

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2022-86831

(P2022-86831A)

(43)公開日 令和4年6月9日(2022.6.9)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 2 3 K 26/34 (2014.01)	B 2 3 K 26/34	2 H 2 8 6
B 3 3 Y 30/00 (2015.01)	B 3 3 Y 30/00	4 E 1 6 8
B 2 9 C 64/10 (2017.01)	B 2 9 C 64/10	4 F 2 1 3
B 3 3 Y 10/00 (2015.01)	B 3 3 Y 10/00	4 G 0 5 2
B 2 9 C 64/268 (2017.01)	B 2 9 C 64/268	4 K 0 1 8

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全44頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願2020-199077(P2020-199077)

(22)出願日 令和2年11月30日(2020.11.30)

(71)出願人 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 100107766

弁理士 伊東 忠重

(74)代理人 100070150

弁理士 伊東 忠彦

(74)代理人 100107515

弁理士 廣田 浩一

(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  
株式会社リコー内

(72)発明者 青戸 淳

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株  
株式会社リコー内

最終頁に続く

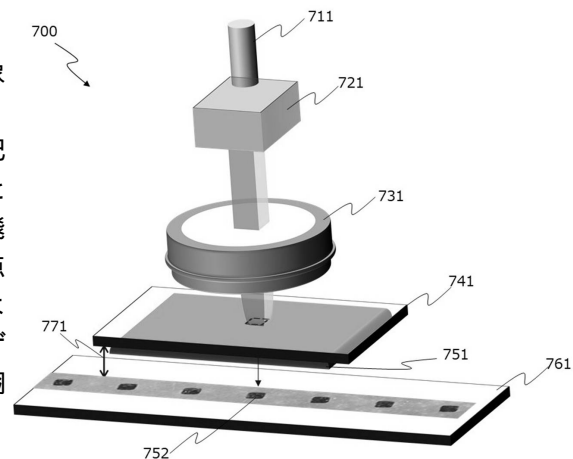
(54)【発明の名称】 飛翔体発生方法及び飛翔体発生装置、画像形成装置、並びに立体造形物の製造装置

(57)【要約】

【課題】飛翔させた飛翔対象材料の飛散を抑制して対象に付着させることができる飛翔体発生方法の提供。

【解決手段】飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、前記飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から前記基材に対し、前記基材と前記飛翔対象材料との界面において、前記飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、レーザービームを照射することにより、前記レーザービームの照射方向に前記飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔工程を含む、飛翔体発生方法である。

【選択図】図1 1 A



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、前記飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から前記基材に対し、前記基材と前記飛翔対象材料との界面において、前記飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、レーザビームを照射することにより、前記レーザビームの照射方向に前記飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔工程を含む、ことを特徴とする飛翔体発生方法。

## 【請求項 2】

前記レーザビームの進行方向と直交する断面における前記レーザビームのエネルギー強度分布が略均一である、請求項 1 に記載の飛翔体発生方法。 10

## 【請求項 3】

前記レーザビームの進行方向と直交する断面における前記レーザビームのエネルギー強度分布の半値全幅 (FWHM) と、 $1/e^2$  幅との比  $h_o$  ( $FWHM / (1/e^2 \text{ 幅})$ ) が、 $0.6 < h_o < 1$ 、を充たす、請求項 1 から 2 のいずれかに記載の飛翔体発生方法。

## 【請求項 4】

前記基材と、前記飛翔対象材料と、の間に飛翔を補助するアシスト膜を有する、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の飛翔体発生方法。

## 【請求項 5】

前記アシスト膜が前記レーザビームを吸収する光吸収領域と、前記レーザビームを吸収しない非光吸収領域とを有する、請求項 4 に記載の飛翔体発生方法。 20

## 【請求項 6】

前記飛翔対象材料が配された表面における前記レーザビームのフルエンス  $F_B$  が、前記レーザビームが照射される前記基材の表面における前記レーザビームのフルエンス  $F_F$  の 20% 以上である、請求項 1 から 5 のいずれかに記載の飛翔体発生方法。

## 【請求項 7】

前記基材上に照射された前記レーザビームの直径が  $20 \mu m$  以上  $200 \mu m$  以下である、請求項 1 から 6 のいずれかに記載の飛翔体発生方法。

## 【請求項 8】

飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、前記飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から前記基材に対し、前記基材と前記飛翔対象材料との界面において、前記飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、レーザビームを照射することにより、前記レーザビームの照射方向に前記飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔手段を有する、ことを特徴とする飛翔体発生装置。 30

## 【請求項 9】

前記飛翔対象材料を前記基材に供給する飛翔対象材料供給手段を有する、請求項 8 に記載の飛翔体発生装置。

## 【請求項 10】

前記レーザビームの位相分布を変換する位相変換手段を有する、請求項 8 から 9 のいずれかに記載の飛翔体発生装置。 40

## 【請求項 11】

請求項 8 から 10 のいずれかに記載の飛翔体発生装置と、前記飛翔体発生装置により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写手段と、を有することを特徴とする画像形成装置。

## 【請求項 12】

請求項 8 から 10 のいずれかに記載の飛翔体発生装置と、前記飛翔体発生装置により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写手段と、転写した前記飛翔対象材料を硬化する硬化手段と、を有し、硬化した前記飛翔対象材料の上に、前記飛翔体発生装置により前記飛翔対象材料を飛翔さ 50

せた後、前記硬化手段により未硬化の前記飛翔対象材料を硬化することを繰り返して、立体造形物を製造することを特徴とする立体造形物の製造装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、飛翔体発生方法及び飛翔体発生装置、画像形成装置、並びに立体造形物の製造装置に関する。

【背景技術】

【0002】

インクジェット方式などを用いた画像形成装置は、インク滴を所望の位置に飛翔させることができることから、近年では、立体的な造形を行う3Dプリンタ分野、印刷技術により電子部品を形成するプリントドエレクトロニクス分野などにも応用が検討されている。

【0003】

これらの分野においては、例えば、従来の画像形成装置で用いられているような低粘度のインクだけではなく、顔料の濃度が高いインクや導電体を含む導電性ペーストなどの粘度が高い材料を所望の位置に正確に飛翔させる必要がある。このため、高粘度の材料を飛翔させるための種々の技術が提案されている。

このような技術としては、レーザを用いてインクを飛翔させる技術が検討されており、例えば、光渦レーザを用いたレーザ誘起前方転写(Laser-Induced Forward Transfer: LIFT)法が提案されている(例えば、特許文献1参照)。LIFT法は、例えば、基板上に配した転写対象材料の膜(層)を形成し、当該転写対象材料の膜にレーザビームを照射して転写対象材料を飛翔させ、当該転写対象材料の膜の対面に配置した基板の所望の位置に当該転写対象材料を配する方法である。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明は、飛翔させた飛翔対象材料の飛散を抑制して対象に付着させることができる飛翔体発生方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0005】

前記課題を解決するための手段としての本発明の飛翔体発生方法は、飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から基材に対し、基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、レーザビームを照射することにより、レーザビームの照射方向に飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔工程を含む。

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、飛翔させた飛翔対象材料の飛散を抑制して対象に付着させることができる飛翔体発生方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1A】図1Aは、ガウシアンレーザビームの温度(エネルギー)分布を等高線によって表したシミュレーション画像の一例を示す図である

【図1B】図1Bは、均熱照射レーザビームの温度(エネルギー)分布を表す画像の一例を示す図である。

【図2】図2は、ガウシアンレーザビーム(点線)及び均熱照射レーザビーム(実線)におけるレーザビームの断面強度分布の一例を表す図である。

【図3A】図3Aは、均熱照射レーザビームの断面強度分布の一例を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 3 B】図 3 B は、均熱照射レーザービームの断面強度分布の他の一例を示す模式図である。

【図 4 A】図 4 A は、従来のガウシアンレーザービームを用いた L I F T 法の一例を示す模式図である。

【図 4 B】図 4 B は、従来のガウシアンレーザービームを用いた L I F T 法の他の一例を示す模式図である。

【図 4 C】図 4 C は、従来のガウシアンレーザービームを用いた L I F T 法の他の一例を示す模式図である。

【図 4 D】図 4 D は、本発明における均熱照射レーザービームを用いた L I F T 法の一例を示す模式図である。

【図 4 E】図 4 E は、本発明における均熱照射レーザービームを用いた L I F T 法の他の一例を示す模式図である。

【図 4 F】図 4 F は、本発明における均熱照射レーザービームを用いた L I F T 法の他の一例を示す模式図である。

【図 5 A】図 5 A は、非球面レンズを用いた幾何学的手法により均熱照射レーザービームを調整する一例を示す模式図である。

【図 5 B】図 5 B は、D O E を用いて波動光学的手法により均熱照射レーザービームを調整する一例を示す模式図である。

【図 5 C】図 5 C は、反射型液晶位相変換素子とプリズムとの組み合わせにより均熱照射レーザービームを調整する一例を示す模式図である。

【図 6】図 6 は、レーザーエネルギーの吸収率の違いによる飛翔対象材料の薄膜内での上昇温度の一例を示した図である。

【図 7 A】図 7 A は、レーザービーム変倍手段の一例を示す模式図である。

【図 7 B】図 7 B は、レーザービーム変倍手段の他の一例を示す模式図である。

【図 8】図 8 は、位相分布変換手段の一例を示す模式図である。

【図 9】図 9 は、アシスト膜としての金単独膜の膜厚と、レーザービームの透過率（バックサイドフルエンス  $F_B$  (%)）と、の関係の一例を示す図である。

【図 10 A】図 10 A は、光吸収材からなる光吸収領域と非光吸収材からなる非光吸収領域とを有するアシスト膜を基材上に配した場合の一例を示す模式図である。

【図 10 B】図 10 B は、図 10 A に示す光吸収領域のパターンを形成した基材に対しレーザービームを照射するときの一例を示す模式図である。

【図 11 A】図 11 A は、本発明の飛翔体発生装置の一例を示す模式図である。

【図 11 B】図 11 B は、本発明の飛翔体発生装置の他の一例を示す模式図である。

【図 12】図 12 は、本発明の飛翔体発生装置の他の一例を示す模式図である。

【図 13】図 13 は、本発明の画像形成装置の一例を示す模式図である。

【図 14】図 14 は、本発明の立体造形物の製造装置の一例を示す模式図である。

【図 15 A】図 15 A は、アシスト膜を用いた場合における飛翔体発生の一例を示す模式図である。

【図 15 B】図 15 B は、アシスト膜を用いた場合における飛翔体発生の一例を示す模式図である。

【図 15 C】図 15 C は、アシスト膜を用いた場合における飛翔体発生の一例を示す模式図である。

【図 15 D】図 15 D は、アシスト膜を用いた場合における飛翔体発生の一例を示す模式図である。

【図 16 A】図 16 A は、アシスト膜を用いた場合における、ビームプロファイルの確認を行ったレーザービーム形状の一例を示す模式図である。

【図 16 B】図 16 B は、アシスト膜を用いた場合における、転写後の基材上の飛翔対象材料の残ドナー像の一例を示す模式図である。

【図 16 C】図 16 C は、図 16 B のアシスト膜を用いた場合における、被付着媒体に付着した飛翔対象材料の像の一例を示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 1 6 D】図 1 6 D は、アシスト膜を用いた場合における、転写後の基材上の飛翔対象材料の残ドナー像の他の一例を示す模式図である。

【図 1 6 E】図 1 6 E は、図 1 6 D のアシスト膜を用いた場合における、被付着媒体に付着した飛翔対象材料の像の一例を示す模式図である。

【図 1 6 F】図 1 6 F は、アシスト膜を用いた場合における、転写後の基材上の飛翔対象材料の残ドナー像の他の一例を示す模式図である。

【図 1 6 G】図 1 6 G は、図 1 6 F のアシスト膜を用いた場合における、被付着媒体に付着した飛翔対象材料の像の一例を示す模式図である。

【図 1 7 A】図 1 7 A は、実施例のレーザービーム照射後の基材における残ドナー像の一例を示す写真である。

10

【図 1 7 B】図 1 7 B は、実施例のレーザービーム照射後の転写した飛翔対象材料の被付着物における像の一例を示す写真である。

【図 1 7 C】図 1 7 C は、比較例のレーザービーム照射後の基材における残ドナー像の一例を示す写真である。

【図 1 7 D】図 1 7 D は、比較例のレーザービーム照射後の転写した飛翔対象材料の被付着物における像の一例を示す写真である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

(飛翔体発生方法及び飛翔体発生装置)

本発明の飛翔体発生方法は、飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から基材に対し、

20

基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、

レーザービームを照射することにより、レーザービームの照射方向に飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔工程を含み、更に必要に応じてその他の工程を含む。

本発明の飛翔体発生装置は、飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から基材に対し、

基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、

レーザービームを照射することにより、レーザービームの照射方向に飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔手段を有し、更に必要に応じてその他の手段を有する。

30

【0009】

本発明の飛翔体発生方法は、例えば、本発明の飛翔体発生装置を用いて好適に行うことができ、前記飛翔対象材料飛翔工程は前記飛翔対象材料飛翔手段により好適に行うことができる。このため、以下では、本発明の飛翔体発生装置についての説明を通じて、本発明の飛翔体発生方法についても明らかにする。

【0010】

本発明者らは、従来技術における以下の問題点について検討した。

従来のインクジェット方式などを用いた画像形成装置においては、粘度の高いインクを用いて印刷を行おうとする場合には、インクを吐出するノズルにおけるインクが目詰まりが生じ、安定してインクを吐出することが難しいという問題がある。さらに、従来のインクジェット方式の画像形成装置においては、インクが目詰まりを抑制するためには、例えば、インクの粘度の大きさに応じて、インクを吐出するノズルの径(ノズル径)を大きくする必要はあるが、ノズル径を大きくすると、吐出されるインク滴の径が相対的に大きくなるため、解像度が低下してしまう場合があるという問題がある。

40

このため、従来のインクジェット方式の画像形成装置においては、粘度の大きいインクを用いることは、インクの吐出を安定して行うことができない場合や、解像度が低下してしまう場合があるという問題があり、実用することが難しかった。

【0011】

上述したレーザー誘起前方転写(Laser-Induced Forward Tran

50

sfer : L I F T ) 法により、光を吸収可能なインクを飛翔させる場合には、インクジェット方式を用いる場合と異なり、ノズルからインクを吐出する必要がないので、粘度の大きいインクであっても、インクを飛翔させることができる。

しかしながら、L I F T 法 ( L I F T 方式 ) によりインクを飛翔させて印刷等を行う場合には、インクを飛翔させる際にインクが飛散してしまう場合や、インクが被印刷物 ( 対象物 ) に付着した際にインクが飛散してしまう場合があり、インクの付着位置を制御することが難しい場合があるという問題がある。これは、従来の L I F T 法においては、一般的なガウシアンレーザビームを用いており、このガウシアンレーザビームではレーザビームの光軸において一番強いエネルギーが分布するため、レーザビームを飛翔対象のインクに照射すると、インクが飛散してしまうためである。

10

さらに、光渦レーザのようなラゲルガウスビームを用いた従来の L I F T 法では、ガウシアンビームを用いた場合と比較して飛翔させる光吸収材の付着位置の精度を向上させることができるが、より高精度に付着位置を制御することは難しい場合があるという問題がある。

#### 【 0 0 1 2 】

また、従来の L I F T 法を用いた場合、L I F T システムにおける印刷品質劣化を防止するためには、ドナー基板とレシーバ基板との間隙 ( ギャップ ) を小さくする必要があることが知られている。ギャップは、工業用途のスループットを増加させるために  $500\ \mu\text{m}$  以上であることが望ましい。また、凹凸アクセプター、曲面形状に適用できるギャップは  $1,000\ \mu\text{m}$  以上が望ましい。一般に、ギャップが  $100\ \mu\text{m}$  以上の場合、サテライトやスプレーが発生することが報告されている ( 例えば、「L. Rapp, J. Ailuno, A. P. Alloncle and P. Delaporte, " Pulsed-laser printing of silver nanoparticles ink: control of morphological properties, " Opt. Express 19 ( 2011 ) 21563-74」参照)。液滴の品質を改善するために、レーザ波長用高吸収膜を追加する必要があることが報告されている ( 例えば、E. Turkoz, L. Deike and C. B. Arnold, " Comparison of jets from Newtonian and non-Newtonian fluids induced by blister-actuated laser-induced forward transfer ( BA-LIFT ), " Appl. Phys. A ( 2017 ) 123:652. 参照 )。

20

30

#### 【 0 0 1 3 】

本発明の飛翔体発生方法は、L I F T 法において、基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、レーザビームを照射することにより、飛翔させた飛翔対象材料の飛散を抑制して対象に付着させることができることを見出した。

特に、本発明の飛翔体発生方法は、飛翔対象材料が固体や粉体の場合においても、飛散を抑制して対象に付着させることにおいて顕著に優れていることが分かった。

#### 【 0 0 1 4 】

< 飛翔対象材料飛翔工程及び飛翔対象材料飛翔手段 >

飛翔対象材料飛翔工程は、飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から基材に対し、基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、レーザビームを照射することにより、レーザビームの照射方向に飛翔対象材料を飛翔させる工程である。

40

飛翔対象材料飛翔手段は、飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から基材に対し、基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示

50

す均熱領域を生じさせるように、レーザービームを照射することにより、レーザービームの照射方向に飛翔対象材料を飛翔させる手段である。

【0015】

なお、「飛翔体」とは、レーザービームを飛翔対象材料に照射することにより生じた飛翔する物体を意味する。なお、「飛翔する」とは、飛翔対象材料が基材上から離れて対象（例えば、飛翔対象材料が付着するレシーバ基材、被転写媒体）に向かって飛んでいくことを意味する。

飛翔体としては、飛翔対象材料の材質によってその形状は異なる。例えば、飛翔対象材料が液体である場合には飛翔体は略球状となることが好ましく、飛翔対象材料が固体である場合には飛翔体は扁平形状、粒子形状など任意の形状となることが好ましい。なお、液体及び固体であるとは、飛翔体を発生させる環境（温度、圧力など）における飛翔対象材料の状態を意味する。

【0016】

LIFT法において、レーザービームが飛翔対象材料に照射され、飛翔対象材料が融点に達すると、飛翔対象材料が固体や粉体である場合、溶融が生じる。溶融した飛翔対象材料は冷やされる過程で再凝固し、そのとき基材表面との界面における結合力（分子間力）が解除され、粉体や小破片となって飛翔する。

