

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2023-527

(P2023-527A)

(43)公開日 令和5年1月4日(2023.1.4)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
B 2 9 C 64/205(2017.01)	B 2 9 C 64/205	4 F 2 1 3
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 2 9 C 64/106(2017.01)	B 2 9 C 64/106	
B 2 9 C 64/268(2017.01)	B 2 9 C 64/268	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全41頁)

(21)出願番号	特願2021-101409(P2021-101409)	(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
(22)出願日	令和3年6月18日(2021.6.18)	(71)出願人	304021831 国立大学法人千葉大学 千葉県千葉市稲毛区弥生町1番33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	金子 晃大 東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株 式会社リコー内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 飛翔体転写方法、飛翔体転写装置、画像形成方法、及び立体造形物の製造方法

(57)【要約】

【課題】光吸収材を含む転写対象材料を飛散させることなく、光吸収材の凝集を抑制した状態で転写することができる飛翔体転写方法の提供。

【解決手段】基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔工程と、飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与工程と、を含み、25で剪断応力が200Paにおける前記転写対象材料の複素粘度が88mPa・s以上4,300mPa・s以下である飛翔体転写方法である。

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔工程と、

飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与工程と、を含み、

25 で切断応力が 200 Pa における前記転写対象材料の複素粘度が 88 mPa・s 以上 4,300 mPa・s 以下であることを特徴とする飛翔体転写方法。

【請求項 2】

前記光吸収材が無機材料である、請求項 1 に記載の飛翔体転写方法。

10

【請求項 3】

前記無機材料のメディアン径 (D_{50}) が 50 nm 以上 500 nm 以下である、請求項 2 に記載の飛翔体転写方法。

【請求項 4】

前記分散媒における強熱残分が 0.1% 以下又は蒸発残分が 1.0% 以下である、請求項 1 から 3 のいずれかに記載の飛翔体転写方法。

【請求項 5】

前記分散媒がグリセロール水溶液である、請求項 1 から 4 のいずれかに記載の飛翔体転写方法。

【請求項 6】

基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔手段と、

飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与手段と、を有し、

25 で切断応力が 200 Pa における前記転写対象材料の複素粘度が 88 mPa・s 以上 4,300 mPa・s 以下であることを特徴とする飛翔体転写装置。

20

【請求項 7】

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の飛翔体転写方法からなる工程を含むことを特徴とする画像形成方法。

【請求項 8】

請求項 1 から 5 のいずれかに記載の飛翔体転写方法からなる工程を含むことを特徴とする立体造形物の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、飛翔体転写方法、飛翔体転写装置、画像形成方法、及び立体造形物の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

レーザー励起前方転写 (Laser-Induced Forward Transfer: LIFT) 法は、基板上に光吸収材を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料にレーザービームを照射し、前記転写対象材料を飛翔させ、前記転写対象材料の対面に配置した被付与物 (アクセプター基板) の所望の位置に前記転写対象材料を転写する方法である。

40

【0003】

このような LIFT 法としては、例えば、前記レーザービームとして光渦レーザービームを用いることにより、光吸収材を含む高粘度液体を飛散させることなく、精細に転写できる画像形成方法が提案されている (例えば、特許文献 1 参照)。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 0 4 】

本発明は、光吸収材を含む転写対象材料を飛散させることなく、光吸収材の凝集を抑制した状態で転写することができる飛翔体転写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】

【 0 0 0 5 】

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転写方法は、基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔工程と、飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与工程と、を含み、25で剪断応力が200Paにおける前記転写対象材料の複素粘度が88 mPa・s以上4,300 mPa・s以下である。

10

【発明の効果】

【 0 0 0 6 】

本発明によると、光吸収材を含む転写対象材料を飛散させることなく、光吸収材の凝集を抑制した状態で転写することができる飛翔体転写方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図1A】図1Aは、一般的なレーザービームにおける波面（等位相面）の一例を示す概略図である。

【図1B】図1Bは、一般的なレーザービームにおける光強度分布の一例を示す図である。

20

【図1C】図1Cは、一般的なレーザービームにおける位相分布の一例を示す図である。

【図2A】図2Aは、光渦レーザービームにおける波面（等位相面）の一例を示す概略図である。

【図2B】図2Bは、光渦レーザービームにおける光強度分布の一例を示す図である。

【図2C】図2Cは、光渦レーザービームにおける位相分布の一例を示す図である。

【図3A】図3Aは、一般的なレーザービームを光吸収材に照射させたときの一例を示す写真である。

【図3B】図3Bは、光渦レーザービームを光吸収材に照射させたときの一例を示す写真である。

30

【図4A】図4Aは、光渦レーザービームにおける干渉計測の結果の一例を示す説明図である。

【図4B】図4Bは、中心に光強度0の点を有するレーザービームにおける干渉計測の結果の一例を示す説明図である。

【図5A】図5Aは、本発明の飛翔体転写装置の一例を示す説明図である。

【図5B】図5Bは、本発明の飛翔体転写装置の他の一例を示す説明図である。

【図5C】図5Cは、本発明の飛翔体転写装置の他の一例を示す説明図である。

【図6A】図6Aは、本発明の画像形成装置の一例を示す概略断面図である。

【図6B】図6Bは、本発明の画像形成装置の他の一例を示す概略断面図である。

【図7A】図7Aは、本発明の画像形成装置の他の一例を示す概略断面図である。

40

【図7B】図7Bは、本発明の画像形成装置の他の一例を示す概略断面図である。

【図7C】図7Cは、本発明の画像形成装置の他の一例を示す概略断面図である。

【図8A】図8Aは、本発明の画像形成装置の他の一例を示す概略断面図である。

【図8B】図8Bは、本発明の画像形成装置の他の一例を示す概略断面図である。

【図9】図9は、立体造形物の製造装置の一例を示す概略断面図である。

【図10】図10は、実施例で用いた転写対象材料におけるグリセロール濃度と複素粘度との関係を示すグラフである。

【図11】図11は、実施例で用いられる飛翔体転写装置の一例を示す概略図である。

【図12】図12は、光渦レーザービームを照射時における転写対象材料の挙動を示す図である。

50

【図 1 3 A】図 1 3 A は、被付与物に転写された No. 9 の転写対象材料（グリセロール濃度 4 4 質量 %）の液滴の画像である。

【図 1 3 B】図 1 3 B は、被付与物に転写された No. 9 の転写対象材料（グリセロール濃度 4 4 質量 %）の液滴中の無機粒子の分布を示すヒストグラムである。

