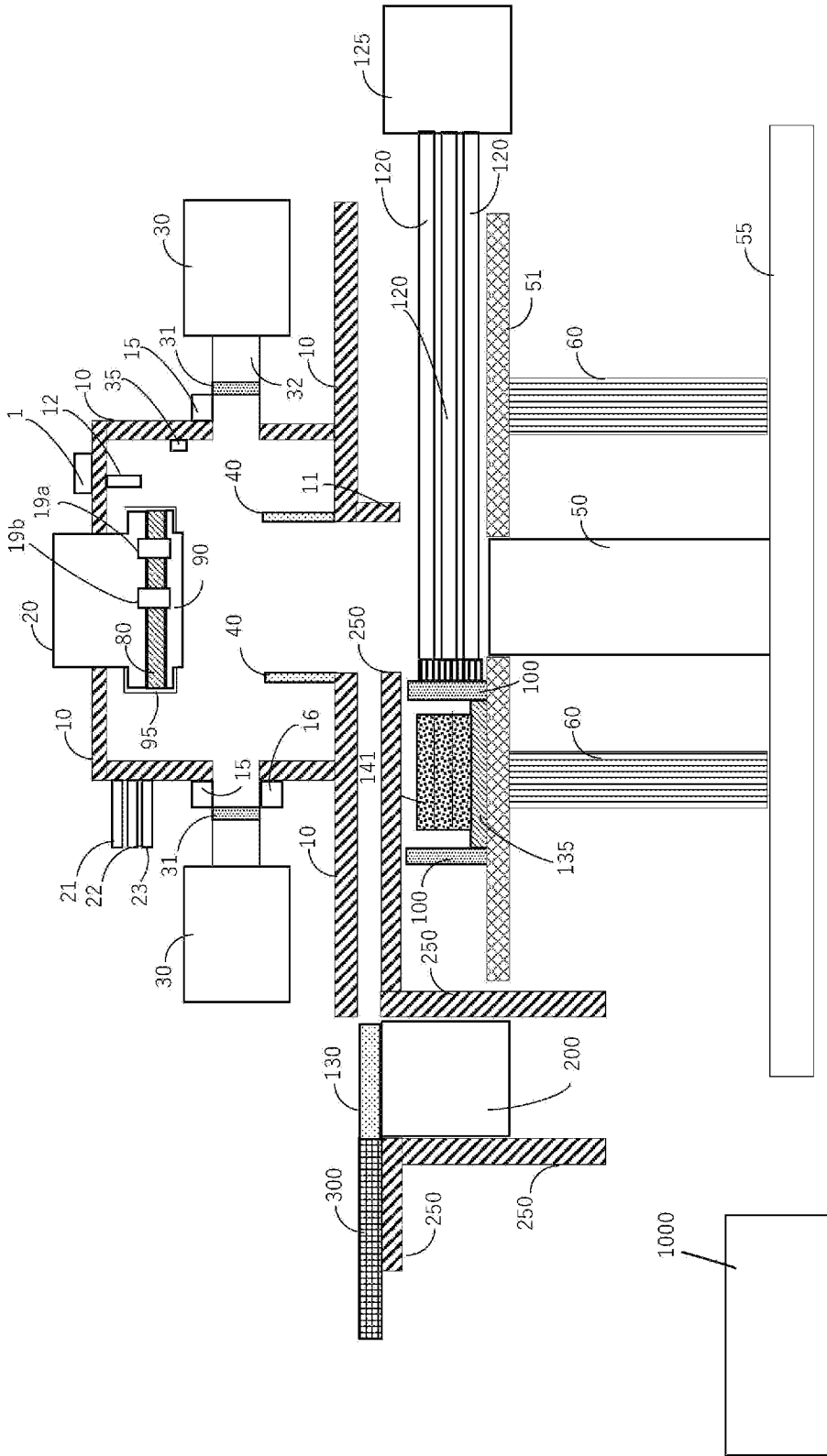
[7]



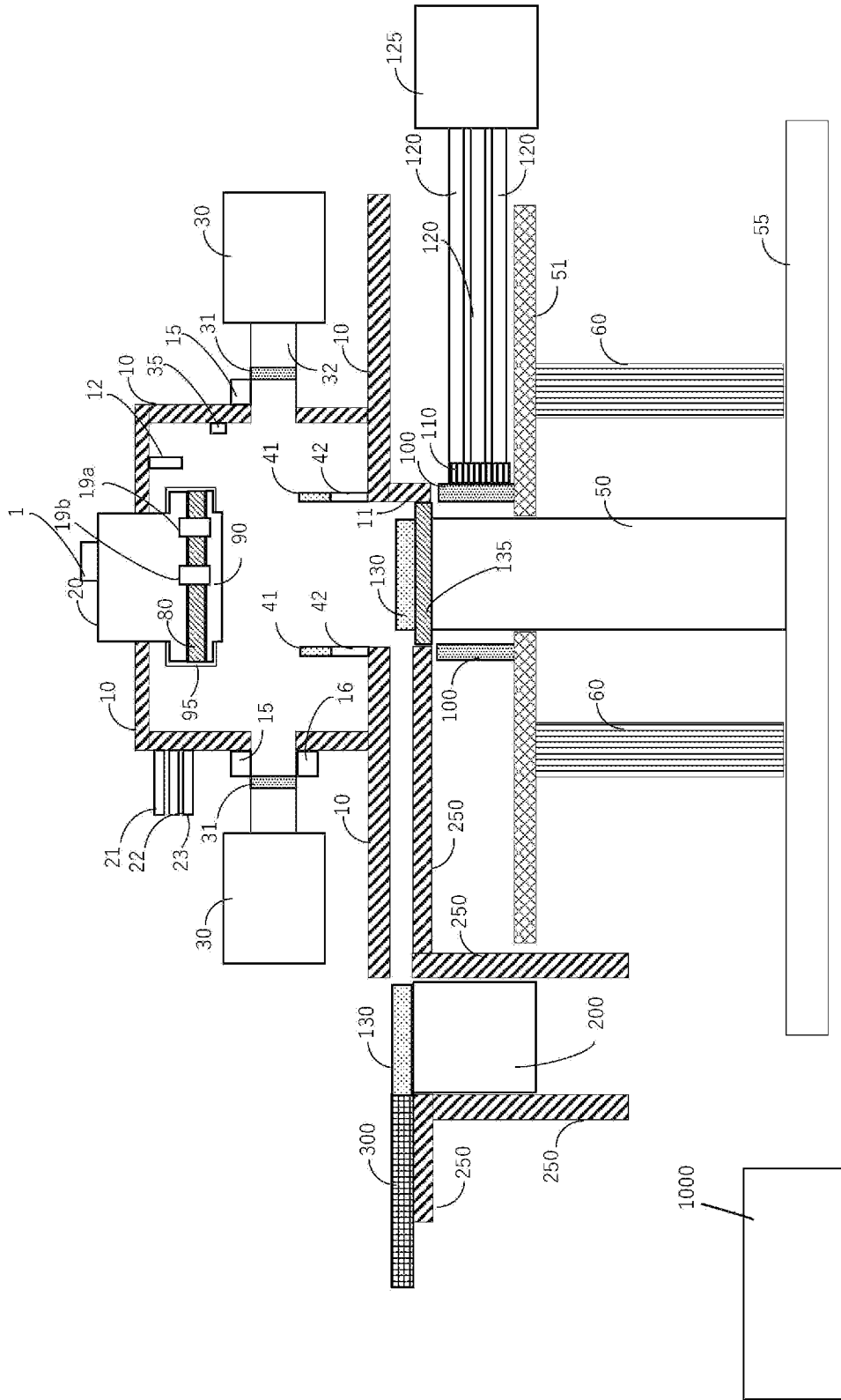
[8]



