

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7287124号

(P7287124)

(45)発行日 令和5年6月6日(2023.6.6)

(24)登録日 令和5年5月29日(2023.5.29)

(51)国際特許分類

F I

B 2 9 C 64/268 (2017.01)

B 2 9 C 64/268

B 2 9 C 64/393 (2017.01)

B 2 9 C 64/393

B 3 3 Y 10/00 (2015.01)

B 3 3 Y 10/00

B 3 3 Y 30/00 (2015.01)

B 3 3 Y 30/00

B 3 3 Y 50/02 (2015.01)

B 3 3 Y 50/02

請求項の数 11 (全21頁)

(21)出願番号 特願2019-103590(P2019-103590)

(22)出願日 令和1年6月3日(2019.6.3)

(65)公開番号 特開2020-196196(P2020-196196
A)

(43)公開日 令和2年12月10日(2020.12.10)

審査請求日 令和4年4月14日(2022.4.14)

(73)特許権者 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(74)代理人 230100631

弁護士 稲元 富保

(72)発明者 須原 浩之

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株

式会社リコー内

(72)発明者 藤田 貴史

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株

式会社リコー内

(72)発明者 竹内 惇

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株

式会社リコー内

(72)発明者 酒井 浩司

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光吸収材を飛翔させる装置、立体造形物を造形する装置、光吸収材を飛翔させる方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

光を吸収する光吸収材に対し、前記光吸収材の光吸収波長に対応するレーザビームを照射して、前記光吸収材を飛翔させる手段を有し、

先行するビーム照射領域と後行するビーム照射領域とが重なるとき、前記後行するビーム照射領域に対し、ビーム重心位置が、前記先行するビーム照射領域の外側となるように前記レーザビームを照射し、

複数のドットラインをドットの並び方向と直交する方向に配置したエリアを描画するとき、前記直交する方向で隣り合う2つのドットラインの一方のドットラインのドット位置に対して他方のドットラインのドット位置を前記ドットの並び方向に細密構造的にずらして前記レーザビームを照射する

ことを特徴とする光吸収材を飛翔させる装置。

【請求項2】

前記レーザビームを走査する走査手段を有し、

前記走査手段による走査速度は、前記レーザビームのビーム外径と走査周波数の積の $1/2$ より大きい

ことを特徴とする請求項1に記載の光吸収材を飛翔させる装置。

【請求項3】

主たる前記レーザビームを照射させる前に、従たる前記レーザビームを照射するプレ照射を行う

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の光吸収材を飛翔させる装置。

【請求項 4】

音響光学変調素子を有し、

前記音響光学変調素子で前記プレ照射する前記レーザビームを生成する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光吸収材を飛翔させる装置。

【請求項 5】

前記レーザビームを出力するファイバレーザを有し、

前記ファイバレーザのメインアンプの注入電流を変調させて前記プレ照射する前記レーザビームを生成する

ことを特徴とする請求項 3 に記載の光吸収材を飛翔させる装置。

10

【請求項 6】

描画領域の露光部と非露光部との境界から 1 画素以上の露光部の画素領域に照射する前記レーザビームの光量を別の露光部の画素領域に対して照射する前記レーザビームの光量に加算させる折り返し処理をする

ことを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれかに記載の光吸収材を飛翔させる装置。

【請求項 7】

画像の複数の方向について前記折り返し処理をする

ことを特徴とする請求項 6 に記載の光吸収材を飛翔させる装置。

【請求項 8】

請求項 1 ないし 7 のいずれかに記載の光吸収材を飛翔させる装置を備えている

ことを特徴とする立体造形物を造形する装置。

20

【請求項 9】

前記光吸収材を担持する担持体と、

造形物の表面を加熱する手段と、を備え、

前記光吸収材を飛翔させる装置にて前記加熱されて溶融した前記造形物の表面に対し、前記担持体に対峙されている前記光吸収材を飛翔させる

ことを特徴とする請求項 8 に記載の立体造形物を造形する装置。

【請求項 10】

造形物の表面を加熱する手段は、加熱用レーザビームを照射する手段であり、

前記加熱用レーザビームのピークパワーは、前記光吸収材を飛翔させる前記レーザビームよりも小さい

ことを特徴とする請求項 9 に記載の立体造形物を造形する装置。

30

【請求項 11】

光を吸収する光吸収材に対し、前記光吸収材の光吸収波長に対応するパルス状レーザビームを照射して、前記光吸収材を飛翔させる方法であって、

先行するビーム照射領域と後行するビーム照射領域とが重なるとき、前記後行するビーム照射領域に対し、ビーム重心位置が、前記先行するビーム照射領域の外側となるように前記レーザビームを照射させ、

複数のドットラインをドットの並び方向と直交する方向に配置したエリアを描画するときには、前記直交する方向で隣り合う 2 つのドットラインの一方のドットラインのドット位置に対して他方のドットラインのドット位置を前記ドットの並び方向に細密構造的にずらして前記レーザビームを照射させる

40

ことを特徴とする光吸収材を飛翔させる方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は光吸収材を飛翔させる装置、立体造形物を造形する装置、光吸収材を飛翔させる方法に関する。

【背景技術】

【0002】

50

従来、光吸収材の光吸収波長に対応する光渦レーザビームを光吸収材に照射し、光渦レーザビームのエネルギーにより光吸収材を光渦レーザビームの照射方向に飛翔させ、被付着物に付着させるものが知られている（特許文献１）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【０００３】

【文献】特許第６４５５５８８号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【０００４】

ところで、レーザビームを光吸収材に照射して光吸収材を飛翔させるとき、光吸収材がレーザビームの照射方向に飛翔しないことがあるという課題がある。

【０００５】

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、光吸収材の飛翔方向の精度を向上することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００６】

上記の課題を解決するため、本発明に係る光吸収材を飛翔させる装置は、

光を吸収する光吸収材に対し、前記光吸収材の光吸収波長に対応するレーザビームを照射して、前記光吸収材を飛翔させる手段を有し、

先行するビーム照射領域と後行するビーム照射領域とが重なるとき、前記後行するビーム照射領域に対し、ビーム重心位置が、前記先行するビーム照射領域の外側となるように前記レーザビームを照射し、

複数のドットラインをドットの並び方向と直交する方向に配置したエリアを描画するとき、前記直交する方向で隣り合う２つのドットラインの一方のドットラインのドット位置に対して他方のドットラインのドット位置を前記ドットの並び方向に細密構造的にずらして前記レーザビームを照射する