【図 1 4 A】図 1 4 A は、被付与物に転写された No. 3 の転写対象材料（グリセロール濃度 8 7 質量 %）の液滴の画像である。

【図 1 4 B】図 1 4 B は、被付与物に転写された No. 3 の転写対象材料（グリセロール濃度 8 7 質量 %）の液滴中の無機粒子の分布を示すヒストグラムである。

【図 1 5 A】図 1 5 A は、被付与物に転写された No. 1 の転写対象材料（グリセロール濃度 9 8 質量 %）の液滴の画像である。

10

【図 1 5 B】図 1 5 B は、被付与物に転写された No. 1 の転写対象材料（グリセロール濃度 9 8 質量 %）の液滴中の無機粒子の分布を示すヒストグラムである。

【図 1 6 A】図 1 6 A は、転写対象材料の液滴中の無機粒子の空間分布の解析方法を説明する図であり、被付与物に転写された No. 3 の転写対象材料（グリセロール濃度 8 7 質量 %）の液滴の画像である。

【図 1 6 B】図 1 6 B は、転写対象材料の液滴中の無機粒子の空間分布の解析方法を説明する図であり、被付与物に転写された No. 3 の転写対象材料（グリセロール濃度 8 7 質量 %）の液滴の画像である。

【図 1 6 C】図 1 6 C は、転写対象材料の液滴中の無機粒子の空間分布の解析方法を説明する図であり、被付与物に転写された No. 3 の転写対象材料（グリセロール濃度 8 7 質量 %）の液滴の画像である。

20

【図 1 7】図 1 7 は、転写対象材料の液滴中の無機粒子の面積割合が 9 0 % となる ($R_G / R_{drop} * 100$) と転写対象材料の複素粘度との関係を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0008】

（飛翔体転写方法及び飛翔体転写装置）

本発明の飛翔体転写方法は、基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔工程と、飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与工程と、を含み、25 で剪断応力が 200 Pa における前記転写対象材料の複素粘度が 88 mPa・s 以上 4,300 mPa・s 以下であり、更に必要に応じてその他の工程を含む。

30

【0009】

本発明の飛翔体転写装置は、基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔手段と、飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与手段と、を有し、25 で剪断応力が 200 Pa における前記転写対象材料の複素粘度が 88 mPa・s 以上 4,300 mPa・s 以下であり、更に必要に応じてその他の手段を有する。

【0010】

本発明の飛翔体転写方法は、本発明の飛翔体転写装置により好適に実施することができ、飛翔工程は飛翔手段により行うことができ、付与工程は付与手段により行うことができ、その他の工程はその他の手段により行うことができる。

40

【0011】

従来技術では、被付与物上に転写された転写対象材料の内部における光吸収材の空間分布に関する言及はなく、光吸収材の空間分布を制御することは困難であった。

【0012】

したがって、本発明においては、基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔工程と、飛翔させ

50

た前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与工程と、を含み、25で切断応力が200Paにおける前記転写対象材料の複素粘度が88mPa・s以上4,300mPa・s以下であることにより、光渦レーザービームを用いた飛翔体転写方法において所定の波長の光渦レーザービームを吸収する光吸収材を凝集させることなく転写することができる。転写対象材料中に分散した光吸収材の空間分布が被付与物上においても維持される。そのため、転写対象材料の厚みは一定となり、印刷技術全般の課題である転写対象材料の厚みムラが抑制され画像上の輝度ムラ、色ムラが改善される。更に、転写対象材料に含まれる分散媒として加熱時の強熱残分が低い分散媒を用いることによって、高純度な光吸収材の転写が可能となる。

【0013】

10

< 飛翔工程及び飛翔手段 >

前記飛翔工程は、基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる工程であり、飛翔手段により実施することができる。

【0014】

<< ドナー基板 >>

前記ドナー基板は、基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したものである。

本発明において、「飛翔」とは、空中を進むこと、又は空中を移動することを意味する。

20

本発明において、「飛散」とは、飛んで散乱することを意味する。

【0015】

- 基板 -

前記基板としては、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。

【0016】

前記基板の形状としては、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、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、前記基板が筒状であって、周方向に回転する前記基板の表面に前記転写対象材料を供給する供給手段を有することが好ましい。前記筒状の前記基板の表面に前記転写対象材料を担持すると、前記外周方向における前記被付与物の寸法に依存せずに供給することができる。また、この場合、前記筒状の内部には前記飛翔手段を配置し、前記内部から外周に向けて前記光渦レーザービームを照射可能とし、前記基板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。

30

また、平板状の前記基板としては、例えば、スライドガラスなどが挙げられる。

【0017】

前記基板の構造としては、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。

【0018】

前記基板の大きさとしては、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、前記転写対象材料が付与される被付与物の幅に合わせた寸法とすることが好ましい。

40

【0019】

前記基板の材質としては、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が、酸化珪素を主成分とする各種ガラス等の無機材料、透明性の耐熱プラスチック、エラストマー等の有機材料が、透過率と耐熱性の点で、好ましい。