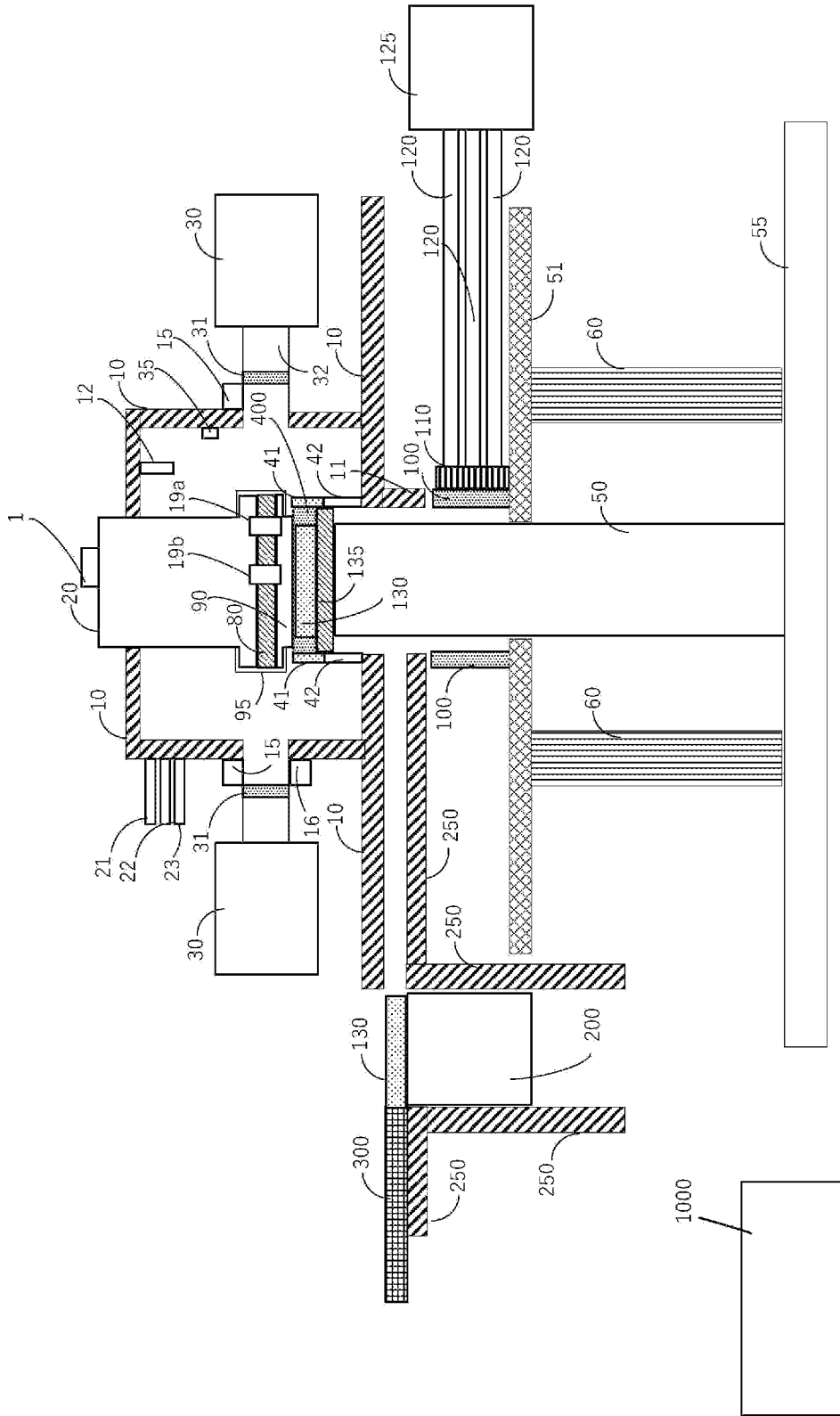
[9]