構成とした。

【発明の効果】

【０００７】

本発明によれば、光吸収材の飛翔方向の精度が向上する。

【図面の簡単な説明】

【０００８】

【図１】本発明の第１実施形態に係る光吸収材を飛翔させる装置の説明図である。

【図２】同装置の光吸収材供給手段の一例の説明図である。

【図３】入力画像及び担持体上のレーザビームの軌跡と描画結果を説明する説明図である。

【図４】同じく後方飛翔の説明に供する説明図である。

【図５】光吸収材の後方飛翔の発生メカニズムの説明に供する説明図である。

【図６】後方飛翔が生じない場合の説明に供する説明図である。

【図７】レーザビームの露光強度分布とビーム重心位置の関係を説明する説明図である。

【図８】同実施形態における描画結果の一例の説明に供する入力画像及び担持体上のレーザビームの軌跡と描画結果を説明する説明図である。

【図９】描画パターンとビーム外径とドット位置の関係の例の説明に供する説明図である。

【図１０】本発明の第２実施形態におけるレーザビームの照射方式の説明に供する説明図である。

【図１１】同じくレーザビームの照射と光吸収材の飛翔の説明に供する説明図である。

【図１２】１回のレーザビームの照射で光吸収材を飛翔させる例の説明に供する説明図である。

【図１３】本発明の第３実施形態に係る光吸収材を飛翔させる装置の説明図である。

【図１４】同じく音響光学変調素子及びその駆動系の説明図である。

10

20

30

40

50

【図 1 5】同実施形態の作用説明に供する説明図である。

【図 1 6】本発明の第 4 実施形態に係る光吸収材を飛翔させる装置におけるレーザ発生装置の説明に供する説明図である。

【図 1 7】同実施形態の作用説明に供する説明図である。

【図 1 8】本発明の第 5 実施形態に説明に供する説明図である。

【図 1 9】通常露光と T C 露光における画像部画素と非画像部画素の説明に供する説明図である。

【図 2 0】同じく光出力と光吸収材の飛翔状態の説明に供する説明図である。

【図 2 1】本発明の第 6 実施形態の説明に供するフロー図である。

【図 2 2】同実施形態の処理を文字に適用した例の説明に供する説明図である。

10

【図 2 3】本発明の第 7 実施形態における折り返し処理を行う場合のレーザビームの生成例の説明に供する説明図である。

【図 2 4】本発明の第 8 実施形態に係る立体造形物を造形する装置の一例の説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について添付図面を参照して説明する。本発明の第 1 実施形態について図 1 を参照して説明する。図 1 は同実施形態に係る光吸収材を飛翔させる装置の説明図である。

【0010】

この光吸収材を飛翔させる装置（飛翔装置という。）1 は、光を吸収する光吸収材 1 1 に対し、光吸収材 1 1 の光吸収波長に対応するパルス状レーザビーム 2 0 を照射して、光吸収材 1 1 を飛翔させる手段（以下、「ビーム照射手段」という。）2 を備えている。

20

【0011】

光吸収材 1 1 は、光吸収材供給手段 1 0 を構成している担持体である透明シート 1 2 に担持されて、ステージ 4 上に載置される被付着物であるターゲット 3 に対向して供給される。

【0012】

ビーム照射手段 2 は、レーザビーム 2 0 を射出するレーザ発振器 2 1 と、コリメートレンズ 2 2 と、アパーチャー 2 3 と、走査光学系 2 4 とを含む。

【0013】

レーザ発振器 2 1 は、短パルスレーザであり、固体レーザ方式、ファイバレーザ方式、半導体レーザ方式などでレーザビーム 2 0 を出力する。この場合、高速周波数制御や、パワー変調制御を行うときには、ファイバレーザ方式が適している。

30

【0014】

レーザ発振器 2 1 から出力されたレーザビーム 2 0 は、コリメートレンズ 2 2 を透過することで、平行光束に変換される。これにより、後段の光学系に対してレーザビーム 2 0 を効率よく伝搬させることが可能になる。なお、装置全体の光学系に鑑みて、平行光よりも発散光、あるいは、収束光になる、コリメートレンズ 2 2 を使用することもできる。

【0015】

走査光学系 2 4 は、シリンダリカルレンズ 2 4 1、ポリゴンミラー 2 4 2、走査レンズ 2 4 3 などを有している。なお、ポリゴンミラー 2 4 2 の後段には必要に応じて長尺レンズを配置することもできる。

40

【0016】

走査光学系 2 4 に入射したレーザビーム 2 0 は、シリンダリカルレンズ 2 4 1 を透過した後、回転可能な走査ミラーとしてのポリゴンミラー 2 4 2 の光反射面に到達する。

【0017】

ポリゴンミラー 2 4 2 は、正六角形の断面形状をしており、正六角形の辺（本実施形態では六辺）のそれぞれの位置に光反射面を有している。回転するポリゴンミラー 2 4 2 の位置に達したレーザビーム 2 0 は、それら六つの光反射面の何れか一つの表面上で反射する。この反射角は、反射の瞬間における光反射面の角度に応じたものになるが、その角度

50

はポリゴンミラー２４２の回転に伴って刻々と変化する（以下、この変化を「反射角変化」という。）。

【００１８】

そして、ポリゴンミラー２４２の六つの光反射面の何れかで反射したレーザビーム２０は、走査レンズ２４３、防塵ガラス２４４を順次透過した後、透明シート１２を通過して、透明シート１２に担持された光吸収材１１（ドナー面）に到達する。

【００１９】

レーザビーム２０が光吸収材１１を照射し、レーザビーム２０のエネルギーを吸収した光吸収材１１が透明シート１２から飛翔して、ターゲット３に付着する。

【００２０】

なお、ビーム照射手段２は、折り返しミラーやビーム整形光学系などを備えることもでき、また、走査光学系２４はガルバノスキャナなどで構成することもできる。

【００２１】

また、飛翔装置１は、ホストコンピュータ３１、露光条件設定手段３２を備えている。

【００２２】

ホストコンピュータ３１は、ＣＡＤなどで作成された画像データ（描画データ）を取得して、取得した描画データに対して所定の処理を施して、露光条件設定手段３２に出力する。また、ホストコンピュータ３１は、ステージ４に対して座標制御信号を出力してステージ４の移動を制御する。

【００２３】

露光条件設定手段３２は、予めユーザーによって入力された露光領域、走査速度、周波数、ビーム径、光出力強度などの露光パラメータと、ホストコンピュータ３１から送られてきた描画データとをレーザ発振器２１に出力する。

【００２４】

光吸収材供給手段１０としては、ビーム照射手段２と被付着物であるターゲット３との間のレーザビーム２０の光路上に、光吸収材１１を供給するものであれば、特に制限はない。例えば、レーザビーム２０の光路上に配置された円筒状の担持体を介して光吸収材１１を供給することもできる。

【００２５】

ここで、光吸収材供給手段１０の一例について図２を参照して説明する。図２は同光吸収材供給手段の説明図である。

【００２６】

光吸収材供給手段１０は、光吸収材１１を貯留する貯留槽１０１と、供給ローラ１０２と、規制ブレード１０３と、光吸収材担持ローラ１０４と、回収ローラ１０５を有している。

【００２７】

供給ローラ１０２は、光吸収材担持ローラ１０４と当接するように配置され、貯留槽１０１の光吸収材１１に一部が浸漬されている。供給ローラ１０２は、回転駆動手段により、又は、光吸収材担持ローラ１０４の回転に従動して、矢印方向に回転しながら光吸収材１１を周面に付着させる。

【００２８】

供給ローラ１０２の周面に付着した光吸収材１１は、規制ブレード１０３により平均厚みを均一にされ、光吸収材担持ローラ１０４側の透明シート１２に転移することにより層として供給される。

【００２９】

透明シート１２に供給された光吸収材１１は、光吸収材担持ローラ１０４が回転することにより、レーザビーム２０が照射される位置に連続的に供給される。レーザビーム照射後に、光吸収材１１は透明シート１２ごと回収ローラ１０５によって回収される。

