(19)日本国特許庁(JP)

# (12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7149627号
(P7149627)

(45)発行日　令和4年10月7日(2022.10.7)

(24)登録日　令和4年9月29日(2022.9.29)

(51)国際特許分類

| | | FI | |
|---|---|---|---|
| *B29C* | *64/268 (2017.01)* | B29C | 64/268 |
| *B33Y* | *30/00 (2015.01)* | B33Y | 30/00 |
| *B29C* | *64/153 (2017.01)* | B29C | 64/153 |
| *B22F* | *3/16 (2006.01)* | B22F | 3/16 |
| *B22F* | *12/49 (2021.01)* | B22F | 12/49 |

請求項の数　6　（全16頁）　最終頁に続く

(21)出願番号　特願2020-570250(P2020-570250)
(86)(22)出願日　平成31年2月5日(2019.2.5)
(86)国際出願番号　PCT/JP2019/004121
(87)国際公開番号　WO2020/161809
(87)国際公開日　令和2年8月13日(2020.8.13)
審査請求日　令和3年4月9日(2021.4.9)
（出願人による申告）平成３０年度、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「次世代型産業用３Ｄプリンタの造形技術開発・実用化事業（委託事業）」産業技術力強化法第１９条の適用を受ける特許出願

(73)特許権者　514227988
技術研究組合次世代３Ｄ積層造形技術総合開発機構
東京都千代田区鍛冶町１丁目１０番４号
丸石ビル５階
(74)代理人　100134430
弁理士　加藤 卓士
(72)発明者　池庄司 敏孝
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ＴＲＡＦＡＭ近畿大学広島分室内
審査官　田代 吉成

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　３次元積層造形装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項１】

３次元積層造形物が造形される造形台と、

前記造形台に対して粉体を供給する粉体供給部と、

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させる複数のレーザスポットを前記造形台上において生成し、前記複数のレーザスポットのそれぞれによって前記粉体を加熱、または、溶融させる回折格子と、

を備えた３次元積層造形装置。

【請求項２】

前記回折格子は、前記複数のレーザスポットが前記造形台上において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させる請求項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等分に分岐させる請求項２に記載の３次元積層造形装置。

【請求項４】

前記光源は、前記レーザ光を前記造形台上で走査させ、

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に含まれるそれぞれ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１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】
前記光源は、前記レーザ光を前記造形台上で走査させ、
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、前記複数のレーザスポットに含まれるそれぞれのレーザスポット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。
【発明の詳細な説明】
【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】
【文献】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、溶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、
前記造形台に対して粉体を供給する粉体供給部と、
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させる複数のレーザスポットを前記造形台上において生成し、前記複数のレーザスポットのそれぞれによって前記粉体を加熱、または、溶融させる回折格子と、
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、溶融する。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、φ０．１mmであり、８分岐後のレーザスポット３００の径も同様にφ０．１mmである。各レーザスポット３００の配置は、直径φ０．８mm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との角度をヨー角とする。８分岐においては、対称性からヨー角４５度は、ヨー角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、φ０．８mmであり、レーザスポット３００の直径は、φ０．１mm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３Ｂ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°（ヨー角）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３Ａ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３Ｃ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°（ヨー角）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３Ａ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（ヨー角）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４Ａ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４Ｂ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。ヨー角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：φ０．１mm、レーザ走査速度：６００mm／ｓ、粉体材質：Ｉｎｃｏｎｅｌ７１８（インコネル７１８）、粉体層厚さ：５０μm、初期温度：５０℃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、Ｉｎｃｏｎｅｌ７１８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の融点を超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、ヨー角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、ヨー角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、ヨー角２２．５°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、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。ヨー角が０°の場合（４４０）、ヨー角が１１．２５°の場合（４５０）およびヨー角が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、ヨー角０°（４１０，４４０）およびヨー角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、ヨー角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９３８μｍ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２００μｍ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を適度なヨー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に対してヨー角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、ヨー角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により太書をしたい場合には、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により細書をしたい場合には、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２２１の光路を変化させることにより、レーザ光２２１が回折格子２０３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５Ａ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溶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溶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　Ｋ／ｍ）と凝固速度（Ｒ　ｍ／ｓ）で整理すると図５Ａ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５Ｂ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.）。Ｉｎｃｏｎｅｌ７１８（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（５２０）を重ねた図（５３０）が、図５Ｂである。溶融池の中で最速の凝固速度（Ｒ値、横軸）は溶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ｍｍ／ｓ～２０００ｍｍ／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５Ｂ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（５２０）が図５Ｂ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、溶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］