【0020】

前記基板における前記光渦レーザービームの透過率としては、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、75%以上が好ましく、85%以上がより好ましい。前記透過率が好ましい範囲内であると、前記基板に吸収された前記光渦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、前記転写対象材料に乾燥や溶融などの変化を与

50

えることが少なく、また、前記転写対象材料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、前記透過率の測定方法としては、例えば、分光光度計（日本分光株式会社製、V-660DS）などを用いて測定することができる。

【0021】

前記基板の表面粗さRa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、前記光渦レーザービームの屈折散乱を抑制し、前記転写対象材料に付与するエネルギーを低下させないようにする点で、表面及び裏面のどちらも1μm以下であることが好ましい。また、前記表面粗さRaが好ましい範囲内であると、前記転写対象材料が付与される被付与物に付与した前記転写対象材料の平均厚みのバラつきを抑制することができる点で有利である。

10

前記表面粗さRaは、JIS B0601に従って測定することができ、例えば、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。

【0022】

- 転写対象材料 -

前記転写対象材料は、光吸収材及び分散媒を含み、更に必要に応じてその他の成分を含む。

前記転写対象材料は、25℃で剪断応力が200Paにおける前記転写対象材料の複素粘度が88mPa・s以上4,300mPa・s以下である。転写対象材料の複素粘度が88mPa・s以上4,300mPa・s以下であると、光吸収材を凝集させることなく転写することができ、転写対象材料中で均一に分散した光吸収材の空間分布が被付与物上においても維持される。そのため、転写対象材料の厚みは一定となり、転写対象材料の厚みムラが抑制され画像上の輝度ムラ、色ムラが改善される。

20

前記複素粘度は、動的粘弾性測定装置を用い、加える応力を変化させ、その時に生じたひずみ量を測定する応力制御法により、以下の条件に基づき測定することができる。

- 測定条件 -

・装置名：レオメータ、HAAKE RheoStress 600、Thermo Fisher Scientific社製

・温度：25

・剪断応力：200Pa

30

【0023】

- 光吸収材 -

前記光吸収材としては、光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。光吸収材が光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点で有利である。

【0024】

前記光吸収材としては、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、無機材料などが挙げられる。

【0025】

前記無機材料としては、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。

40

前記無機材料の形態としては、例えば、固体、粉体などが挙げられる。なお、前記固体とは、25℃において容器の形とは無関係にその形状を保持するものを意味する。

【0026】

前記無機材料としては、例えば、マンガンフェライト、鉄フェライト、マグネシウムフェライト、ストロンチウムフェライト、四酸化三鉄、酸化チタン、硫化亜鉛、黒色系酸化鉄、黒色系銅酸化物、黒色系クロム酸化物、黄色酸化鉄、黄色系ニッケルチタン、硫化カドミウム、セレン、セレン化カドミウム、クロム酸鉛、モリブデン酸鉛、赤色酸化鉄、酸化コバルト、含水酸化クロム、酸化クロム、金、鉛アンチモン、酸化ニッケル、酸化マン

50

ガン、酸化ネオジム、酸化エルビウム、酸化セリウム、酸化アルミニウム、アルミニウム、ブロンズ、雲母、カーボンブラック、カーボン、ゼオライト、炭酸カルシウム、硫酸バリウム、酸化亜鉛、三酸化アンチモン、硫化水銀カドミウム、紺青、群青などが挙げられる。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。

前記無機材料のメディアン径 (D_{50}) は、50 nm以上500 nm以下が好ましく、50 nm以上240 nm以下がより好ましい。

前記メディアン径 (D_{50}) は、例えば、走査型電子顕微鏡 (SU8200シリーズ、株式会社日立ハイテクノロジーズ社製) を用いて測定を行う。得られた画像を画像処理ソフトA像君 (旭化成エンジニアリング株式会社製) で二値化し、メディアン径 (D_{50}) を算出することができる。又は、例えば、透過型電子顕微鏡 (JEM-2100、日本電子株式会社製) を用いて測定を行う。観察サンプルは、無機材料が0.4質量%のエタノール分散液を作製し、超音波洗浄機で1時間ほど分散させたものを、コロジオン膜貼付メッシュ (日新EM株式会社製) を用い測定を行う。得られた画像を画像処理ソフトA像君 (旭化成エンジニアリング株式会社製) で二値化し、メディアン径 (D_{50}) を算出することができる。

【0027】

- - 分散媒 - -

前記分散媒としては、前記光吸収材を分散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、水、有機溶剤、ワックス、樹脂ワニスなどが挙げられる。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。これらの中でも、カルボキシメチルセルロース水溶液、グリセロール水溶液が好ましく、強熱残分が0.1%以下又は蒸発残分が1.0以下である分散媒が高純度での転写対象材料の転写が可能となる点から、グリセロール水溶液がより好ましい。

グリセロール水溶液におけるグリセロール濃度は、87質量%以上が好ましく、90質量%以上がより好ましい。

【0028】

前記水としては、例えば、イオン交換水、限外濾過水、逆浸透水、蒸留水等の純水、又は超純水などが挙げられる。

前記有機溶剤としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、グリセロール、エタノール、アセトンなどが挙げられる。

【0029】

前記ワックスとしては、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、炭化水素系ワックス、エステルワックス、ケトンワックスなどが挙げられる。

【0030】

前記樹脂ワニスとしては、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、アクリル系、ポリエステル系、スチレン系、ポリウレタン系、アルキド系、エポキシ系、コハク、ロジン系などが挙げられる。

【0031】

前記分散媒は、光吸収材の分散性の点から界面活性剤を含有していてもよい。

前記界面活性剤としては、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、例えば、アニオン性界面活性剤、カチオン性界面活性剤、ノニオン性界面活性剤、両性界面活性剤などが挙げられる。