【００３０】

次に、光吸収材の後方飛翔による描画結果のずれについて図３及び図４を参照して説明

10

20

30

40

50

する。図3は入力画像及び担持体上のレーザビームの軌跡と描画結果を説明する説明図、図4は同じく後方飛翔の説明に供する説明図である。

【0031】

ここでは、波長 532 nm でパルス幅 8 ns の短パルスのレーザビーム20を、ターゲット3との間に 0.5 mm の間隔を置いて配置された光吸収材11に照射して、光吸収材11をターゲット3に向けて飛翔させた。

【0032】

この場合、光吸収材11は、粘度 $4\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 、膜厚 $20\text{ }\mu\text{m}$ のインクとした。

【0033】

また、レーザビーム20の走査速度 $v=30\text{ mm/s}$ 、周波数 $f=50\text{ kHz}$ 、ビーム外径 $d=0.04\text{ mm}$ の条件でレーザビーム20を光吸収材11に照射した。

【0034】

図3(a)に示すように、一辺が 3 mm の四角形の入力画像の位置sから矢印で示すように右回りにレーザビーム20を照射して光吸収材11を飛翔させた。このとき、図3(b)に示すように、ターゲット3上での描画結果にはずれが生じることが認められた。

【0035】

つまり、図3(a)に示すように、担持体である透明シート12上では、一辺が 3 mm の四角形が正しく描画されているが、ターゲット3上に描画された画像には各辺間に著しいずれが生じている。

【0036】

この画像のずれについて究明したところ、図4に示すように、光吸収材11が、垂直（レーザビーム20の照射方向に沿う方向b）ではなく、後方（レーザビーム20の走査方向に対して後方）に向かう方向cに飛翔していることに起因していることが判明した。

【0037】

次に、この光吸収材の後方飛翔の発生メカニズムについて図5及び図6を参照して説明する。図5は後方飛翔が生じる場合の説明に供する説明図、図6は後方飛翔が生じない場合の説明に供する説明図である。

【0038】

図5(a)に示すように、レーザビーム20によるビーム照射領域aを重なり率75%で照射し、1回の走査で1/4ドット進む、すなわち、4回の照射で、1ビーム径進むモデルとした。

【0039】

光吸収材11は、熱膨張した後で飛翔するが、レーザビーム20の重なり率が高いと、図5(a)に示すように、熱膨張がビーム照射領域aに対して後方側に偏る非対称形状になる。

【0040】

そうすると、レーザビーム20が照射されたとき、レーザビーム20の前方側は初期段階で露光不足であるのに対し、後方側では十分なエネルギーが達しているため、光吸収材11の熱膨張度合いに対して、レーザビーム20が非対称に照射される。その結果、図5(a)、(b)に示すように、光吸収材11は、レーザビーム20の照射方向に沿う方向bではなく、走査方向に対して後方の方向cに向かって飛翔する。

【0041】

これに対し、図6に示すように、孤立したドットであれば、ビーム照射領域aの重なりによる光吸収材11の熱膨張の偏りはないので、光吸収材11は、レーザビーム20の照射方向に沿う方向bに向かって飛翔し、後方飛翔は生じない。

【0042】

そこで、本実施形態では、パルス状のレーザビームを光吸収材に照射して飛翔させるとき、レーザビームの重心位置が、一つ前のビーム照射領域と重ならないように照射する。つまり、本実施形態では、先行するビーム照射領域と後行するビーム照射領域とが重なるとき、後行するビーム照射領域に対し、ビーム重心位置が、先行するビーム照射領域の外

10

20

30

40

50

側となるように前記レーザビームを照射する。

【0043】

ここで、ビーム重心位置について図7を参照して説明する。図7はレーザビームの露光強度分布と重心位置の関係を説明する説明図である。

【0044】

ビーム重心位置における重心とは、光吸収材11の面にできるレーザビーム20の照射領域（ビーム照射領域a）の露光強度分布を考慮した中心位置のことである。

【0045】

理想的なガウシアンビームであれば、図7（a）に示すように、ビーム重心位置 g_x は、中心である最大強度の位置と一致する。一方、リング状のビームであれば、図7（b）に示すように、ビーム重心位置 g_x は最大強度の位置とは異なる。また、実際のビームプロファイルや設計上、非対称形状であれば、図7（c）に示すように、ビーム重心位置 g_x は最大強度の位置とは異なってくる。

【0046】

ここで、強度分布の重心位置について説明する。

【0047】

一般に、物理分布量 $B_p(x)$ があるとき、重心位置 g_x は、次の式で表される物理量の総和である。

【0048】

【数1】

$$g_x = \frac{\int x B_p(x) dx}{\int B_p(x) dx}$$

【0049】

同様に、y座標の重心位置を g_y とするとき、重心位置 g_y は、次の式で表される。

【0050】

【数2】

$$g_y = \frac{\int y B_p(y) dy}{\int B_p(y) dy}$$

【0051】

$B_p(x)$ 及び $B_p(y)$ が露光強度分布である場合、上記、 (g_x, g_y) は、レーザビーム20における重心位置と定義することができる。

【0052】

より具体的には、ポリゴンミラー242（あるいはガルバノスキャナ）を用いて走査する場合、ビーム外径と走査周波数の積の $1/2$ より大きな走査速度でレーザビームを走査しなければならない。

【0053】

つまり、レーザビーム20の走査速度 v (mm/s)、走査周波数 f (Hz)（周期 $1/f$ ）、レーザビーム20の外形寸法（ビーム外径）を d (mm) としたとき、

$$v > f \times d / 2$$

の関係が成立するように走査する。

【0054】

なお、ここでは、露光強度分布最大値の $1/e^2$ のビーム外径とする。

【0055】

これを前述した図3の描画例に当てはめると、前述したように、 $v = 30 \text{ mm/s}$ 、 f

10

20

30

40

50

$= 50 \text{ kHz}$ 、 $d = 0.04 \text{ mm}$ であるので、 $f \times d / 2 = 1000$ 、となる。

【0056】

したがって、 $v = 30 < f \times d / 2 = 1000$ 、となり、右辺の方が30倍程度大きいことが分かる。

【0057】

つまり、図3の描画例では、パルス状のレーザビーム20を光吸収材11に照射して飛翔させるとき、レーザビーム20の重心位置が、一つ前のビーム照射領域aと重なるように照射している結果、画像のずれが生じていることになる。

【0058】

次に、本実施形態における描画結果の一例について図8を参照して説明する。図8は同説明に供する入力画像及び担持体上のレーザビームの軌跡と描画結果を説明する説明図である。

【0059】

この図8の描画例では、前述した図3の描画例と同様な光吸収材11を使用し、ターゲット3との配置間隔も図3の描画例と同様とした。

【0060】

そして、レーザビーム20の走査速度 $v = 50 \text{ mm/s}$ 、周波数 $f = 2 \text{ kHz}$ 、ビーム外径 $d = 0.045 \text{ mm}$ の条件で、図8(a)に示すように、一辺が3mmの四角形の位置sから右回りにレーザビーム20を照射して光吸収材11を飛翔させた。