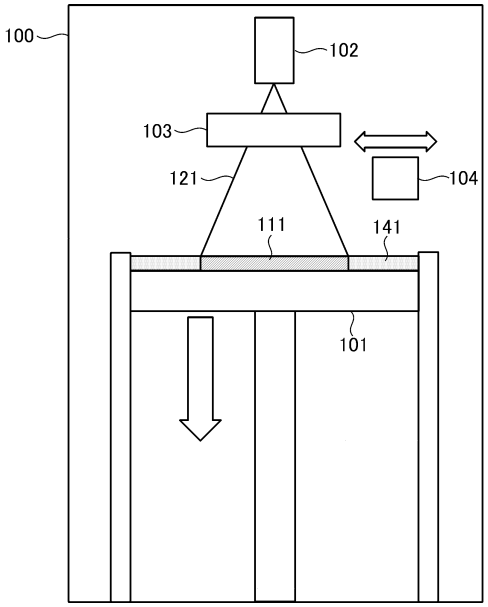
次に本発明の第３実施形態に係る３次元積層造形装置について、図９を用いて説明する。図９は、本実施形態に係る３次元積層造形装置によるレーザスポットを説明する図である。本実施形態に係る３次元積層造形装置は、上記第２実施形態と比べると、レーザスポットの形状が異なる。その他の構成および動作は、第２実施形態と同様であるため、同じ構成および動作については同じ符号を付してその詳しい説明を省略する。

【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。

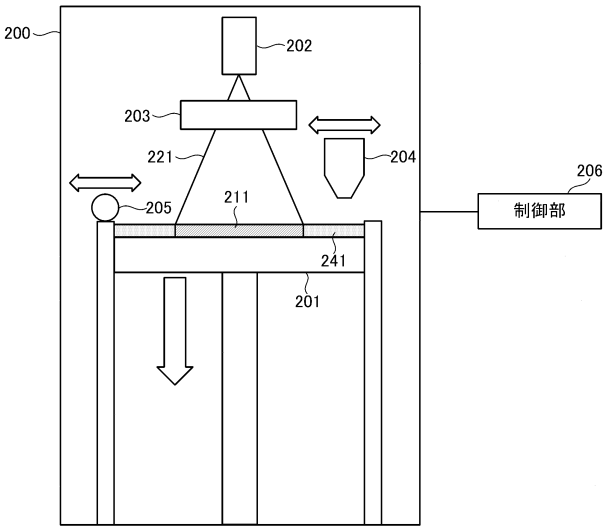
【００６２】
　また、本実施形態におけるレーザパワー（１０２０）は、周辺レーザスポット１０１２が、中央レーザスポット１０１１と比べて、レーザパワー（強度）が高くなるように制御されている。そして、本実施形態における温度分布（１０３０）は、レーザ光２２１を分岐して中央レーザスポット１０１１を入れたので、溶融池の温度勾配が小さくなっている。つまり、レーザパワーが高い周辺レーザスポット１０１２に対して、周辺レーザスポット１０１２よりレーザパワーが弱い中央レーザスポット１０１１を入れることにより、溶融池全体として温度勾配が小さくなるようにしている。また、中央レーザスポット１０１１および周辺レーザスポット１０１２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-transitory computer readable medium）は本発明の範疇に含まれる。