また、別の飛翔原理として、LIFT法において、レーザービームの照射エネルギーが大きく、飛翔対象材料の温度を沸点以上にまで昇温させた場合、飛翔対象材料がアブレーションを起こし、微粒子となって飛翔する。

例えば、室温環境から飛翔対象材料が気化し始める上昇温度が $T_b$  (K)であるとき、光軸を取り囲む下式(1)を満たすように飛翔対象材料に対して光(レーザービーム)を照射すると、飛翔対象材料が外気圧以上となり気化した領域、即ち、外気圧以上の気化領域を発生させ、飛翔対象材料を飛翔させることができる。ここで、開放系である場合には、「外気圧」は大気圧を意味する。

$Q = T_b (v \cdot c \cdot \rho) \dots$  式(1)

$v$  は体積 (kg)、 $c$  は比熱 ( $J / (kg \cdot K)$ )、 $\rho$  は密度 ( $kg / m^3$ ) である。

このとき、 $Q$  (J) は入熱量であり光の照射エネルギー量ではない。飛翔対象材料の光エネルギーの吸収率又は吸収係数を考慮することで、外気圧以上の気化領域を発生させるのに必要な光の照射エネルギー量(エネルギー密度)を求めることができる。

【0017】

本発明の飛翔体発生方法及び飛翔体発生装置では、基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、レーザービームを照射する。

【0018】

基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上となる領域を生じさせるようにレーザービームを照射することにより、基材と飛翔対象材料との界面における結合力(分子間力)が減少し、飛翔対象材料が粉体や小破片となって飛翔する。

【0019】

ここで、本発明における「基材と飛翔対象材料との界面において、飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせる」ことについて、図面を参照して詳細に説明する。

「均熱領域」とは、飛翔対象材料の温度分布が略均一になる領域を意味する。

「飛翔対象材料の温度分布が略均一になる領域」とは、基材に配された飛翔対象材料のある領域内において、飛翔対象材料の温度にムラがなく、略同じ温度になることを意味する。

飛翔対象材料が均質な材料である場合、「飛翔対象材料の温度分布が略均一になる領域」を生じさせるためには照射するレーザービームの温度(エネルギー)分布が略均一であることが重要である。照射するレーザービームの温度(エネルギー)分布が略均一であることに

10

20

30

40

50

ついて、図面を参照して説明する。なお、下記において、照射するレーザービームの温度（エネルギー）分布が略均一であるレーザービームを「均熱照射レーザービーム」と称することがある。

【0020】

図1Aは、一般的によく用いられているレーザービームであるガウシアンレーザービームの、レーザービームの進行方向と直交する断面における温度（エネルギー）分布を等高線によって表したシミュレーション画像の一例を示す図である。図1Aに示すように、ガウシアンレーザービームでは、レーザービームの進行方向と直交する断面において、レーザービームの中心（光軸）のエネルギー強度が最大であり、辺縁に向かってエネルギー強度が小さくなる温度（エネルギー）分布を有している。図2は、レーザービームの進行方向と直交する断面における、ガウシアンレーザービーム（点線）及び均熱照射レーザービーム（実線）のエネルギー強度分布の一例を表す図である。図2に示すように、図1Aと同様に、ガウシアンレーザービーム（点線）ではレーザービームの中心（光軸）においてエネルギー強度が最大値を示し、辺縁に向かってエネルギー強度が小さくなっていることがわかる。なお、「レーザービームの進行方向と直交する断面におけるレーザービームのエネルギー強度分布」を単に「レーザービームの断面強度分布」と称することがある。

図1Bは、均熱照射レーザービームの温度（エネルギー）分布を表す画像の一例を示す図である。図1Bに示すように、均熱照射レーザービームにおいては、エネルギーを有する領域（図中、黒色の領域）と、エネルギーを有していない領域（図中、灰色の領域）とが、明確に分かれている。また、図2に示すように、均熱照射レーザービーム（実線）では、ガウシアンレーザービームのように光軸でエネルギーの最大値を取るものではなく、レーザービームのエネルギー強度が略均一となるようなエネルギー強度分布を有することがわかる。なお、このように、レーザービームのエネルギー強度が略均一となるような断面強度分布を有するレーザービームをトップハットレーザービームと称することがある。

従来において、薄膜レーザーパターニングにトップハットレーザービームが用いられることが知られているが、LIFT法において適用することについては知られていない（例えば、特開2012-143787号公報参照）。

【0021】

均熱照射レーザービームにおいては、レーザービームのエネルギー強度が同一となることが理想的である。即ち、レーザービームの進行方向と直交する断面において、レーザービームのエネルギーが略均一（略一定）であるようなレーザービームが理想的である。

ここで、図3Aは、均熱照射レーザービームの断面強度分布の一例を示す模式図であり、図3Bは、均熱照射レーザービームの断面強度分布の他の一例を示す模式図である。例えば、図3Aに示すように、レーザービームの進行方向と直交する断面において、理想的な均熱照射レーザービームはレーザービームのエネルギー強度が同一であるように見える。しかしながら、実際には図3Aに示すようにレーザービームのエネルギー強度が完全に一定となることはなく、図3Bに示すように、レーザービームのエネルギー強度の値が振動し、波打つように見えるエネルギー分布を示す。このため、レーザービームの進行方向と直交する断面における均熱照射レーザービームのエネルギー強度が同じになる点が3個以上存在する。例えば、図3Bに示す均熱照射レーザービームの断面強度分布では、レーザービームのエネルギー強度が同じになる点が6個存在している。これに対して、図2に示した理想的なガウシアンレーザービームの断面強度分布では、そのエネルギー強度の分布はガウス分布となるため、レーザービームのエネルギー強度が同じになる点は最大で2個しか存在しない。

したがって、レーザービームの断面強度分布において、レーザービームのエネルギー強度が同じになる点が3個以上有するものを、レーザービームのエネルギー分布が略均一であると言い換えることができる。本発明では、「均熱領域」を生じさせる均熱照射レーザービームは、レーザービームの断面強度分布において、レーザービームのエネルギー強度が同じになる点を3個以上有するものを意味する。

【0022】

レーザービームが均熱照射レーザービームであることは、照射するレーザービームのエネルギー

10

20

30

40

50



分布をビームプロファイラで測定し、レーザビームの断面強度分布において、同じレーザビームのエネルギー強度を3点以上有するか否かで判断することができる。

#### 【0023】

次に、均熱照射レーザビームを用いてLIFT法を実施する利点について、図面を参照して説明する。

図4A～図4Cは、従来のガウシアンレーザビームを用いたLIFT法の一例を示す模式図であり、図4D～図4Fは、本発明における均熱照射レーザビームを用いたLIFT法の一例を示す模式図である。図4A～図4Fにおいては、基材として透明基材411、飛翔対象材料として固体膜421を用いた場合について説明する。

図4Aは、飛翔対象材料421を表面の少なくとも一部に配した基材411における、飛翔対象材料421が配された表面と対向する表面側から基材411に対しガウシアンレーザビーム431を照射した場合の一例を示す模式図である。図4Aに示すように、飛翔対象材料421が配された表面と対向する表面側からガウシアンレーザビーム431を照射すると、基材411を介して飛翔対象材料421にガウシアンレーザビーム431が照射される。ガウシアンレーザビーム431が飛翔対象材料421に照射されると、レーザビームのエネルギーによって飛翔対象材料421が融点以上に加熱され、基材411と飛翔対象材料421との界面における結合力(分子間力)を減少させる。

ガウシアンレーザビーム431の断面強度分布432は、ガウシアンレーザビーム431の中心で最大値になり、辺縁に向かって徐々にその強度が小さくなっていく。このため、図4Bに示すように、飛翔対象材料421にはガウシアンレーザビーム431の中心から外側に向かう方向への力が生じやすくなる。その結果、図4Cに示すように、飛翔する飛翔対象材料421が飛散し、対象441に散り散りに付着することになってしまう。

図4Dは、飛翔対象材料421を表面の少なくとも一部に配した基材411における、飛翔対象材料421が配された表面と対向する表面側から基材411に対し均熱照射レーザビーム433を照射した場合の一例を示す模式図である。

均熱照射レーザビームの場合においても、基材411を介して飛翔対象材料421にレーザビームが照射され、レーザビームのエネルギーによって飛翔対象材料421が融点以上に加熱され、基材411と飛翔対象材料421との界面における結合力を減少させる点はガウシアンレーザビームの場合と同様である。しかしながら、本発明においては飛翔対象材料421に均熱領域を生じさせるようにレーザビームを照射する。即ち、上述したように、断面強度分布434が略均一である均熱照射レーザビーム433を飛翔対象材料421に照射するため、図4Eに示すように、飛翔対象材料421には均熱照射レーザビーム433の照射方向と同方向の力が生じる。その結果、図4Fに示すように、飛翔対象材料421がレーザビームの照射方向と同じ方向へ飛翔し、飛翔対象材料421の飛散を抑制して対象441へ付着させることができる。

#### 【0024】

また、レーザビームの大きさ(幅)を表す指標の一つとして、「半値全幅(Full Width at Half Maximum: FWHM)」及び「 $1/e^2$ 幅」がある。

「半値全幅(FWHM)」とは、レーザビームの最大強度の半分におけるレーザビームのスペクトル幅を意味する(例えば、図2中、Aの強度におけるスペクトル幅)。

「 $1/e^2$ 幅」とは、レーザビームの断面強度分布において最大強度の13.5%に相当する強度の値の2点間の距離をレーザビーム径(直径)とみなす指標を意味する(例えば、図2中、Bの強度におけるスペクトル幅)。

この「半値全幅(FWHM)」と、「 $1/e^2$ 幅」と、の比を $h_0$ (FWHM/( $1/e^2$ 幅))としたとき、理想的なガウシアンレーザビームの場合では $h_0$ は「0.6」となり、理想的なトップハットビームの場合では $h_0$ は「1」となる。

ガウシアンレーザビームの場合、レーザビームのエネルギー強度が大きくなると、その強度における照射面積は小さくなる。また、ガウシアンレーザビームは中心に近づくにつれてそのレーザビームの強度が高くなる。即ち、ガウシアンレーザビームは、照射領域におけるエネルギー強度が不均一となる。

10

20

30

40

50

一方、均熱照射レーザービームは、最大強度を有するトップハットビームは、「半値全幅 (FWHM)」と、「 $1/e^2$ 幅」と、の比  $h_0$  (FWHM / ( $1/e^2$ 幅)) が理論的には「1」となるものであり、照射領域 (« $1/e^2$ 幅»)におけるレーザービームのエネルギー強度が均一である。

本発明者らにより、レーザービームの進行方向と直交する断面におけるレーザービームのエネルギー強度分布の半値全幅 (FWHM) と、 $1/e^2$ 幅との比  $h_0$  (FWHM / ( $1/e^2$ 幅)) が、 $0.6 < h_0 < 1$ 、を充たすように飛翔対象材料にレーザービームを照射することが好ましく、 $0.7 < h_0 < 0.9$ を充たすことがより好ましい。なお、上記図1Bに示した均熱照射レーザービームの  $h_0$  (FWHM / ( $1/e^2$ 幅)) は0.85であった。

【0025】

レーザービームの進行方向と直交する断面において、 $1/e^2$ 幅を底辺としたときの均熱照射レーザービームのエネルギー強度分布の形状としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、正方形、長方形、平行四辺形、円形、楕円形などが挙げられる。

【0026】

次に、飛翔対象材料飛翔手段について説明する。

光吸収材飛翔手段としては、例えば、レーザー光源と、レーザービーム変換手段と、を有するものを用いることができ、更に必要に応じて、レーザービーム整形手段、その他の手段を有する。

【0027】

- レーザ光源 -

レーザー光源としては、レーザー光を照射することができれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、レーザービームを発生させる固体レーザー、気体レーザー、半導体レーザーなどが挙げられ、パルス発振可能なものが好ましい。

固体レーザーとしては、例えば、YAGレーザー、チタンサファイアレーザーなどが挙げられる。

気体レーザーとしては、例えば、アルゴンレーザー、ヘリウムネオンレーザー、炭酸ガスレーザーなどが挙げられる。

レーザービームの波長としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、 $300\text{nm}$ 以上 $11\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $350\text{nm}$ 以上 $1100\text{nm}$ 以下がより好ましい。

レーザービームのパルス幅としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、2ナノ秒以上100ナノ秒以下が好ましく、2ナノ秒以上10ナノ秒以下がより好ましい。また、ナノ秒レーザービームでもアブレーションを起こすが、ピコ秒レーザービームやフェムト秒レーザービームのようにピークパワーが大きいレーザービームであると、アブレーションを起こしやすく好ましい。

レーザービームのパルス周波数としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、 $10\text{Hz}$ 以上 $1\text{MHz}$ 以下が好ましく、 $20\text{Hz}$ 以上 $50\text{kHz}$ 以下がより好ましい。

なお、レーザー光源としては、例えば、波長 $1064\text{nm}$ のNd:YAGレーザーなどが挙げられる。

【0028】

- レーザビーム -

レーザービームとしては、飛翔対象材料の融点以上であり、熱分布が略均一になる均熱領域を生じさせるレーザービームである。換言すると、温度(エネルギー)分布が略均一であるレーザービームであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。飛翔対象材料の融点以上であり、熱分布が略均一になる均熱領域を生じさせるレーザービームとしては、例えば、均熱照射レーザービームなどが挙げられる。

【0029】

- レーザビーム変換手段 -

10

20

30

40

50

レーザービームとしては、レーザービーム変換手段により所望のレーザービームを生成することができる。

レーザービーム変換手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。例えば、均熱照射レーザービーム変換手段などが挙げられる。

均熱照射レーザービーム変換手段としては、上述した均熱領域を生じさせることができれば特に制限はなく、例えば、非球面レンズ、回折光学素子 (Diffractive Optical Element; DOE) などの位相マスク、液晶位相変換素子 (SLM) などの位相変換手段などが挙げられる。これらは1種単独で使用してもよく、2種以上を併用してもよい。

#### 【0030】

非球面レンズを用いる手法は、幾何学的にガウシアンレーザービームを均熱照射レーザービームへ変換する手法である。

図5Aは、非球面レンズを用いた幾何学的手法により均熱照射レーザービームを調整する一例を示す模式図である。図5Aに示すように、ガウシアンレーザービームを非球面レンズ511に通過させることにより、ガウシアンレーザービームの断面強度分布432を有するレーザービームを、レーザービームの中央部521を凹レンズ効果で拡大し、レーザービーム周辺部522を凸レンズ効果で収束させ、照射面(基材)512において、均熱照射レーザービームの断面強度分布433を有するレーザービームを調整することができる。

#### 【0031】

回折光学素子 (Diffractive Optical Element; DOE) などの位相マスクを用いる手法は、波動光学的にガウシアンレーザービームを均熱照射レーザービームへ変換する手法である。

図5Bは、DOEを用いて波動光学的手法により均熱照射レーザービームを調整する一例を示す模式図である。図5Bに示すように、ガウシアンレーザービームをDOE531に通過させることにより、レーザービームの中央部は凹レンズ効果となる位相分布、レーザービーム周辺部は凸レンズ効果となる位相分布を与えて、波面を制御することにより均熱照射レーザービームとすることができる。なお、図5B中、541は集光レンズを、551は基材を表す。

#### 【0032】

液晶位相変換素子 (SLM) などの位相変換手段を用いる手法は、レーザービームの位相分布を変換(時間的に空間光変調)可能であるため、波面を重畳させた波面を時間的に変化させてもよい。

#### 【0033】

また、上述のもの以外の例としては、反射型液晶位相変換素子とプリズムとの組み合わせを用いることもできる。

図5Cは、反射型液晶位相変換素子561とプリズム562との組み合わせにより均熱照射レーザービームを調整する一例を示す模式図である。

#### 【0034】

レーザービーム変換光学系及びf レンズにより、均熱照射レーザービームに変換して、均熱照射レーザービームを飛翔対象材料上に照射する。基材上に照射されたレーザービームの大きさ(直径、 $1/e^2$ 幅)は $20\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $30\mu\text{m}$ 以上 $150\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

レーザービームの大きさを $20\mu\text{m}$ 以上 $200\mu\text{m}$ 以下とすることにより、レーザー走査による品質維持を可能とし、高解像度の2次元描画又は3次元プリンティングを可能とする。

#### 【0035】

均熱照射レーザービームのエネルギーとしては、レーザービームのフルエンスについて、飛翔対象材料が配された表面におけるレーザービームのフルエンス $F_B$  ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ) が、レーザービームが照射される基材の表面におけるレーザービームのフルエンス $F_F$  ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ) の20%以上であることが好ましく、20%以上80%以下であることがより好ましい。

なお、フルエンス ( $\text{J}/\text{cm}^2$ ) といえは、通常は、入射側のフルエンス(フロントサイ

10

20

30

40

50

ドフルエンス、 $F_F$ )を指す。それと、材料の吸収係数で議論することが多い。しかしながら、光吸収材膜の光照射と反対側の膜表面のフルエンス(バックサイドフルエンス、 $F_B$ )を制御することが飛翔品質に重要であることが本発明者らの検討によってわかった。このことについて詳細に説明する。

まず、光吸収材に入射する前のレーザー強度を $I_0$ としたとき、入射後の光の強度 $I$ はランベルト・ベールの法則から吸収係数を用いて以下の式(3)で示される。

$$I = I_0 \exp(-\alpha t) \cdots \text{式(3)}$$

$\alpha$  : 吸収係数、 $t$  : 膜厚、 $I/I_0$  : 膜厚 $t$ での吸収率

これは深さ方向で入熱量 $Q$ が異なることであり、また、上昇温度が異なることを意味する。これにより、吸収係数と膜厚がわかれば、背面側のフルエンス(バックサイドフルエンス)を求めることができる。

#### 【0036】

図6は、レーザーエネルギーの吸収率の違いによる飛翔対象材料の薄膜内での上昇温度の一例を示した図である。ここで、 $Q_L$  : 低粘度化に必要なエネルギー、 $Q_V$  : 気化に必要なエネルギーとする。