【0061】

この結果、図8(b)に示すように、ターゲット3上で画像の各辺のずれのない描画結果が得られることが確認された。

【0062】

この図8の描画例では、 $v = 50 \text{ mm/s}$ 、 $f = 2 \text{ kHz}$ 、 $d = 0.045 \text{ mm}$ としているので、 $f \times d / 2 = 45$ 、となり、 $v = 50 > f \times d / 2 = 45$ 、となる。つまり、前述した条件 ($v > f \times d / 2$) を満たしていることで、後方飛翔のない良好な描画パターンを得ることができる。

【0063】

なお、あまり走査速度が大きすぎると、ラインのはずが、断点になってしまうことがある。飛翔の広がりもあるので、上限について適宜最適化することが好ましい。

【0064】

次に、描画パターンとビーム外径とドット位置の関係の例について図9を参照して説明する。図9は同説明に供する説明図である。

【0065】

図9(a)は1ドットラインを描画するときのビーム外径とドット位置の関係を示したものである。図9の円形はビーム照射領域aを示し、ビーム照射領域a内の数字は照射の順番を示している。ビーム照射領域a内に記載した数字の位置が、ビーム重心位置である。

【0066】

ここでは、ビーム照射領域aに一部重複を生じるようにレーザビーム20を照射しているが、後行するビーム照射領域aのビーム重心位置は、先行するビーム照射領域aの外側にある。このとき、重複領域があっても、積分光量的には、全体に占める割合はわずかであるため、後方飛翔は生じない。

【0067】

図9(b)はエリアを描画するときのビーム外径とドット位置の関係を示したものである。奇数ライン(1回目走査、3回目走査...)と偶数ライン(2回目走査...)でドット位置(位相)を細密構造的にずらすとさらに良い。

【0068】

このように、パルス状のレーザビームの重心位置が、一つ前のビーム照射領域と重ならないように照射することで、着弾位置精度が向上し、画像品質や造形品質が向上する。

【0069】

次に、本発明の第2実施形態について図10及び図11を参照して説明する。図10は同実施形態におけるレーザビームの照射方式の説明に供する説明図、図11は同じくレーザビームの照射と光吸収材の飛翔の説明に供する説明図である。

【0070】

本実施形態では、図10に示すように、光吸収材11を飛翔させる主たるレーザビーム20aを照射する主照射を行う前に、光吸収材11を飛翔させないで熱膨張させるレーザビーム20bを照射するプレ照射を行っている。

【0071】

本実施形態では、主照射のレーザビーム20aよりも、プレ照射のレーザビーム20bの光量を小さくしている。

【0072】

つまり、図11(a)に示すように、時刻T0に1回目のレーザビーム20bの照射(プレ照射)を行う。これにより、光吸収材11がレーザビーム20bを吸収し、光吸収材11の温度が上昇する。それに伴い、図11(b)に示すように、時刻T1で光吸収材11の熱膨張が始まる。

【0073】

光吸収材11の熱膨張が適切な状態まで達した後に、図11(c)に示すように、時刻T2で2回目の主たるレーザビーム20aの照射(メイン照射)を行う。これにより、熱膨張された光吸収材11はターゲット3に向けて飛翔する。

【0074】

このとき、プレ照射からメイン照射までの時間は短く、実質的に、同じ位置を照射できる条件とする。

【0075】

例えば、走査速度 $v = 50 \text{ mm/s}$ 、ビーム外径 $d = 0.05 \text{ mm}$ のとき、レーザビーム20が距離 0.05 mm を通過する時間は、 $d/v = 1 \text{ ms}$ である。

【0076】

これを無視できる時間とは、最長でも、 1 ms の $1/10$ の $100 \mu\text{s}$ 、実用的には、 $1/50$ の $20 \mu\text{s}$ 以下であることが好ましい。この時間を周波数に換算すると 50 kHz 以上となる。

【0077】

このように、主照射を行う前に、光吸収材11を飛翔させないで熱膨張させるレーザビーム20bを照射するプレ照射を行うことで、チリ飛散を抑制することができる。

【0078】

つまり、図12(a)に示すように、1回のレーザビーム20の照射によるエネルギーで、図12(b)に示すように、光吸収材11の熱膨張と飛翔を同時に行う方式もある。この方式では、一度にエネルギーを与えるので、光吸収材11の膨張からすぐ飛翔となり、着弾位置は正常であっても、チリ飛散は多く発生しやすく、また、材料特性や膜厚の影響を受けやすい。

【0079】

これに対して、複数回に分けてレーザビームを照射することにより、チリ飛散が抑制され、また、材料特性や膜厚の影響を受けにくくなる。

【0080】

なお、本実施形態では、プレ照射1回、メイン照射1回の合計2回照射としているが、プレ照射2回、メイン照射1回などもあり、照射回数を限定するものではない。

【0081】

次に、本発明の第3実施形態について図13及び図14を参照して説明する。図13は同実施形態に係る光吸収材を飛翔させる装置の説明図、図14は音響光学変調素子及びその駆動系の説明図である。

【0082】

この光吸収材を飛翔させる装置(飛翔装置という。)1は、前記第1実施形態の構成に

10

20

30

40

50

において、コリメートレンズ 22 の直後に音響光学変調素子 (AOM) 41 を配置している。音響光学変調素子 25 の射出方向が異なるため、走査光学系 24 との間に配置した 2 枚のミラー 26、27 でレーザービーム 20 を折り返す構成としている。

【0083】

ここでは、音響光学変調素子 25 を周波数変調として使用することで、プレ照射とメイン照射を行うようにしている。

【0084】

音響光学変調素子とは、光学媒体の中に超音波を発生させて、進行する超音波の波面によってレーザー光を回折させる素子で、機械的可動部がないので、高速な走査を実現できる回折光学変調素子である。

【0085】

例えば、図 12 に示すように、二酸化テルル (TeO_2) やモリブデン酸鉛 (PbMoO_4) などの単結晶又はガラスからなる音響光学媒体 25a に圧電素子などの超音波トランスデューサ 25b を接着して構成している。

【0086】

超音波トランスデューサ 25b に対して外部から電気信号を加えて超音波を発生させ、超音波を、音響光学媒体 25a 中に伝搬させると、音響光学媒体 25a 内に周期的な屈折率の粗密を形成することができる。これにより、音響光学媒体 25a 内を通るレーザー光 (レーザービーム) はブラッグ回折により回折し、入射光は、0 次光の他に $\pm 1, 2 \dots$ の回折光を生じる。

【0087】

ここで、0 次回折光と 1 次回折光との角度 θ は、 λ : 空気中の光波長、 f_a : 音響波基本周波数、 V_a : 音響波速度、とするとき、次の式で表される。

【0088】

【数 3】

$$\theta = \lambda \cdot f_a / V_a$$

【0089】

変調角を $\Delta \theta$ だけ変化させるためには、基本周波数 f_a に音響波周波数変調 Δf_a 分だけシフトさせると良い。

【0090】

【数 4】

$$\Delta \theta = \lambda \cdot \Delta f_a / V_a$$

【0091】

本実施形態では、電圧で発振周波数を制御することができる電圧制御発信器 (VCO) 41 の出力を、RF アンプ 42 で増幅して、音響光学変調素子 25 の超音波トランスデューサ 25b に与えることで、1 次回折光を発生させている。