【図面】

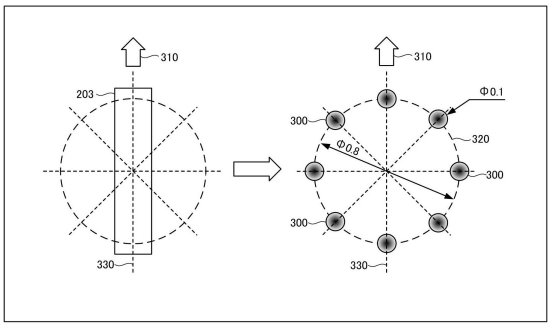
【図１】



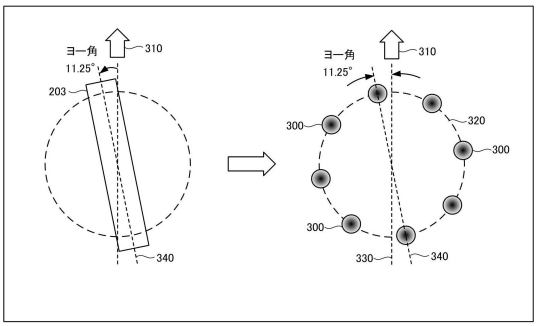

【図２】



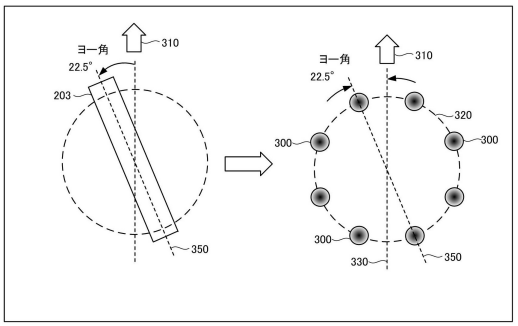

【図３Ａ】



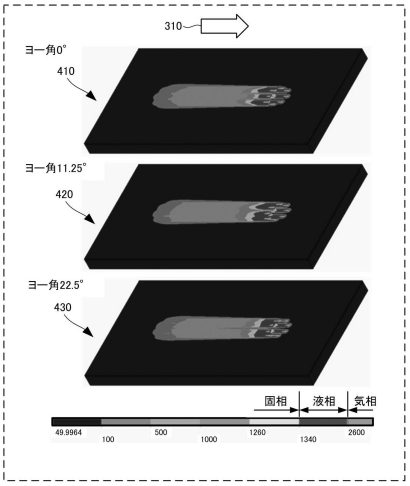

【図３Ｂ】



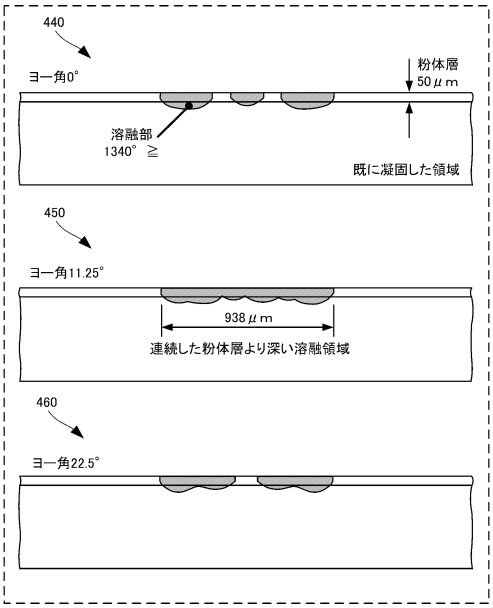
【図３Ｃ】



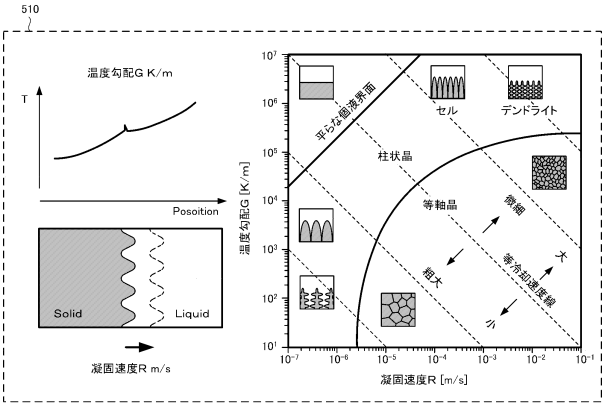