【0032】

前記アニオン性界面活性剤としては、例えば、脂肪酸せっけん、アルキルコハク酸塩、アルキルベンゼンスルホン酸ナトリウム塩、アルキルナフタレンスルホン酸ナトリウム塩、アルキル硫酸エステルナトリウム塩、ポリオキシエチレンアルキルエーテル硫酸ナトリウム塩、ジアルキルスルホサクシネートナトリウム塩、アルキルリン酸ナトリウム塩、ポリカルボン酸型高分子界面活性剤などが挙げられる。更に、前述したナトリウム塩のみならず、例えば、任意の金属塩、アンモニウム塩などが挙げられる。

前記カチオン性界面活性剤としては、例えば、アルキルトリメチルアンモニウムクロラ

10

20

30

40

50

イド、アルキルジメチルベンジルアンモニウムクロライドなどが挙げられる。

前記ノニオン性界面活性剤としては、例えば、ポリオキシエチレンアルキルエーテル、ポリオキシエチレンアルキルアリルエーテル、ソルビタン脂肪酸エステルなどが挙げられる。

前記両性界面活性剤としては、例えば、アルキルベタイン、アミドベタインなどが挙げられる。

【0033】

- その他の成分 -

その他の成分としては、例えば、着色剤、分散剤、熱安定剤、酸化防止剤、還元防止剤、防腐剤、pH調整剤、消泡剤、湿潤剤、浸透剤などが挙げられる。

10

【0034】

前記転写対象材料は、液状であり、液体の前記転写対象材料の粘度としては、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、 $1\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上が好ましく、 $1\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以上 $20\text{ Pa}\cdot\text{s}$ 以下がより好ましい。

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）などを用いて25℃の環境下で測定することができる。

【0035】

前記基板上に配されたドナー基板における転写対象材料は、層状であっても膜状であってもよく、目的に応じて適宜選択することができる。

前記転写対象材料は、基板上に一体的（連続的）に層（膜）を形成してよく、断続的に層（膜）を形成していてもよい。

20

【0036】

前記転写対象材料（転写対象層）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、25℃における前記転写対象層が液体の場合には、 $10\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以上 $50\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。25℃における前記転写対象層が液体の場合に、前記転写対象層の平均厚みが $10\mu\text{m}$ 以上であると、光を照射しときに転写対象材料の飛散を抑制することができる。

また、25℃における前記転写対象層が液体の場合に、前記転写対象層の平均厚みが $10\mu\text{m}$ 以上であると、前記連続を層状にして供給した場合、連続して飛翔させたときであっても基板の層の強度を確保することができるため、連続して前記転写対象材料を飛翔させることができる点で好ましい。

30

また、25℃における前記転写対象層が液体の場合に、前記転写対象層の平均厚みが $50\mu\text{m}$ 以下であると、前記転写対象材料を飛翔させるのに必要な光のエネルギーが大きくなりすぎないため、特に光吸収材が有機物の場合、劣化や分解が発生しにくい点で有利である。

なお、塗布する方法によっては、一定のパターンを保持した層として供給することも可能となる。

前記転写対象層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、25℃における前記転写対象層が固体の場合には、 $40\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $0.2\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $5\mu\text{m}$ 以上 $18\mu\text{m}$ 以下が更に好ましい。25℃における前記転写対象層が固体の場合に、前記転写対象層の平均厚みが、 $40\mu\text{m}$ 以下であると、比較的弱い光エネルギーで転写が可能のため、光吸収材へのダメージを抑制することができる。

40

【0037】

前記転写対象層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るが、例えば、前記転写対象層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。

50

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、レーザー変位計やマイクロメータなどの非接触又は接触方式の方法が挙げられる。

【0038】

本発明においては、前記ドナー基板を用いて、前記ドナー基板の前記基板側から転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる。

本発明において、「飛翔させる」とは、転写対象材料の少なくとも一部が前記ドナー基板から脱離することを意味する。

光渦レーザービームを用いることによって、飛翔させる転写対象材料を飛散させにくくすることができる。

10

【0039】

前記光渦レーザービームについて、以下に詳細に説明する。

一般的なレーザービームは、位相が揃っているため、図1Aに示すように平面状の等位相面（波面）を有している。レーザービームのポインティングベクトルの方向が平面状の等位相面の直交方向であることにより、レーザービームの照射方向と同じ方向となるため、レーザービームが転写対象材料中の光吸収材に照射された場合には、光吸収材に対して照射方向に力が作用する。しかし、レーザービームの断面における光強度分布が、図1Bに示すようにビームの中心が最も強い正規分布（ガウシアン分布）であるため、転写対象材料が飛散しやすい。また、位相分布の観察を行うと図1Cに示すように位相差がないことが確認される。

20

これに対し、光渦レーザービームは、図2Aに示すように螺旋状の等位相面を有している。光渦レーザービームのポインティングベクトルの方向が螺旋状の等位相面に対して直交方向であるため、光渦レーザービームが転写対象材料中の光吸収材に照射された場合には、直交方向に力が作用する。このため、図2Bに示すように光強度分布がビームの中央が零となる凹んだドーナツ状の分布となり、光渦レーザービームを照射された光吸収材は、ドーナツ状のエネルギーを放射圧として印加される。すると、光渦レーザービームを照射された光吸収材は、光渦レーザービームの照射方向に沿って飛翔し、被付与物に飛散しにくい状態で付与する。また、位相分布の観察を行うと図2Cに示すように位相差が発生していることが確認される。

【0040】

図3Aは、一般的なレーザービームを転写対象材料中の光吸収材に照射させたときの一例を示す写真である。図3Bは、光渦レーザービームを転写対象材料中の光吸収材に照射させたときの一例を示す写真である。

