

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年8月13日(13.08.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/161809 A1

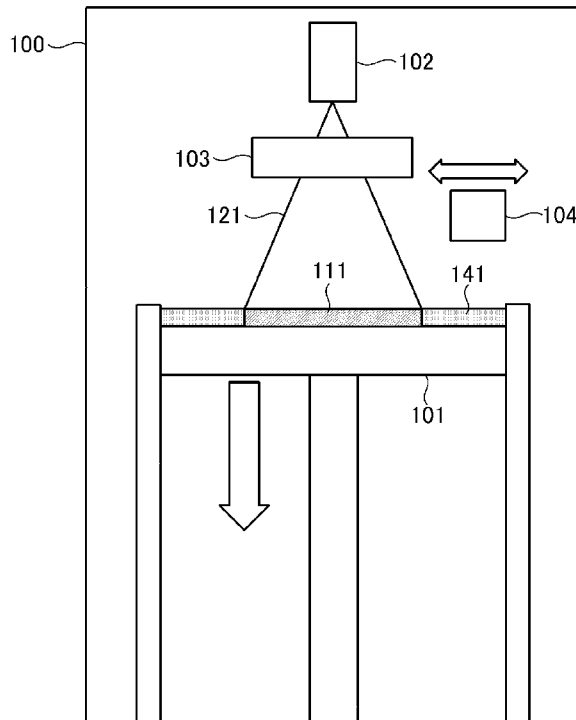
- (51) 国際特許分類:
B29C 64/135 (2017.01) *B33Y 30/00* (2015.01)
B33Y 10/00 (2015.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/004121
- (22) 国際出願日: 2019年2月5日(05.02.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構
(TECHNOLOGY RESEARCH ASSOCIATION FOR FUTURE ADDITIVE MANUFACTURING)
[JP/JP]; 〒1030027 東京都中央区日本橋1

丁目2番19号 日本橋ファーストビル6階 Tokyo (JP).

- (72) 発明者: 池庄司 敏孝 (**IKESHOJI Toshitaka**);
〒7392116 広島県東広島市高屋うめの辺1番 技術研究組合次世代3D積層造形技術総合開発機構 T R A F A M 近畿大学広島分室内 Hiroshima (JP).
- (74) 代理人: 加藤 卓士, 外 (**KATO Takashi et al.**);
〒1620818 東京都新宿区築地町4 神楽坂テクノス5F 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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,

(54) Title: 3D PRINTER

(54) 発明の名称: 3次元積層造形装置



(57) Abstract: A 3D printer that improves the speed at which a 3D printed article is fabricated. The present invention is a 3D printer, wherein the 3D printer comprises: a fabrication table on which a 3D printed article is fabricated; a light source that directs a laser beam on the fabrication table; a diffraction grating provided between the fabrication table and the light source, the diffraction grating splitting the laser light and emitting the resulting beams at the fabrication table; and a powder-supplying part that supplies powder to the modeling table.



WO 2020/161809 A1

DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 3次元積層造形物の造形速度を向上させる3次元積層造形装置である。3次元積層造形装置であって、3次元積層造形物が造形される造形台と、造形台に向けてレーザ光を放射する光源と、造形台と光源との間に設けられ、レーザ光を分岐して造形台に向けて射出する回折格子と、造形台に対して粉体を供給する粉体供給部と、を備えた。

明 細 書

発明の名称： 3次元積層造形装置

技術分野

[0001] 本発明は、3次元積層造形装置に関する。

背景技術

[0002] 上記技術分野において、特許文献1には、粉末材料を材料供給ワイパーで造形テーブル上に供給して堆積させ、堆積した粉末材料に光ビームを走査させながら照射して三次元形状造形物を製造する製造装置が開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2003-245981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、上記文献に記載の技術では、熔融池幅を拡大できないので、3次元積層造形物の造形速度を向上させることができなかった。

[0005] 本発明の目的は、上述の課題を解決する技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0006] 上記目的を達成するため、本発明に係る3次元積層造形装置は、
3次元積層造形物が造形される造形台と、
前記造形台に向けてレーザ光を放射する光源と、
前記造形台と前記光源との間に設けられ、前記レーザ光を分岐して前記造形台に向けて射出する回折格子と、
前記造形台に対して粉体を供給する粉体供給部と、
を備えた。

発明の効果

[0007] 本発明によれば、3次元積層造形物の造形速度を向上させることができる

。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の第1実施形態に係る3次元積層造形装置の構成を示す図である

。

[図2]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置の構成を示す図である

。

[図3A]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置のレーザスポットを説明する図である。

[図3B]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置のレーザスポットを説明する図である。

[図3C]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置のレーザスポットを説明する図である。

[図4A]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置によるレーザ光の走査方向の溶融シミュレーションを説明する図である。

[図4B]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置による深さ方向の溶融シミュレーションを説明する図である。

[図5A]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置により形成される溶融池の温度勾配について説明する図である。

[図5B]本発明の第2実施形態に係るインコネルのG-R線を示す図である。

[図6]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置の走査速度テーブルの一例を示す図である。

[図7]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置のハードウェア構成を説明するブロック図である。

[図8]本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置の処理手順を説明するフローチャートである。

[図9]本発明の第3実施形態に係る3次元積層造形装置によるレーザスポットを説明する図である。

[図10]本発明の第4実施形態に係る3次元積層造形装置によるレーザスポッ

トを説明する図である。

発明を実施するための形態

[0009] 以下に、本発明を実施するための形態について、図面を参照して、例示的に詳しく説明記載する。ただし、以下の実施の形態に記載されている、構成、数値、処理の流れ、機能要素などは一例に過ぎず、その変形や変更は自由であって、本発明の技術範囲を以下の記載に限定する趣旨のものではない。

[0010] [第1実施形態]

本発明の第1実施形態としての3次元積層造形装置100について、図1を用いて説明する。3次元積層造形装置100は、3次元造形物を造形するための装置である。

[0011] 図1に示すように、3次元積層造形装置100は、造形台101、光源102、回折格子103および粉体供給部104を含む。造形台101は、3次元積層造形物111が造形される。光源102は、造形台101に向けてレーザ光121を放射する。回折格子103は、造形台101と光源102との間に設けられ、レーザ光121を分岐して造形台101に向けて射出する。粉体供給部104は、造形台101に対して粉体141を供給する。

[0012] 本実施形態によれば、3次元積層造形物の造形速度を向上させることができる。

[0013] [第2実施形態]

次に本発明の第2実施形態に係る3次元積層造形装置について、図2乃至図8を用いて説明する。図2は、本実施形態に係る3次元積層造形装置の構成を説明するための図である。

[0014] 3次元積層造形装置200は、造形台201、光源202、回折格子203、粉体供給部204、均し部材205および制御部206を有する。3次元積層造形物211は、造形台201に造形される。光源202は、3次元積層造形物211を造形するためのレーザ光221を造形台201に向けて放射する。

[0015] 回折格子203は、造形台201と光源202との間に配置される。光源

202から放射されたレーザ光221は、回折格子203を通過して、造形台201へと到達する。回折格子203は、所定パターンによる回折や干渉を利用して、光源202から放射されるレーザ光から様々なパターンや干渉縞を作るための光学素子であり、DOE (Diffractive optical Element: 回折光学素子) などとも呼ばれる。

[0016] 粉体供給部204は、3次元積層造形物211の材料である金属や樹脂等の粉体241を貯蔵し、造形台201上を移動しながら、造形台201に粉体241を散布することにより供給する。均し部材205は、造形台201上を移動しながら、粉体供給部204から供給された粉体241を平らに均す部材である。

[0017] 制御部206は、レーザ光221の走査速度を制御する。制御部206は、レーザ光221の走査速度を制御することにより、3次元積層造形物211の材料である粉体241に与えられる熱やエネルギーを制御する。制御部206は、レーザ光221の走査速度の制御の他に、3次元積層造形装置200の全体の動作を制御する。制御部206は、例えば、粉体供給部204の動作や均し部材205の動作などを制御するが、制御部206が制御する対象はこれらには限定されない。

[0018] 次に、3次元積層造形装置200による3次元積層造形物211の造形について説明する。3次元積層造形装置200は、粉体供給部204により1層分の粉体241を造形台201に散布して、供給する。均し部材205は、散布された1層分の粉体241を平らに均す。3次元積層造形装置200は、レーザ光221を走査しながら粉体241に対して照射する。レーザ光221が照射された粉体241は、熔融する。そして、レーザ光221の照射が完了すると、レーザ光221が照射された粉体241は冷却され、凝固する。このようにして、1層分の粉体241のレーザ光221による焼結が完了すると、3次元積層造形装置200は、3次元積層造形物211の1層分の厚みの分だけ造形台201を下方に下げる。そして、3次元積層造形装置200は、次の1層分の造形を実行する。3次元積層造形装置200は、

上述したような作業を繰り返して、3次元積層造形物211を造形する。なお、図示した3次元積層造形装置200においては、コリメータレンズ、集光レンズなどは適宜省略している。

[0019] 図3Aは、本実施形態に係る3次元積層造形装置のレーザスポットを説明する図である。図3Bは、本実施形態に係る3次元積層造形装置のレーザスポットを説明する図である。図3Cは、本実施形態に係る3次元積層造形装置のレーザスポットを説明する図である。これらの図は、光源202側から造形台201を見た図であり、回折格子203によりシングルモードガウシアンレーザを8等分に分岐して8つのレーザスポットとした場合のシミュレーションを示す。元のレーザスポット径（分岐前のレーザスポット径）は、 $\phi 0.1\text{ mm}$ であり、8分岐後のレーザスポット300の径も同様に $\phi 0.1\text{ mm}$ である。各レーザスポット300の配置は、直径 $\phi 0.8\text{ mm}$ の円320の上（円周上）に等間隔に配置されている。円320の中心を挟んで反対側にある2つのレーザスポット300の対を通る線をレーザスポット配置の軸330、340、350とする。

[0020] また、レーザ光221を走査すると、レーザスポット300同士の相対位置は保たれたままレーザ光221の走査方向310にレーザスポット300の群は移動する。このとき、レーザスポット配置の軸330、340、350と走査方向310との角度をヨ一角とする。8分岐においては、対称性からヨ一角45度は、ヨ一角 0° と一致する。