上昇温度に応じて、飛翔対象材料は、低粘度化あるいは、気化する。

図6中のCのように吸収率が高い材料であると、背面側(飛翔対象材料が配されている表面側)への入熱量がほとんどなく、温度上昇が起きない。その結果、フロントサイドフルエンス $F_F$ ( $J/cm^2$ )とバックサイドフルエンス $F_B$ ( $J/cm^2$ )とで不整合が生じ、良好な品質が得られない。そのため、飛翔対象材料が配された表面におけるレーザービームのフルエンス $F_B$ ( $J/cm^2$ )が、レーザービームが照射される基材の表面におけるレーザービームのフルエンス $F_F$ ( $J/cm^2$ )の20%以上であることが好ましい。

また、図6中のAのように吸収率が低い材料であると、背面側への入熱量も多くなるので、フロントサイドフルエンス $F_F$ ( $J/cm^2$ )とバックサイドフルエンス $F_B$ ( $J/cm^2$ )とで不整合が生じることはないが、バックサイドフルエンス $F_B$ ( $J/cm^2$ )が大きくなりすぎてレーザービームの利用効率が低くなる場合や、場合によっては被付着物にレーザー損傷を起す場合がある。

図6中のBの吸収率の場合、フロントサイドフルエンス $F_F$ ( $J/cm^2$ )が気化温度に達し、バックサイドフルエンス $F_B$ ( $J/cm^2$ )が低粘度化の温度に達するため、好適な条件にあるといえることがわかった。

#### 【0037】

- レーザービーム整形手段 -

レーザービーム整形手段としては、例えば、レーザービーム変倍手段、位相分布変換手段などが挙げられる。

レーザービーム整形手段は、例えば、集光レンズの光源側に配置されており、入射レーザービームが集光レンズの前面で所望の断面形状と透過波面を形成することができる。

#### 【0038】

- - レーザービーム変倍手段 - -

レーザービーム変倍手段は、入射レーザービームの光軸に垂直な断面で、一方の軸の径と、それに直交するもう一方の軸の径の割合を変更する手段である。

レーザービーム変倍手段としては、例えば、プリズムなどが挙げられる。

ここで、図7A及び図7Bにレーザービーム変倍手段の一例を示す模式図である。図7Aに示すレーザービーム変倍手段は、ガラスなど透明体のプリズムが2枚ペア(ダブルプリズム301)で構成されており、光の屈折を利用して光の方向を変えることで、一方向のみを変倍するものである。なお、ここでの変倍とは、レーザービーム断面の縦横比が変化させるような倍率変化を意味する。図7A中、左の円は入射レーザービームの断面形状を示す。説明の簡単化のため、入射レーザービームは円形とする。ここで、入射レーザービームの $x$ 方向断面の半径を $R_x$ 、 $y$ 方向断面の半径を $R_y$ とすると $R_x/R_y = 1$ となる(図7A中、入射レーザービームの直径 $D_{in311}$ 、射出レーザービームの直径 $D_{out312}$ )。

入射レーザービームの $x$ 方向断面の半径を $R_x$ 、 $y$ 方向断面の半径を $R_y$ とすると $R_x/R$

10

20

30

40

50

$y = 1$  である。

図 7 A は、入射側プリズムを反時計回り、射出側プリズムを時計回りに回転させた例である。この場合、 $x$  方向の射出レーザービームは、入射レーザービームに比べて相対的に小さくなる。すなわち、 $R_x / R_y < 1$  に縮小変倍させることができる。

また、図 7 B は、入射側プリズムを時計回り、射出側プリズムを反時計回りに回転させた例である（ダブルプリズム 3 0 2）。この場合、 $x$  方向の射出レーザービームは、入射レーザービームに比べて相対的に大きくなる。すなわち  $R_x / R_y > 1$  に拡大変倍させることができる。

以上より、入射レーザービームの光軸に対して直交する断面において、一方の軸の径と、それに直交するもう一方の軸の径の割合  $R_x / R_y$  を自在に変更することができる。

10

#### 【 0 0 3 9 】

- 位相分布（波面）変換手段 -

位相分布変換手段は、入射レーザービーム波面の位相分布を変換する手段である。

位相分布変換手段としては、例えば、凸シリンダレンズなどが挙げられる。

ここで、図 8 に位相分布変換手段の一例を示す模式図である。

図 8 に示す位相分布変換手段は、2 枚の凸シリンダレンズ光学系を用いて、レーザービーム 6 1 1 の透過波面を補正する光学系である。2 枚のシリンダレンズ（CYL 1 6 2 1、CYL 2 6 2 2）を対向させ、焦点位置が重なるように配置（シリンダレンズ間の距離が  $L$  となるように配置）すれば、倍率 1 となり波面はフラットのままであり、集光位置が  $x$  方向と  $y$  方向で変わらないが、シリンダレンズ間をわずかに変化（シリンダレンズ間の距離が  $L + \Delta L$  となるように配置）させると、 $x$  方向に独立したシリンダ波面を作ることができる。集光レンズ（軸対象）6 2 3 のデフォーカス効果と組み合わせることにより、透過波面の 0 度アスティグマ成分を作り出すこともできる。なお、図中 6 2 4 は基材を指す。

20

#### 【 0 0 4 0 】

より具体的には、下記の構成のレーザービーム整形手段とすることができる。

・ 第 1 レンズ（CYL 1）：焦点距離 5 0 mm の平凸シリンダレンズ、硝材：合成石英

・ 第 2 レンズ（CYL 2）：焦点距離 5 0 mm の平凸シリンダレンズ、硝材：合成石英

・ 第 3 レンズ：焦点距離 1 0 0 mm の集光レンズ（軸対象レンズ）、硝材：合成石英

なお、焦点距離  $S$  は、集光レンズ第 1 面から集光点までの距離である。CYL の間隔  $L$  が 1 0 0  $\mu\text{m}$  短くなると、焦点位置が 0 . 5 mm 遠くなる関係にある。これにより、 $x y$  の焦点位置を独立に設定できる。なお、上記具体例においては、シリンダ 1 つに対して 2 枚の凸シリンダレンズを用いた構成を示したが、アクロマートレンズなどを張り合わせたレンズでもよい。

30

また、レンズの形状を非球面形状にすればさらに収差を補正することができる。

その他の基本的な特性は凹凸 CYL 光学系と同様である。凹凸 CYL 光学系よりも光路長は長くなるが、非常に良好な波面を作ることができる。

複数枚からなるシリンダレンズや液晶位相変換素子を用いることにより、入射レーザービーム波面の位相分布を理想状態に変換することが可能となる。

シリンダレンズ方式の場合、位相分布の変換パターンに制約はあるが、光学部品のアライメントでは解決できない非点収差補正を良好かつ高品質に補正することが可能である。

40

このようにして、飛翔の精度を向上させることができる。

#### 【 0 0 4 1 】

- その他の手段 -

その他の手段としては特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、レーザービーム波長変更素子、出力調整部などが挙げられる。

#### 【 0 0 4 2 】

- レーザービーム波長変更素子 -

レーザービーム波長変更素子としては、レーザービームの波長を、光吸収材が吸収可能であり、かつ後述する基材を透過可能である波長に変更できれば特に制限はなく、目的に応じて

50

適宜選択することができる。レーザービーム波長変更素子としては、例えば、K T P 結晶、B B O 結晶、L B O 結晶、C L B O 結晶などが挙げられる。

【0043】

- 出力調整部 -

出力調整部としては、レーザービームを適正な出力値に調整することができれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ガラスなどが挙げられる。

【0044】

飛翔対象材料に照射するレーザービームの出力値としては、本発明における均熱領域を生じさせることができるものであれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。なお、以下では「出力値」を「照射エネルギー」と称することもある。

10

レーザービームの照射エネルギーとしては、飛翔対象材料の粘度や膜厚によっても適正值が変化するため、適宜調整されることが好ましいが、具体的には、100 $\mu$ J/ドット以下がより好ましく、60 $\mu$ J/ドット以下が更に好ましい。

【0045】

- 基材 -

基材としては、その形状、構造、大きさ、材質などについては特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。基材の形状としては、飛翔対象材料を表面に担持し、裏面（飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、飛翔対象材料が配された表面と対向する表面）からレーザービームを照射可能であれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

20

基材の形状としては、例えば、平板状、真円又は楕円等の筒状、筒状の一部を切り出した面、無端ベルト状などが挙げられる。これらの中でも、基材が筒状であって、周方向に回転する基材の表面に飛翔対象材料を供給する飛翔対象材料供給手段を有するようにすることが好ましい。筒状の基材の表面に光吸収材を担持すると、外周方向における被付着物の寸法に依存せず供給することができる。また、この場合、筒状の内部には飛翔対象材料飛翔手段を配置し、内部から外周に向けてレーザービームを照射可能とし、基材が周方向に回転することで連続的に照射することができる。また、平板状の基材の形状としては、例えば、スライドガラスなどが挙げられる。

【0046】

基材の構造としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

30

【0047】

基材の大きさとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、被付着物の幅に合わせた寸法とすることが好ましい。

【0048】

基材の材質としては、光を透過するものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。光を透過するもののうち、酸化珪素を主成分とする各種ガラスなどの無機材料、透明性の耐熱プラスチック、エラストマーなどの有機材料が、透過率と耐熱性の点で、好ましい。なお、基材を透明体と称することがある。

【0049】

基材の表面粗さ $R_a$ としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、レーザービームの屈折散乱を抑制し、飛翔対象材料に付与するエネルギーを低下させない点で、表面及び裏面のどちらも1 $\mu$ m以下であることが好ましい。また、表面粗さ $R_a$ が好ましい範囲内であると、被付着物に付着した飛翔対象材料の平均厚みのばらつきを抑制することができる。所望の量の飛翔対象材料を付着させることができる点で有利である。表面粗さ $R_a$ は、JIS B0601に従って測定することができ、例えば、共焦点式レーザー顕微鏡（株式会社キーエンス製）や触針式表面形状測定装置（Dektak150、ブルカー・エイックスエス株式会社製）を用いて測定することができる。

40

【0050】

- 飛翔対象材料 -

飛翔対象材料は、使用者が任意に選択した材料であり、目的に応じて適宜選択することが

50

でき、例えば、光吸収材、非光吸収材などが挙げられる。

【0051】

- - 光吸収材 - -

光吸収材としては、光吸収物質を含有し、更に必要に応じて適宜選択した、その他の物質を有する。

光吸収材としては、光（レーザービーム）の波長に対する吸光度が1よりも大きいことが好ましく、2よりも大きいことがより好ましい。光吸収材がレーザービームの波長に対する吸光度が2よりも大きいと、エネルギー効率を高めることができるため好ましい。

【0052】

- - - 光吸収物質 - - -

光吸収物質としては、所定の波長の光を吸収するものであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、顔料、染料などの着色剤が挙げられる。

【0053】

光吸収性能を有する光吸収材により形成された塗膜における光の透過率（吸光度）としては、10%以下（1以上）が好ましく、1%以下（2以上）がより好ましく、0.1%以下（3以上）がさらに好ましく、0.01%以下（4以上）が特に好ましい。透過率が好ましい範囲内であると、基材に吸収されたレーザービームのエネルギーが熱に変換されにくいいため、光吸収材に乾燥や溶融などの変化を与えることが少ない点でも有利である。さらに、透過率が好ましい範囲内であると、光吸収材に与えるエネルギーが低下しにくい点で有利である。

なお、透過率（吸光度）は、例えば、分光光度計（株式会社島津製作所製、UV3600）などを用いて測定することができる。

【0054】

光吸収材としては、その形態、大きさ、材質などについては特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

光吸収材の形態としては、例えば、液体、固体、粉体などが挙げられる。特に、高粘性体又は固体を飛翔可能としたことは、従来のインクジェット記録方式には成し得ない長所となっている。

また、光吸収材が固体又は粉体である場合、光吸収材の形態としては、レーザービームを照射する際に光吸収材が粘性を有する状態であることが好ましい。具体的には、固体又は粉体を飛翔させたい場合には、例えば、レーザービームを照射する前に加熱して溶融状態にして粘性を有する形態にすることが好ましい。

【0055】

液体の光吸収材としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、顔料及び溶剤を含むインク、導電体及び溶剤を含む導電性ペーストなどが挙げられる。なお、溶剤を含むインクにレーザービームが照射されると、溶剤が光を吸収しない場合には、溶剤以外の光を吸収する含有物にレーザービームのエネルギーが付与され、その含有物とともに溶剤が飛翔する。

液体の光吸収材の粘度としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、50,000 mPa・s以下が好ましく、5,000 mPa・s以下がより好ましい。粘度が高すぎると表面張力による効果が得られにくい。これらの点から、UV硬化系のインクが好適である。

なお、粘度は、例えば、回転粘度計（東機産業株式会社製、VISCOMATE VM-150III）、レオメーター（HAAKE RheoStress 600、Thermo Fisher Scientific）などを用いて25℃の環境下で測定することができる。

【0056】

光吸収材としては、レーザービームを照射されると粘度が低下する材料であることが好ましい。

【0057】

10

20

30

40

50

導電性ペーストは、導電体を含むインクであれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、回路基板の製造方法において公知乃至慣用の導電性ペーストなどが挙げられる。

導電体としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、銀、金、銅、ニッケル、ITO、カーボン、カーボンナノチューブ等の導電性を有する無機粒子；ポリアニリン、ポリチオフェン（例えば、ポリ（エチレンジオキシチオフェン）等）、ポリアセチレン、ポリピロール等の導電性の有機高分子からなる粒子などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

導電性ペーストの体積抵抗率としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、通常の電極用途として使用できる点から  $10^3 \cdot \text{cm}$  以下が好ましい。

10

#### 【0058】

粉体の光吸収材としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、金属微粒子、金属酸化物微粒子、樹脂微粒子などが挙げられる。

金属微粒子としては、例えば、銀、金、アルミ、白金、銅などが挙げられる。

金属酸化物微粒子としては、例えば、アルミナ、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化スズ、シリカなどが挙げられる。

樹脂微粒子としては、例えば、シリコーン樹脂、アクリル樹脂、メラミン樹脂、ナイロン樹脂、ウレタン樹脂、ポリイミド樹脂、フッ素樹脂、ポリエステル樹脂、スチレンアクリル樹脂などが挙げられる。

必要に応じて、顔料などの充填剤、添加剤などが混合されたものでもよい。

20

粉体の体積平均粒径（大きさ）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、 $0.001 \mu\text{m}$  以上  $100 \mu\text{m}$  以下が好ましく、 $0.01 \mu\text{m}$  以上  $10 \mu\text{m}$  以下がより好ましい。

粉体の光吸収材を基材の表面に配する方法としては、例えば、これら粒子を粉体のまま粉体塗装する方法、溶剤に分散させてスプレー塗布する方法などが挙げられる。

また必要に応じて、塗布後に圧力をかけたり、減圧・脱気して押し固めたりしても良い。

粉体を押し固めたものとしては、所定の平均厚みである層状であることが好ましく、基材の表面に層状の固体を担持されるようにしてもよい。

#### 【0059】

固体の光吸収材としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、スパッタや蒸着により製膜された無機物質膜や有機物質膜、溶剤にて樹脂を溶解した溶液を塗布及び乾燥することによって製膜した樹脂膜、熱可塑性樹脂を加熱溶解して液状にして塗布及び冷却することによって製膜した樹脂層などが挙げられる。

30

スパッタや蒸着に使用する無機物質膜としては、例えば、銀、金、アルミ、白金、銅などの金属薄膜が挙げられる。

固体膜として、金属を飛翔させたい場合、金（Au）、アルミニウム（Al）、チタン（Ti）、銀（Ag）の場合、Auの融点： $1064$  及び沸点： $2700$ 、Alの融点： $660.32$  及び沸点： $2,519$ 、Tiの融点： $1,812$  及び沸点： $3,285$ （ $3,287$ の報告もあり）、Agの融点： $961.78$  及び沸点： $2162$ 、と分かっているので、それにあわせたエネルギーを照射することにより、融点又は沸点以上の温度に上げることができる。

40

有機物質膜としては、例えば、分子量が  $1,000$  以下の有機化合物などが挙げられる。

樹脂膜としては、熱硬化樹脂、光硬化樹脂、電子線硬化樹脂、熱可塑性樹脂などの一般的な樹脂が使用可能であり、これらに必要なに応じて顔料などの充填剤を含有させてもよい。

#### 【0060】

金属薄膜としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。金属としては、例えば、銀、金、アルミ、白金、銅など蒸着やスパッタ加工が可能な一般的な金属が挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

金属薄膜を飛翔させて画像パターンを形成する方法としては、例えば、予めガラスやフィルムなどの基材上に金属薄膜を作成し、金属薄膜にレーザービームを照射して飛翔させるこ

50



とで画像パターンを形成させる方法が挙げられる。また、他の方法としては、非画像部を飛翔させることで画像パターンを形成させる方法などが挙げられる。

【0061】

粉体を押し固めたものとしては、所定の平均厚みである膜（層）状であることが好ましく、基材の表面に膜（層）状の固体を担持されるようにしてもよい。

【0062】

- - 非光吸収材 - -

非光吸収材としては、光を吸収しない材料であれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、固体、粉体、又は液体の樹脂、耐光性の材質などが挙げられる。

10

飛翔対象材料として非光吸収材を用いる場合においては、基材と飛翔対象材料との間に、光を吸収し、自らが飛翔対象材料と同じようにアブレーションなどを起すことによって非光吸収材の飛翔を補助するアシスト膜を用いる。

耐光性の材質としては、例えば、セラミックスなどが挙げられる。

【0063】

飛翔対象材料の大きさとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【0064】

飛翔対象材料により形成される膜の平均厚み（膜厚）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、3 μm以上が好ましく、5 μm以上がより好ましく、5 μm以上35 μm以下が更に好ましい。飛翔対象材料の平均厚みを上記の好ましい範囲とすることにより、レーザービームを照射したときの飛翔対象材料の飛散を抑制することができる。

20

【0065】

飛翔対象材料の平均厚みの測定方法としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、飛翔対象材料に対して任意の複数の点を選択し、複数の点の厚みの平均を算出することにより求める方法などが挙げられる。平均としては、5点の厚みの平均が好ましく、10点の厚みの平均がより好ましく、20点の厚みの平均が特に好ましい。

飛翔対象材料の平均厚みの測定機器としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、レーザ変位計やマイクロメータなどの非接触または接触方式の方法が挙げられる。