30

図3Aと図3Bとを比較すると、図3Aのほうが図3Bよりも転写対象材料が飛散していることが確認できる。このことから、光渦レーザービームを照射された転写対象材料中の光吸収材は、ドーナツ状のエネルギーを放射圧として印加され、光渦レーザービームの照射方向に沿って飛翔し、被付与物に飛散しにくい状態で付与することがわかる。

【0041】

光渦レーザービームか否かを判別する方法としては、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、前述の位相分布の観察、干渉計測などが挙げられ、干渉計測が一般的である。

40

干渉計測は、レーザービームプロファイラ（Spiricon社製レーザービームプロファイラ、浜松ホトニクス株式会社製レーザービームプロファイラなど）を用いて観察でき、干渉計測した結果の一例を図4A、図4Bに示す。

図4Aは、光渦レーザービームにおける干渉計測の結果の一例を示す説明図であり、図4Bは、中心に光強度0の点を有するレーザービームにおける干渉計測の結果の一例を示す説明図である。

光渦レーザービームを干渉計測すると、図4Aに示すように、エネルギー分布がドーナツ状であって、図1Cと同様に中心に光強度0の点を持つレーザービームであることが確認できる。

50

一方、中心に光強度 0 の点を有する一般的なレーザービームを干渉計測すると、図 4 B に示すように、図 4 A で示した光渦レーザービームの干渉計測と類似しているが、ドーナツ状部のエネルギー分布が一様ではないことから、光渦レーザービームとの差異が確認できる。

【 0 0 4 2 】

- 飛翔手段 -

前記飛翔手段は、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光を照射する、換言すると、前記転写対象材料を表面に配した基板における、前記転写対象材料が配された側とは反対側の基板の表面に光を照射することにより、光の照射方向に前記転写対象材料を飛翔させる。

【 0 0 4 3 】

また、飛翔手段は、レーザー光源と、光渦変換部と、波長変換部とを有し、更に必要に応じて、その他の部材を有する。

【 0 0 4 4 】

- - レーザー光源 - -

前記レーザー光源としては、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。

前記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。

前記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。

これらの中でも、出力が 30 mW 程度の半導体レーザーが、装置の小型化及び低コスト化の点から好ましい。ただし、本実施形態では、チタンサファイアレーザーを使用した。

前記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 nm 以上 11 μm 以下が好ましく、350 nm 以上 1100 nm 以下がより好ましい。

前記レーザービームのビーム径としては、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、10 μm 以上 10 mm 以下が好ましく、10 μm 以上 1 mm 以下がより好ましい。

前記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。

前記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 Hz 以上 200 Hz 以下が好ましく、20 Hz 以上 100 Hz 以下がより好ましい。

なお、前記レーザー光源としては、光渦レーザービームを出力可能なレーザー光源でもよい。

【 0 0 4 5 】

- - 光渦変換部 - -

前記光渦変換部としては、レーザービームを光渦レーザービームに変換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、回折光学素子、マルチモードファイバ、液晶位相変調器などが挙げられる。

前記回折光学素子としては、例えば、螺旋位相板、ホログラム素子などが挙げられる。これらの中でも、螺旋位相板 (Spiral Phase Plate) が好ましい。

なお、前記光渦レーザービームを発生させる方法としては、前記光渦変換部を用いる方法に限らず、例えば、レーザー共振器から光渦を固有モードとして発振させる方法、ホログラム素子を共振器に挿入する方法などが挙げられる。他の前記光渦レーザービームを発生させる方法としては、例えば、ドーナツビームに変換した励起光を用いる方法、暗点を有する共振器ミラーを用いる方法、側面励起固体レーザーで発生する熱レンズ効果を空間

10

20

30

40

50

フィルタとして用いて光渦モード発振する方法などが挙げられる。

【 0 0 4 6 】

- - 波長変換部 - -

前記波長変換部としては、前記光渦レーザービームに円偏光を付与することにより、以下の数式(1)で表されるトータルの回転モーメント $J_{L,S}$ が、 $|J_{L,S}| = 0$ となる条件を満たす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る。

前記波長変換部としては、例えば、1/4波長板などが挙げられる。1/4波長板の場合には、光学軸を +45° 又は -45° 以外に設置して光渦レーザービームに楕円状の円偏光(楕円偏光)を付与してもよいが、光学軸を +45° 又は -45° に設置して前記光渦レーザービームに真円状の円偏光を付与し、上記の条件を満たすことが好ましい。これにより、飛翔体転写装置は、前記光吸収材を安定的に飛翔させ、飛散を抑制した形状で被付与物に付与させる効果を大きくすることができる。

【 0 0 4 7 】

【数1】

$$J_{L,S} = \epsilon_0 \left\{ \omega L I - \frac{1}{2} \omega S r \frac{\partial I}{\partial r} \right\} \dots (1)$$

ただし、前記数式(1)において、 ϵ_0 は真空中の誘電率であり、 ω は光の角周波数であり、 L はトポロジカルチャージであり、 I は下記数式(2)で表される光渦レーザービームの渦次数に対応する軌道角運動量であり、 S は円偏光に対するスピン角運動量であり、 r は円筒座標系の動径である。

【数2】

$$I(r) = r^{(2|L|)} \exp\left(-\frac{r^2}{\omega_0^2}\right) \dots (2)$$

ただし、前記数式(2)において、 ω_0 は光のビームウエストサイズである。

なお、トポロジカルチャージとは、光渦レーザービームの円筒座標系における方位方向の周期的境界条件から現れる量子数を意味する。また、ビームウエストサイズとは、光渦レーザービームにおけるビーム径の最小値を意味する。