[0021] 図3Aに示したように、回折格子203は、レーザ光221の走査方向310に対して、角度を付けずに配置されている。光源202から放射されたレーザ光221は、回折格子203により8つのレーザスポット300に分岐され、円周上（円320の上）に等間隔に配置される。つまり、8つのレーザスポット300の位置が、所定角度だけ変位して配置されている。また、円周の直径は、 $\phi 0.8\text{ mm}$ であり、レーザスポット300の直径は、 $\phi 0.1\text{ mm}$ であるが、円320の直径およびレーザスポット300の直径は、これらには限定されず、3次元積層造形物211の造形条件に応じて適宜

設定される。レーザ光 221 が、回折格子 203 により分岐される分岐数は 8 分岐には限定されず、例えば、4 分岐、16 分岐などであってもよい。

[0022] 図 3 B に示したように、回折格子 203 は、レーザ光 221 の走査方向 310 に対して角度を付けて配置されている。回折格子 203 は、走査方向 310 に対して 11.25° (ヨ一角) 傾けて配置されている。これにより、8 つのレーザスポット 300 は、図 3 A に示したレーザスポット 300 の配置と比較して、レーザスポット 300 が円周上で、 11.25° 変位して (ずれて) 配置される。

[0023] 図 3 C に示したように、回折格子 203 は、レーザ光 221 の走査方向 310 に対して、 22.5° (ヨ一角) 傾けて配置されている。これにより、8 つのレーザスポット 300 は、図 3 A に示したレーザスポット 300 の配置と比較して、レーザスポット 300 が円周上で、 22.5° 変位して (ずれて) 配置される。なお、回折格子 203 を走査方向 310 に対して付ける角度 (ヨ一角) は、 11.25° 、 22.5° には限定されず、3 次元積層造形物 211 の造形条件などに合わせて適宜選択できる。

[0024] 図 4 A は、本実施形態に係る 3 次元積層造形装置によるレーザ光の走査方向の溶融シミュレーションを説明する図である。図 4 B は、本実施形態に係る 3 次元積層造形装置による深さ方向の溶融シミュレーションを説明する図である。ヨ一角 0° 、 11.25° 、 22.5° のときに粉体 241 の層に形成される溶融池を有源要素法による溶融凝固現象を加味した過渡伝熱解析で検討した。

[0025] 解析条件は、レーザ出力：960W、レーザスポット径： $\phi 0.1\text{mm}$ 、レーザ走査速度： 600mm/s 、粉体材質：Inconel 718 (インコネル 718)、粉体層厚さ： $50\mu\text{m}$ 、初期温度： 50°C である。レーザ出力は、レーザ光 221 の分岐前の値であり、レーザ光 221 が分岐された後は、8 つのレーザスポット 300 のそれぞれに 120W ずつ分配される。レーザ走査速度は、Inconel 718 粉末を LB (Laser Beam) - PBF (Powder Bed Fusion) 法で造形する際の最適条件、300W で 600mm

／sに合わせた。

[0026] 図4Aには、レーザ光221の走査開始から5mm進行後の表面温度分布が示されている。Inconel718の融点を越えた部分が溶融池となる。図4Aを参照して、回折格子203を走査方向310に対して角度を付けずに配置した場合(410)、つまり、ヨ一角0°の場合について説明する。

[0027] レーザ光221を走査した場合に、各レーザスポット300が描く軌跡は、走査方向310に沿う方向に対して、温度の高い部分が左側、中央部分、右側に分かれており、左側と中央部分との間および右側と中央部分との間に温度の低い部分が存在している。レーザスポット配置の軸330の両脇で溶融池が途切れた筋が走査方向310と平行に存在し、粉体層が溶けずに残る部分があることが示された。したがって、粉体241の溶融むらが生じ、品質の高い3次元積層造形物211を造形できなくなる。

[0028] 回折格子203を走査方向310に対して角度を付けて配置した場合(420)、つまり、ヨ一角11.25°の場合について説明する。レーザ光221を走査した場合に、各レーザスポット300が描く軌跡は、レーザスポット300全体にわたって温度の高い部分が存在しており、レーザ光221(各レーザスポット300)による走査領域全体を万遍なく溶融させることができる。最先頭のレーザスポット300による溶融地が後方のレーザスポット300による溶融池の中間に位置し、粉体241が未溶融となる筋が形成されない。この場合、温度の高い部分が走査方向310に沿う方向に隙間なく並んでおり、粉体241の溶融むらが生じないため、品質の高い3次元積層造形物211を造形できる。このように配置されたレーザスポット300を、走査方向310に走査させると、それぞれのレーザスポット300が描く軌跡は、直径がφ0.8mmの1つのレーザスポットが描く軌跡と同様の軌跡となる。

[0029] 回折格子203を走査方向310に対して角度を付けて配置した場合(430)、つまり、ヨ一角22.5°の場合について説明する。レーザ光22

1を走査した場合に、各レーザスポット300が描く軌跡は、走査方向210に沿う方向に対して、温度の高い部分が、左側と右側とに分かれ、中央部分には温度が低い部分が存在している。レーザスポット配置の軸350の上に粉体241が未溶融の筋が残る。したがって、粉体241の溶融むらが生じ、品質の高い3次元積層造形物211を造形できなくなる。

[0030] 制御部206は、各レーザスポット300により形成される溶融池の幅が、隣接する溶融池の幅と接するまたは重なるような速度でレーザ光221の走査速度を制御すれば、粉体241が未溶融となる筋が形成されることを防止できる。したがって、粉体241に溶融むらが生じることを防止できる。

[0031] 次に、図4Bを参照して深さ方向の温度分布について説明する。図4Bには、位置ごとの最高到達温度がインコネル718の融点（約1340℃）以上となった領域の分布が走査方向310に垂直な縦断面で示されている。ヨ一角が0°の場合（440）、ヨ一角が11.25°の場合（450）およびヨ一角が22.5°の場合（460）のいずれにおいても、深さ方向（3次元積層造形物211の積層方向）に対しては、十分に熱が伝わっていることが分かる。図示した例では、粉体層の厚みは50μmとなっているが、この未凝固部分の粉体241に対して十分熱が加えられていることが分かる。

[0032] しかしながら、走査方向310に沿った方向に対しては、図4Aで説明したとおり、ヨ一角0°（410, 440）およびヨ一角22.5°（430, 460）の場合には、粉体層が溶融されていない部分が存在する。つまり、粉体241の高温度の溶融部分の分布にむらが生じている。そのため、レーザ光221による熱伝導を深さ方向で見た場合でも、溶融が不十分な部分が存在していることが分かる。

[0033] これに対して、ヨ一角11.25°（420, 450）の場合は、幅方向に連続した溶融領域が形成されている。つまり、レーザ光221の走査方向310に対して、高温度の溶融部分の分布にむらが生じておらず、約938μmの連続した溶融領域（溶融池）が確保されている。また、深さ方向に対しても、粉体層の厚み50μmよりも深い位置まで熱が入り込んでいる部分

が、幅方向に連続していることが分かる。これは、LB-PBF法による積層造形時に3次元積層造形物211の内部に未溶融の粉体241が残留しないことを示している。粉体層厚さよりも深い溶融領域は、幅が938 μm となり、1つのレーザスポット300を最適条件で走査した際の幅約200 μm の4.5倍余りの値となった。1回の走査で4.5倍の幅を溶融凝固させることができるため、単純計算では、造形時間が1/4.5となる。

[0034] そのため、レーザ光221を適度なヨ一角を付けた回折格子203により分岐して、円周上にレーザスポット300を配置したレーザパターン300を走査することにより、より効率的に広い面積を溶融凝固させることができる。さらに、造形時間の短縮、造形速度を向上させることができる。さらに、回折格子203を走査方向310に対してヨ一角11.25°で配置した場合に、良好な溶融領域を得ることができる。すなわち、ヨ一角11.25°とした場合に、レーザ光221を広範囲に当てることができる。また、溶融池の温度勾配を小さくすることができる。

[0035] また、広い範囲に熱を与えたい場合、つまり、レーザ光221により太書をした場合には、回折格子203を用いてレーザ光221を分岐させることにより、より広い範囲に熱を与えることができる。さらに、狭い範囲に熱を与えたい場合、つまり、レーザ光221により細書をした場合には、回折格子203を用いなければ（レーザ光221を分岐させなければ）、レーザ光221を分岐させた場合と比べて狭い範囲に熱を与えることができる。このように回折格子203の有無を使い分けることにより、様々なパターンで粉体241に熱を与えることができ、様々な形状の3次元積層造形物211を造形できる。例えば、3次元積層造形装置200は、このような回折格子203の制御を行うために、回折格子203を移動させる移動部を有してもよい。すなわち、回折格子203を用いる場合には、移動部により回折格子203をレーザ光221の光路上の位置に移動させ、回折格子203を用いない場合には、移動部により回折格子203をレーザ光221の光路上の位置から退避させるように制御する。あるいは、レーザ光221の光路上に

ミラーを配置し、レーザ光 2 2 1 の光路を変化させることにより、レーザ光 2 2 1 が回折格子 2 0 3 を通過したり、通過しなかったりするように制御してもよい。

[0036] 図 5 A は、本実施形態に係る 3 次元積層造形装置により形成される熔融池の温度勾配について説明する図である

[0037] 金属微細組織は大別して柱状晶と等軸晶とがある。柱状晶は細長い結晶で熔融した金属が一方向に凝固した際にできる結晶形態である。等軸晶は縦横比が 1 に近く全方位に凝固して形成される結晶形態である。これらの結晶の形成条件を温度勾配 ($G \text{ K/m}$) と凝固速度 ($R \text{ m/s}$) で整理すると図 5 A のようになる。柱状結晶は、柱と柱との間に微小 (数 μm 程度) な欠陥を生じやすい。この微小な欠陥は疲労強度や衝撃強度を低下させる。そのため、必要であれば、HIP (Hot Isostatic Processing: 熱間等方圧加圧法) などの後熱処理でこれを閉じる処理を行う。特に航空宇宙用材料では微小欠陥がないことが必要とされる。