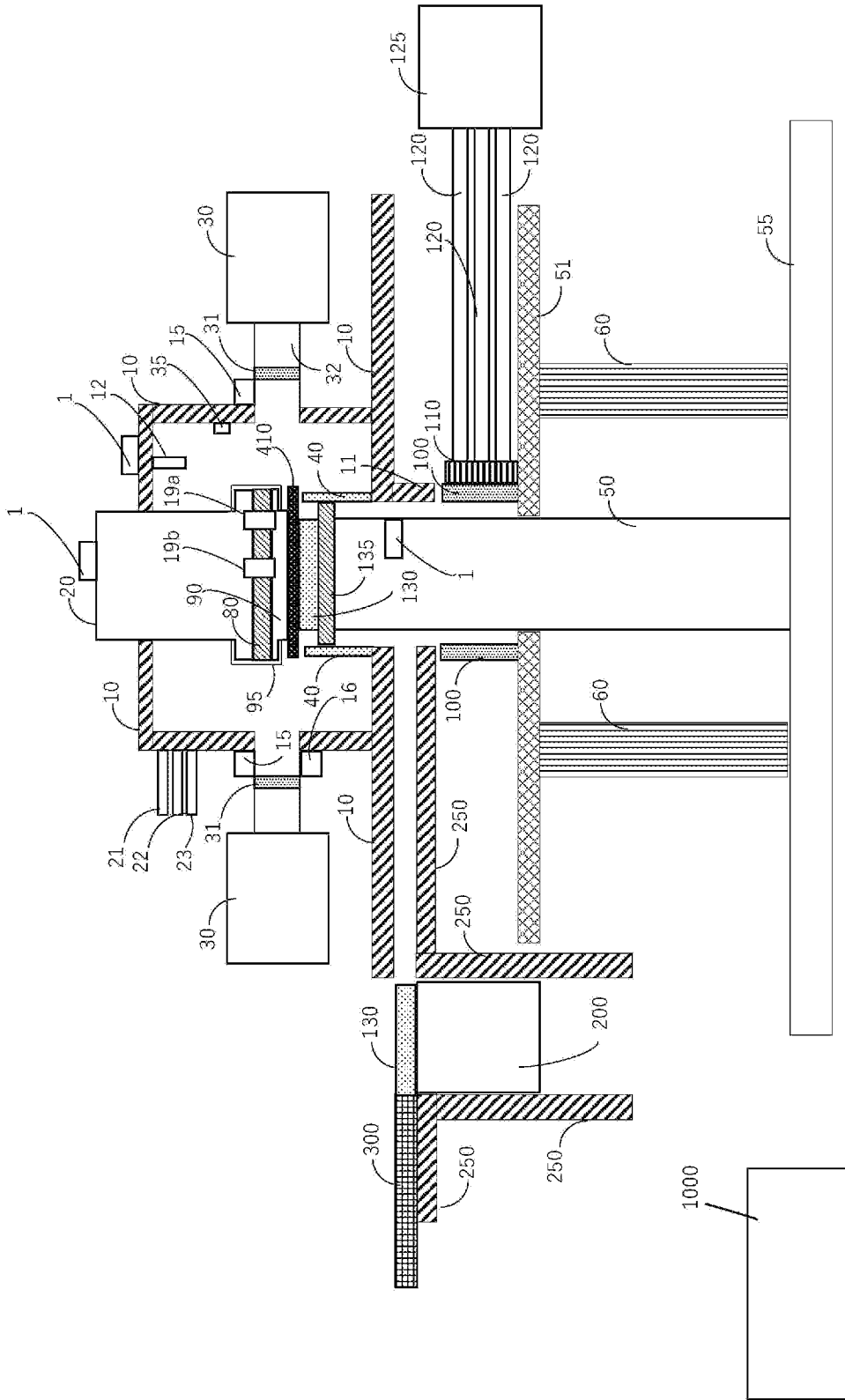
[10]



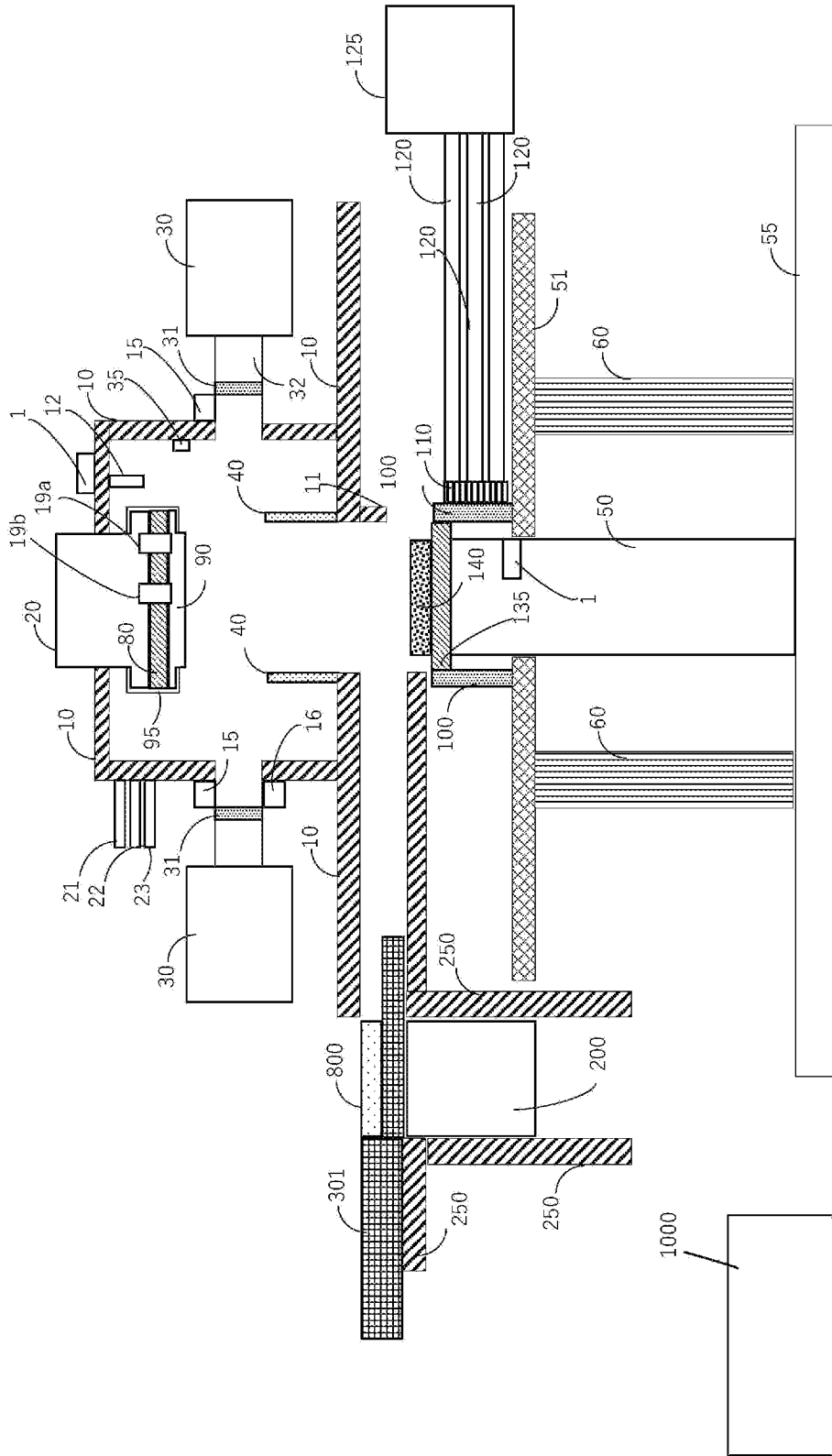
[11]