【 0 0 4 8 】

L は、波長板における螺旋波面の巻数で決まるパラメータである。 S は、波長板における円偏光の向きで決まるパラメータである。なお、 L 及び S はいずれも整数である。また、 L 及び S の符号は、それぞれ螺旋の向き(時計回り、反時計回り)を表す。

なお、光渦レーザービームにおけるトータルの回転モーメントを J とすると、 $J = L + S$ と表すことができる。

【 0 0 4 9 】

本発明の飛翔体転写装置は、例えば、レーザービームを光渦レーザービームに変換する光渦変換部、及び光渦レーザービームに円偏光を付与する波長変換部を備え、 $|J_{L,S}| = 0$ と設定することにより、高粘度の転写対象材料の飛翔体の直線指向性を発現させ、転写対象材料の飛散を抑制する効果を向上させることができる。

【 0 0 5 0 】

- - その他の部材 - -

その他の部材としては、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、ビーム径変更部材、ビーム波長変更素子、出力調整部などが挙げられる。

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

50

- - - ビーム径変更部材 - - -

ビーム径変更部材としては、光渦レーザービームのビーム径を変更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、集光レンズなどが挙げられる。

光渦レーザービームのビーム径（照射径）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以下が好ましい。光渦レーザービームの照射径が100 μm以下であると、高解像度の画像を形成しやすい点で好ましい。

なお、ビーム径は、例えば、レーザースポット径及び集光レンズにより変更することが可能である。

また、転写対象材料が分散体の場合、ビーム径としては、転写対象材料の体積平均粒径の最大値以上が好ましく、分散体の最大値の3倍がより好ましい。ビーム径がより好ましい範囲内であると、転写対象材料を安定して飛翔させることが可能となる点で有利である。

10

【0052】

- - - ビーム波長変更素子 - - -

ビーム波長変更素子としては、光渦レーザービームの波長を、転写対象材料中の光吸収材が吸収可能であり、かつ後述する基板を透過可能である波長に変更できれば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。ビーム波長変更素子としては、例えば、KTP結晶、BBO結晶、LBO結晶、CLBO結晶などが挙げられる。

【0053】

- - - 出力調整部 - - -

出力調整部としては、レーザービーム又は光渦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。

20

【0054】

転写対象材料に照射する光渦レーザービームの出力値としては、照射方向を軸とした照射径の中心軸に回転運動をしながら照射径よりも小さい径に収束する液柱を生じ得る状態、あるいは一部が切り離され液滴を生じ得る状態を実現可能である限り、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。

光渦レーザービームの照射エネルギーとしては、転写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 μJ/ドット以下がより好ましく、60 μJ/ドット以下が更に好ましい。光渦レーザービームの照射エネルギーが60 μJ/ドット以下であると、照射方向を軸とした照射径の中心軸に回転運動をしながら照射径よりも小さい径に収束する液柱を生じ得る状態、あるいは一部が切り離され液滴を生じ得る状態を実現しやすい点で有利である。

30

【0055】

< 付与工程及び付与手段 >

前記付与工程は、飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる工程である。

前記付与手段は、飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる手段である。

前記付与工程は前記付与手段により好適に行われる。

40

なお、本発明において、「付与」は「付着」とほぼ同義の意味である。

前記付与手段としては、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、前記転写対象材料の液柱乃至液滴を被付与物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、前記付与手段としては、例えば、被付与物と転写対象材料との間隙を調整する機構や、被付与物を搬送する機構などが挙げられる。

【0056】

- 被付与物 -

前記被付与物としては、転写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、従来、画像形成装置で用いられている記録媒体や中間転写ベルト、立体造形物を形成するための造形物支持基板な

50

どが挙げられる。なお、本明細書においては、前記被付与物を被転写媒体と称することもある。

前記記録媒体としては、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。

【0057】

前記被付与物と前記転写対象材料との間隙（ギャップ、距離）としては、前記被付与物と前記転写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1 mm以下がより好ましく、0.10 mm以上0.50 mm以下が特に好ましい。前記被付与物と前記転写対象材料との間隙が好ましい範囲内であると、前記被付与物に対する前記転写対象材

10

料の付与位置の精度が低下しにくくなる点で有利である。また、前記被付与物と前記転写対象材料とを接触させないことにより、前記光吸収材、前記被付与物の組成を選ばず前記転写対象材料を前記被付与物に付与させることが可能となる。

【0058】

また、前記被付与物に付与された前記転写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、例えば、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。

20

また、前記平均ドット径は、例えば、マイクロスコブ等で前記転写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。

【0059】

更に、前記被付与物に付与された前記転写対象材料の平均直径（ドット径）のばらつきの値としては、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。前記被付与物に付与された前記転写対象材料の平均直径のばらつきの値を、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。

30

また、前記被付与物に付与された前記転写対象材料の平均直径のばらつきの値は、例えば、マイクロスコブ等で転写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。

【0060】

加えて、前記被付与物に付与された前記転写対象材料の位置（ドット位置）のばらつきの値としては、10 μm以下とすることが好ましく、5 μm以下とすることがより好ましい。前記被付与物に付与された前記転写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、前記被付与物に付与された前記転写対象材料の位置のばらつきの値としては、例えば、前記転写対象材料のドットを一行に付与させる場合には、そのドットの列と直行する方向における、各前記転写対象材料の位置のばらつきの値とすることができる。

40

例えば、マイクロスコブ等で前記転写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。

【0061】

前記被付与物に付与された前記転写対象材料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 μm以下が好ましい。前記被付与物に付

50

与された前記転写対象材料の平均厚みが100 μm以下であると、前記転写対象材料を飛翔させるためのエネルギーを小さくできるため、前記転写対象材料の耐久性、前記光吸収材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、前記被付与物に付与された前記転写対象材料の平均厚みとしては、記録媒体、目的などにより適宜選択することができる。