[0038] 図 5 B は、本実施形態に係るインコネルの $G-R$ 線を示す図である (Nastac, L., Valencia, J.J., Tims, M.L., Dax, F.R., Advances in the Solidification of In718 and Rs5 Alloys, in: Superalloys 718, 635, 706 and Various Derivatives, TMS, 2001, pp. 103-112.)。Inconel 718 (インコネル、ニッケル基超合金) について、実測の $G-R$ 線図に現状の LB-PBF 法の条件の領域 (5 2 0) を重ねた図 (5 3 0) が、図 5 B である。熔融池の中で最速の凝固速度 (R 値、横軸) は熔融池後端となるので、レーザ走査速度にほぼ等しい。現状のレーザ走査速度は数百 $\text{mm/s} \sim 2000 \text{ mm/s}$ の範囲である。これをより高速にするためには、レーザ光を走査させるガルバノミラーの動作速度向上が必要となるが、将来的には現状より 1 桁向上する程度と予測される。

[0039] しかし、図 5 B から、レーザ走査速度の高速化のみでは柱状晶と等軸晶とを隔てる境界線より等軸晶側に遷移するのは困難である。つまり、レーザ走査速度を高速化させると、領域 (5 2 0) が図 5 B 上で右に遷移するが、領

域（５２０）が等軸晶側に遷移させるためには、レーザ走査速度の相当な高速化が必要となる。

[0040] そこで、固液界面での温度勾配（G値、縦軸）を緩和する方法が必要となる。すなわち、温度勾配を緩和すると、領域（５２０）は、図５Ｂ上で下方に遷移するため、温度勾配を緩和（小さく）することにより、領域（５２０）を容易に等軸晶側に遷移させることができる。DOEにより溶融池後方を加熱するレーザスポットを配置することで温度勾配の値を低くする効果が期待できる。

[0041] レーザ光を広範囲に当てられるので、溶融池の温度勾配を小さくすることができ、金属粉体の金属微細組織が柱状晶から等軸晶へと変化する。金属微細組織が等軸晶となると、高温割れを抑えることができる。

[0042] 図６は、本実施形態に係る３次元積層造形装置の走査速度テーブルの一例を示す図である。走査速度テーブル６０１は、走査速度６１１に関連付けてスポット間距離６１２、スポット変位量６１３、レーザスポット径６１４およびレーザパワー６１５を記憶する。走査速度６１１は、レーザ光２２１を走査させる速度である。スポット間距離６１２は、レーザ光２２１を分岐させた際の、隣接するレーザスポット３００の間の距離である。スポット変位量６１３は、レーザスポット３００が、レーザスポット配置の軸３３０に対してどれだけずれているかを示す。つまり、回折格子２０３を走査方向３１０に対して角度を付けて配置する際の傾きの角度（ヨー角）であり、回折格子２０３をどれだけ傾けて配置しているかを示す。レーザスポット径６１４は、レーザスポット３００の直径を表す。レーザパワー６１５は、レーザ光２２１の出力（パワー）であり、電力（W）などで表される。本実施形態においては、レーザパワー６１５は、各レーザスポット３００に等分配される。３次元積層造形装置２００は、走査速度テーブル６０１を参照して、レーザ光２２１の走査速度を決定することができる。

[0043] 図７は、本実施形態に係る３次元積層造形装置のハードウェア構成を説明するブロック図である。CPU(Central Processing Unit) 710は、演算制

御用のプロセッサであり、プログラムを実行することで図2の3次元積層造形装置200の機能構成部を実現する。CPU710は複数のプロセッサを有し、異なるプログラムやモジュール、タスク、スレッドなどを並行して実行してもよい。ROM(Read Only Memory)720は、初期データおよびプログラムなどの固定データおよびその他のプログラムを記憶する。また、ネットワークインタフェース730は、ネットワークを介して他の装置などと通信する。なお、CPU710は1つに限定されず、複数のCPUであっても、あるいは画像処理用のGPU(Graphics Processing Unit)を含んでもよい。また、ネットワークインタフェース730は、CPU710とは独立したCPUを有して、RAM(Random Access Memory)740の領域に送受信データを書き込みあるいは読み出しするのが望ましい。また、RAM740とストレージ750との間でデータを転送するDMAC(Direct Memory Access Controller)を設けるのが望ましい(図示なし)。さらに、CPU710は、RAM740にデータが受信あるいは転送されたことを認識してデータを処理する。また、CPU710は、処理結果をRAM740に準備し、後の送信あるいは転送はネットワークインタフェース730やDMACに任せる。

[0044] RAM740は、CPU710が一時記憶のワークエリアとして使用するランダムアクセスメモリである。RAM740には、本実施形態の実現に必要なデータを記憶する領域が確保されている。走査速度741は、レーザ光221を走査させる速度である。スポット間距離742は、各レーザスポット300の間の距離である。スポット変位量743は、レーザスポット300が、レーザスポット配置の軸330に対してどれだけずれているかを示す。つまり、回折格子203を走査方向310に対して角度を付けて配置する際の傾きの角度(ヨー角)である。レーザスポット径744は、各レーザスポット300の直径である。レーザパワー745は、レーザ光221の出力(パワー)である。造形モデル746は、CAD(Computer Aided Design)やCAM(Computer Aided Manufacturing)などを用いて作成された3次元積層造形物211を造形するために用いる造形用のデータである。3次元積

層造形装置200は、造形モデル746に従い3次元積層造形物211の造形条件や3次元積層造形装置200の動作条件などを決定して、3次元積層造形物211を造形する。

[0045] 送受信データ747は、ネットワークインタフェース730を介して送受信されるデータである。また、RAM740は、各種アプリケーションモジュールを実行するためのアプリケーション実行領域748を有する。

[0046] ストレージ750には、データベースや各種のパラメータ、あるいは本実施形態の実現に必要な以下のデータまたはプログラムが記憶されている。ストレージ750は、走査速度テーブル601を格納する。走査速度テーブル601は、図6に示した、走査速度611とレーザパワー615などとの関係を管理するテーブルである。

[0047] ストレージ750は、さらに、制御モジュール751を格納する。制御モジュール751は、レーザ光221の走査速度を制御するモジュールであり、各レーザスポット300により形成される溶融池の幅が、隣接する溶融池の幅と接するまたは重なるような速度でレーザ光221の走査速度を制御するモジュールである。このモジュール751は、CPU710によりRAM740のアプリケーション実行領域748に読み出され、実行される。制御プログラム752は、3次元積層造形装置200の全体を制御するためのプログラムである。

[0048] 入出力インタフェース760は、入出力機器との入出力データをインタフェースする。入出力インタフェース760には、表示部761、操作部762、が接続される。また、入出力インタフェース760には、さらに、記憶媒体764が接続されてもよい。さらに、音声出力部であるスピーカ763や、音声入力部であるマイク（図示せず）、あるいは、GPS位置判定部が接続されてもよい。なお、図7に示したRAM740やストレージ750には、3次元積層造形装置200が有する汎用の機能や他の実現可能な機能に関するプログラムやデータは図示されていない。

[0049] 図8は、本実施形態に係る3次元積層造形装置の処理手順を説明するフロ

ーチャートである。このフローチャートは、図7のCPU710がRAM740を使用して実行し、図2の3次元積層造形装置200の機能構成部を実現する。ステップS801において、3次元積層造形装置200は、3次元積層造形物211の造形モデルを取得する。造形モデルは、CADやCAMなどを用いて作成されたデータである。3次元積層造形装置200は、造形モデルに従って、3次元積層造形物211を造形する。

[0050] ステップS803において、3次元積層造形装置200は、取得した造形モデルに基づいて、3次元積層造形物211の各層におけるレーザ光221の走査速度を決定する。ステップS805において、3次元積層造形装置200は、3次元積層造形物211の造形を実行する。ステップS807において、3次元積層造形装置200は、3次元積層造形物211の造形が終了したか否かを判断する。造形が終了していないと判断した場合（ステップS807のNO）、3次元積層造形装置200は、ステップS805へ戻る。造形が終了したと判断した場合（ステップS807のYES）、3次元積層造形装置200は、処理を終了する。

[0051] 本実施形態によれば、より幅広い領域を均一に加熱することができるので、3次元積層造形物の造形速度を向上させることができる。また、熔融池の温度勾配を小さくすることができるので、スパッタの発生や高温割れを抑制できる。

[0052] [第3実施形態]

次に本発明の第3実施形態に係る3次元積層造形装置について、図9を用いて説明する。図9は、本実施形態に係る3次元積層造形装置によるレーザスポットを説明する図である。本実施形態に係る3次元積層造形装置は、上記第2実施形態と比べると、レーザスポットの形状が異なる。その他の構成および動作は、第2実施形態と同様であるため、同じ構成および動作については同じ符号を付してその詳しい説明を省略する。

[0053] 3次元積層造形装置は、回折格子を用いて、光源202から放射されるレーザ光221を3つのレーザスポットに分岐する（910）。これらの3つ

のレーザスポットは、レーザ光221の走査方向911に対して、前方から、プレヒート用のレーザスポット912、本溶融用のレーザスポット913、ポストヒート用のレーザスポット914の順に並んでいる。

[0054] プレヒート用のレーザスポット912およびポストヒート用のレーザスポット914は、レーザスポットの直径が、本溶融用のレーザスポット913と比較して大きくなっており、レーザ光のエネルギーが広範囲に分散されるようになっている。このようにレーザスポットの直径を大きくすることにより、粉体241に与えられる熱が分散するので、粉体241のプレヒートおよびポストヒートを行うことができる。

[0055] また、各レーザスポットの強度（パワー）は、本溶融用のレーザスポット913が、プレヒート用のレーザスポット912およびポストヒート用のレーザスポット914と比較して大きくなっている（920）。

[0056] 同様に、各レーザスポットが照射され、粉体241が溶融した溶融池の温度分布は、本溶融用のレーザスポット913が照射される位置が、プレヒート用のレーザスポット912およびポストヒート用のレーザスポット914と比較して高くなっている（930）。

[0057] レーザ光211は、プレヒート、本溶融およびポストヒートの3つに分かれている。本溶融用のレーザスポット913と、プレヒート用のレーザスポット912およびポストヒート用のレーザスポット914とは、レーザスポット径とレーザパワーとが異なっている。ここでは、本溶融用のレーザスポット913の直径が、他の2つのレーザスポット912、914と比較して小さくなっている。また、本溶融のレーザスポット913のレーザパワーは、他の2つのレーザスポット912、914と比較して、高くなっている。