【図４Ａ】



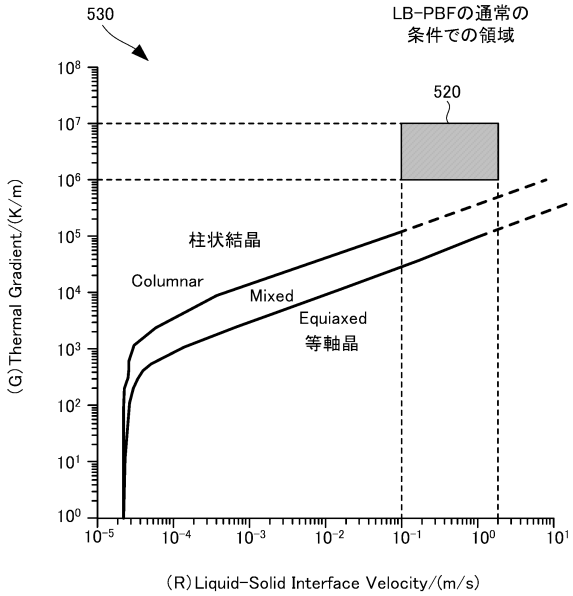

【図４Ｂ】




【図５Ａ】



【図５Ｂ】

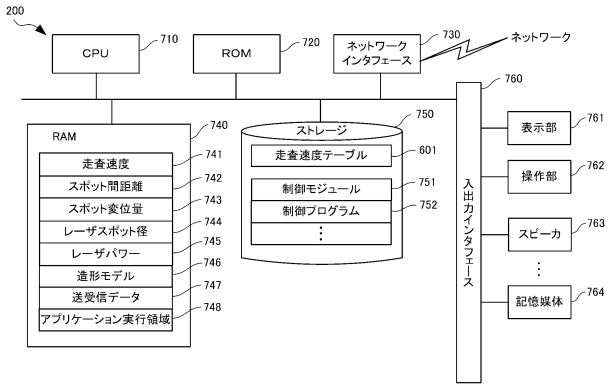



【図６】

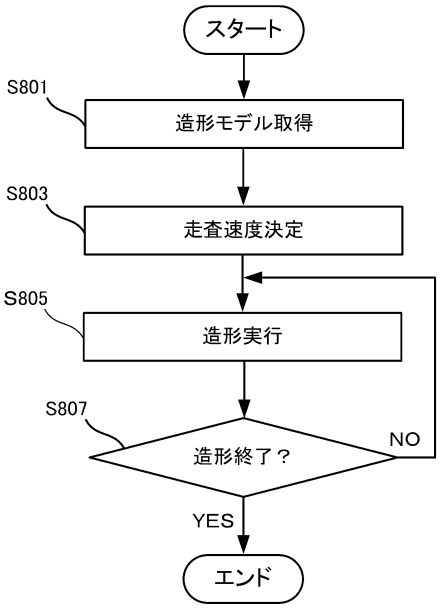
601

| 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 |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ | ⋮ |