【0062】

< その他の工程 >

前記その他の工程としては、例えば、供給工程、光走査工程、制御工程などが挙げられる。

【0063】

<< 供給工程及び供給手段 >>

前記供給工程としては、前記飛翔手段と前記被付与物との間の光路に、前記転写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る。例えば、前記供給手段を用いて好適に行うことができる。

前記供給手段としては、前記飛翔手段と前記被付与物との間の光路に、前記転写対象材料を供給する手段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。

【0064】

前記供給手段としては、例えば、円筒状の基板などが挙げられる。前記円筒状の基板を用いる場合には、光路上に前記円筒状の基板を配置し、前記円筒状の基板を介して、前記ドナー基板に前記転写対象材料を供給するようにしてもよい。

より具体的には、前記転写対象材料が液体であって、前記ドナー基板に転写対象材料を供給する場合には、前記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転写対象材料を基板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、前記供給ローラは、前記転写対象材料を貯蔵する貯蔵槽に表面が一部浸漬し、前記転写対象材料を表面に担持しながら回転して、前記ドナー基板に当接することにより前記転写対象材料を供給する。前記規制ブレードは、前記供給ローラの回転方向における前記貯蔵槽の下流側に配置され、前記供給ローラが担持した前記転写対象材料を規制して平均厚みを均一にし、飛翔させる前記転写対象材料の量を安定させる。供給する前記転写対象材料の平均厚みを非常に薄くすることにより、飛翔させる前記転写対象材料の量を低減できるため、前記転写対象材料を飛散が抑制された微小なドットとして前記被付与物に付与可能とし、網点が太るドットゲインを抑制することができる。なお、前記規制ブレードは、前記供給ローラの回転方向における前記供給ローラの下流側に配置されていてもよい。

【0065】

また、前記転写対象材料が高粘度である場合には、前記供給ローラの材質は、前記ドナー基板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。前記転写対象材料が比較的low粘度である場合における、前記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。

【0066】

更に、前記供給ローラを設けない前記供給手段としては、前記貯蔵槽内の前記転写対象材料に前記ドナー基板を直接接触させた後にワイヤーバーなどで余分な前記転写対象材料を掻き取ることにより前記ドナー基板の表面に前記転写対象材料の層を形成するようにしてもよい。

なお、前記貯蔵槽は、前記供給手段とは別に設け、ホース等で前記転写対象材料を前記供給手段に供給するようにしてもよい。

【0067】

<< 光走査工程及び光走査手段 >>

前記光走査工程としては、前記光渦レーザービームを前記転写対象材料に走査させる工

10

20

30

40

50

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、前記光走査手段を用いて好適に行うことができる。

前記光走査手段としては、前記光渦レーザービームを前記転写対象材料に対して走査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、例えば、前記光走査手段は、飛翔手段から照射された前記光を前記転写対象材料に向けて反射させる反射鏡と、反射鏡の角度及び位置を変化させて前記光渦レーザービームを前記転写対象材料に対して走査させる反射鏡駆動部とを有するようにしてもよい。

【0068】

<<制御工程>>

前記制御工程は、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、前記制御手段としては、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。 10

【0069】

次に、本発明における飛翔体転写装置の一例について図面を参照して説明する。

なお、本発明の飛翔体転写装置の部材の数、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。

【0070】

図5Aは、本発明の飛翔体転写装置の一例を示す説明図である。

図5Aにおいて、飛翔体転写装置300は、飛翔手段1と、転写対象材料(転写対象層)20と、被付与物30と、ドナー基板40とを有する。前記ドナー基板40は、転写対象層20のドナー基板40とは反対側の上面に有している。 20

前記飛翔体転写装置300は、前記ドナー基板40に担持されている前記転写対象層20に、前記飛翔手段1によりレーザービーム112を照射し、前記光渦レーザービーム12のエネルギーにより前記転写対象層20を照射方向に飛翔させる。図5A中、被付与物30は飛翔させた前記転写対象層20を付与させる対象である。被付与物30を前記転写対象層20の対面に配置しておくことで、前記被付与物30に前記転写対象層20を付与することができる。

【0071】

前記飛翔手段1は、レーザー光源2と、ビーム径変更部材3及び7と、ビーム波長変更部材4と、光渦変換部5と、波長変換部6と、を有している。 30

【0072】

前記レーザー光源2は、例えば、チタンサファイアレーザーであり、パルス発振させたレーザービーム11を発生させ、前記ビーム径変更部材3に照射する。

前記ビーム径変更部材3は、例えば、集光レンズであり、前記レーザー光源2が発生させた前記レーザービーム11の光路におけるレーザー光源2の下流に配置され、レーザービーム11の径を変更する。

前記ビーム波長変更部材4は、例えば、KTP結晶であり、前記レーザービーム11の光路における前記ビーム径変更部材3の下流に配置され、前記レーザービーム11の波長を前記転写対象層20が吸収可能な波長に変更する。 40

前記光渦変換部5は、例えば、螺旋位相板であり、前記レーザービーム11の光路における前記ビーム波長変更部材4の下流に配置され、前記レーザービーム11を光渦レーザービーム12に変換する。

前記波長変換部6は、例えば、1/4波長板であり、前記光渦レーザービーム12に円偏光を付与する。

【0073】

前記転写対象層20は、前記飛翔手段1から前記光渦レーザービーム12を照射され、前記光渦レーザービーム12の径の範囲におけるエネルギーを受けて飛翔する。被付与物30を前記転写対象層20の対面に配置しておくことで、前記被付与物30に前記転写対象層20を付与することができる。 50