[0058] また、ポストヒートを行うことができるので、粉体241の冷却速度をコントロールでき、高品質の3次元積層造形物を造形できる。さらに、レーザ光の走査速度、レーザスポット912、913、914のスポット径およびレーザパワーを制御することにより、高品質の3次元積層造形物を造形できる。

[0059] 本実施形態によれば、レーザ光を3つに分岐して、プレヒート、本溶融、ポストヒートを行うので、スパッタやヒュームの影響を抑制でき、さらに、粉体の冷却速度をコントロールできるので、高品質の3次元積層造形物を造形できる。

[0060] [第4実施形態]

次に本発明の第4実施形態に係る3次元積層造形装置について、図10を用いて説明する。図10は、本実施形態に係る3次元積層造形装置によるレーザスポットを説明する図である。本実施形態に係る3次元積層造形装置は、上記第2実施形態および第3実施形態と比べると、レーザスポットの形状が異なる。その他の構成および動作は、第2実施形態および第3実施形態と同様であるため、同じ構成および動作については同じ符号を付してその詳しい説明を省略する。

[0061] 3次元積層造形装置は、回折格子を用いて、光源202から放射されるレーザ光221を2つのレーザスポットに分岐する(1010)。レーザ光221は、回折格子により中央レーザスポット1011と周辺レーザスポット1012とに分岐される。リング状の周辺レーザスポット1012が、円形の中央レーザスポット1011を囲むように、レーザ光221が回折格子により分岐されている。

[0062] また、本実施形態におけるレーザパワー(1020)は、周辺レーザスポット1012が、中央レーザスポット1011と比べて、レーザパワー(強度)が高くなるように制御されている。そして、本実施形態における温度分布(1030)は、レーザ光221を分岐して中央レーザスポット1011を入れたので、溶融池の温度勾配が小さくなっている。つまり、レーザパワーが高い周辺レーザスポット1012に対して、周辺レーザスポット1012よりレーザパワーが弱い中央レーザスポット1011を入れることにより、溶融池全体として温度勾配が小さくなるようにしている。また、中央レーザスポット1011および周辺レーザスポット1012の直径を調節することにより、より広い範囲の粉体241を溶融させることができる。

[0063] 本実施形態によれば、溶融池の温度勾配を小さくすることができるので、高温割れなどを防止でき、高品質の3次元積層造形物を造形できる。また、溶融池幅を拡大できるので、造形速度を向上させることができる。

[0064] また、この他にも、例えば、回折格子203を用いてレーザ光221が「X」形状となるようにすれば、レーザ光221を走査して「X」形状を造形するよりも短時間で造形を完了することができる。すなわち、回折格子203を用いてレーザ光221を様々な形状を形成できるレーザスポットに分岐すれば、より高速に高品質の3次元積層造形物211を造形できる。

[0065] なお、第2実施形態乃至第4実施形態に示したレーザスポットを形成できる回折格子を1つの3次元積層造形装置に取り付けておき、これらの回折格子を切り替えて使用することにより、より複雑な形状の3次元積層造形物であっても造形できる。また、複数種類の回折格子を使い分けることにより、より高速に高品質の3次元積層造形物を造形できる。

[0066] [他の実施形態]

以上、実施形態を参照して本願発明を説明したが、本願発明は上記実施形態に限定されるものではない。本願発明の構成や詳細には、本願発明のスコープ内で当業者が理解し得る様々な変更をすることができる。また、それぞれの実施形態に含まれる別々の特徴を如何様に組み合わせたシステムまたは装置も、本発明の範疇に含まれる。

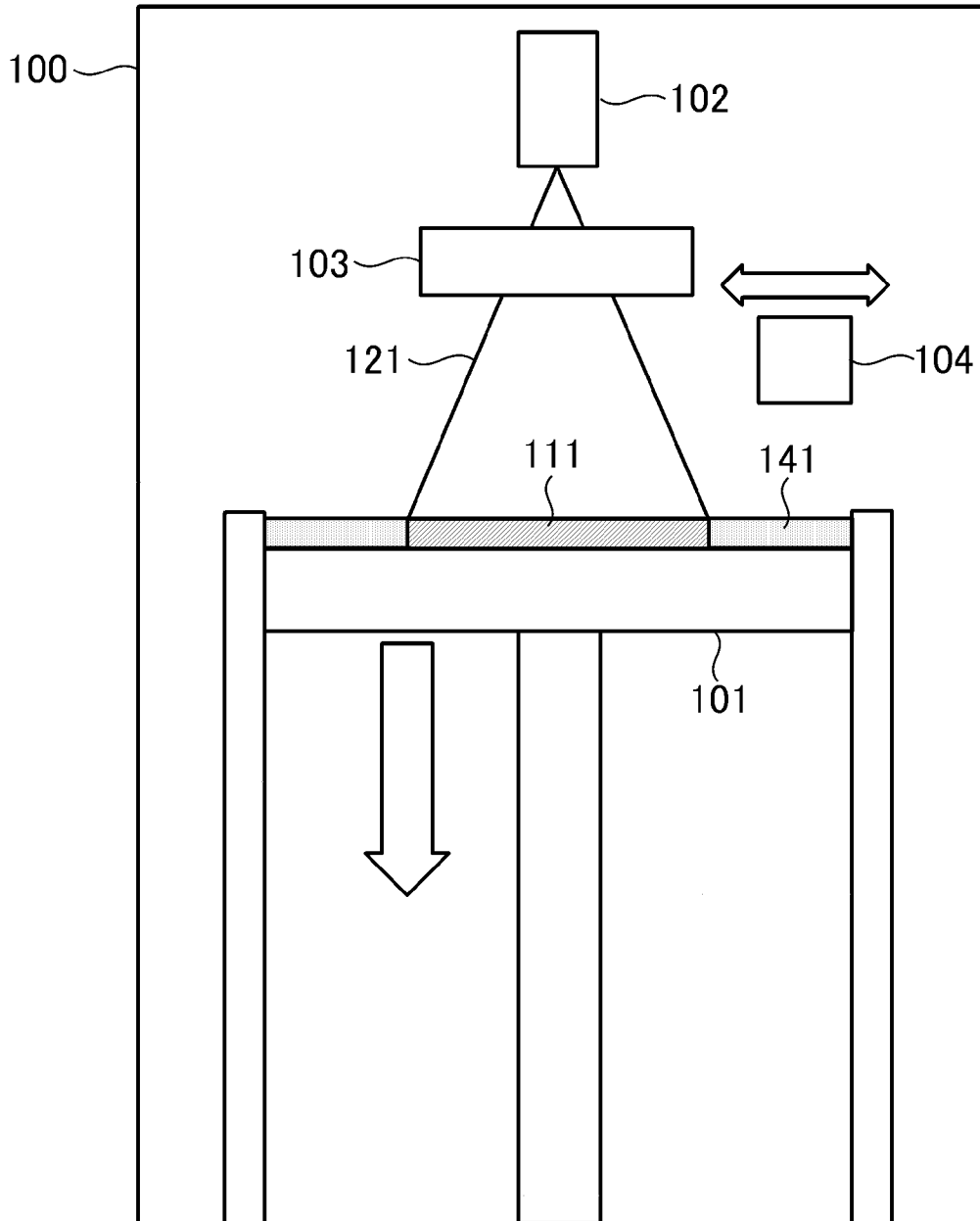
[0067] また、本発明は、複数の機器から構成されるシステムに適用されてもよいし、単体の装置に適用されてもよい。さらに、本発明は、実施形態の機能を実現する情報処理プログラムが、システムあるいは装置に直接あるいは遠隔から供給される場合にも適用可能である。したがって、本発明の機能をコンピュータで実現するために、コンピュータにインストールされるプログラム、あるいはそのプログラムを格納した媒体、そのプログラムをダウンロードさせるWWW(World Wide Web)サーバも、本発明の範疇に含まれる。特に、少なくとも、上述した実施形態に含まれる処理ステップをコンピュータに実行させるプログラムを格納した非一時的コンピュータ可読媒体 (non-transit