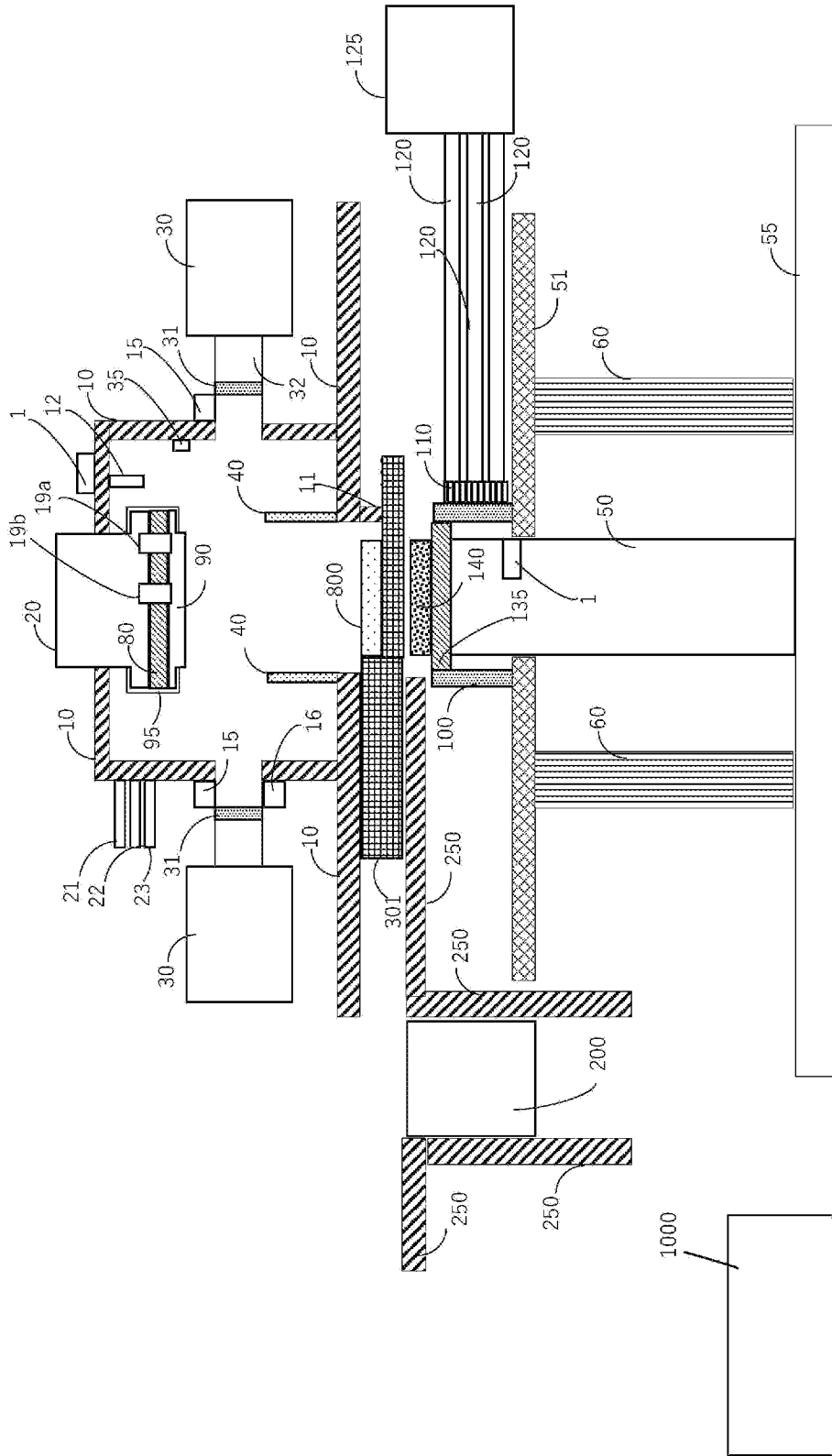
[図13]