30

【0066】

飛翔対象材料の具体的な材質としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、画像形成を行う場合にはトナーのような着色剤であってもよく、立体造形物を製造する場合には後述する立体造形剤であってもよい。

【0067】

- 着色剤 -

着色剤としては、光吸収材と同様に、その形状、材質などについては特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。以下、飛翔対象材料を着色剤とした際に異なる点を説明する。

40

【0068】

液体の着色剤としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、例えば、溶剤としての水に、染料、顔料、着色粒子、着色油滴などの色材を分散させた水性インクが使用可能である。また、水性インクに限らず、溶剤として、例えば、炭化水素系の有機溶剤や各種アルコールなど、比較的低温の液体を含んだ着色剤も使用可能である。これらの中でも、揮発成分の安全性、爆発の危険性などの点から、水性インクが好ましい。

【0069】

また、本発明の飛翔体発生装置を利用した画像形成装置では、版を用いるオフセット印刷

50

用のプロセスインキ、JAPAN COLOR対応インキ、特色インキなどでも画像形成が可能であるため、オフセット印刷で用いる色に合わせたデジタル画像を無版で容易に再現することができる。

更に、UV硬化インキでも画像形成が可能であるため、定着工程において紫外線を照射して硬化することにより、重なった記録媒体が貼り付くブロッキングの防止、及び乾燥工程の簡略化ができる。

【0070】

色材の材質としては、例えば、有機顔料、無機顔料、染料などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

【0071】

有機顔料としては、例えば、ジオキサジンバイオレット、キナクリドンバイオレット、銅フタロシアニンブルー、フタロシアニングリーン、サップグリーン、モノアゾイエロー、ジスアゾイエロー、ポリアゾイエロー、ベンズイミダゾロンイエロー、イソインドリノンイエロー、ファーストイエロー、クロモフタルイエロー、ニッケルアゾイエロー、アゾメチンイエロー、ベンズイミダゾロンオレンジ、アリザリンレッド、キナクリドンレッド、ナフトールレッド、モノアゾレッド、ポリアゾレッド、ペリレンレッド、アンスラキノニルレッド、ジケトピロロピロールレッド、ジケトピロロピロールオレンジ、ベンズイミダゾロンブラウン、セピア、アニリンブラック、などが挙げられ、有機顔料のうち金属レーキ顔料としては、例えば、ローダミンレーキ、キノリンイエローレーキ、プリリアントブルーレーキなどが挙げられる。

【0072】

無機顔料としては、例えば、コバルトブルー、セルリアンブルー、コバルトバイオレット、コバルトグリーン、ジンクホワイト、チタニウムホワイト、チタンイエロー、クロムチタンイエロー、ライトレッド、クロムオキサイドグリーン、マルスブラック、ピリジャン、イエローオーカー、アルミナホワイト、カドミウムイエロー、カドミウムレッド、バーミリオン、リトポン、ウルトラマリン、タルク、ホワイトカーボン、クレイ、ミネラルバイオレット、ローズコバルトバイオレット、シルバーホワイト、炭酸カルシウム、炭酸マグネシウム、酸化亜鉛、硫化亜鉛、硫化ストロンチウム、アルミン酸ストロンチウム、黄銅、金粉、ブロンズ粉、アルミニウム粉、真鍮顔料、アイポリブラック、ピーチブラック、ランプブラック、カーボンブラック、プルシャンブルー、オーレオリン、雲母チタン、イエローオーカー、テールベルト、ローシェンナ、ローアンバー、カッセルアース、白亜、石膏、パーントシェンナ、パーントアンバー、ラピスラズリ、アズライト、マラカイト、オーピメント、辰砂、珊瑚末、胡粉、ベンガラ、群青、紺青、魚鱗箔、酸化鉄処理パールなどが挙げられる。

【0073】

これらの中でも、ブラック顔料としては、色相、画像保存性の点から、カーボンブラックが好ましい。

シアン顔料としては、色相、画像保存性の点から、銅フタロシアニンブルーであるC.I.ピグメントブルー15:3が好ましい。

【0074】

マゼンタ顔料としては、キナクリドンレッドであるC.I.ピグメントレッド122、ナフトールレッドであるC.I.ピグメントレッド269、及びローダミンレーキであるC.I.ピグメントレッド81:4が好ましく、これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。これらの中でも、色相、画像保存性の点から、C.I.ピグメントレッド122及びC.I.ピグメントレッド269の混合物がより好ましく、C.I.ピグメントレッド122(P.R.122)及びC.I.ピグメントレッド269(P.R.269)の混合物としては、P.R.122:P.R.269が5:95以上80:20以下の混合物が特に好ましい。P.R.122:P.R.269が特に好ましい範囲内であると、色相がマゼンタ色として外れない。

【0075】

10

20

30

40

50

イエロー顔料としては、モノアゾイエローであるC・I・ピグメントイエロー74、ジスアゾイエローであるC・I・ピグメントイエロー155、ベンズイミダゾロンイエローであるC・I・ピグメントイエロー180、イソインドリンイエローであるC・I・ピグメントイエロー185が好ましい。これらの中でも、色相、画像保存性の点から、C・I・ピグメントイエロー185がより好ましい。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

【0076】

飛翔対象材料を着色剤としてのプロセスカラーインクとして用いる場合、4色のインクセットで用いることが好ましい。

【0077】

無機顔料は、体積平均粒径が10 $\mu$ mを超える粒子からなるものが多い。体積平均粒径が10 $\mu$ m以上の無機顔料を着色剤として用いる場合、着色剤としては、液体であることが好ましい。着色剤が液体であれば、静電気力など非静電付着力以外の力を用いることなく着色剤を安定した状態で維持できる点で有利である。また、この場合、ノズルつまりやインクの沈降などが顕著となりやすく、安定した連続印刷プロセスは望みにくいインクジェット記録方式と比較すると、本発明の画像形成方法は、非常に有効である。更に、着色剤の粒子の表面積が小さくなると十分な帯電量が得られず、安定した連続印刷プロセスとして成立しない電子写真方式と比較しても、本発明の画像形成方法は、非常に有効である。

【0078】

染料としては、例えば、モノアゾ染料、ポリアゾ染料、金属錯塩アゾ染料、ピラゾロンアゾ染料、スチルベンアゾ染料、チアゾールアゾ染料、アントラキノン誘導体、アントロン誘導体、インジゴ誘導体、チオインジゴ誘導体、フタロシアニン染料、ジフェニルメタン染料、トリフェニルメタン染料、キサントン染料、アクリジン染料、アジン染料、オキサジン染料、チアジン染料、ポリメチン染料、アゾメチン染料、キノリン染料、ニトロ染料、ニトロソ染料、ベンゾキノロン染料、ナフトキノロン染料、ナフトルイミド染料、ペリノン染料などが挙げられる。

【0079】

着色剤の粘度としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。記録媒体に浸透する液体の着色剤を用いた場合、記録媒体に付着した着色剤がフェザリングやブリーディングを発生することがあるが、本発明の画像形成装置で取り扱いが可能である高粘度の着色剤にすると、記録媒体への浸透速度に対して乾きのほうが速いため、特にブリーディングの減少によって発色性の向上とエッジ部分の鮮鋭化が図れ、高画質の画像を形成することができる。また、着色剤を重ねて付着させる重ね打ちによる階調表現を行う場合にも、着色剤の量の増加による滲みも少なくすることができる。更に、この画像形成方法は、液体の着色剤を飛翔させて付着させるものであるため、例えば、フィルム状の着色剤担持体から熱により着色剤を溶融転写するいわゆる熱転写方式と比較すると、記録媒体に微小な凹凸が存在していても良好に記録を行うことができる。

【0080】

着色剤の平均厚みとしては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、100 $\mu$ m以下が好ましい。着色剤の平均厚みが100 $\mu$ m以下であると、着色剤を飛翔させるためのエネルギーを小さくできるため、着色剤担持体の耐久性、着色剤が有機物である場合の組成の分解などが発生しにくくなる点で有利である。なお、平均厚みの好ましい範囲は、記録媒体、目的などにより変化する。

【0081】

例えば、一般的なオフセット印刷で用いられるコート紙や平滑なフィルムを記録媒体として用いる場合には、着色剤の平均厚みとしては、0.5 $\mu$ m以上5 $\mu$ m以下が好ましい。平均厚みが好ましい範囲内であると、記録媒体の微小な平均厚みの違いによる色差が人間の目でも判別しにくくなるためコート紙でも彩度の高い画像になりやすくなる点とともに、網点のドットゲインが顕著とならず鮮鋭な画像が表現しやすくなる点で有利である。

【0082】

10

20

30

40

50

また、例えば、オフィスなどで用いられる上質紙など、表面粗さがコート紙やフィルムよりも大きな記録媒体を用いる場合には、着色剤の平均厚みとしては、 $3\ \mu\text{m}$ 以上 $10\ \mu\text{m}$ 以下が好ましい。平均厚みが好ましい範囲内であると、記録媒体の表面粗さに影響されにくく良好な画質を得やすくなるとともに、特にプロセスカラーの着色剤でフルカラー画像を表現する場合、複数の着色剤の膜（層）を重ね合わせても段差感が顕著となりにくい。

【0083】

更に、例えば、布、繊維などを染色する捺染に用いる場合、記録媒体となる綿、絹、化学繊維などに着色剤を付着させるには、着色剤の平均厚みとしては、 $5\ \mu\text{m}$ 以上の平均厚みが必要となる場合が多い。これは、繊維の太さが紙に比べ大きくなるため、多くの着色剤が必要となる場合が多い。

10

【0084】

飛翔対象材料が液体である場合においては、表面張力調整剤を含有することが好ましい。飛翔対象材料の表面張力を好ましい範囲にすることによって、所望の大きさの飛翔体を形成することができることを見出した。即ち、本発明の飛翔体発生方法を画像形成方法及び立体造形物の製造方法に適用した場合に、被付着物に所望の量の液滴（光吸収材）を付着させることができる。

【0085】

基材の表面における飛翔対象材料が配される領域としては、飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から基材を介して飛翔対象材料が配された表面にレーザービームを照射することができるれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

20

基材の表面における飛翔対象材料が配される領域の形状としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

基材の表面における飛翔対象材料が配される領域の面積としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

【0086】

- - - アシスト膜 - - -

アシスト膜としては、使用するレーザービームのエネルギーの吸収性が高く、熱伝導性に優れるものであれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。アシスト膜としては、例えば、上述した光吸収材における固体膜又は粉体膜を用いることができる。

30

例えば、使用するレーザービームが可視光域の波長を有するレーザービームである場合、例えば、金、銅などが好ましく、紫外光域の波長を有するレーザービームである場合、例えば、銀、チタンなどが好ましい。

【0087】

アシスト膜の形成方法としては、上述した光吸収材における固体膜又は粉体膜の形成方法と同様である。

【0088】

ここで、アシスト膜の平均厚み（膜厚）について、以下図面を参照して説明する。

図9は、アシスト膜としての金単独膜の膜厚と、レーザービームの透過率（バックサイドフルエンス $F_B$ ）の関係の一例を示す図である。金のレーザービームの吸収係数は高いので、例えば、膜厚がわずか $50\ \text{nm}$ 程度でレーザービームの透過率は $10\%$ 前後にまで落ちる。即ち、レーザービームの照射側の金単独膜における表面（フロント側）におけるレーザービームのエネルギーを $100\%$ とすると、金単独膜における照射面とは対向する面（バックサイド側）には $10\%$ のエネルギーしか照射されないことになる。この場合、アシスト膜が自身の溶融温度に達しない場合が生じ、入射エネルギーを過剰に上げないと飛翔させることができない場合がある。

40

このため、高品質に飛翔させるためには、アシスト膜の膜厚を適切にする必要がある。熱伝導性を考慮すると、飛翔対象材料が配された表面におけるレーザービームのフルエンス $F_B$ が、レーザービームが照射される基材の表面におけるレーザービームのフルエンス $F_F$ の $20\%$ 以上であることが好ましい。このことを考慮すると、アシスト膜の平均厚みは（膜厚

50

)は40 nm以下が好ましく、25 nm以下がより好ましい。アシスト膜の平均厚み(膜厚)は、アシスト膜を形成した基材を分光エリプソメータによって測定し、その平均値を用いる。

従って、このように、非光吸収材としての飛翔対象材料のレーザービームの吸収特性にあわせてアシスト膜の膜厚を設定し、基材(透明体)と飛翔対象材料の界面に融点以上の均熱領域を生じさせ、この熱により生じた圧力で飛翔対象材料に対して、飛翔可能なエネルギーを与えることにより、飛翔対象材料の飛散を抑制して対象に付着させるように飛翔させることができる。

#### 【0089】

また、アシスト膜がレーザービームを吸収する光吸収領域と、レーザービームを吸収しない非光吸収領域とを有することが好ましい。

均熱照射ビームとして、理想的トップハットビームを用いる場合、レーザービームのエッジにおけるエネルギーの高低差が大きく、断面強度分布が急峻であるため、レーザービームエッジで、外側への圧力が生じ、多少なりとも飛散が生じやすい。そのため、理想的トップハットビームは最適な条件とはいえない。

そこで、図10Aに示すように、レーザービームを吸収する光吸収領域と、レーザービームを吸収しない非光吸収領域とを有するアシスト膜を用いる。

図10Aは、光吸収材からなる光吸収領域と非光吸収材からなる非光吸収領域とを有するアシスト膜を基材上に配した場合の一例を示す模式図である。図10Aに示すように、光吸収領域1322は非光吸収領域に取り囲まれるように配されている。ここで述べる非光吸収領域とは、光がほとんど吸収されない膜の領域であり、膜自体が光をほとんど吸収しない材料である場合や、表面で反射して吸収できない材料の場合を含む。使用するレーザービームに対して光を吸収しない非光吸収領域1323に、金などの光を吸収する光吸収材からなる光吸収領域1322をパターン状に配置する。

図10Bは、図10Aに示す光吸収領域のパターンを形成した基材に対しレーザービームを照射するときの一例を示す模式図である。

図10Bに示すように、透明体(基材)1311上に、パターン状の光吸収領域1322と非光吸収領域1323とを有するアシスト膜1321を配し、その上に飛翔対象材料としての固体膜1331を配している。飛翔体を発生させるときには、図示しない光源から照射されるレーザービーム1361を、均熱照射レーザービーム変換手段であるビームプロファイルコンパイラ1371、X-YガルバノスキャナのY偏向ミラー1381及びX偏向ミラー1382、及び走査レンズ1391を介して基材の飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から基材に対しレーザービームを照射する。このとき、図10Aに示すように、単一の光吸収領域1322を含むようにレーザービームを照射(レーザービームの照射領域1324)する。単一の光吸収領域1322を含むようにレーザービームを照射することにより、レーザービームエッジで生じる飛散を抑制することができる。

また、光吸収領域と非光吸収領域のピッチ(中心間距離)を適切に配置することにより、飛散量を大幅に減少させることが可能となる。これにより、数百dpiのイメージングなど高解像度の描画パターンを生成することが可能となる。

#### 【0090】

ここで、アシスト膜を使用した飛翔体発生方法において、下記の検証を行った。

なお、以下では、図11Aに示した飛翔対象材料飛翔手段を有する画像形成装置を用いた。

#### 【0091】

##### [アシスト膜の挙動確認]

<基材、光吸収材及び被付着物>

基材としてのスライドガラス(松浪硝子工業株式会社製、マイクロスライドガラスS7213;532 nm波長光の透過率が99%)上に、飛翔対象材料として、金単独膜を蒸着した。

#### 【0092】

10

20

30

40

50

次に、飛翔対象材料を付与した基材の表面を被付着物（被転写媒体）と対向させ、光吸収材の裏面からレーザービームを垂直に照射できるように基材を設置した。

被付着物（被転写媒体）と飛翔対象材料との間隙（ギャップ）を $200\ \mu\text{m}$ とした。

なお、図11Aに示した画像形成装置を用いて照射したレーザーは以下のとおりである。

飛翔対象材料飛翔手段は、レーザー光源、レーザービーム整形手段、レーザービーム変換手段などを有する。

図11Aに示す飛翔体発生装置における光吸収材飛翔手段は、ガルバノスキャナを搭載した走査光学系を有する。

まず、波長 $1064\ \text{nm}$ のNd:YAGレーザー光源ユニットから射出したレーザーを、空間アイソレータ、 $\lambda/4$ 板、コリメートレンズを通過させた。音響光学偏向素子（AOM）は、PC及びコントローラからのON/OFF信号をもとに、0次光と1次光に時間的に分離することで、レーザー光源の周波数を制御した。ミラーとレンズを通過する際に0次光はカットされ、1次光のみが非線形光学結晶（SHG素子）を通過し、非線形光学効果により、2次高調波（SHG）が発生し、波長 $532\ \text{nm}$ のGreen光を発生させた。ハーモニックセパレータHSにより、基本波と2次高調波を分離させ、Green単色のビームを得た。得られたGreen光は、収差補正や縦横変倍素子により、位相分布と強度分布を補正され、ズームレンズを通過して、均熱照射レーザービームに変換する図9に示す位相分布変換手段に入射されるようにした。

その後、ミラー、ND、そのほかの光学素子を通過して、ガルバノミラーなどの光偏向器で反射され、集光レンズ（焦点距離： $100\ \text{mm}$ ）を介して試料（光吸収材、マゼンタインク）面あるいは試料内部にビームを照射した。なお、外径： $100\ \mu\text{m}$ 、 $h_0$ （FWHM/ $(1/e^2)$ 幅）： $0.85$ 、走査速度： $200\ \text{mm/s}$ 、 $400\ \mu\text{m}$ 間隔で1ショット露光を行った。

レーザービームのプロファイルは、1辺が $100\ \mu\text{m}$ 角の正形状のプロファイルとし、照射エネルギーは $9\ \mu\text{J}$ 、フルエンスは $0.09\ \text{J/cm}^2$ とした。

高速度カメラ（株式会社島津製作所製、装置名：高速度ビデオカメラ Hyper Vision HPV-X2）を用いて、 $100\ \text{ns}$ ステップで飛翔する飛翔体をレーザービームの照射方向と直行する方向から撮影した撮影画像を図15Aから図15Dに示す。図15Aはレーザービームの照射後 $0\ \text{ns}$ 時点（照射時）、図15Bはレーザービームの照射後 $100\ \text{ns}$ 後、図15Cはレーザービームの照射後 $200\ \text{ns}$ 後、図15Dはレーザービームの照射後 $300\ \text{ns}$ 後における画像である。