ory computer readable medium) は本発明の範疇に含まれる。

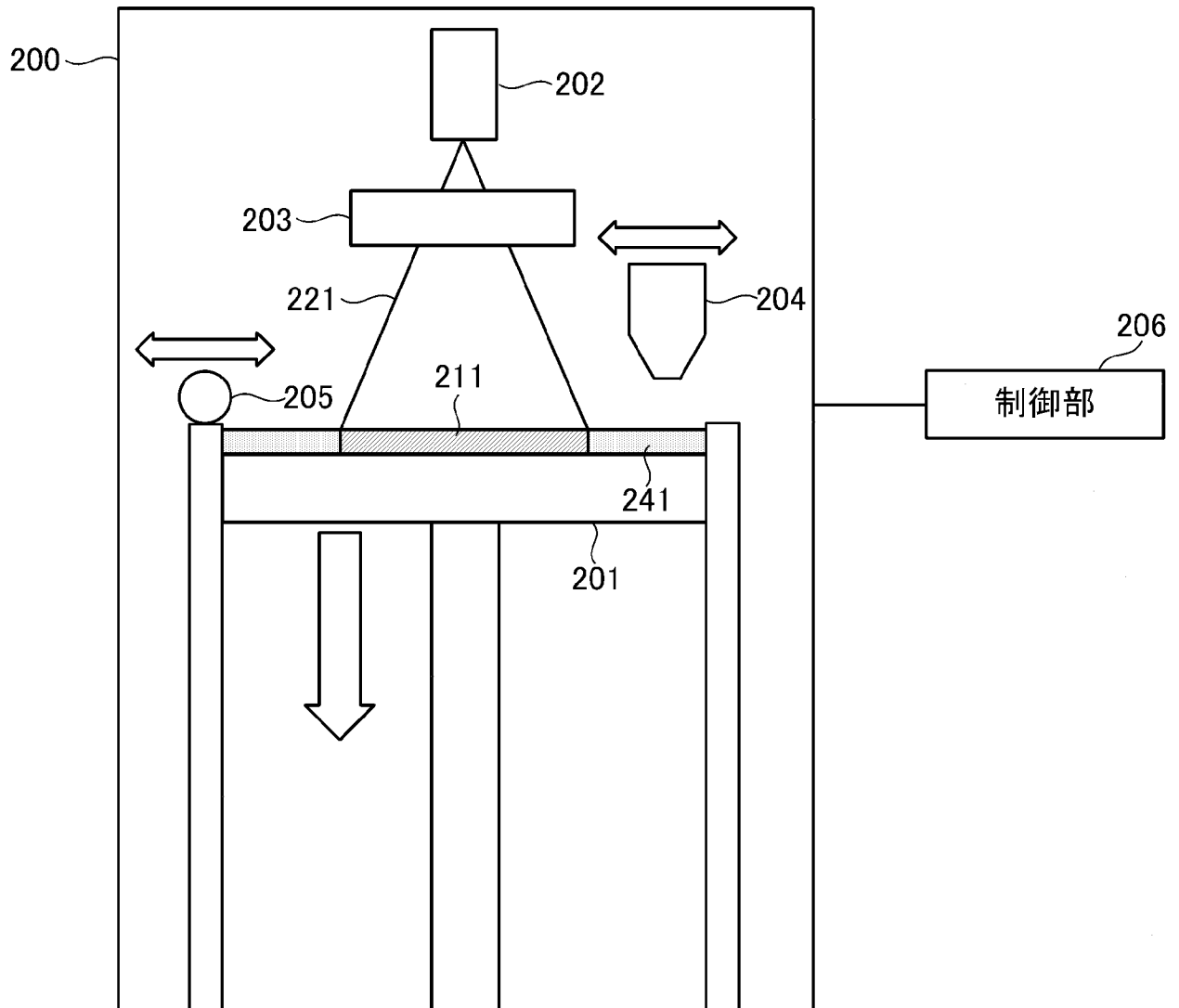
請求の範囲

- [請求項1] 3次元積層造形物が造形される造形台と、
前記造形台に向けてレーザ光を放射する光源と、
前記造形台と前記光源との間に設けられ、前記レーザ光を分岐して前記造形台に向けて射出する回折格子と、
前記造形台に対して粉体を供給する粉体供給部と、
を備えた3次元積層造形装置。
- [請求項2] 前記回折格子は、分岐された前記レーザ光の複数のレーザスポットが円周上に等間隔に配置されるように前記レーザ光を分岐する請求項1に記載の3次元積層造形装置。
- [請求項3] 前記回折格子は、前記レーザ光を8等分に分岐する請求項2に記載の3次元積層造形装置。
- [請求項4] 前記回折格子は、前記レーザ光の走査方向に対して角度を付けて配置され、所定角度だけ前記複数のレーザスポットの位置を変位させる請求項1乃至3のいずれか1項に記載の3次元積層造形装置。
- [請求項5] 前記複数のレーザスポットは、レーザスポット径とレーザパワーとが異なる請求項2乃至4のいずれか1項に記載の3次元積層造形装置。
- [請求項6] 前記レーザ光の走査速度を制御する制御部をさらに備え、
前記制御部は、各レーザスポットにより形成される熔融池の幅が、隣接する熔融池の幅と接するまたは重なるような速度で前記レーザ光の走査速度を制御する請求項2乃至5のいずれか1項に記載の3次元積層造形装置。

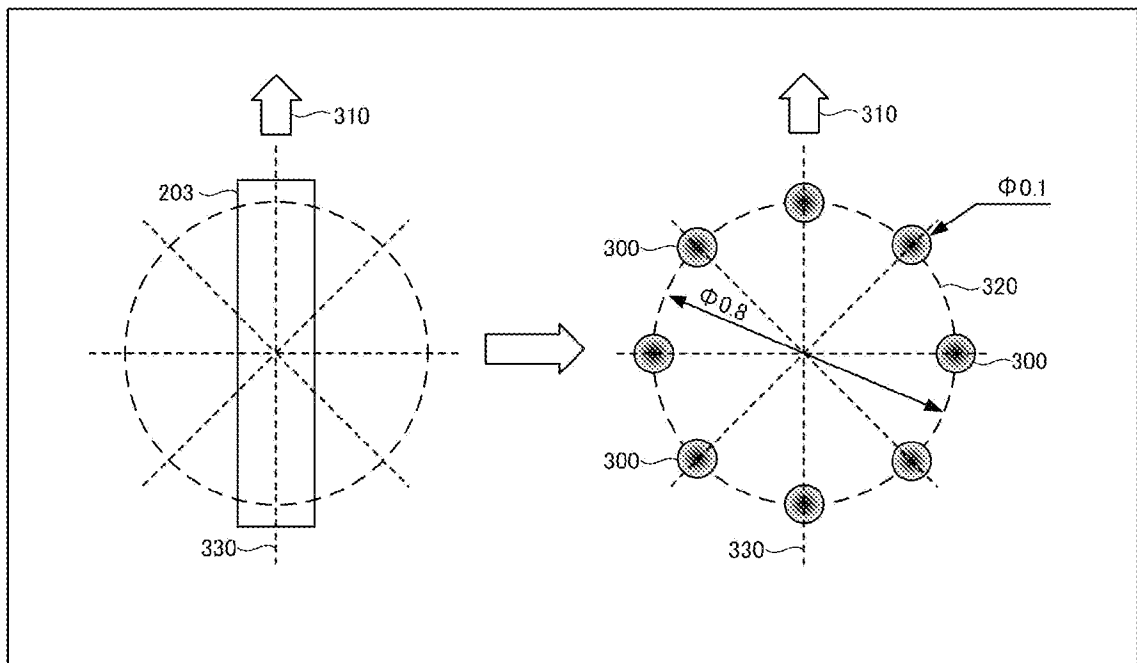
[図1]



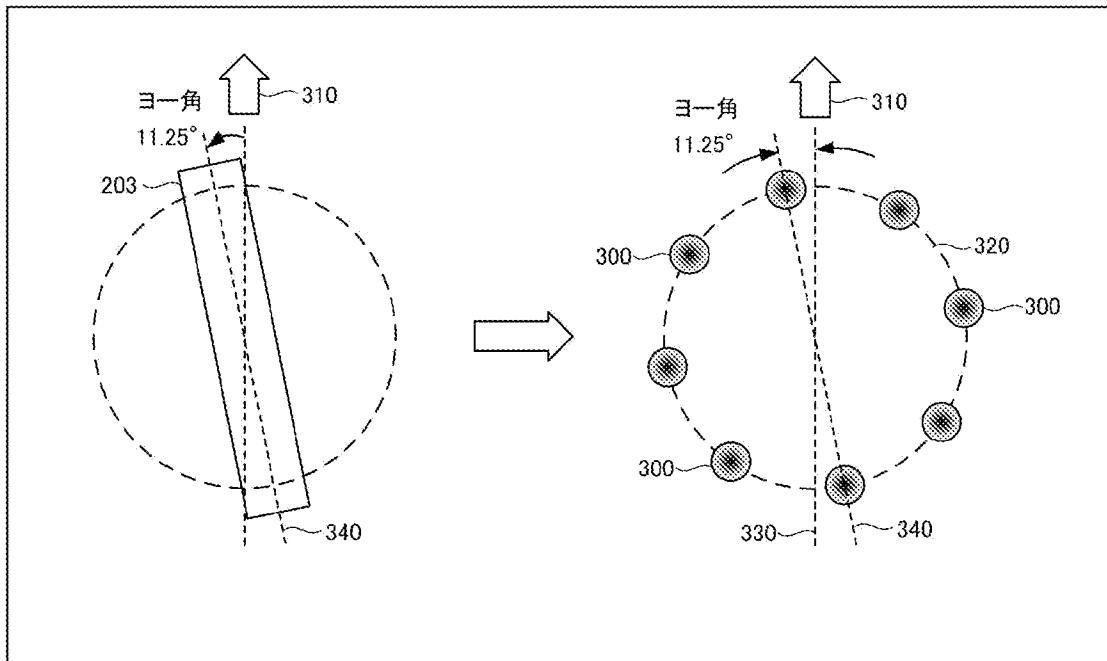
[図2]



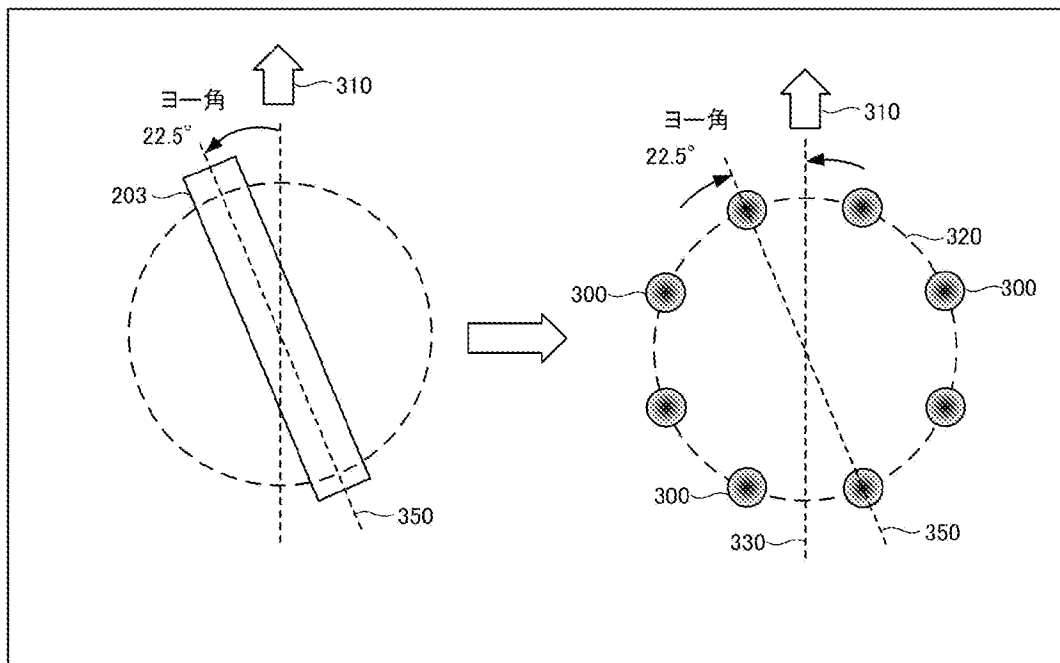
[図3A]