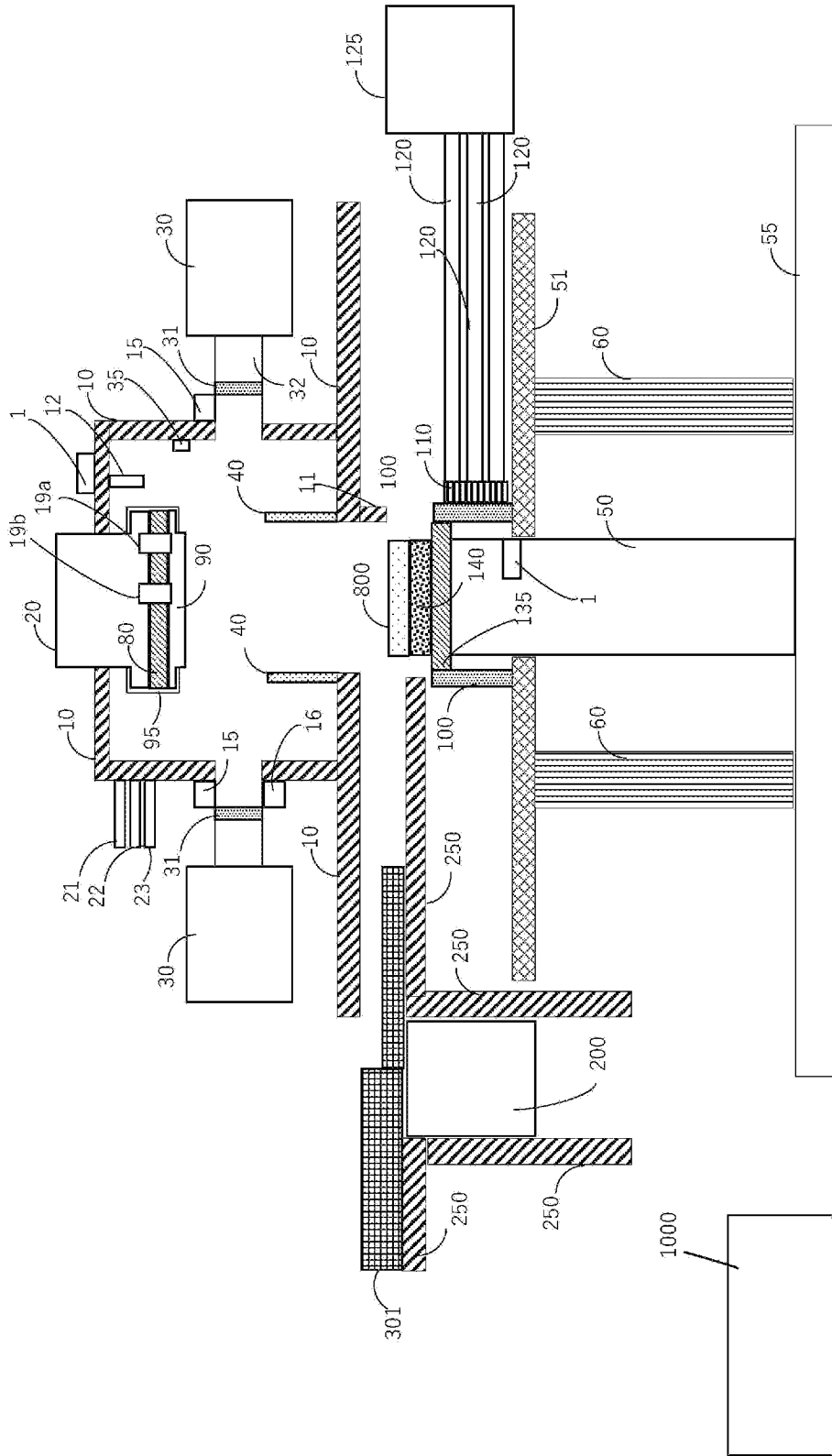
[14]



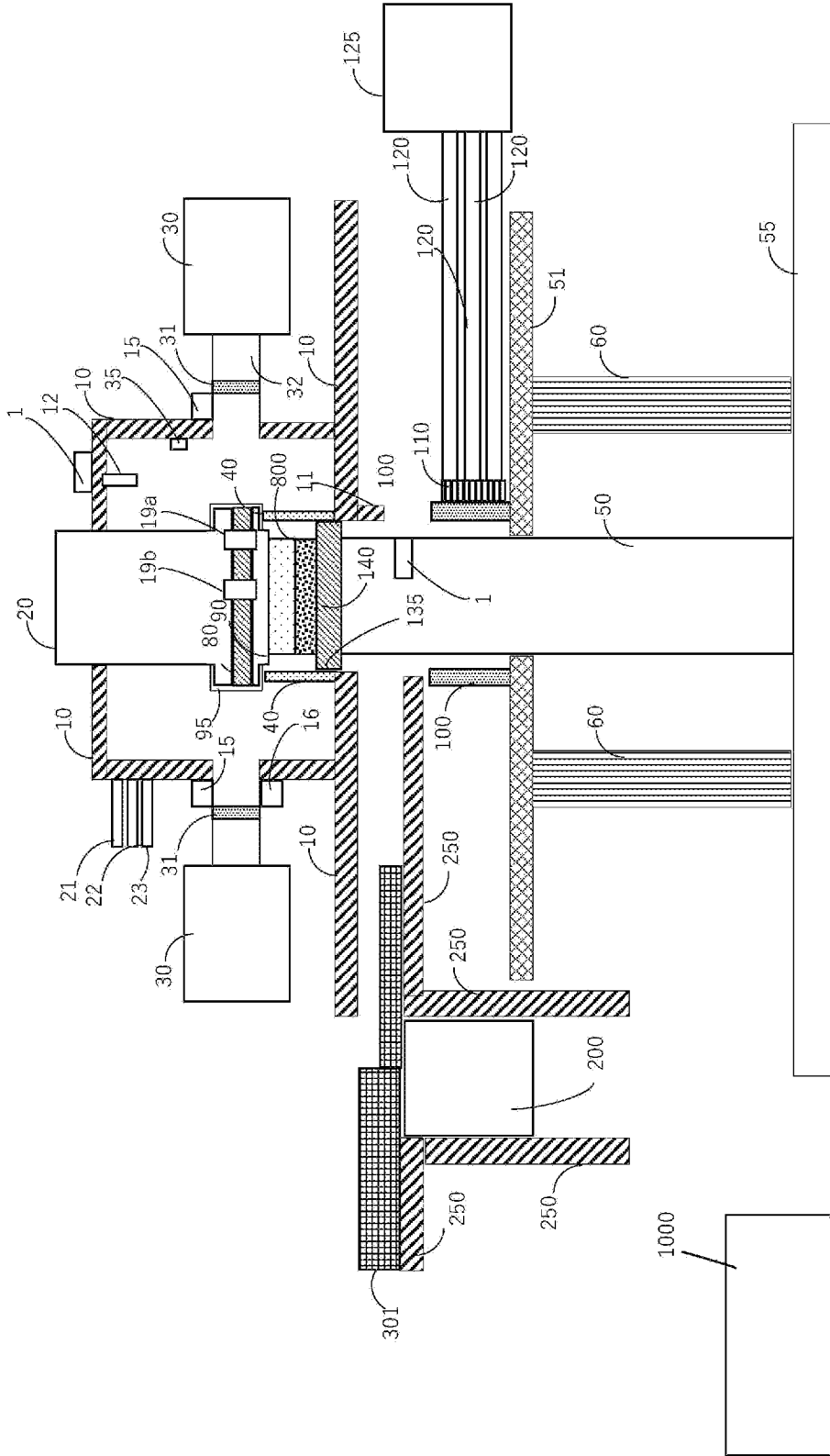
[15]