図中矢印で示す黒い帯が飛翔中の飛翔体（飛翔対象材料、金）であり、矢印以外に飛翔体の上部に見える黒い帯は、高速度カメラの特性上映り込む飛翔体の影である。スケールバーは $100\ \mu\text{m}$ を表す。

図15Aから図15Dに示すように、均熱照射レーザービームを照射した飛翔対象材料は、基板上における平板形状を維持したまま、レーザービーム照射方向（図中、下方向）に向かって飛翔していることが確認できた。

### 【0093】

[アシスト膜を用いた場合のパルスエネルギー（フルエンス）]

次に、スライドガラス基材上に、アシスト膜として膜厚： $23\ \text{nm}$ の金蒸着膜を配し、その上に飛翔対象材料として非架橋アクリルナノ粒子（ $100\ \text{nm}$ ）水性スラリーをエタノール希釈したものを、膜厚： $2\ \mu\text{m}$ となるように供給ローラで付与した、以外は「アシスト膜の挙動確認」と同様にして、ドット画像を形成した。

まず、バーンペーパー（レーザークリエイト製、商品名：レーザーアライメントペーパー）にレーザービーム照射し、照射レーザービームの形状を確認した。結果を図16Aに示す。ビームプロファイルの1辺の長さ $h$ は $100\ \mu\text{m}$ であった。

次に、フロントサイドフルエンス $F_F$ を $0.3\ \text{J/cm}^2$ に変更し、転写後の基材上の飛翔対象材料の残ドナー像と、被付着媒体に付着した飛翔対象材料の像の大きさを確認した。結果を図16B及び図16Cに示す。図16Bは飛翔対象材料の残ドナー像、図16Cは被付着媒体に付着した飛翔対象材料の像である。同様にして、フロントサイドフルエン

10

20

30

40

50

ス $F_F$ を $0.2 \text{ J/cm}^2$ に変更したものを図16D及び図16Eに、 $0.1 \text{ J/cm}^2$ に変更したものを図16F及び図16Gに示す。図16D及び図16Fは飛翔対象材料の残ドナー像、図16E及び図16Gは被付着媒体に付着した飛翔対象材料の像である。なお、図16Bから図16Gの図の大きさは実物の大きさの比率を反映している。

図16Bから図16Gに示すように、パルスエネルギー（フロントサイドフルエンス $F_F$ ）が増加するにしたがって、転写像の大きさが大きくなることが分かった。転写後の基材上の飛翔対象材料の残ドナー像の大きさを基準にすると、フロントサイドフルエンス $F_F$ を $0.3 \text{ J/cm}^2$ に変更した場合で転写像は約2割増し、 $0.2 \text{ J/cm}^2$ に変更した場合で転写像は約1割増し、 $0.1 \text{ J/cm}^2$ に変更した場合でほぼ同等の大きさとなった。

このことから、アシスト膜を用いた飛翔体発生方法におけるレーザービームにおけるフロントサイドフルエンス $F_F$ としては、材料によって変化するが、 $20 \text{ mJ/cm}^2$ 以上 $800 \text{ mJ/cm}^2$ 以下が好ましく、 $100 \text{ mJ/cm}^2$ 以上 $500 \text{ mJ/cm}^2$ 以下がより好ましい。フロントサイドフルエンス $F_F$ が、 $20 \text{ mJ/cm}^2$ 以上 $800 \text{ mJ/cm}^2$ 以下であると、転写精度よく飛翔体を転写させることができる。

#### 【0094】

次に、本発明の飛翔体発生装置の実施形態を、図面を用いて説明する。

図11Aは、本発明の飛翔体発生装置の一例を示す模式図である。

図11Aに示すように、本発明の飛翔体発生装置700は、図示しない光源から照射されるレーザービーム711、ビーム変換光学系721、及び集光光学系731を有し、基材741、飛翔対象材料751、及び被付着媒体761とともに使用する。飛翔体発生装置700において、図示しない光源から照射されたレーザービーム711は、所望のビームプロファイルに変換するためにビーム変換光学系721、集光光学系731としてのf レンズなどを通過し、飛翔対象材料751に基材741を介して照射されるようになっている。レーザービーム711が照射された飛翔対象材料751は、間隙（ギャップ）771を介して基材741に配された飛翔対象材料751と対向するように設けられた被付着媒体761に向かって飛翔し、付着する（付着後の飛翔対象材料752）。飛翔対象材料751と被付着媒体761との間隙（ギャップ）771は、図示しないギャップ保持手段により調整され、被付着媒体761の平面方向の位置調整は、図示しない位置調整手段によって行うことができる。

図11Bは、本発明の飛翔体発生装置の他の一例を示す模式図である。

図11Bに示すように、図は便宜上、軸対称モデルとしている。図11Bに示すように、飛翔体発生装置は、光源811、ビーム変換光学系821、走査光学系である(X-Y)ガルバノスキャナ831、集光光学系である集光レンズ841を有しており、試料台881上に飛翔対象材料853と、アシスト膜852と、を表面の少なくとも一部に配した透明体（基材）851を設置することができるようになっている。また、透明体（基材）851と被付着物（アクセプター基板）861との間隙を設けるためのGap（ギャップ）保持部材871を有している。なお、飛翔体発生装置は、光源811から照射されるガウシアンレーザービーム812をビーム変換光学系821において均熱照射レーザービーム813に変換している。

また、図11Bに示した飛翔体発生装置の一例においては、光源811、ビーム変換光学系821、走査光学系であるガルバノスキャナ831、及び集光レンズ841を有する飛翔対象材料飛翔手段により、飛翔対象材料853が配された表面と対向する表面側から透明体（基材）851に対し均熱照射レーザービーム813を照射することにより、均熱照射レーザービーム813の照射方向に飛翔対象材料853を飛翔させる。そして、図11Bに示した飛翔体発生装置の一例では、飛翔させた飛翔対象材料853（飛翔体）は、被付着物（対象）861に付着する。

#### 【0095】

本発明の飛翔体発生装置の他の実施形態の一例を図12に示す。

本発明の飛翔体発生装置は、レーザー光源1210と、ビーム整形光学系1220と、ビーム

10

20

30

40

50

ム変換光学系 1 2 3 0 と、走査光学系 1 2 4 0 と、被付着媒体 1 2 6 1、試料を移動させるための移動ステージ 1 2 6 2 及びホストコンピュータ 1 2 7 0 とを有する。ホストコンピュータ 1 2 7 0 は加工対象画像データ 1 2 8 0 に基づき、露光条件設定手段 1 2 7 1 に入力信号を出力し、その出力信号に基づき光源 1 2 1 0 を出力させる。

レーザ光源 1 2 1 0 から出力されたレーザビームは集光レンズ 1 2 0 1 を通り、ビームエキスパンダ ( B E X ) 1 2 0 2 により適切なビームに広げられる。

ビームエキスパンダ 1 2 0 2 以降には、試料面上での高品質なビームプロファイルを形成するために、入射レーザビームの断面形状を変倍する手段と、入射レーザビーム波面の位相分布を変換する手段を有する。

入射レーザビームは、ビーム整形光学系 1 2 2 0 を通過し、レーザビームを x y z の 3 次元走査に必要な多数の折り返しミラーを経由する。図 1 2 中においては、折り返しミラー 1 2 0 3 a ~ 1 2 0 3 f は 6 枚であるが、1 0 枚以上のミラーや光学素子 1 2 4 1 を配置することもできる。

レーザビームは、複数のミラーや光学素子 1 2 4 1 及びビーム変換光学系 1 2 3 0 を通過後、ガルバノミラーやポリゴンミラーなどの光偏向器 1 2 4 3 を有する走査光学系 1 2 4 0 で反射され、集光レンズ 1 2 4 4 を介して基材 1 2 5 1 表面又は基材内部に照射される。レーザビームは例えば図中 S の方向に走査しながら照射することができる。

図 1 2 に示す基材 1 2 5 1 には、レーザビームが照射される面と対向する表面にアシスト膜 1 2 5 2 及びその上に飛翔対象材料 1 2 5 3 をこの順で有しているものを示す。

飛翔対象材料 1 2 5 3 の膜 ( 層 ) と被付着材 1 2 6 1 との Gap 1 2 7 1 は、試料ステージにより、所望の距離になるように、ホストコンピュータ 1 2 7 0 からの座標制御信号 1 2 7 2 に基づいて試料台の位置を制御する。飛散を小さくするために、ギャップは狭い方が良いが、操作性や再現性、スループットを考慮すると広い方が良い。そのため、ギャップは 0 . 0 5 mm 以上 0 . 5 mm 以下が好ましい。

所望のビームに変換するためには、入射レーザビームの進行方向と直交する断面におけるレーザビームのエネルギー強度分布の形状と透過波面の形状が重要であり、そのためには、レーザビーム整形手段があるとよい。

以下に、レーザビーム整形手段の説明をする。

入射レーザビームの光軸に垂直な断面で、一方の軸の径と、それに直交するもう一方の軸の径の割合を変更する変倍手段と、入射レーザビーム波面の位相分布を変換する手段が、集光レンズの光源側に配置されており、入射レーザビームが集光レンズの前面で所望の断面形状と透過波面を可能とする構成となっている。

#### 【 0 0 9 6 】

最適な均熱照射を行うためには、光吸収材に適したレーザビーム波長を選択する必要があり、目的に応じて可視光だけでなく、赤外光や紫外光を適切に選択することもできる。

#### 【 0 0 9 7 】

( 画像形成方法及び画像形成装置 )

本発明の画像形成方法は、本発明の飛翔体発生方法と、飛翔体発生方法により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写工程を含み、さらに必要に応じてその他の工程を含む。

本発明の画像形成装置は、本発明の飛翔体発生装置と、飛翔体発生装置により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写手段を有し、さらに必要に応じてその他の手段を有する。

#### 【 0 0 9 8 】

本発明の画像形成方法は、本発明の画像形成装置により好適に実施することができ、飛翔対象材料飛翔工程は飛翔対象材料飛翔手段により工程に実施することができ、転写工程は転写手段により好適に実施することができ、その他の工程はその他の手段により好適に実施することができる。

#### 【 0 0 9 9 】

本発明の画像形成方法及び画像形成装置において、転写工程及び転写手段以外については

10

20

30

40

50



、本発明の飛翔体発生方法及び飛翔体発生装置と同じであるため、説明を省略する。

【0100】

<転写工程及び転写手段>

転写工程は、飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する工程である。

転写手段は、飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する手段である。

転写手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、飛翔対象材料から生じさせた飛翔体を被転写媒体に接触させる機構を備える手段などが挙げられる。具体的には、転写手段としては、例えば、被付着物と飛翔対象材料との間隙を調整する機構や、被付着物を搬送する機構を有するようによい。

【0101】

- 被転写媒体 -

被転写媒体（被付着物）としては、飛翔対象材料から生じさせた液柱乃至液滴が接触できれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、画像形成装置で用いられる記録媒体や中間転写ベルトなどが挙げられる。

【0102】

<その他の工程及びその他の手段>

その他の工程としては、例えば、飛翔対象材料供給工程、ビーム走査工程、被付着物搬送工程、定着工程、制御工程などが挙げられる。

その他の手段としては、例えば、飛翔対象材料供給手段、ビーム走査手段、被付着物搬送手段、定着手段、制御手段などが挙げられる。

また、飛翔対象材料飛翔手段、基材、飛翔対象材料供給手段、及びビーム走査手段を一体として飛翔対象材料飛翔ユニットとして扱ってもよい。

【0103】

飛翔対象材料供給手段としては、基材上において飛翔対象材料飛翔手段と被付着物との間のレーザビームの光路上に、飛翔対象材料が存在するように飛翔対象材料を供給できれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。飛翔対象材料供給手段としては、例えば、ディスペンサ方式の塗布手段により基材に対し飛翔対象材料を供給する手段、光路上に配置された円筒状の基材を介して飛翔対象材料を供給する手段などが挙げられる。

飛翔対象材料が液体であって、基材に飛翔対象材料を供給する場合には、飛翔対象材料供給手段として供給ローラ及び規制ブレードを設けることが、非常に簡単な構成で飛翔対象材料を基材の表面に一定の平均厚みで供給することができるため好ましい。

この場合、供給ローラは、飛翔対象材料を貯蔵する貯蔵槽に表面が一部浸漬し、飛翔対象材料を表面に担持しながら回転して、基材に当接することにより飛翔対象材料を供給する。規制ブレードは、供給ローラの回転方向における貯蔵槽の下流側に配置され、供給ローラが担持した飛翔対象材料を規制して平均厚みを均一にし、飛翔させる飛翔対象材料の量を安定させる。平均厚みを非常に薄くすることにより、飛翔させる飛翔対象材料の量を低減できるため、飛翔対象材料を飛散が抑制された微小なドットとして被付着物に付着可能とし、網点が太るドットゲインを抑制することができる。なお、規制ブレードは、基材の回転方向における供給ローラの下流側に配置されていてもよい。

【0104】

また、飛翔対象材料が高粘度である場合には、供給ローラの材質は、基材と確実に接触させるようにする点で、少なくとも表面が弾性を有するものが好ましい。飛翔対象材料が比較的粘度である場合には、供給ローラとしては、例えば、精密ウェットコーティングで用いられるような、グラビアロール、マイクログラビアロール、フォーワードロールなどが挙げられる。

【0105】

更に、供給ローラを設けない飛翔対象材料供給手段としては、貯蔵槽内の飛翔対象材料に基材を直接接触させた後にワイヤーバーなどで余分な飛翔対象材料を掻き取ることにより基材の表面に飛翔対象材料の膜（層）を形成するようによい。なお、貯蔵槽は、飛

10

20

30

40

50

翔対象材料供給手段とは別に設け、ホース等で飛翔対象材料を飛翔対象材料供給手段に供給するようにしてもよい。

【0106】

飛翔対象材料供給工程としては、飛翔対象材料飛翔手段と被付着物との間のレーザビームの光路上に、飛翔対象材料を供給する工程であれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、飛翔対象材料供給手段を用いて好適に行うことができる。

【0107】

図13は、本発明の画像形成装置の一例を説明する図である。

飛翔対象材料供給手段は、飛翔対象材料を供給する飛翔対象材料供給手段1511と、アシスト膜の材料を基材1543上に付与するアシスト膜材料付与手段1512と、搬送ローラ1541と、シート回収ローラ1542とを有している。

飛翔対象材料供給手段1511及びアシスト膜材料付与手段1512における付与方式としては、ディスペンサ方式が挙げられる。図13においては、ディスペンサ方式の例であり、飛翔対象材料供給手段1511及びアシスト膜材料付与手段1512は飛翔対象材料及びアシスト膜材料を吐出するシリンジ部を有する。

なお、アシスト膜はあらかじめ担持体に塗布されていてもよく、画像形成装置においては、飛翔対象材料のみを基材に付与してもよい。また、複数の飛翔対象材料供給手段を用いて異なる種類の飛翔対象材料を付与するようにしてもよい。

飛翔対象材料供給手段1511及びアシスト膜材料付与手段1512は搬送ローラ1541の回転に従動して、飛翔対象材料及びアシスト膜材料を基材1543上に付与することにより膜(層)として供給される。基材1543は、付与された飛翔対象材料及びアシスト膜材料を、被付着物1123に対向する側の面に分子間力によって担持する。なお、エア吸着や静電吸着によって、基材1543による飛翔対象材料及びアシスト膜材料の担持力を補強してもよい。

搬送ローラ1541には基材1543が予め巻き付けられており、巻き付けられた基材1543の一端は、搬送ローラ1541から+y方向に離間して配置されたシート回収ローラ1542に接続されている。

モータ等の駆動部による回転によって、シート回収ローラ1542は基材1543を巻き取り、この巻き取り動作により基材1543は+y方向に走行する。搬送ローラ1541は、基材1543の走行に従動回転するとともに、巻き付けられている基材1543を、シート回収ローラ1542に向けて送り出す。

基材1543は、飛翔対象材料を担持して走行し、搬送ローラ1541とシート回収ローラ1542の間に配置された光照射部1531に対向する位置で、光照射部1531によりレーザビーム1532が照射される。そして、飛翔対象材料を基材1543から飛翔させる処理と、被付着物1521に固定する処理が行われる。

基材1543に供給された飛翔対象材料は、搬送ローラ1541が回転することにより、レーザビーム1532が照射される位置に連続的に供給される。処理後に、飛翔対象材料は、基材1543ごとシート回収ローラ1542によって回収される。

【0108】

ビーム走査工程としては、レーザビームを飛翔対象材料に走査させる工程であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ビーム走査手段を用いて好適に行うことができる。

【0109】

被付着物搬送手段としては、被付着物を搬送することができれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、搬送ローラ対などが挙げられる。

被付着物搬送工程としては、被付着物を搬送する工程であれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、被付着物搬送手段を用いて好適に行うことができる。

【0110】

定着手段としては、被付着物に付着させた飛翔対象材料を定着させることができれば特に

10

20

30

40

50

制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、加熱加圧部材を用いた熱圧着方式のものなどが挙げられる。

加熱加圧部材としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、加熱ローラ、加圧ローラ、加熱ローラ及び加圧ローラを組み合わせたものなどが挙げられる。他の加熱加圧部材としては、例えば、これらに定着ベルトを組合せたもの、これらのうち加熱ローラを加熱ブロックに代えたものなどが挙げられる。

#### 【0111】

加圧ローラとしては、被付着物搬送手段により搬送される被付着物と等速度で加圧面が移動するものが、擦れによる画像劣化を抑制する点で、好ましい。この中でも、表面近傍に弾性層を形成したものが、被付着物に対して接触加圧しやすい点で、より好ましい。更に、最表面にシリコン系の撥水性材料やフッ素化合物などの低表面エネルギーの素材で撥水性表面層を形成した加圧ローラが、表面に飛翔対象材料が付着することによる画像の乱れを抑制する点で、特に好ましい。

10

シリコン系の撥水性材料からなる撥水性表面層としては、例えば、シリコン系離型剤の皮膜、シリコンオイル又は各種変性シリコンオイルの焼付皮膜、シリコンワニスの皮膜、シリコンゴムの皮膜、シリコンゴムと各種金属、ゴム、プラスチック、セラミック等の複合物からなる皮膜などが挙げられる。