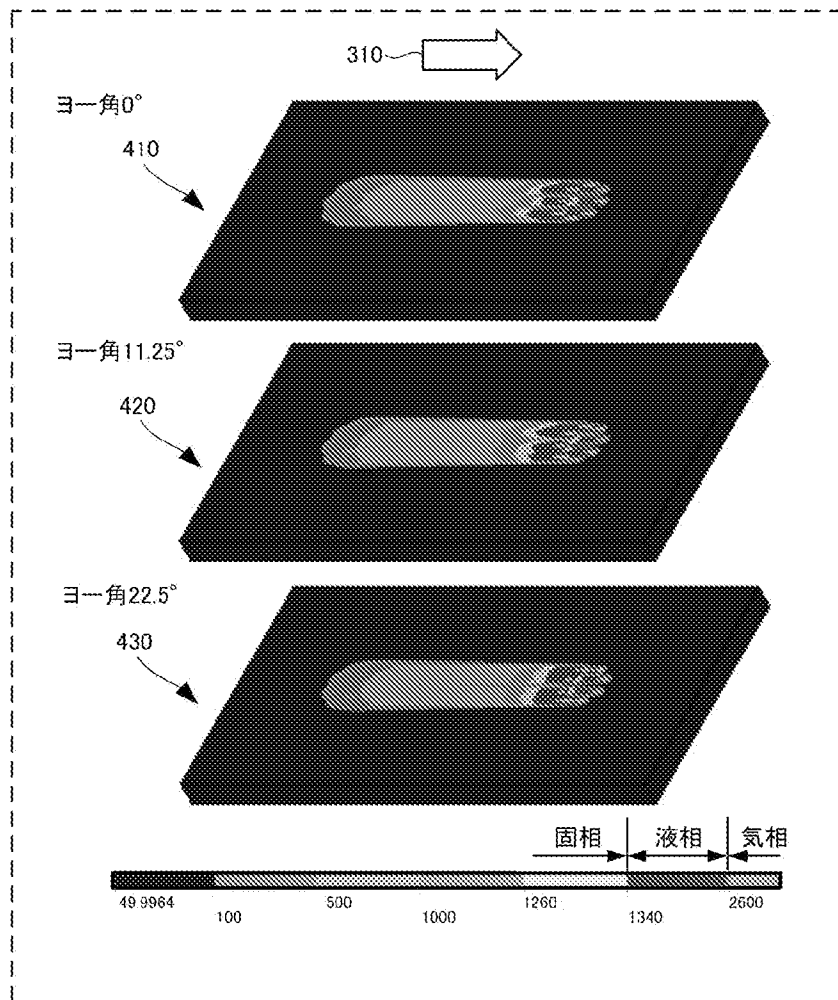
[図3B]



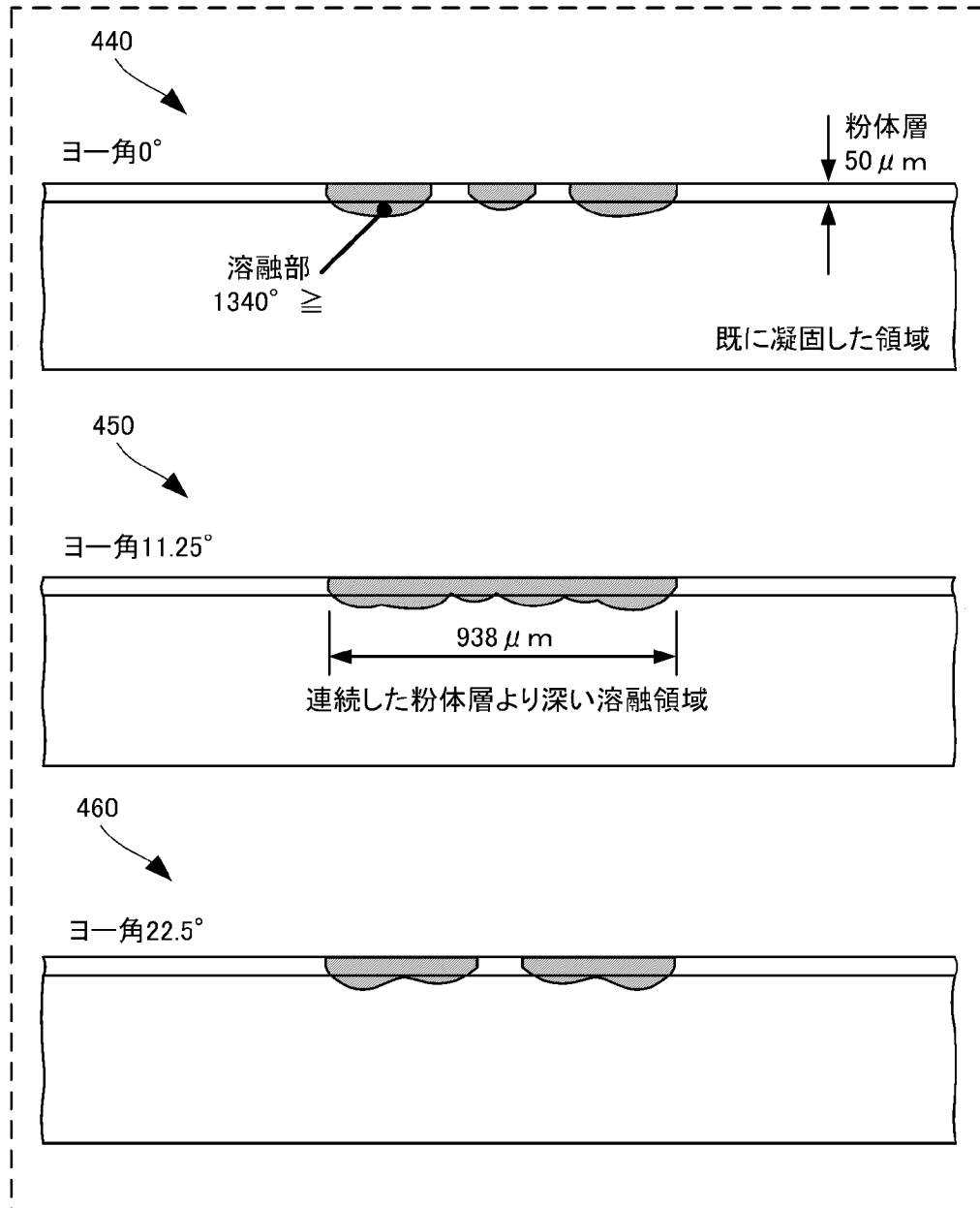
[図3C]



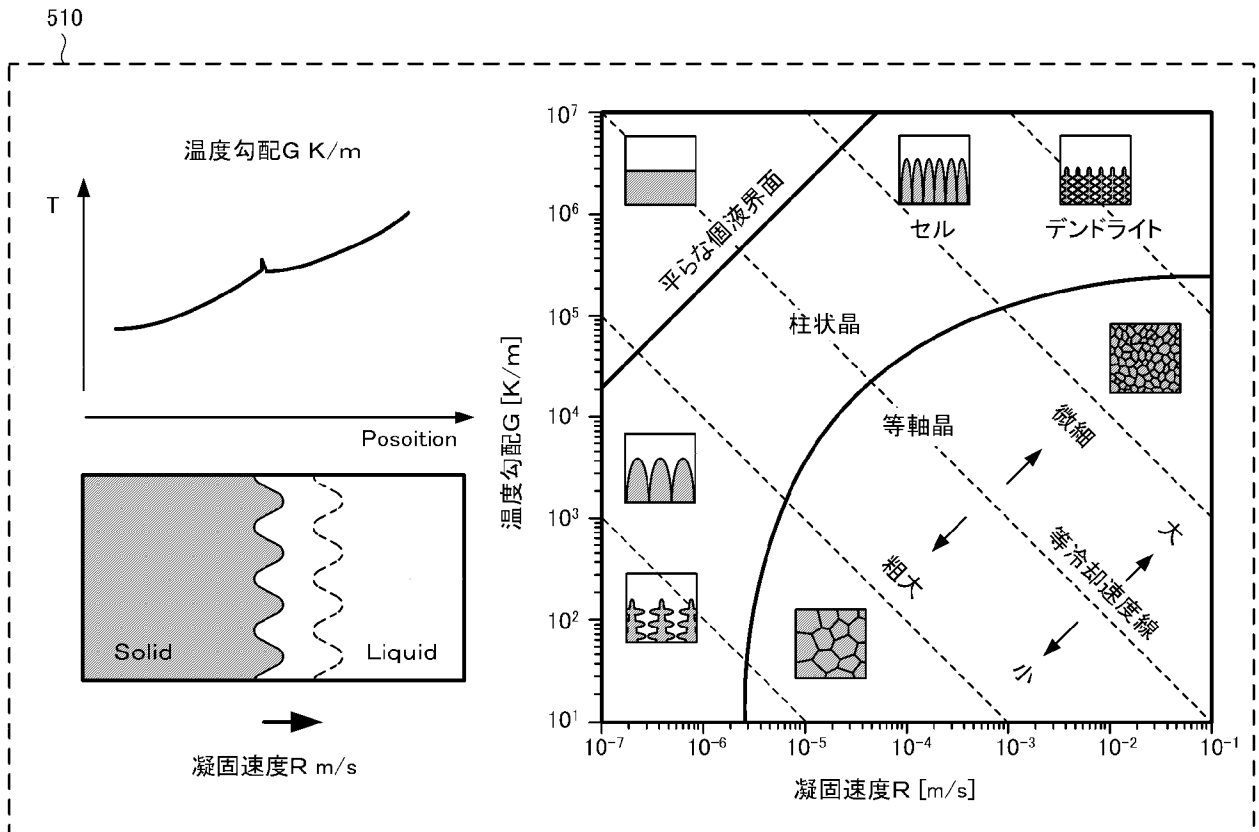
[図4A]