【0092】

したがって、電圧制御発信器 41 に所要の入力電圧信号 (AOM 信号) を与えることで、シード光から必要なパルス光のみを取り出し、残りを間引くことができる。

【0093】

なお、一般的には、音響光学変調素子は、低周波側に周波数変調することに用いる。

【0094】

次に、本実施形態の作用について図 15 を参照して説明する。図 15 は同作用説明に供する説明図である。

10

20

30

40

50

【0095】

例えば、図15(a)に示すシード光パルス出力を音響光学変調素子25に入射し、音響光学変調素子25の超音波トランスデューサ25bに対して図15(b)に示すAOM信号を与える。

【0096】

これにより、図15(c)に示すように、1回に2本の出力ビームとしてのパルス光（レーザビーム20b、20a）を周期的に取り出すことができる。

【0097】

同じ強度の2本のレーザビーム20a、20bは、1本目をブレ照射、2本目を飛翔のためのメイン照射に使用することができる。

【0098】

次に、本発明の第4実施形態について図16を参照して説明する。図16は同実施形態に係る光吸収材を飛翔させる装置におけるレーザ発生装置の説明に供する説明図である。

【0099】

本実施形態は、レーザ発生装置50として、MOPA方式（Master Oscillator Power Amplifier）のファイバレーザを使用している。ファイバレーザは、シードLD51から出力されるパルス幅と周波数が設定された種光（シード光）を、第1プリアンプ52、第2プリアンプ53、ファイバメインアンプ54を通過させて、レーザビーム20を出力する。

【0100】

MOPA方式のファイバレーザにおける光増幅（アンプ）の基本構成は、励起LD、コンバイナ、希土類ドープファイバであり、これに戻り光防止のアイソレータ（ISL）や波長選択のバンドパスフィルタ（BPF）を用いて構成される。

【0101】

次に、本実施形態の作用について図17を参照して説明する。図17は同作用説明に供する説明図である。

【0102】

ファイバレーザにおいて、プレアンプ52、53、あるいはメインアンプ54への注入電流は、通常一定であるが、本実施形態では、電流変調をかけている。

【0103】

つまり、図17(a)に示すようにシードLDからパルス状のシード光（パルス出力）が出力されるとき、プレアンプ52、53、あるいはメインアンプ54に対し、図17(b)に示すようなファイバアンプ電流を与える。

【0104】

これにより、図17(c)に示すように、メイン照射に使用するレーザビーム20aの前に、レーザビーム20aよりも光量の小さい2本のレーザビーム20bが出力される。

【0105】

このように、ファイバアンプでPM+PWM変調（位相変調+パルス幅変調）をかけることにより、ブレ照射を行う1又は複数（ここでは2本）のレーザビームが出力される。

【0106】

次に、本発明の第5実施形態について図18を参照して説明する。図18は同実施形態の説明に供する説明図である。

【0107】

本実施形態では、描画を行うときにTC露光（Time concentration 露光）を行っている。TC露光とは、短い点灯時間に強い光出力で時間的に集中して露光する方式であり、ビームサイズを変えずに、ビームサイズを小径化すると同等な解像度に向うことができる効果がある。

【0108】

つまり、図18(a)に示すように、描画領域の画像部（露光部）と非画像部（非露光部）の境界となる1以上の露光部画素の光出力を非露光としてレーザビームを照射しない

10

20

30

40

50

。その代わりに、境界近傍の露光部画素に照射するレーザビームの光出力（光量）に非露光とした画素の光出力を加算して露光する（レーザビームを照射する）。これを「折り返し処理」という。

【0109】

これにより、高画質な描画を実現することができる。

【0110】

これに対し、TC露光を行わない通常露光の場合には、図18（b）に示すように、画像部（露光部）は非画像部（非露光部）との境界から同じ光出力のレーザビームを照射して露光を行う。

【0111】

次に、TC露光と通常露光について縦ラインの描画を例について図19及び図20を参照して説明する。図19は画像部画素と非画像部画素の説明に供する説明図、図20は光出力と光吸収材の飛翔状態の説明に供する説明図である。

【0112】

通常露光を行う場合には、図19（a）及び図20（a）に示すように、画像部と非画像部の境界となる1以上（ここでは2画素e分）の露光部画素の光出力を非露光としてレーザビームを照射しない。その代わりに、境界近傍の露光部画素に照射するレーザビームの光出力（光量）に非露光とした画素の光出力を加算した光出力のレーザビームを照射している。

【0113】

これにより、光吸収材11の飛翔状態は、図20（c）に実線で示すように、画像部と非画像部との境界で急峻になり、画像品質が向上する。

【0114】

次に、本発明の第6実施形態について図21を参照して説明する。図21は同実施形態の説明に供するフロー図である。

【0115】

本実施形態では、画像領域の左右上下の4方向に対して折り返し処理を行うようにしている。

【0116】

つまり、図21を参照して、元画像に対して、左折り返し処理を行い（ステップS1：以下、単に「S1」というように表記する。）、データ記憶を行う（データ記憶1、S2）。

【0117】

同様に、右折り返し処理を行い（S3）、データ記憶を行う（データ記憶2、S4）。上折り返し処理を行い（S5）、データ記憶を行う（データ記憶3、S6）。下折り返し処理を行い（S7）、データ記憶を行う（データ記憶4、S8）

【0118】

次に、本実施形態の処理を文字に適用した例について図22を参照して説明する。図22は、図22（b）に示す元画像に対して、左右上下の折り返し処理を適用した結果を図22（a）に示している。

【0119】

この結果から分かるように、折り返し処理（TC露光）を行うことで、画像のエッジが鮮明になる。

【0120】

なお、露光部の両端のカット幅（画素数）は、任意に設定することが可能であり、飛翔距離や材料粘度に応じて変えることができる。

【0121】

次に、本発明の第7実施形態について図23を参照して説明する。図23は同実施形態における折り返し処理を行う場合のレーザビームの生成例の説明に供する説明図である。

【0122】

10

20

30

40

50

本実施形態では、前記第4実施形態（図16）で説明したファイバレーザを使用し、ファイバレーザのメインアンプでTC露光を行うレーザビームを生成している。

【0123】

つまり、図23（a）に示すようにシードLDからパルス状のシード光（パルス出力）が出力されるとき、プレアンプ52、53、あるいはメインアンプ54に対し、図23（b）に示すようなファイバアンプ電流を与える。

【0124】

これにより、図23（c）に示すように、露光部と非露光部との境界で、露光部側の1又は複数画素分について光量が増加されたレーザビーム20が出力される。

【0125】

TC露光データは、CADなど対象となる画像データを取り込み、ホストコンピュータ31でTC露光への変換を行う。そして、得られた変換データがレーザ発生装置50のメインアンプ54やスキャナ等へ駆動信号として送られ、レーザビーム20を光吸収材11に照射することができる。

【0126】

次に、本発明の第8実施形態について図24を参照して説明する。図24は同実施形態に係る立体造形物を造形する装置の一例の説明図である。

【0127】

立体造形物を造形する装置300は、造形する造形物（造形過程にある造形物）400を支持する支持部材であるステージ304を備えている。ステージ304は、矢印Y方向に往復移動可能であり、矢印Z方向に例えば造形厚み0.05mmピッチで上下動可能である。