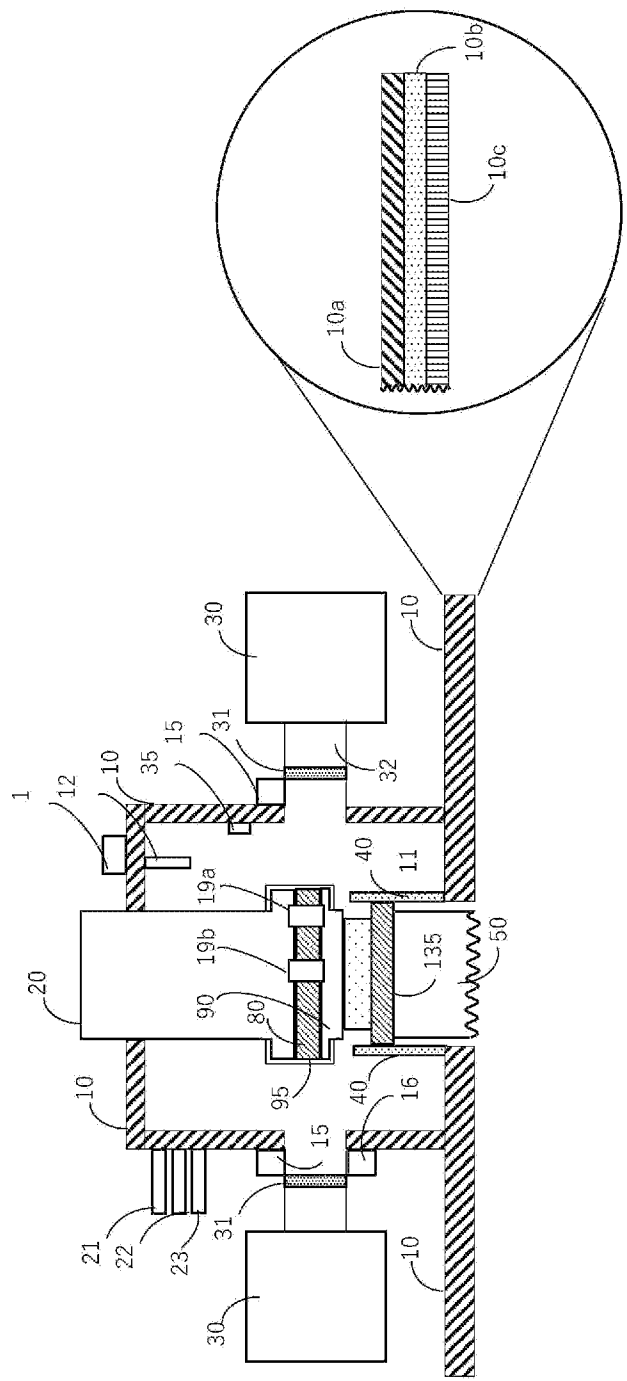
[16]



[17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/007977

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>F27B 17/00</i> (2006.01)i; <i>C04B 35/64</i> (2006.01)i; <i>H05B 6/80</i> (2006.01)i FI: F27B17/00 F; C04B35/64; H05B6/80 Z		
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) F27B17/00; C04B35/64; H05B6/80		
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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024		
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 2007-112699 A (SINTOKOGIO, LTD.) 10 May 2007 (2007-05-10) claim 10, paragraphs [0009]-[0018], fig. 1-5	1, 3, 5, 7-10, 12-14
Y		2, 4, 6
A		11
Y	JP 2002-173375 A (R & D INST. OF METALS & COMPOSITES FOR FUTURE INDUSTRIES) 21 June 2002 (2002-06-21) paragraphs [0021], [0022], fig. 1	2, 4, 6
X	US 2018/0001553 A1 (VELO3D, INC.) 04 January 2018 (2018-01-04) claims, paragraphs [0175]-[0201], [0270], fig. 1, 2, 33, 34	15-23
X	WO 2022/195989 A1 (K.K. SUN METALON) 22 September 2022 (2022-09-22) claims, paragraphs [0142], [0147], [0149], [0158]	24-43
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 30 April 2024		Date of mailing of the international search report 14 May 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

Document 1: JP 2007-112699 A (SINTOKOGIO, LTD.) 10 May 2007 (2007-05-10)