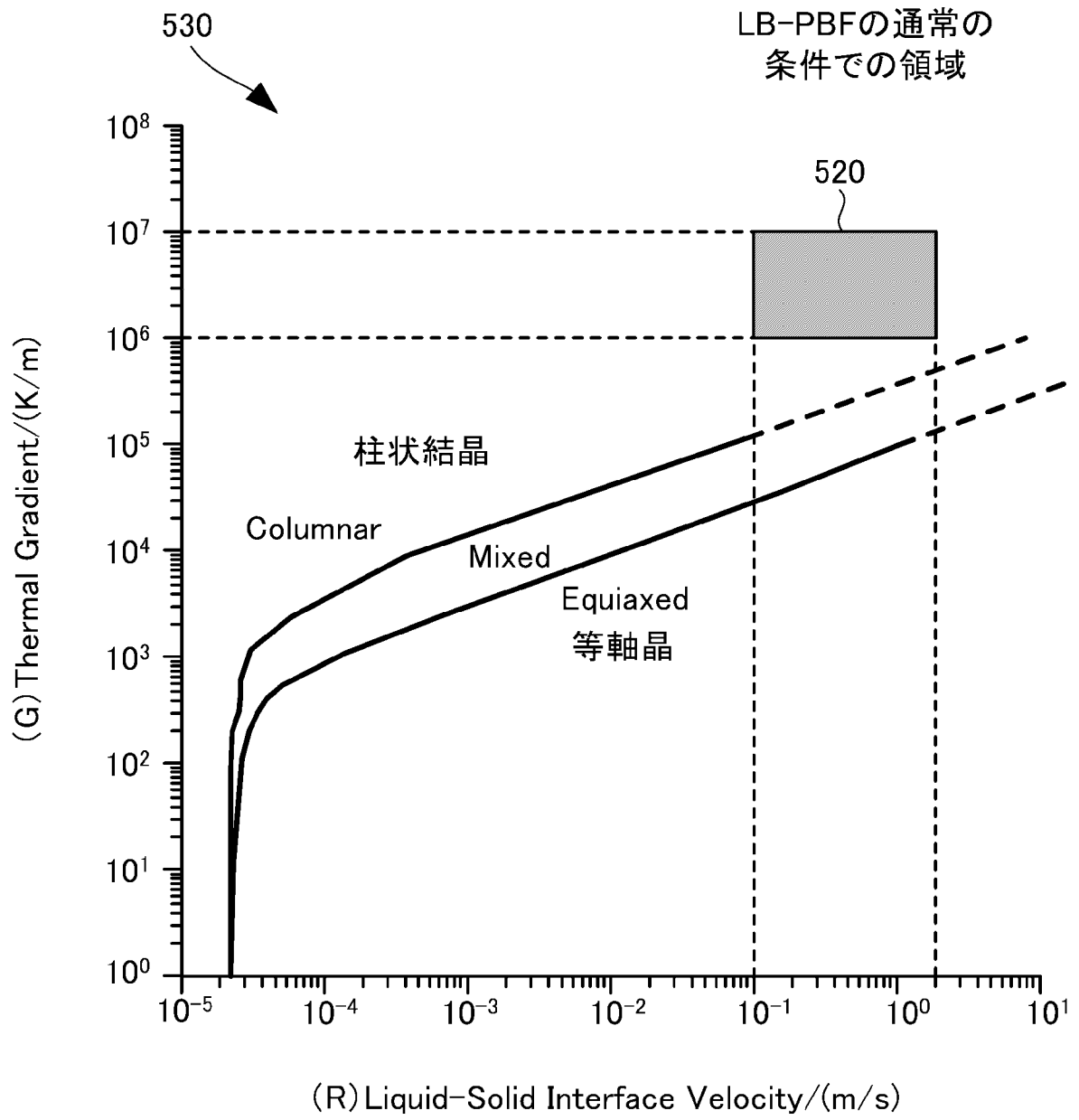
[図4B]



[図5A]



[図5B]

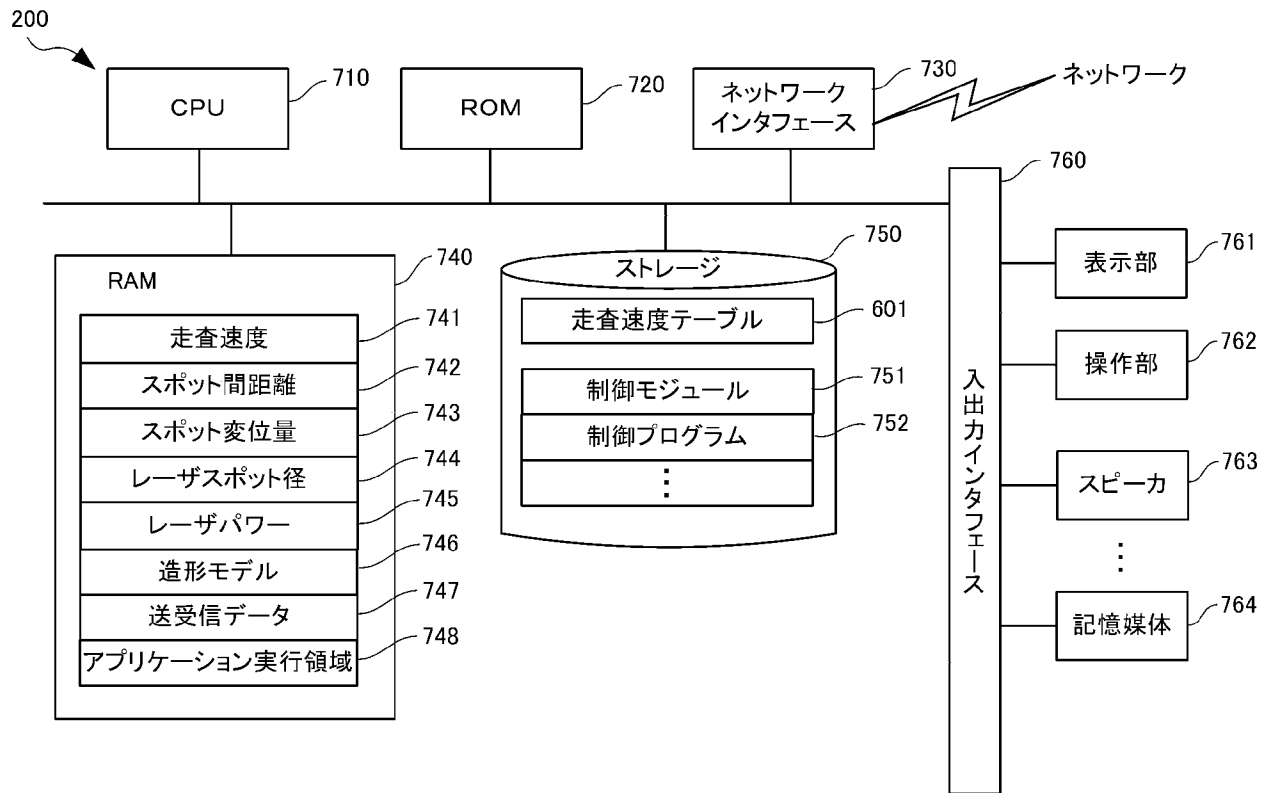


[図6]

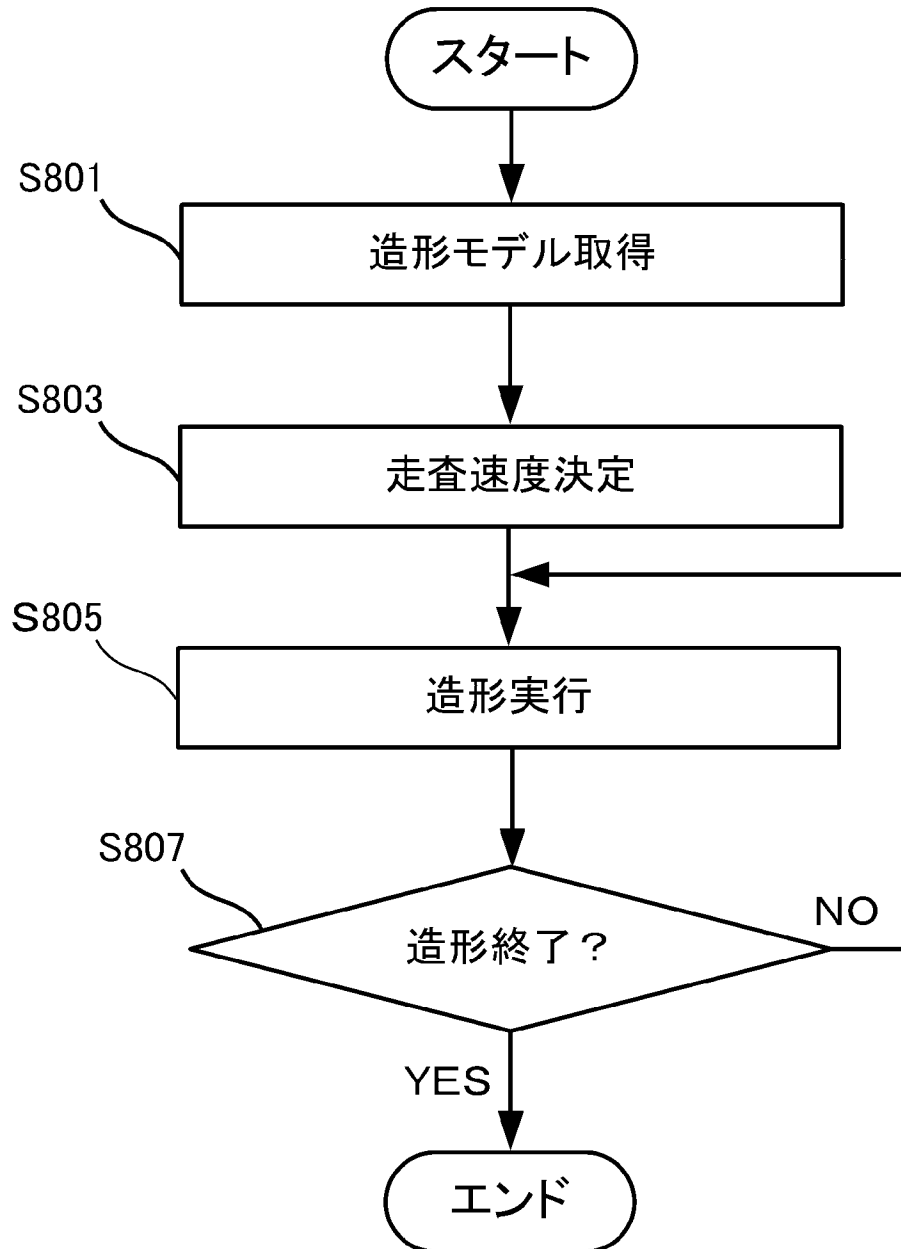
601

611 走査速度	612 スポット間距離	613 スポット変位量	614 レーザ スポット径	615 レーザパワー
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