【0128】

ステージ304の下側にはステージ加熱ヒータ302が配置され、ステージ304は造形材としての光吸収材11に合わせた温度に制御される。

【0129】

ステージ304の上方には、粒子状の光吸収材11を担持する回転部材からなる担持体312が配置されている。担持体312は、光吸収材11を担持して矢印方向（移送方向）に回転する回転ドラムで構成され、ステージ304上の造形物400の上方まで光吸収材11を移送する。担持体312は、透明な部材であり、円筒形のガラス部材で構成しているが、これに限るものではない。

【0130】

光吸収材11は、目的とする造形物400に応じて適宜選択されるべきものであるが、樹脂の場合、例えば、PA12（ポリアミド12）、PBT（ポリブチレンテレフタレート）、PSU（ポリスルホン）、PA66（ポリアミド66）、PET（ポリエチレンテレフタレート）、LCP（液晶ポリマー）、PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）、POM（ポリアセタール）、PSF（ポリサルホン）、PA6（ポリアミド6）、PPS（ポリフェニレンサルファイド）等である。また、本実施形態の光吸収材11は、結晶性樹脂のみに限らず、非晶性樹脂であるPC（ポリカーボネート）やABS（アクリロニトリル・ブタジエン・スチレン）、PEI（ポリエーテルイミド）、あるいは結晶性と非晶性の混合樹脂であってもよい。

【0131】

また、光吸収材11は、樹脂の他、金属、セラミック、液体などの種々の材料を用いることができる。また、光吸収材11は、1pa・s以上の粘度を有する材料であってもよい。

【0132】

担持体312の周面による光吸収材11の担持は、本実施形態では、ファンデルワールス力によって行っている。また、光吸収材11の抵抗値が高い場合、静電的な付着力だけでも担持できる。

【0133】

10

20

30

40

50

担持体 3 1 2 の周囲には、担持体 3 1 2 の周面（表面）に光吸収材 1 1 を供給する光吸収材供給手段 3 1 0 が配置されている。

【0 1 3 4】

光吸収材供給手段 3 1 0 は、内部に光吸収材 1 1 が供給されて矢印方向に回転するメッシュローラ 3 2 1 と、メッシュローラ 3 2 1 内で光吸収材 1 1 を摺って擦るブレード 3 2 2 とを備えている。この光吸収材供給手段 3 1 2 は、ブレード 3 2 2 で光吸収材 1 1 を摺って擦りながら凝集を解くことで、メッシュローラ 3 2 1 を通過させ、担持体 3 1 2 の周面に光吸収材 1 1 の薄層を形成する。

【0 1 3 5】

メッシュローラ 3 2 1 のメッシュの開目は光吸収材 1 1 の平均粒径より 2 0 ～ 3 0 % 大きいものが好ましい。金属線を編んだものを使用できるが、電鍍などで作製されるフラットなメッシュがより好ましい。

【0 1 3 6】

光吸収材供給手段 3 1 2 による供給は、メッシュローラに限定されるものではない。例えば、回転体による接触供給、非接触供給、非接触のメッシュ上からの散布、粉体気流攪拌による流動浸漬なども可能である。

【0 1 3 7】

担持体 3 1 2 の内側には、担持体 3 1 1 の周面から光吸収材 1 1 を飛翔させる手段としての光吸収材飛翔装置 1 が配置されている。

【0 1 3 8】

光吸収材飛翔装置 1 は、前記各実施形態のいずれか同様な構成であり、担持体 3 1 2 の内側から光吸収材 1 1 に対してパルス状のレーザービーム 2 0 a を照射する（照射位置を「造形位置」とする。）。

【0 1 3 9】

光吸収材 1 1 は、レーザービーム 2 0 a を受けることで、担持体 3 1 2 の周面からレーザービーム 2 0 a の照射方向に飛翔する。

【0 1 4 0】

また、溶融用レーザー 3 1 6 からレーザー光 3 1 6 a を照射して造形物 4 0 0 の表面のうち光吸収材 1 1 を付着する部分を加熱して溶融する。

【0 1 4 1】

その結果、担持体 3 1 2 から飛翔する光吸収材 1 1 は溶融状態にある造形物 4 0 0 の表面に着弾して、造形物 4 0 0 と一体になり、造形物 4 0 0 が少なくとも 1 光吸収材分成長する。

【0 1 4 2】

このように、担持体 3 1 2 の連続回転によって光吸収材 1 1 を順次ステージ 3 0 4 で移送しながら、溶融用レーザー 3 1 6 による造形物 4 0 0 の表面の溶融化、光吸収材飛翔装置 1 による造形材料としての光吸収材 1 1 の飛翔、着弾を、造形が完了するまで繰り返す。

【0 1 4 3】

これによって、造形物 4 0 0 を所要の形状まで成長させて立体造形物を造形することができる。

【符号の説明】

【0 1 4 4】

- 1 光吸収材を飛翔させる装置（光吸収材飛翔装置）
- 2 レーザ照射手段
- 3 ターゲット
- 4 ステージ
- 1 1 光吸収材
- 2 0 レーザビーム
- 2 1 レーザ発振器
- 2 4 走査手段

10

20

30

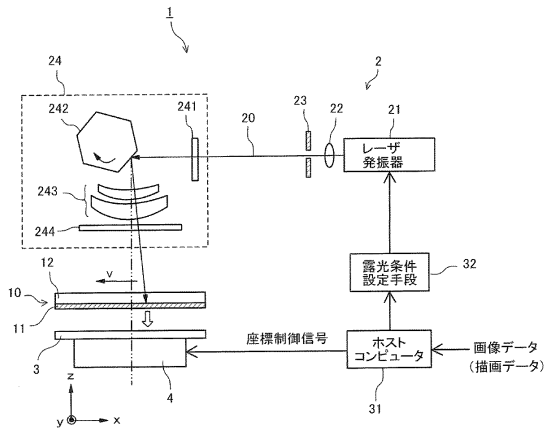
40

50

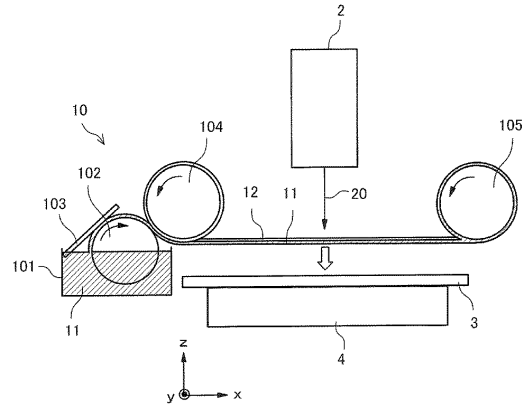
- 3 1 ホストコンピュータ
- 3 2 露光条件設定手段
- 5 0 レーザ発生装置
- 3 0 0 立体造形物を造形する装置
- 3 0 1 飛翔用レーザー
- 3 0 4 ステージ（支持部材）
- 3 1 2 担持体
- 3 1 6 熔融用レーザー（熔融する手段）
- 4 0 0 造形物