(Invention 1) Claims 1-14

Document 1 (claim 10, paragraphs [0009]-[0018], fig. 1-5) describes a microwave pressure sintering apparatus for baking an object to be sintered (corresponding to the "object to be processed" in the invention of the claims above; the object as sintered corresponds to the "solid object" in said invention) by microwaves and pressure, the microwave pressure sintering apparatus being formed provided with: a pressure sintering mechanism part provided with a pair of susceptors (corresponding to the "first part" of the "first base" in said invention) formed of a material having the characteristic of self-heating with microwaves, a baking mold (corresponding to the "third base" in said invention) that surrounds the susceptors and the object to be sintered that is disposed between the pair of susceptors, and a pressure means for pressurizing, via the susceptors, the object to be sintered; and a microwave generation device for applying microwaves to the susceptors and the object to be sintered, and the document indicates that the apparatus has a stage (corresponding to the "second base" in said invention), and has a heat-insulating material (corresponding to the "third part" of the "first base" in said invention) between a pressing plunger (corresponding to the "second part" of the "first base" in said invention) and the susceptors. The document (in paragraph [0016] and fig. 5) also describes a cylindrical susceptor, and thus indicates providing a two-layer structure (corresponding to the "first portion" and "second portion" of the "third base" in said invention) together with the heat-insulating material. In light of document 1, claims 1, 3, 5, 7-10, and 12-14 lack novelty, and thus do not have a special technical feature.

However, claim 2 that depends from claim 1 has the special technical feature of a solid object manufacturing apparatus for manufacturing a solid object from an object to be processed, the solid object manufacturing apparatus being provided with: a housing; an electromagnetic wave emission device for emitting microwaves or millimetric waves to the interior of the housing; and a first base provided in the interior of the housing and capable of coming into contact with at least part of the object to be processed, in the state of at least protruding in the interior of the housing, wherein "the apparatus is further provided with a cooling part for cooling at least one of the housing and the first base". Claims 4 and 6 have the same technical feature as claim 2.

Accordingly claims 1-14 are classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 15-23

Claims 15-23 cannot be said to have the same or corresponding technical features between these claims and claim 2 classified as invention 1.

In addition, claims 15-23 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1.

Accordingly claims 15-23 cannot be identified as invention 1.

Meanwhile, claims 15-23 have the special technical feature of a solid object manufacturing apparatus for manufacturing a solid object from an object to be processed, the solid object manufacturing apparatus being provided with: a housing; and an electromagnetic wave emission device for emitting microwaves or millimetric waves to the interior of the housing, wherein "the apparatus is provided with: a stage for placing, thereon, the object to be processed that is to serve as the material of the solid object; and a solid object receiving part for receiving the solid object when the solid object is transferred from the interior of the housing to the outside of the housing, and the solid object is formed above the stage"; thus these claims are classified as invention 2.

(Invention 3) Claims 24-28 and 40

Claims 24-28 and 40 cannot be said to have the same or corresponding technical features between these claims and claims 1-14 classified as invention 1 or claims 15-23 classified as invention 2.

In addition, claims 24-28 and 40 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1 or 2.

Accordingly claims 24-28 and 40 cannot be identified as either of inventions 1 and 2.

Meanwhile, claims 24-28 and 40 have the special technical feature of "a solid object manufacturing method for manufacturing a solid object from an object to be processed, the method including a first step and a second step, wherein in at least part of the first step, the object to be processed and a first member are disposed in the interior of the housing, and in at least part of the second step, the object to be processed is sintered or melted, the second step is performed when the temperature of the object to be processed or the first member is in a first temperature range of a first temperature or greater and a second temperature or less and in a second temperature range of a third temperature or greater and a fourth temperature or less, microwaves or millimetric waves are emitted to the interior of the housing in the first temperature range and the second temperature range, and "in the first temperature range,

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

the first member has a greater efficiency in absorbing microwaves than the object to be processed has, and in the second temperature range, the object to be processed has a greater efficiency in absorbing microwaves than the first member has"; thus these claims are classified as invention 3.

(Invention 4) Claims 29-39 and 41-43

Claims 29-39 and 41-43 cannot be said to have the same or corresponding technical features between these claims and claims 1-14 classified as invention 1, claims 15-23 classified as invention 2, or claims 24-28 and 40 classified as invention 3.

In addition, claims 29-39 and 41-43 are not substantially identical to or similarly closely related to any of the claims classified as invention 1, 2, or 3.

Accordingly claims 29-39 and 41-43 cannot be identified as any of inventions 1, 2, and 3.

Meanwhile, claims 29-39 and 41-43 have the special technical feature of "a solid object manufacturing method for manufacturing a solid object from an object to be processed, the method including a first step and a second step, wherein in at least part of the first step, the object to be processed and a first member are disposed in the interior of the housing, and in at least part of the second step, the object to be processed is sintered or melted, the period in which the second step is performed includes at least a first period and a second period, microwaves or millimetric waves are emitted to the interior of the housing in either of the first and second periods, and in the first period, at least part of the object to be processed is in the state of being put in contact with the first member and "the first member has a higher temperature than the object to be processed has, and in the second period, the first member has a lower temperature than the object to be processed has"; thus these claims are classified as invention 4.

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

- Remark on Protest**
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
 - The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
 - No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No. PCT/JP2024/007977

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2007-112699 A	10 May 2007	(Family: none)	
JP 2002-173375 A	21 June 2002	(Family: none)	
US 2018/0001553 A1	04 January 2018	WO 2018/005439 A1 EP 3263316 A1	
WO 2022/195989 A1	22 September 2022	EP 4309837 A1 claims, paragraphs [0142], [0147], [0149], [0158] CN 116981528 A KR 10-2023-0156938 A IL 305935 A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F27B 17/00(2006.01)i; C04B 35/64(2006.01)i; H05B 6/80(2006.01)i FI: F27B17/00 F; C04B35/64; H05B6/80 Z		
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）） F27B17/00; C04B35/64; H05B6/80 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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 Y A	JP 2007-112699 A (新東工業株式会社) 10.05.2007 (2007-05-10) 請求項10、段落0009-0018、図1-5	1、3、5、7- 10、12-14 2、4、6 11
Y	JP 2002-173375 A (財団法人 次世代金属・複合材料研究開発協会) 21.06.2002 (2002-06-21) 段落0021、0022、図1	2、4、6
X	US 2018/0001553 A1 (VELO3D, INC.) 04.01.2018 (2018-01-04) 特許請求項の範囲、段落0175-0201、0270、図1-2、33-34	15-23
X	WO 2022/195989 A1 (株式会社SUN METALON) 22.09.2022 (2022-09-22) 特許請求の範囲、段落0142、0147、0149、0158	24-43
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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 30.04.2024	国際調査報告の発送日 14.05.2024	
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） 村岡 一磨 3P 3448 電話番号 03-3581-1101 内線 3477	