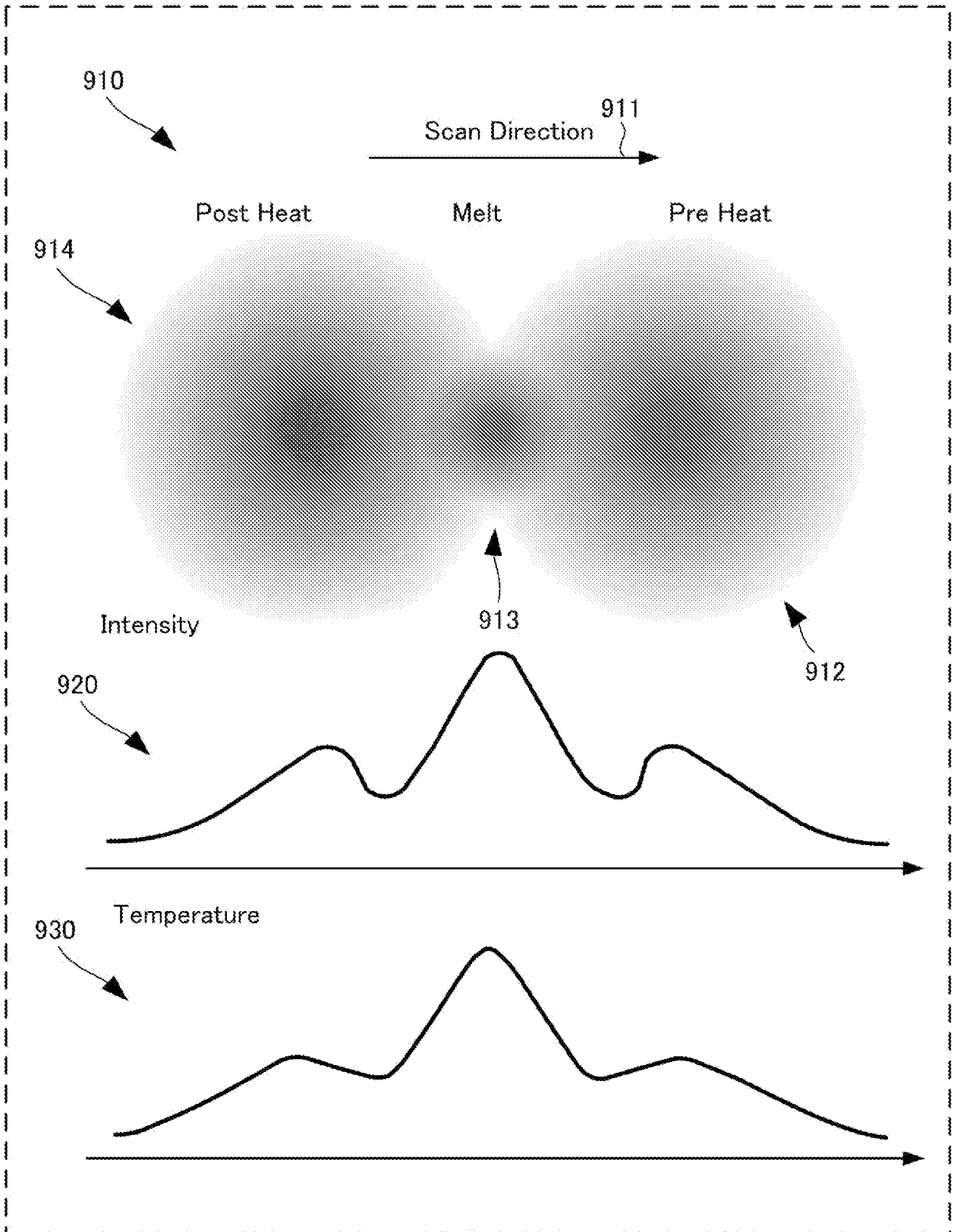
[図7]



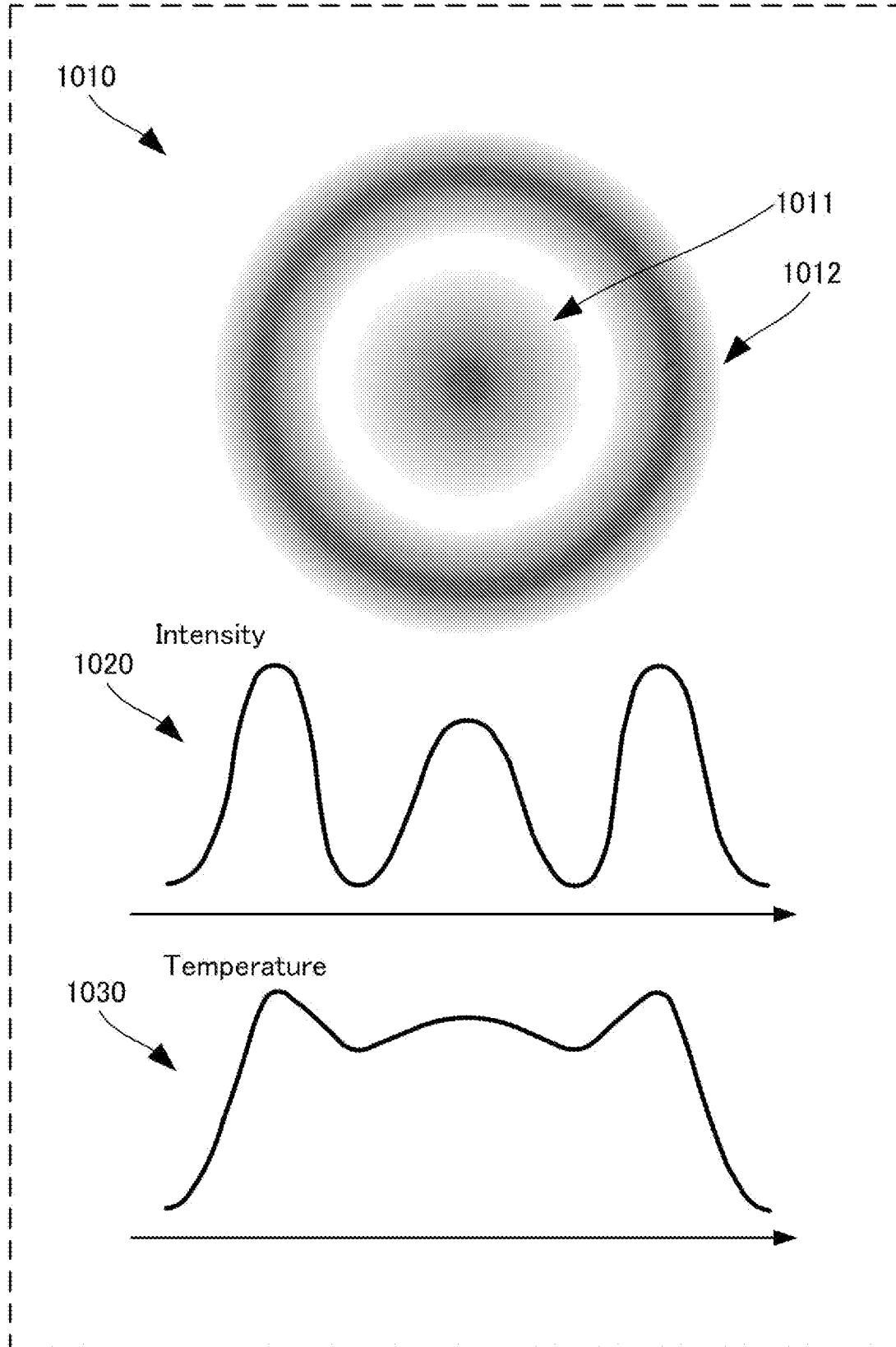
[図8]



[9]



[図10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/004121

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. B29C64/135 (2017.01) i, B33Y10/00 (2015.01) i, B33Y30/00 (2015.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int. Cl. B29C64/135, B33Y10/00, B33Y30/00

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 1971-2019
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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 A	JP 2015-196164 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 09 November 2015, claim 1, paragraphs [0062], [0063] & US 2017/0136578 A1, claim 1, paragraphs [0091], [0092]	1 2-6
A	JP 11-333584 A (MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD.) 07 December 1999, all pages, all drawings (Family: none)	1-6
A	JP 3-32481 A (KOMATSU LTD.) 13 February 1991, all pages, all drawings (Family: none)	1-6

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
22.04.2019

Date of mailing of the international search report
07.05.2019

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

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B29C64/135(2017.01)i, B33Y10/00(2015.01)i, B33Y30/00(2015.01)i

B. 調査を行った分野
 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））
 Int.Cl. B29C64/135, B33Y10/00, B33Y30/00

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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 A	JP 2015-196164 A（三菱重工業株式会社）2015. 11. 09, 【請求項1】、 段落【0062】乃至段落【0063】 & US 2017/0136578 A1 Claim 1 [0091]-[0092]	1 2-6
A	JP 11-333584 A（三菱重工業株式会社）1999. 12. 07, 全頁全図（フ ァミリーなし）	1-6
A	JP 3-32481 A（株式会社小松製作所）1991. 02. 13, 全頁全図（フ ァミリーなし）	1-6

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	の日の後に公表された文献
「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	「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「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	「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
「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）	「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
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献	「&」同一パテントファミリー文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願	

国際調査を完了した日
 22. 04. 2019

国際調査報告の発送日
 07. 05. 2019

国際調査機関の名称及びあて先
 日本国特許庁（ISA/J P）
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員） 田代 吉成	4R	9448
電話番号 03-3581-1101 内線 3471		