フッ素化合物からなる撥水性表面層としては、フッ素樹脂の皮膜、有機フッ素化合物の皮膜、フッ素オイルの焼付皮膜又は吸着膜、フッ素ゴムの皮膜、若しくはフッ素ゴムと各種金属、ゴム、プラスチック、セラミック等の複合物からなる皮膜などが挙げられる。

20

#### 【0112】

加熱ローラにおける加熱温度としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、80 以上200 以下が好ましい。

#### 【0113】

定着ベルトとしては、耐熱性があり、機械的強度が高ければ特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、ポリイミド、PET、PEN等のフィルムなどが挙げられる。また、定着ベルトとしては、表面に飛翔対象材料が付着することによる画像の乱れを抑制する点で、加圧ローラの最表面を形成する材料と同じものを用いることが好ましい。定着ベルトは、肉厚を薄くすることができることにより、ベルト自体を加熱するエネルギーを小さくできるため、電源を入れてすぐに使用することができる。このときの温度及び圧力は定着させる飛翔対象材料の組成により変化するが、温度としては200 以下が省エネの観点から好ましく、圧力としては1 kg/cm以下が装置の剛性の点で好ましい。

30

#### 【0114】

なお、2種以上の飛翔対象材料を用いる場合は、各色の飛翔対象材料が被付着物に付着する毎に定着させてもよく、全種の飛翔対象材料が被付着物に付着して積層された状態で定着させてもよい。

また、飛翔対象材料が非常に高粘度であって、乾燥が遅くなり被付着物に対する付着速度の向上が困難な場合には、被付着物を追加で加熱し、乾燥を促進させてもよい。

更に、飛翔対象材料の被付着物への浸透及び濡れが遅く、付着させた飛翔対象材料が十分に平滑化していない状態で乾燥させた場合、飛翔対象材料が付着した被付着物の表面が粗くなるため、被付着物の表面の光沢が得られない場合がある。被付着物の表面の光沢を得るためには、加圧して定着させる定着手段とすることにより、被付着物に付着した飛翔対象材料をつぶしながら被付着物に押し込むよう定着させて、被付着物の表面粗さを小さくするようにしてもよい。

40

定着手段は、特に粉体を押し固めて形成した固体の飛翔対象材料を用いた場合などに、被付着物に定着させるために必要となる。なお、必要に応じて、定着手段とともに公知の光定着器を用いてもよい。

定着工程としては、被付着物に付着させた飛翔対象材料を、被付着物に定着させる工程であれば、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、定着手段を用

50

いて好適に行うことができる。

【0115】

制御手段としては、各手段の動きを制御することができる限り特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、シーケンサー、コンピュータ等の機器が挙げられる。

制御工程は、各工程を制御する工程であり、制御手段により好適に行うことができる。

【0116】

- 被付着物 -

被付着物（被転写媒体）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、画像を形成するための記録媒体、立体造形物を形成するための造形物支持基板などが挙げられる。

10

【0117】

- - 記録媒体 - -

記録媒体としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、コート紙、上質紙、フィルム、布、繊維などが挙げられる。

【0118】

被付着物と飛翔対象材料との間隙（ギャップ）としては、被付着物と飛翔対象材料とを接触させなければ特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、0.05 mm以上5 mm以下が好ましく、0.10 mm以上2.0 mm以下がより好ましく、0.2 mm以上1.0 mm以下が特に好ましく、0.10 mm以上0.50 mm以下が最も好ましい。被付着物と飛翔対象材料との間隙が好ましい範囲内であると、被付着物に対する飛翔対象材料の付着位置の精度が低下しにくくなる点で有利である。また、被付着物と飛翔対象材料とを接触させないことにより、飛翔対象材料、被付着物の組成を選ばず飛翔対象材料を被付着物に付着させることが可能となる。本発明においては、特に、少なくとも0.5 mm以上離れた被付着物に付着させる場合の付着位置精度に優れる。

20

更に、間隙は、例えば、被付着物の位置を一定に維持する位置制御手段などにより一定に保たれることが好ましい。この場合、飛翔対象材料及び被付着物の位置変動、平均厚みのバラつきを考慮して各部位を配置することが重要となる。

【0119】

また、被転写媒体（被付着物）における、転写（付着）後の飛翔対象材料の平均直径（平均ドット径）としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができるが、100 μm以下とすることが、形成する画像や立体造形物の解像度をより向上させることができる点で好ましい。本発明においては、飛翔する液滴の径は照射されるレーザビーム径よりも小さい径で飛翔するが、被転写媒体上では着滴時の衝撃及び被転写媒体表面との表面張力の関係によって形成されるドット径は変化する。

30

また、平均ドット径は、例えば、マイクロスコープ等で飛翔対象材料のドット画像を取得して画像輝度情報からドット領域を検出し、検出したドット領域のピクセル数から各ドットの面積を算出、円形に換算した時の直径をドット径とし、これを平均することにより求めることができる。

【0120】

さらに、被転写媒体（被付着物）における、転写（付着）後の飛翔対象材料の直径（ドット径）のバラつきの値としては、10%以下とすることが好ましく、6%以下とすることがより好ましい。被転写媒体における、転写後の飛翔対象材料の直径のバラつきの値を、上記の好ましい範囲とすることにより、画像や立体造形物を形成する際の精度をより向上させることができる。

40

また、被転写媒体における、転写後の飛翔対象材料の直径のバラつきの値は、例えば、マイクロスコープ等で飛翔対象材料のドット画像を取得して画像輝度情報からドット領域を検出し、検出したドット領域のピクセル数から各ドットの面積を算出、円形に換算した時の直径をドット径とし、各ドットの粒径分布の平均粒径と標準偏差から算出することにより求めることができる。

50

## 【0121】

加えて、被転写媒体（被付着物）における、転写（付着）後の飛翔対象材料の位置（ドット位置）のばらつきの値としては、 $10\ \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましく、 $5\ \mu\text{m}$ 以下とすることがより好ましい。被転写媒体における、転写後の飛翔対象材料の位置のばらつきの値を、上記の好ましい範囲とすることにより、画像や立体造形物を形成する際の精度をより向上させることができる。なお、被転写媒体における、転写後の飛翔対象材料の位置のばらつきの値としては、例えば、飛翔対象材料のドットを一行に付着させる場合には、そのドットの列と直行する方向における、飛翔対象材料の位置のばらつきの値とすることができる。

例えば、マイクロスコブ等で飛翔対象材料のドット画像を取得して画像輝度情報からドット領域を検出し、検出した各ドット領域の重心座標を算出、各重心の最小二乗法による近似直線からのずれを算出することにより求めることができる。

10

## 【0122】

なお、飛翔対象材料飛翔手段、飛翔対象材料供給手段、及びビーム走査手段を一体として着色剤飛翔ユニットとして扱ってもよい。

例えば、着色剤飛翔ユニットを画像形成装置に4つ設け、プロセスカラーであるイエロー、マゼンタ、シアン、ブラックの着色剤を飛翔させるようにしてもよい。着色剤の色数としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、必要に応じて着色剤飛翔ユニットの数を増減させてもよい。また、記録媒体の搬送方向における、プロセスカラーの着色剤を有する着色剤飛翔ユニットの上流側に、白色の着色剤を有する着色剤飛翔ユニットを配置することで、白色隠蔽層を設けることが可能となるため、透明な記録媒体に色再現性に優れた画像を形成できる。ただし、特にイエロー、白色、透明の着色剤においては、レーザビームの波長の光の透過率（吸光度）が適正となるように、レーザ光源を、例えば、ブルーレーザビーム、紫外線レーザビームなどに適宜選択してしなければならない場合がある。

20

## 【0123】

更に、画像形成装置では、高粘度の着色剤を用いることができるので、記録媒体上に順次異なる色の着色剤を重ねて画像を形成しても、着色剤が滲み出して交じり合うブリーディングの発生を抑制できるため、高画質のカラー画像を得ることができる。

## 【0124】

画像形成装置の小型化などを目的として、着色剤飛翔ユニットを1つだけ設け、供給ローラ及び着色剤担持体に供給する着色剤自体を切り替えて複数色の画像を形成するようにしてもよい。

30

## 【0125】

また、本発明の画像形成装置を、以下のように、立体造形物の製造装置に応用することもできる。

## 【0126】

（立体造形物の製造方法及び立体造形物の製造装置）

本発明の立体造形物の製造方法は、本発明の飛翔体発生方法と、飛翔体発生方法により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写工程と、転写した飛翔対象材料を硬化する硬化工程と、を含み、硬化した飛翔対象材料の上に、飛翔対象材料飛翔工程において飛翔対象材料を飛翔させた後、硬化工程において未硬化の飛翔対象材料を硬化することを繰り返して、立体造形物を製造する。また、本発明の立体造形物の製造方法は、更に必要に応じてその他の工程を含む。

40

本発明の立体造形物の製造装置は、本発明の飛翔体発生装置と、飛翔体発生装置により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写手段と、転写した飛翔対象材料を硬化する硬化手段と、を有し、硬化した飛翔対象材料の上に、飛翔対象材料飛翔手段により飛翔対象材料を飛翔させた後、硬化手段により未硬化の飛翔対象材料を硬化することを繰り返して、立体造形物を製造

50

する。また、本発明の立体造形物の製造装置は、更に必要に応じてその他の手段を有する。

【0127】

本発明の立体造形物の製造方法及び立体造形物の製造装置は、本発明の画像形成方法及び画像形成装置において、硬化工程及び硬化手段を有すること、硬化した飛翔対象材料上に飛翔対象材料を転写させ硬化することを繰り返すこと、以外は本発明の画像形成方法及び画像形成装置と同じであるため、説明を省略する。

【0128】

<硬化工程及び硬化手段>

硬化工程は、転写した飛翔対象材料を硬化する工程である。

硬化手段は、転写した飛翔対象材料を硬化する手段である。

硬化手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、飛翔対象材料が紫外線硬化性材料であれば、紫外線照射器などが挙げられる。

【0129】

本発明の立体造形物の製造装置においては、例えば、既に硬化した飛翔対象材料の上に、飛翔対象材料飛翔手段により飛翔対象材料を飛翔させた後、硬化手段により未硬化の（まだ硬化していない）飛翔対象材料を硬化することを繰り返すことにより、立体造形物を製造することができる。

【0130】

<その他の工程及びその他の手段>

その他の工程としては、例えば、飛翔対象材料供給工程、立体造形ヘッドユニット走査工程、基板位置調整工程、制御工程などが挙げられる。

その他の手段としては、例えば、飛翔対象材料供給手段、立体造形ヘッドユニット走査手段、基板位置調整手段、制御手段などが挙げられる。

【0131】

<<飛翔対象材料供給手段>>

飛翔対象材料供給手段は、飛翔対象材料が立体造形剤であり、被付着物が造形物支持基板であること以外は前述の飛翔対象材料供給手段と同様であるため、その説明を省略する。

【0132】

<<立体造形ヘッドユニット走査手段>>

立体造形ヘッドユニット走査手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、飛翔対象材料飛翔ユニットと硬化手段とを一体とした立体造形ヘッドユニットを造形物支持基板上で装置の幅方向（X軸）に走査させてもよい。なお、立体造形ヘッドユニットは、例えば、飛翔対象材料飛翔ユニットが付与した紫外線硬化性の飛翔対象材料を硬化手段により硬化させるものとすることができる。また、立体造形ヘッドユニットは複数設けるようにしてもよい。

【0133】

<<基板位置調整手段>>

基板位置調整手段としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、装置の奥行き方向（Y軸）及び高さ方向（Z軸）に造形物支持基板の位置を調整可能な基体（ステージ）としてもよい。

【0134】

<<制御手段>>

制御手段は、前述した画像形成装置の制御手段と同様であるため、その説明を省略する。

【0135】

立体造形剤としては、硬化性材料を少なくとも含有してなり、更に必要に応じて、その他の成分を含有してなる。

【0136】

<<硬化性材料>>

硬化性材料としては、活性エネルギー線（紫外線、電子線等）照射、加熱等により重合反

10

20

30

40

50

応を生起し硬化する化合物であれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、活性エネルギー線硬化性化合物、熱硬化性化合物などが挙げられる。これらの中でも、常温で液体の材料が好ましい。

活性エネルギー線硬化性化合物は、分子構造中にラジカル重合可能な不飽和二重結合を有する比較的低粘度のモノマーであり、単官能モノマー、多官能モノマーなどが挙げられる。

#### 【0137】

<<その他の成分>>

その他の成分としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、水、有機溶剤、光重合開始剤、界面活性剤、着色剤、安定化剤、水溶性樹脂、低沸点アルコール、表面処理剤、粘度調整剤、接着性付与剤、酸化防止剤、老化防止剤、架橋促進剤、紫外線吸収剤、可塑剤、防腐剤、分散剤などが挙げられる。

10

#### 【0138】

- 造形物支持基板 -

造形物支持基板としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、基板位置調整手段によりY軸及びZ軸の位置が調整されるようにしてもよい。

#### 【0139】

造形物支持基板と基材との間隙としては、被付着物と基材との間隙と同じであるので、その説明を省略する。

#### 【0140】

次に、本発明における立体造形物の製造装置の一例について図面を参照して説明する。

なお、下記構成部材の数、位置、形状等は本実施の形態に限定されず、本発明を実施する上で好ましい数、位置、形状等にすることができる。

立体造形物の製造装置1600について、図14を参照して説明する。図14は、立体造形物の製造装置1600の構成の一例を説明する図である。

立体造形物の製造装置1600は、造形する造形物(造形過程にある造形物)200を支持する支持部材であるステージ1641を備えている。ステージ1641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。

ステージ1641の下側にはステージ加熱ヒータ1642が配置され、ステージ1641は造形材としての飛翔対象材料1612に合わせた温度に制御される。

ステージ1641の上方には、粒子状の飛翔対象材料1612を担持する回転部材からなる担持体(基材)1611が配置されている。担持体1611は、飛翔対象材料1612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1641上の造形物1630の上方まで飛翔対象材料1612を移送する。担持体1611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。

飛翔対象材料1612は、目的とする造形物1630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、本実施形態の飛翔対象材料1612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。

また、飛翔対象材料1612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、飛翔対象材料1612は、1pa・s以上の粘度を有する材料であってもよい。

担持体1611の周面による飛翔対象材料1612の担持は、本実施形態では、分子間力(ファンデルワールス力)によって行っている。また、飛翔対象材料1612の抵抗値が

30

40

50

高い場合、静電的な付着力だけでも担持できる。

担持体 1611 の周囲には、担持体 1611 の周面（表面）に飛翔対象材料 1612 を供給する飛翔対象材料供給部 1620 が配置されている。

飛翔対象材料供給部 1620 は、内部に飛翔対象材料 1612 が供給されて矢印方向に回転するメッシュローラ 1621 と、メッシュローラ 1621 内で飛翔対象材料 1612 を摺って擦るブレード 1622 とを備えている。この飛翔対象材料供給部 1620 は、ブレード 1622 で飛翔対象材料 1612 を摺って擦りながら凝集を解くことで、メッシュローラ 1621 を通過させ、担持体 1611 の周面に飛翔対象材料 1612 の薄膜（層）を形成する。

メッシュローラ 1621 のメッシュの開目は飛翔対象材料 1612 の平均粒径より 20 ~ 30 % 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。

飛翔対象材料供給部 1620 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。

担持体 1611 の内側には、担持体 1611 の周面から飛翔対象材料 1612 を飛翔させる手段としての光照射部 1602 が配置されている。

光照射部 1602 は、上述した各実施形態の何れかと同様の構成であり、担持体 1611 の内側から飛翔対象材料 1612 に対してパルス状の飛翔用レーザビーム 1603、固定用レーザビーム 1604 を照射する。ここで、固定用レーザビーム 1604 の照射位置が造形位置に対応する。

飛翔対象材料 1612 は、飛翔用レーザビーム 1603 を照射されることで、担持体 1611 の周面から飛翔用レーザビーム 1603 の照射方向に飛翔する。

また、固定用レーザビーム 1604 の照射により造形物 1630 に付着した飛翔対象材料 1612 を加熱し、溶融させ、その後、飛翔対象材料 1612 が冷却することで造形物 1630 と一体になり、造形物 1630 が少なくとも 1 飛翔対象材料分成長する。

このように、担持体 1611 の連続回転によって飛翔対象材料 1612 を移送しながら、飛翔用レーザビーム 1603 により飛翔対象材料 1612 を飛翔させる処理と、固定用レーザビーム 1604 により付着した飛翔対象材料 1612 を加熱して溶融させ、造形物 1630 の表面に固定する処理を、造形が完了するまで繰り返す。

これによって、造形物 1630 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。

なお、本実施形態では、造形物 1630 上に付着させた飛翔対象材料 1612 に、固定用レーザビーム 1604 を照射して溶融させる固定方式の例を示したが、これに限定されるものではない。固定用レーザビーム 1604 を予め造形物 1630 表面に照射することで溶融させた造形物 1630 の表面に、飛翔用レーザビーム 1603 の照射で飛翔させた飛翔対象材料 1612 を付着させ、その後の造形物 1630 表面の冷却により飛翔対象材料 1612 を固定する方式においても本実施形態を適用できる。固定用レーザビーム 1604 の照射タイミングに対して飛翔用レーザビーム 1603 の照射タイミングを遅延させることで、このような方式を実行可能である。

以上、本発明の実施形態の例について記述したが、本発明は斯かる特定の実施形態に限定されるものではなく本発明の要旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

#### 【実施例】

##### 【0141】

以下、本発明の実施例を説明するが、本発明は、これらの実施例に何ら限定されるものではない。

以下では、図 11A に示した飛翔対象材料飛翔手段を有する画像形成装置を用いた。

##### 【0142】

（実施例）

< 基材、光吸収材及び被付着物 >

10

20

30

40

50



基材としてのスライドガラス（松浪硝子工業株式会社製、マイクロスライドガラス S 7 2 1 3 ; 5 3 2 nm 波長光の透過率が 9 9 % ）上に、飛翔対象材料（光吸収材）として、金を蒸着した。