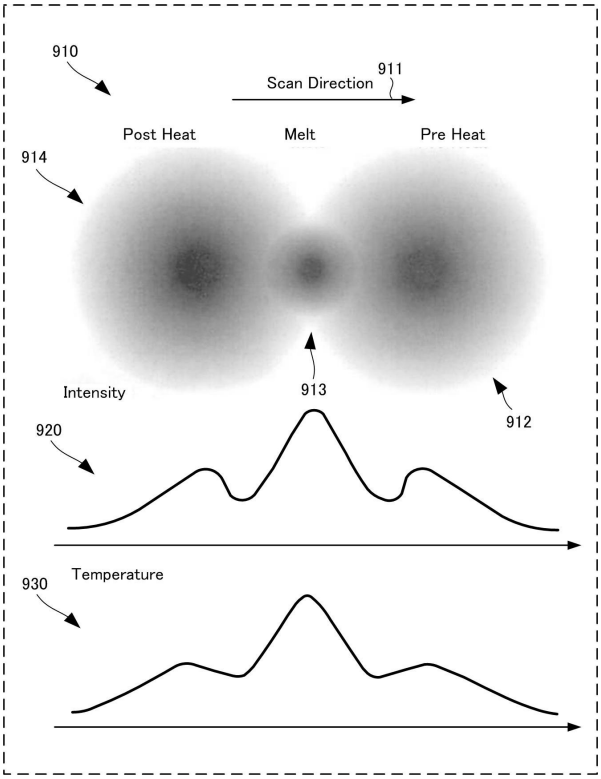
【図７】



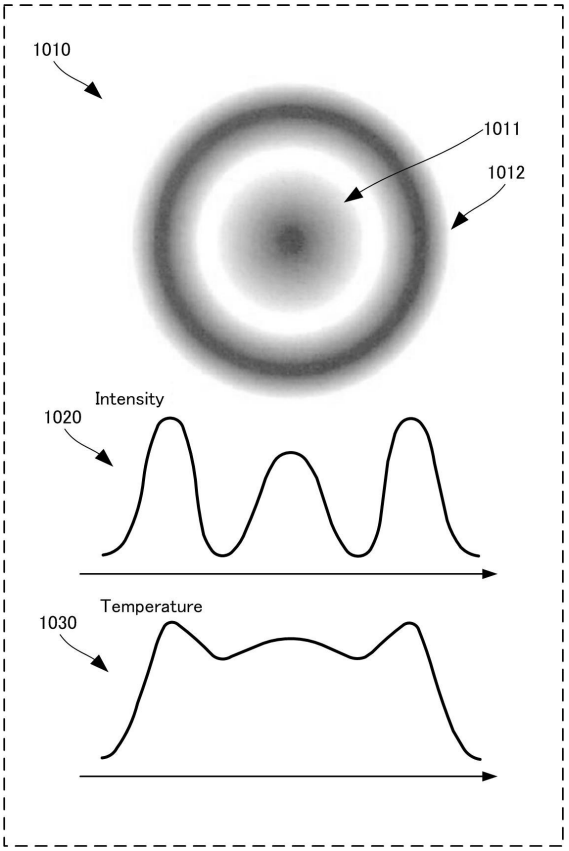

【図８】



【図９】


910
911
Scan Direction
Post Heat
Melt
Pre Heat
914
Intensity
913
912
920
Temperature
930

【図１０】


1010
1011
1012
Intensity
1020
Temperature
1030

フロントページの続き

| (51)国際特許分類 | | | FI | |
|---|---|---|---|---|
| *B22F* | *12/53* | *(2021.01)* | B22F | 12/53 |
| *B22F* | *12/44* | *(2021.01)* | B22F | 12/44 |
| *B22F* | *10/28* | *(2021.01)* | B22F | 10/28 |
| *B22F* | *10/368* | *(2021.01)* | B22F | 10/368 |

(56)参考文献 特開２０１５－１９６１６４（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野 (Int.Cl.，ＤＢ名)

Ｂ２９Ｃ ６４／２６８
Ｂ３３Ｙ ３０／００
Ｂ２９Ｃ ６４／１５３
Ｂ２２Ｆ ３／１６
Ｂ２２Ｆ １２／４９
Ｂ２２Ｆ １２／５３
Ｂ２２Ｆ １２／４４
Ｂ２２Ｆ １０／２８
Ｂ２２Ｆ １０／３６８