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2007-112699 A（新東工業株式会社）10.05.2007（2007-05-10）

（発明1）請求項1-14

文献1（請求項10、段落0009-0018、図1-5）には、被焼結物（上記請求項に係る発明の「被加工体」に相当。焼結された焼結物は同「固体」に相当）をマイクロ波と加圧により焼成するマイクロ波加圧焼結装置であって、マイクロ波による自己発熱特性を有する材料から作製された一对のサセプタ（同「第1の基体」の「第1の部位」に相当）、該一对のサセプタのあいだに配置にされる被焼結物と該サセプタを囲む焼成型（同「第3の基体」に相当）および該サセプタを介して前記被焼結物を加圧する加圧手段を具備する加圧焼結機構部と、マイクロ波を前記サセプタおよび被焼結物に照射するマイクロ波発生装置とを備えてなるマイクロ波加圧焼結装置に関し、当該装置が、ステージ（同「第2の基体」に相当）を有すること、押圧プランジャ（同「第1の基体」の「第2の部位」に相当）とサセプタの間に断熱材（同「第1の基体」の「第3の部位」に相当）を有することが記載されており、また、段落0016、図5には、円筒形状のサセプタが記載されており、断熱材との二層構造（同「第3の基体」の「第1の部分」及び「第2の部分」に相当）であることが示されており、請求項1、3、5、7-10、12-14は、文献1により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。

しかしながら、請求項1の従属請求項である請求項2は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、前記筐体の内部に配置された、前記筐体の内部に少なくとも突出した状態で、前記被加工体の少なくとも一部と接触することが可能な第1の基体と、を備える固体製造装置において、「前記筐体及び前記第1の基体の少なくとも一つを冷却するための冷却部をさらに備える」という特別な技術的特徴を有しており、請求項4、6も、請求項2と同一の技術的特徴を有している。

したがって、請求項1-14を発明1に区分する。

（発明2）請求項15-23

請求項15-23は、発明1に区分された請求項2と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項15-23は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項15-23は発明1に区分できない。

そして、請求項15-23は、被加工体から固体を製造する固体製造装置であって、筐体と、前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波を放出するための電磁波放出デバイスと、を備える固体製造装置において、「前記固体の原料となる被加工体を載置するステージと、前記固体が前記筐体の内部から前記筐体の外に移送されたときに前記固体を受け取る固体受取部と、を備え、前記ステージの上方で前記固体が形成されるように構成されている」という特別な技術的特徴を有しているため、発明2に区分する。

（発明3）請求項24-28、40

請求項24-28、40は、発明1に区分された請求項1-14又は発明2に区分された請求項15-23と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項24-28、40は、発明1又は発明2に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項24-28、40は発明1及び発明2のいずれにも区分できない。

そして、請求項24-28、40は、被加工体から固体を製造する固体製造方法であって、第1の工程と、第2の工程と、を含み、前記第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に前記被加工体及び第1の部材の配置を行い、前記第2の工程の少なくとも一部において前記被加工体の焼結又は溶解を行い、前記第2の工程は、前記被加工体又は前記第1の部材の温度が第1の温度以上かつ第2の温度以下の第1の温度範囲と前記被加工体又は前記第1の部材の温度が第3の温度以上かつ第4の温度以下の第2の温度範囲で、行われ、前記第1の温度範囲及び前記第2の温度範囲において、前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、「前記第1の温度範囲における前記第1の部材のマイクロ波の吸収効率は前記被加工体のマイクロ波の吸収効率よりも大であり、前記第2の温度範囲における前記被加工体のマイクロ波の吸収効率は前記第1の部材のマイクロ波の吸収効率より大である」という特別な技術的特徴を有しているため、発明3に区分する。

（発明4）請求項29-39、41-43

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

請求項29-39、41-43は、発明1に区分された請求項1-14、発明2に区分された請求項15-23、発明3に区分された請求項24-28、40と、同一の又は対応する技術的特徴を有しているとはいえない。

また、請求項29-39、41-43は、発明1、発明2、発明3に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項29-39、41-43は発明1、発明2、発明3のいずれにも区分できない。

そして、請求項29-39、41-43は、被加工体から固体を製造する固体製造方法であって、第1の工程と、第2の工程と、を含み、前記第1の工程の少なくとも一部において筐体の内部に前記被加工体及び第1の部材の配置を行い、前記第2の工程の少なくとも一部において前記被加工体の焼結又は溶解を行い、前記第2の工程を実施する期間は、少なくとも第1の期間及び第2の期間を含み、前記第1の期間及び前記第2の期間のいずれにおいても前記筐体の内部にマイクロ波又はミリ波が放出され、前記第1の期間において、前記被加工体の少なくとも一部が前記第1の部材と接した状態であり、かつ、「前記第1の部材の温度は、前記被加工体の温度より高く、前記第2の期間において、前記第1の部材の温度は、前記被加工体の温度より低くなる」という特別な技術的特徴を有しているので、発明4に区分する。

- 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
- 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
- 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
- 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

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/JP2024/007977

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2007-112699 A	10.05.2007	(ファミリーなし)	
JP 2002-173375 A	21.06.2002	(ファミリーなし)	
US 2018/0001553 A1	04.01.2018	WO 2018/005439 A1 EP 3263316 A1	
WO 2022/195989 A1	22.09.2022	EP 4309837 A1 特許請求の範囲、段落 0142、0147、0149、0158 CN 116981528 A KR 10-2023-0156938 A IL 305935 A	