【 0 1 4 3 】

次に、飛翔対象材料を付与した基材の表面を被附着物（被転写媒体）と対向させ、光吸収材の裏面からレーザビームを垂直に照射できるように基材を設置した。

被附着物（被転写媒体）と飛翔対象材料との間隙（ギャップ）を 2 0 0 μ m とした。

【 0 1 4 4 】

なお、図 1 1 A に示した画像形成装置を用いて照射したレーザは以下のとおりである。

飛翔対象材料飛翔手段は、レーザ光源、レーザビーム整形手段、レーザビーム変換手段などを有する。 10

図 1 1 A に示す飛翔体発生装置における光吸収材飛翔手段は、ガルバノスキャナを搭載した走査光学系を有する。

まず、波長 1 0 6 4 nm の Nd : Y A G レーザ光源ユニットから射出したレーザを、空間アイソレータ、 $\lambda / 4$  板、コリメートレンズを通過させた。音響光学偏向素子（AOM）は、PC 及びコントローラからの ON / OFF 信号をもとに、0 次光と 1 次光に時間的に分離することで、レーザ光源の周波数を制御した。ミラーとレンズを通過する際に 0 次光はカットされ、1 次光のみが非線形光学結晶（SHG 素子）を通過し、非線形光学効果により、2 次高調波（SHG）が発生し、波長 5 3 2 nm の Green 光を発生させた。ハーモニックセパレータ HS により、基本波と 2 次高調波を分離させ、Green 単色のレーザビームを得た。得られた Green 光は、収差補正や縦横変倍素子により、位相分布と強度分布を補正され、ズームレンズを通過して、均熱照射レーザビームに変換する図 8 に示す位相分布変換手段に入射されるようにした。 20

その後、ミラー、ND、そのほかの光学素子を通過して、ガルバノミラーなどの光偏向器で反射され、集光レンズ（焦点距離：1 0 0 mm）を介して試料（光吸収材、マゼンタインク）面あるいは試料内部にレーザビームを照射した。なお、レーザビーム径：1 0 0 μ m、 $h_0$ （FWHM /  $(1 / e^2)$  幅）：0 . 8 5、走査速度：2 0 0 mm / s、4 0 0 μ m 間隔で 1 ショット露光を行った。

【 0 1 4 5 】

< 付着状態の評価 >

レーザビーム照射後の基材における残ドナー像（基材上の飛翔対象材料におけるレーザ照射痕）を図 1 7 A に、転写した飛翔対象材料の被附着物における像を図 1 7 B に示す。この結果から、均熱照射レーザビームによる飛翔は、飛散が見られず、4 0 0 μ m 間隔の隣接ドットを明確に形成し、各ドットが明確に分離できていた。 30

【 0 1 4 6 】

（比較例）

実施例において、レーザビーム整形手段及びレーザビーム変換手段を用いずに、レーザビーム径：1 0 0 μ m のガウシアンレーザビームを用いた以外は、実施例 1 と同様にして、飛翔対象材料を飛翔させた。

【 0 1 4 7 】

< 付着状態の評価 >

レーザビーム照射後の基材における残ドナー像を図 1 7 C に、転写した飛翔対象材料の被附着物における像を図 1 7 D に示す。

図 1 7 D に示すように、付着した光吸収材は隣接するドットと区別することができない程度に被附着物上に散在しており、まとまった形状を確認することができなかった。

したがって、均熱照射レーザビームの方が、ガウシアンレーザビームより転写性が優れていることが分かった。

【 0 1 4 8 】

本発明の態様としては、例えば、以下のとおりである。

< 1 > 飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、前記飛翔対象材料 50

が配された表面と対向する表面側から前記基材に対し、

前記基材と前記飛翔対象材料との界面において、前記飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、

レーザビームを照射することにより、前記レーザビームの照射方向に前記飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔工程を含む、ことを特徴とする飛翔体発生方法である。

< 2 > 前記レーザビームの進行方向と直交する断面における前記レーザビームのエネルギー強度分布が略均一である、前記< 1 >に記載の飛翔体発生方法である。

< 3 > 前記レーザビームの進行方向と直交する断面における前記レーザビームのエネルギー強度分布の半値全幅 (FWHM) と、 $1/e^2$  幅との比  $h_0$  (FWHM / ( $1/e^2$  幅)) が、 $0.6 < h_0 < 1$ 、を充たす、前記< 1 > から< 2 > のいずれかに記載の飛翔体発生方法である。

< 4 > 前記基材と、前記飛翔対象材料と、の間に飛翔を補助するアシスト膜を有する、前記< 1 > から< 3 > のいずれかに記載の飛翔体発生方法である。

< 5 > 前記アシスト膜が前記レーザビームを吸収する光吸収領域と、前記レーザビームを吸収しない非光吸収領域とを有する、前記< 4 > のいずれかに記載の飛翔体発生方法である。

< 6 > 前記飛翔対象材料が配された表面における前記レーザビームのフルエンス  $F_B$  が、前記レーザビームが照射される前記基材の表面における前記レーザビームのフルエンス  $F_F$  の 20% 以上である、前記< 1 > から< 5 > のいずれかに記載の飛翔体発生方法である。

< 7 > 前記基材上に照射された前記レーザビームの直径が  $20 \mu\text{m}$  以上  $200 \mu\text{m}$  以下である、前記< 1 > から< 6 > のいずれかに記載の飛翔体発生方法である。

< 8 > 飛翔対象材料を表面の少なくとも一部に配した基材における、前記飛翔対象材料が配された表面と対向する表面側から前記基材に対し、

前記基材と前記飛翔対象材料との界面において、前記飛翔対象材料の融点以上の略均一な温度分布を示す均熱領域を生じさせるように、

レーザビームを照射することにより、前記レーザビームの照射方向に前記飛翔対象材料を飛翔させる飛翔対象材料飛翔手段を有する、ことを特徴とする飛翔体発生装置である。

< 9 > 前記飛翔対象材料を前記基材に供給する飛翔対象材料供給手段を有する、前記< 8 > に記載の飛翔体発生装置である。

< 10 > 前記レーザビームの位相分布を変換する位相変換手段を有する、前記< 8 > から< 9 > のいずれかに記載の飛翔体発生装置である。

< 11 > 前記< 8 > から< 10 > のいずれかに記載の飛翔体発生装置と、前記飛翔体発生装置により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写手段と、を有することを特徴とする画像形成装置である。

< 12 > 前記< 8 > から< 10 > のいずれかに記載の飛翔体発生装置と、前記飛翔体発生装置により飛翔させた飛翔対象材料を被転写媒体に転写する転写手段と、転写した前記飛翔対象材料を硬化する硬化手段と、を有し、

硬化した前記飛翔対象材料の上に、前記飛翔体発生装置により前記飛翔対象材料を飛翔させた後、前記硬化手段により未硬化の前記飛翔対象材料を硬化することを繰り返して、立体造形物を製造することを特徴とする立体造形物の製造装置である。

【0149】

前記< 1 > から< 7 > のいずれかに記載の飛翔体発生方法、前記< 8 > から< 10 > のいずれかに記載の飛翔体発生装置、前記< 11 > に記載の画像形成装置、及び前記< 12 > に記載の立体造形物の製造装置によれば、従来における前記諸問題を解決し、前記本発明の目的を達成することができる。