【図面】

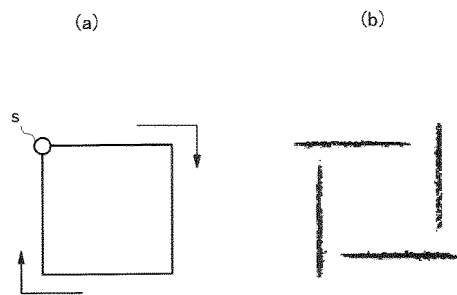
【図 1】



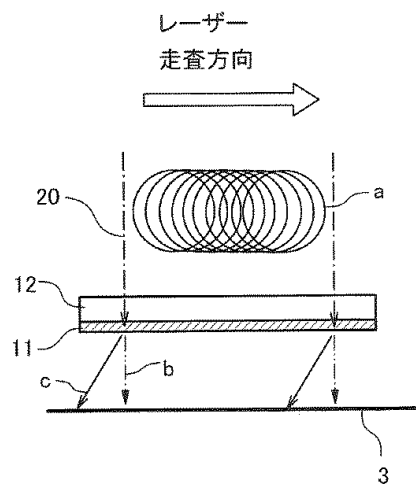
【図 2】



【図 3】



【図 4】



10

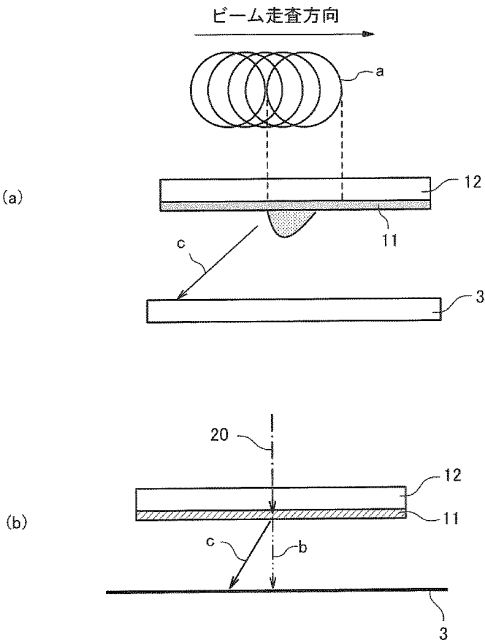
20

30

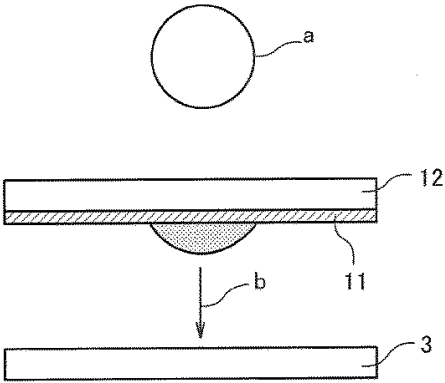
40

50

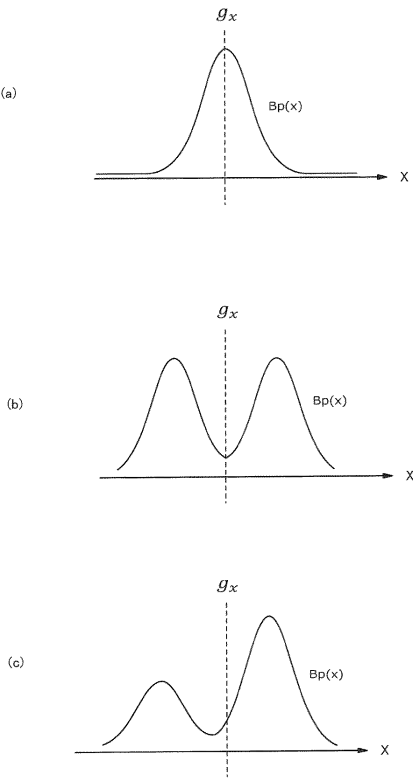
【図 5】



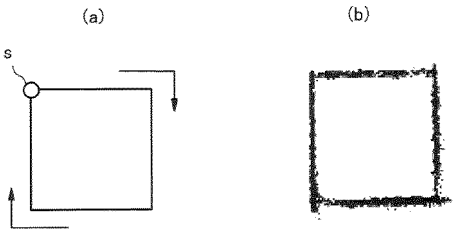
【図 6】



【図 7】



【図 8】



10

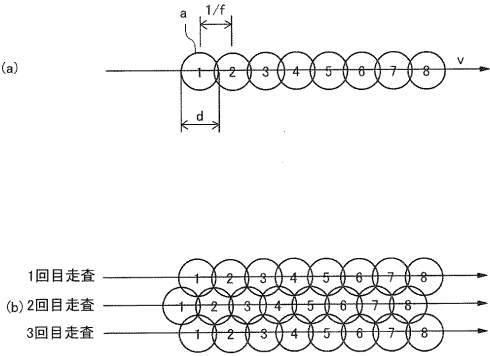
20

30

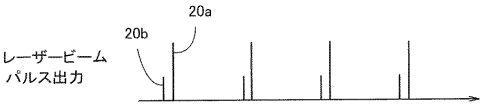
40

50

【図 9】

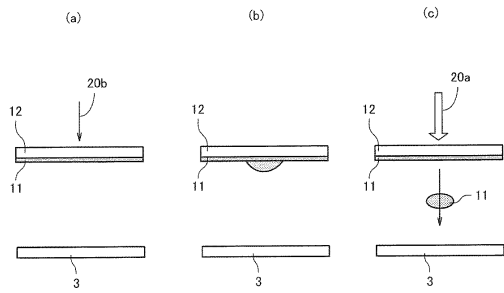


【図 10】

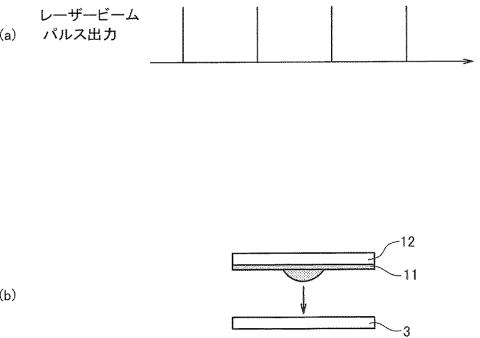


10

【図 11】



【図 12】



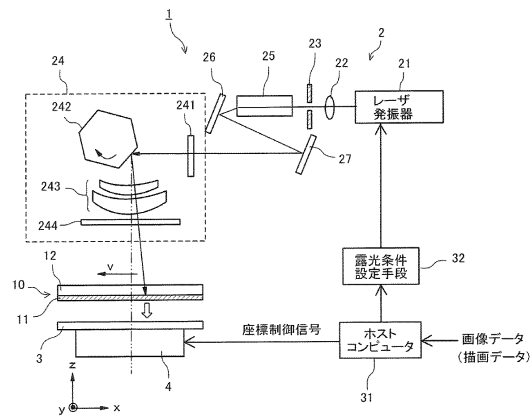
20

30

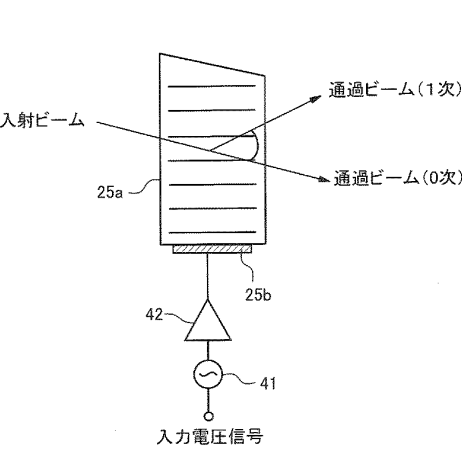
40

50

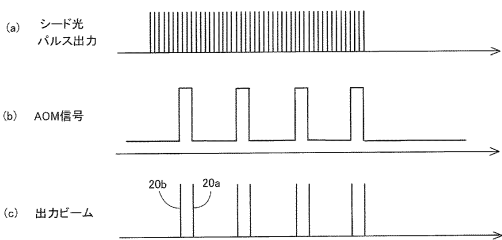
【図 1 3】



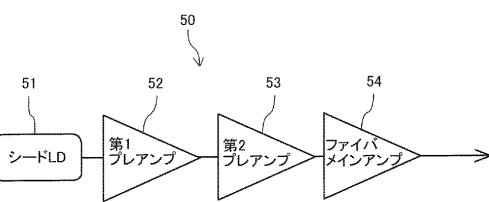
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】