【符号の説明】

【0150】

411、512、551、741、851、1543、1611 基材

421、751、853、1612 飛翔対象材料

10

20

30

40

50

4 3 1、4 3 3、7 1 1、8 1 2、8 1 3、1 5 3 2、1 6 0 3 レーザビーム

【先行技術文献】

【特許文献】

【0 1 5 1】

【特許文献 1】国際公開第 2 0 1 6 / 1 3 6 7 2 2 号

【図面】

【図 1 A】

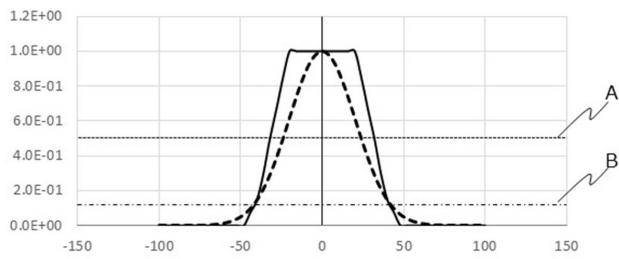


【図 1 B】

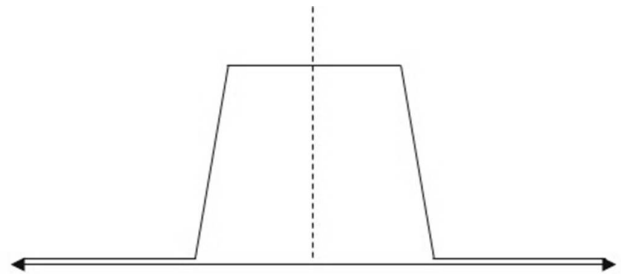


10

【図 2】



【図 3 A】



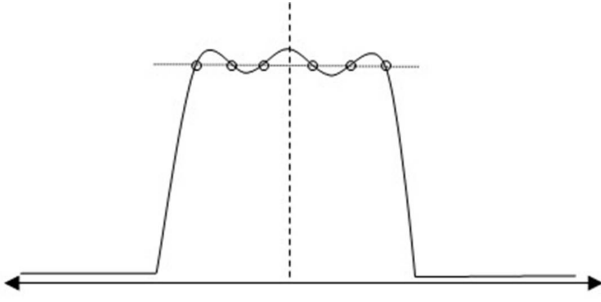
20

30

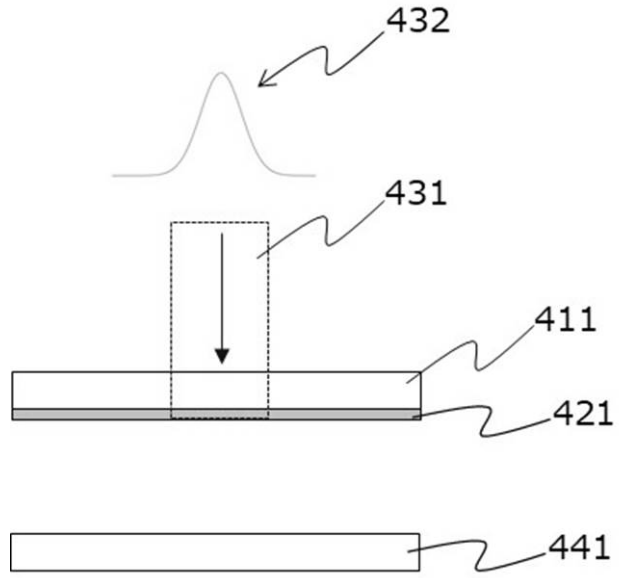
40

50

【 図 3 B 】

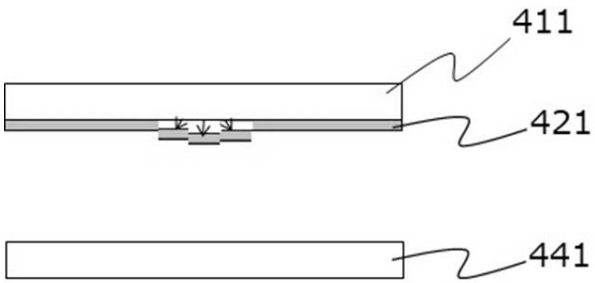


【 図 4 A 】

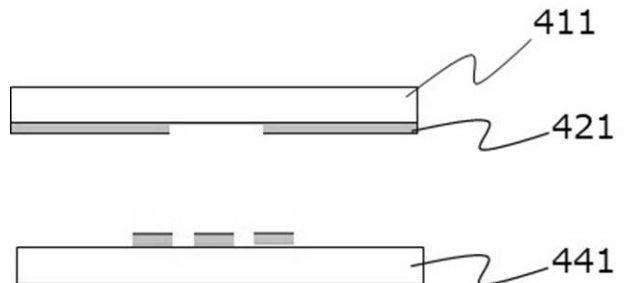


10

【 図 4 B 】



【 図 4 C 】



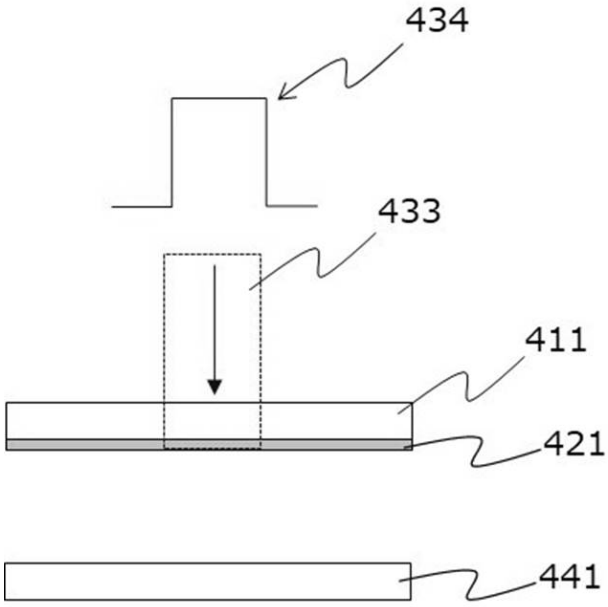
20

30

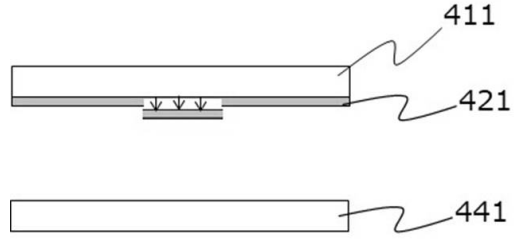
40

50

【 図 4 D 】

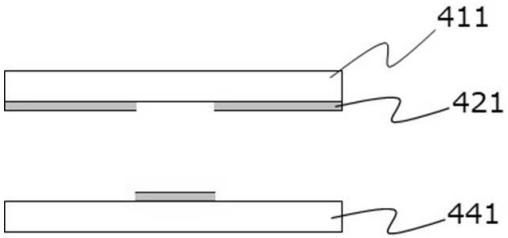


【 図 4 E 】

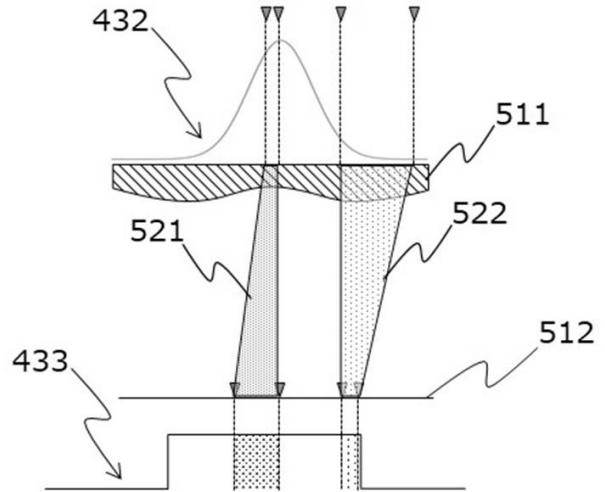


10

【 図 4 F 】



【 図 5 A 】



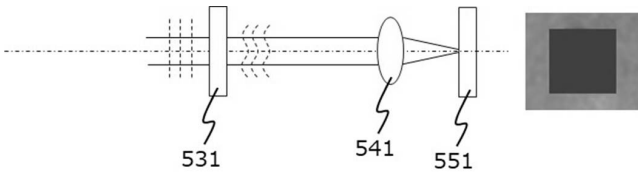
20

30

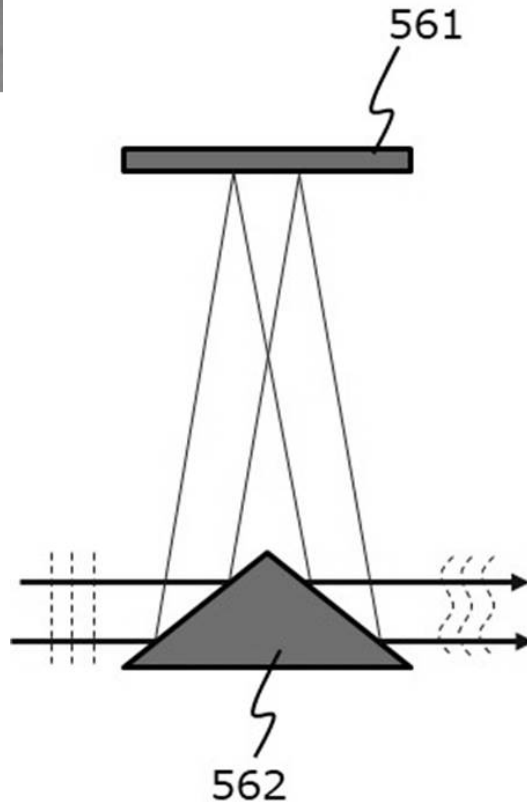
40

50

【図 5 B】



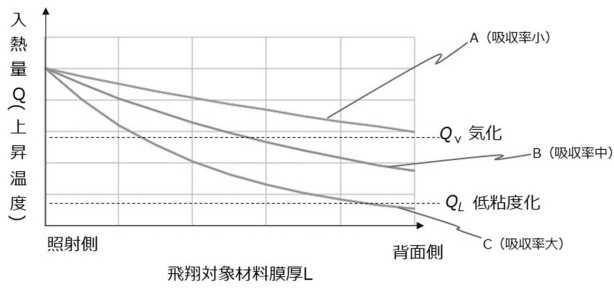
【図 5 C】



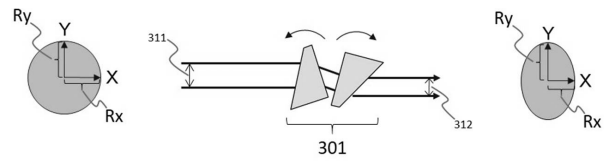
10

20

【図 6】



【図 7 A】

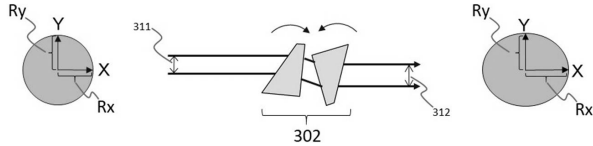


30

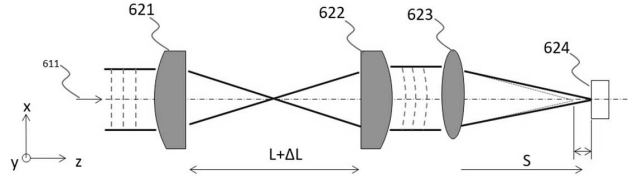
40

50

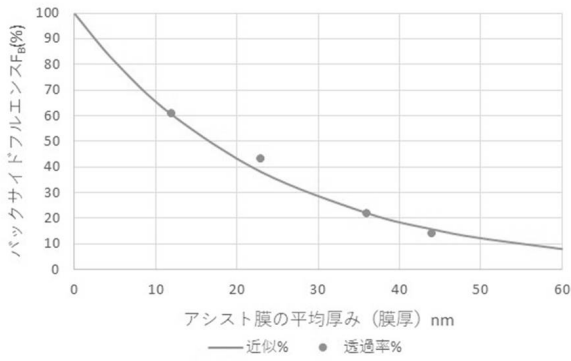
【図 7 B】



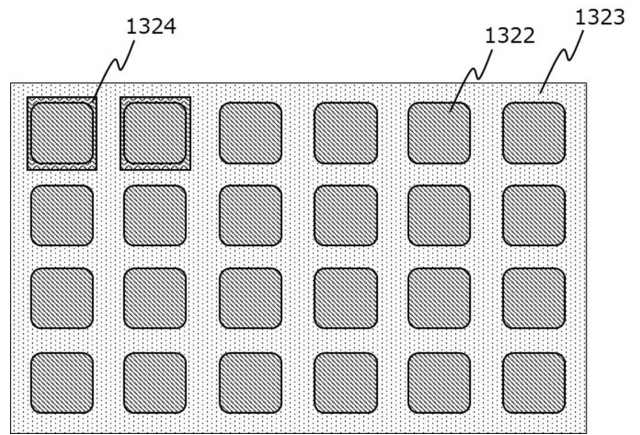
【図 8】



【図 9】



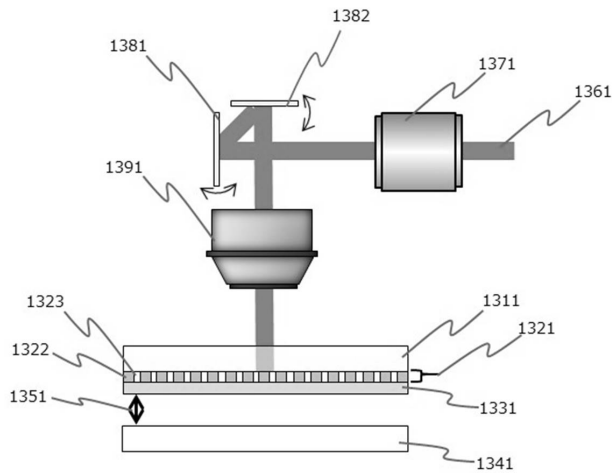
【図 10 A】



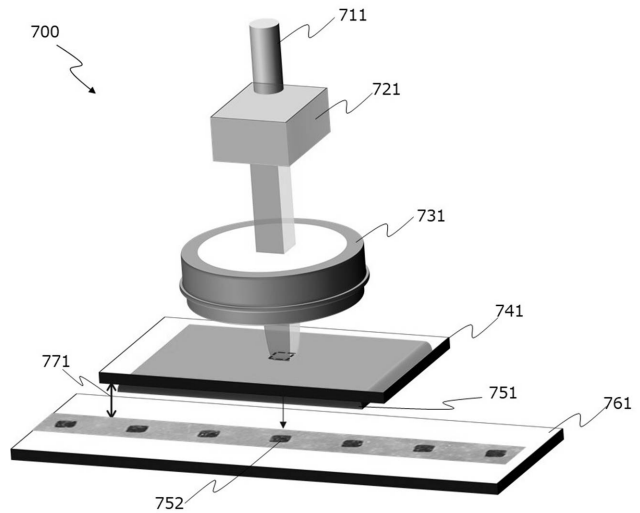
10

20

【図 10 B】



【図 11 A】

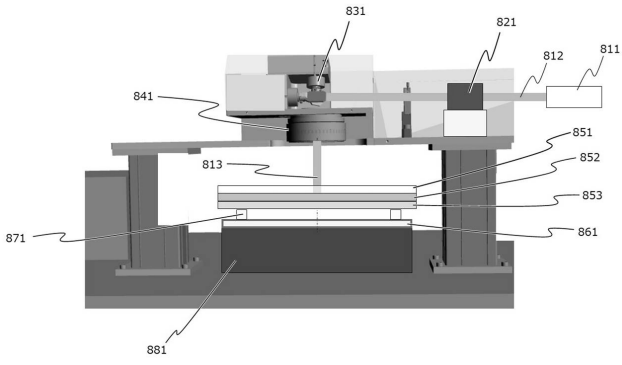


30

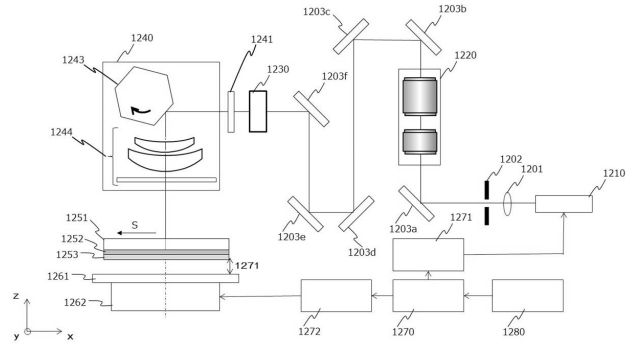
40

50

【 図 1 1 B 】

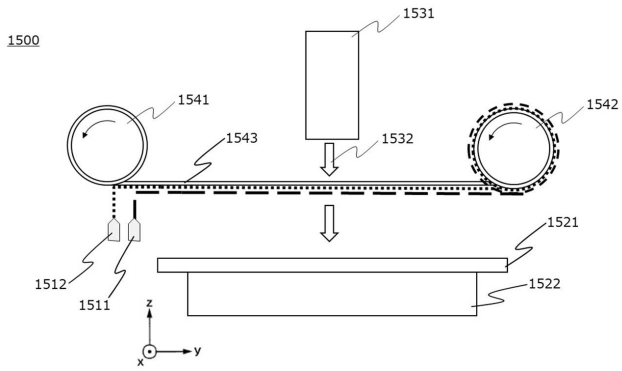


【 図 1 2 】

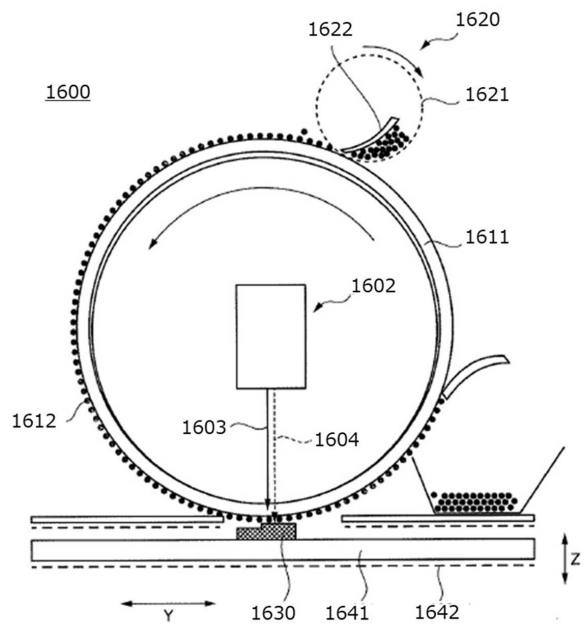


10

【 図 1 3 】



【 図 1 4 】



20

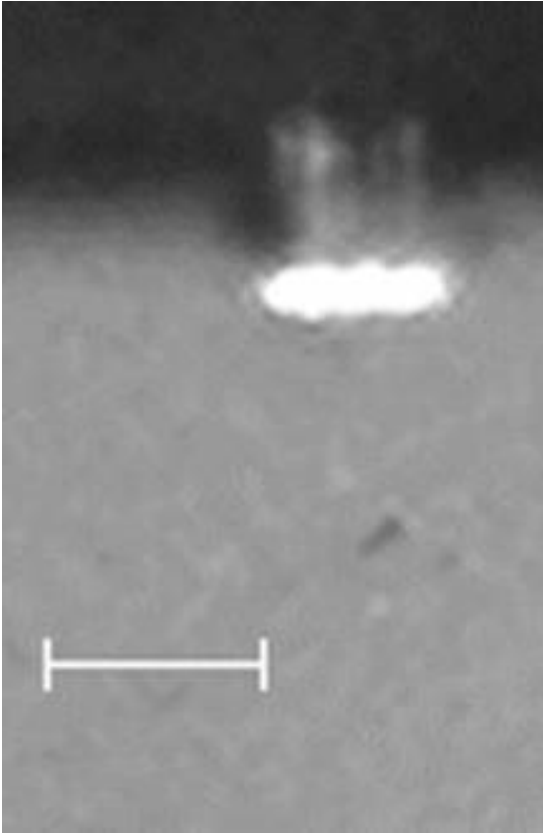
30

40

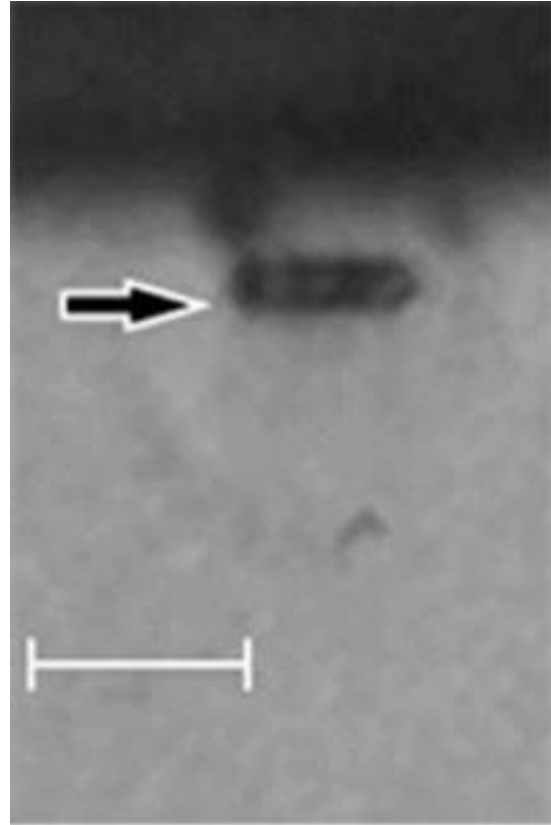
50



【 図 1 5 A 】



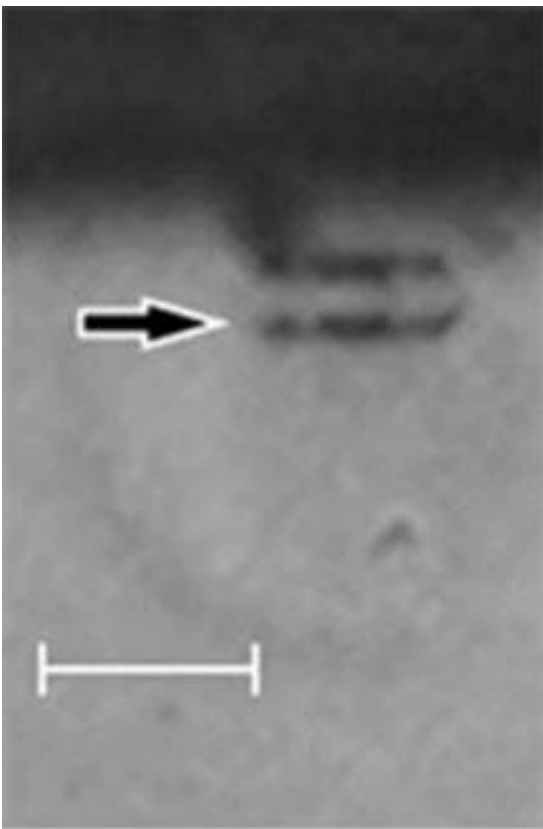
【 図 1 5 B 】



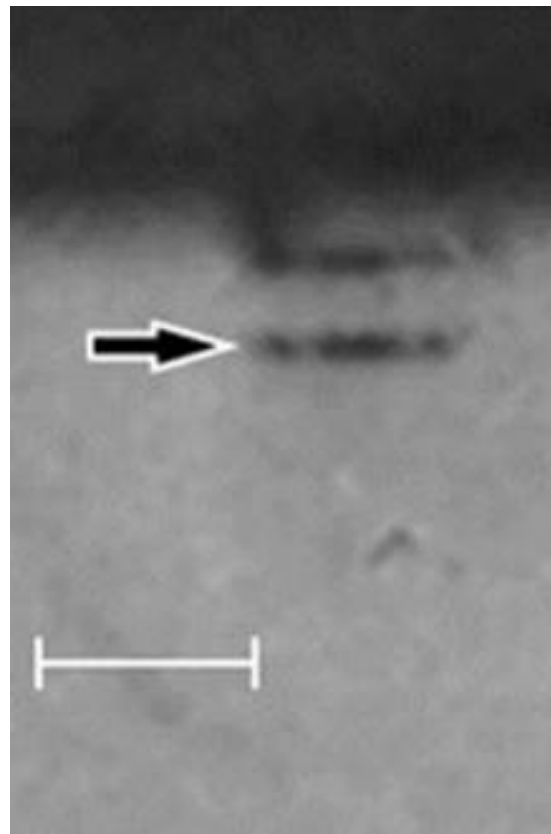
10

20

【 図 1 5 C 】




【 図 1 5 D 】

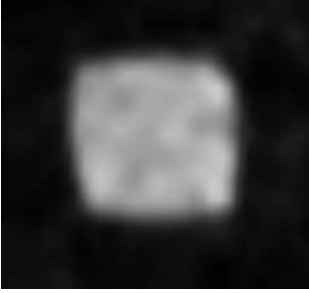



30

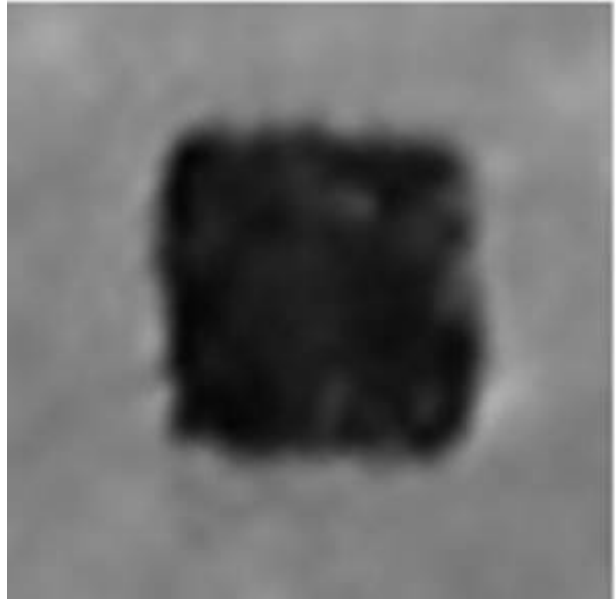
40

50

【 1 6 A】




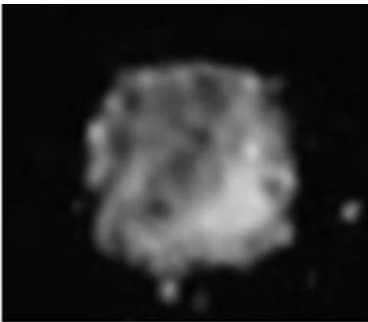
【 1 6 B】




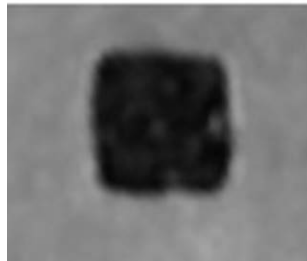
10

20

【 1 6 C】




【 1 6 D】

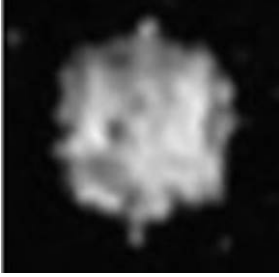



30

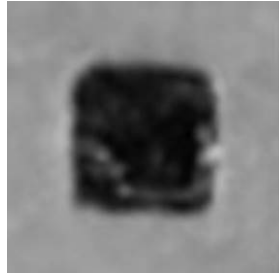
40


50

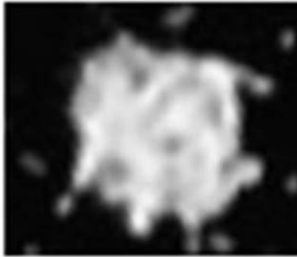
【 1 6 E】




【 1 6 F】




【 1 6 G】

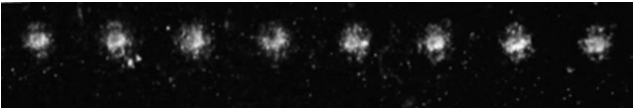



【 1 7 A】



10


【 1 7 B】

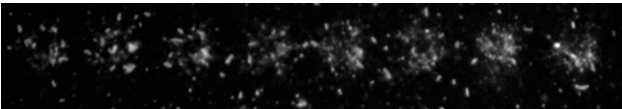


【 1 7 C】



20

【 1 7 D】



30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
<b>B 2 2 F 3/105(2006.01)</b>	B 2 2 F 3/105	
<b>B 2 2 F 3/16 (2006.01)</b>	B 2 2 F 3/16	
<b>B 4 1 M 5/025(2006.01)</b>	B 4 1 M 5/025	
<b>B 2 8 B 1/30 (2006.01)</b>	B 2 8 B 1/30	
<b>B 2 3 K 26/342(2014.01)</b>	B 2 3 K 26/342	

Fターム (参考) 2H286 DA04 DA06 DA17  
 4E168 AE05 BA33 CB04 DA02 DA03 DA04 DA23 DA24 DA27 DA34  
 DA35 DA39 DA45 DA46 DA47 EA13 EA14 EA15 FD01 JA01 JA14  
 JA15 JA17  
 4F213 WA25 WB01 WL03 WL76  
 4G052 DA02 DB12 DC06  
 4K018 AA02 AA03 AA07 AA14 BA01 BA02 BA04 BA08 BB04 CA44  
 EA51 EA60