10

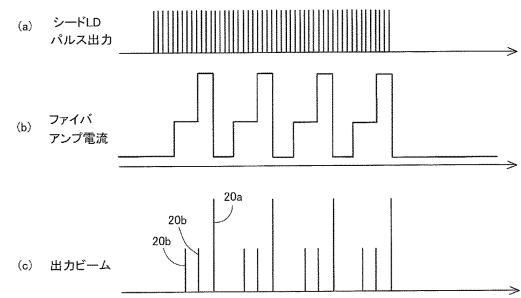
20

30

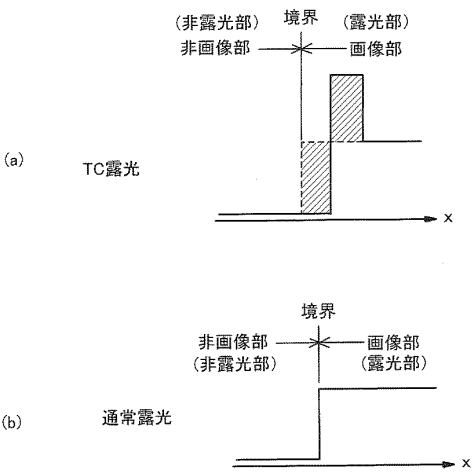
40

50

【図 1 7】

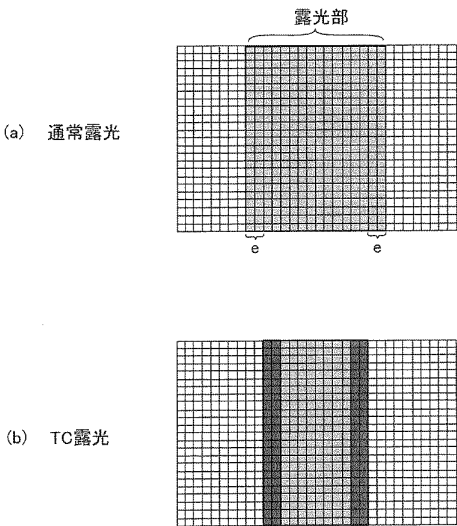


【図 1 8】

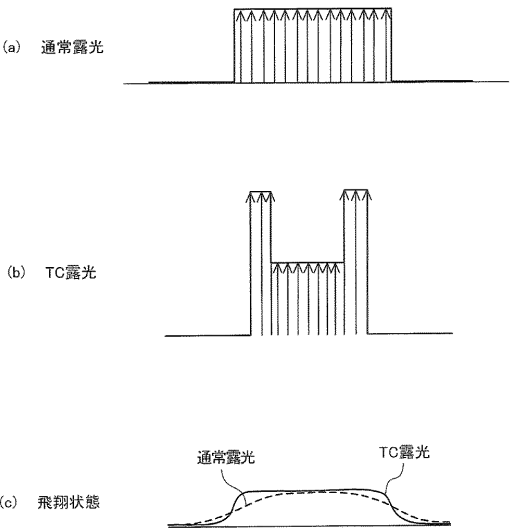


10

【図 1 9】



【図 2 0】



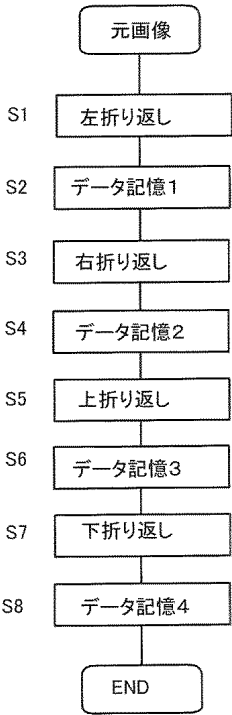
20

30

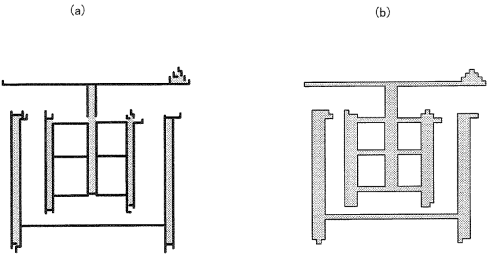
40

50

【図 2 1】



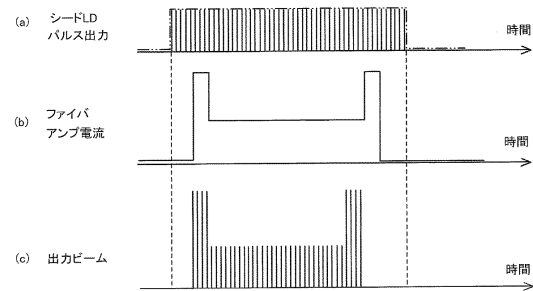
【図 2 2】



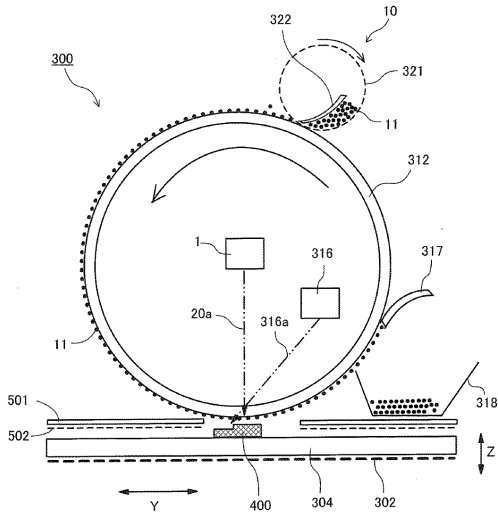
10

20

【図 2 3】



【図 2 4】



30

40

50

フロントページの続き

- 東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内
(72)発明者 田村 麻人
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内
(72)発明者 小橋川 翔太
東京都大田区中馬込 1 丁目 3 番 6 号 株式会社リコー内
審査官 坂本 薫昭
(56)参考文献 特開 2016-052745 (JP, A)
特開 2017-039253 (JP, A)
特表 2017-523063 (JP, A)
特表 2018-523751 (JP, A)
Pere Serra et al, Laser-Induced Forward Transfer: Fundamentals and Applications, Advanced Materials Technologys, Vol.4, No.1, p.7-112
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB 名)
B29C 64/10, 64/20, 64/268, 64/30,
64/393, 64/40
B33Y 10/00, 30/00, 50/02