なお、飛翔した前記転写対象層 20 は、前記光渦レーザービーム 12 により付与された、適度なエネルギーによる前方推進とジャイロ効果により、ビーム径の中心軸近傍に収束しながら擦り切られることにより、周辺への飛散を抑制しつつ前記被付与物 30 に付与する。

このとき、飛翔する前記転写対象層 20 の飛翔量は、前記光渦レーザービーム 12 が照射された前記転写対象層 20 の面積のうち一部であり、前記波長変換部 6 などにより調整することができる。

【0074】

図 5 B は、本発明の飛翔体転写装置の他の一例を示す説明図である。

図 5 B において、飛翔体転写装置 301 は、図 5 A に示した飛翔体転写装置 300 の各手段などに加え、光走査手段 60 を有している。図 5 B においては、前記ドナー基板 40 は、前記ドナー基板 40 の長軸方向が光渦レーザービーム 12 の照射方向と直交する方向に配されている。この飛翔体転写装置 301 は、前記飛翔手段 1 が発生させた光渦レーザービーム 12 を、光走査手段 60 により前記ドナー基板 40 に走査する。これにより、飛翔体転写装置 301 は、前記ドナー基板 40 の任意の位置に照射し、転写対象材料（転写対象層）20 を飛翔させることができる。これにより、前記被付与物 30 を前記転写対象層 20 の対面に配置し多場合に、前記被付与物 30 の任意の位置に前記転写対象層 20 を付与することができる。

【0075】

前記光走査手段 60 は、光渦レーザービーム 12 の光路における飛翔手段 1 の下流に配置され、反射鏡 61 を有している。

前記反射鏡 61 は、反射鏡駆動手段により図 5 B 中矢印 S で示す走査方向に可動し、光渦レーザービーム 12 を前記転写対象層 20 の任意の位置に反射する。

なお、前記光走査手段 60 は、例えば、前記飛翔手段 1 自体を移動させるか、前記飛翔手段 1 を回動させて前記光渦レーザービーム 12 の照射方向を変化させるようにしてもよい。あるいは、前記光走査手段 60 は、前記反射鏡 61 として前記ポリゴンミラーを用いることにより、任意の位置に光渦レーザービーム 12 を走査させるようにしてもよい。

【0076】

前記ドナー基板 40 は、前記光渦レーザービーム 12 の光路における前記光走査手段 60 の下流に配置され、例えば、前記転写対象層 20 が高粘度の液体である場合、前記転写対象層 20 が塗布されて固定する目的で用いられる。この前記ドナー基板 40 は、前記光を透過可能であって、前記転写対象層 20 を前記光渦レーザービーム 12 が照射される面とは反対側の面に担持している。

また、前記転写対象層 20 が前記ドナー基板 40 に担持される段階で、層を形成した転写対象層 20 の平均厚みが一定となるように制御することにより、転写対象層 20 の飛翔量を安定させることができる。

なお、飛翔手段 1 と、前記光走査手段 60 とを合わせたものをレーザービーム照射ユニット 100 と称する。

【0077】

図 5 C は、本発明の飛翔体転写装置の他の一例を示す説明図である。

図 5 C において、飛翔体転写装置 301 a は、図 5 B に示した前記飛翔体転写装置 301 における前記光走査手段 60 として、ガルバノスキャナ（ガルバノミラー）62 a 及び 62 b を有する。前記ガルバノスキャナ 62 a 及び 62 b は、それぞれが独立した走査方向（2次元）に可動し、前記光渦レーザービーム 12 を前記転写対象層 20 の任意の位置に反射することができる。前記光走査手段 60 として前記ガルバノスキャナ 62 a 及び 62 b を用いることにより、前記光渦レーザービーム 12 の走査スピード及び走査精度をより向上させることができる。

また、前記飛翔体転写装置 301 a においては、例えば、ガルバノスキャナ 62 b と基板 40 の間に、f レンズを配置することも好ましい。

【0078】

50

本発明の飛翔体転写方法及び飛翔体転写装置の用途としては、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、立体造形物の製造、プリンタブル回路形成などが挙げられる。

【0079】

(画像形成方法)

本発明の画像形成方法は、本発明の飛翔体転写方法からなる工程を含み、更に必要に応じてその他の工程を含む。具体的には、飛翔工程と、付与工程とを含み、更に必要に応じてその他の工程を含む。

前記飛翔工程は、本発明の飛翔体転写方法における飛翔工程と同様である。

前記付与工程は、本発明の飛翔体転写方法における付与工程と同様である。

10

【0080】

画像形成を行う場合には転写対象材料として着色剤が用いられる。

前記着色剤としては、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。

【0081】

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、比較的低沸点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。

20

【0082】

また、画像形成装置では、版を用いるオフセット印刷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。

【0083】

前記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。

30

【0084】

前記有機顔料としては、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。

40

【0085】

前記無機顔料としては、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、ビリジャン、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、パーミリオン、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

50

ウム、黄銅、金粉、ブロンズ粉、アルミニウム粉、真鍮顔料、アイボリーブラック、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、バートシェンナ、バートアンバー、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。

【0086】

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。 10

【0087】

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。 20

【0088】

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。

【0089】

前記転写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。 30

【0090】

前記無機顔料は、体積平均粒径が $10 \mu\text{m}$ を超える粒子からなるものが多い。体積平均粒径が $10 \mu\text{m}$ 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。 40

【0091】

前記染料としては、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、キサンテン染料、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、ナフトアルイミド染料、ペリノン染料などが挙げられる。

【0092】

前記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、記録媒体に付与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、本発明の飛翔体転写方法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、着色剤を重ねて付与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、この飛翔体転写方法は、液体の着色剤を飛翔させて付与させるものであるため、例えば、フィルム状のドナー基板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。

【0093】

<その他の手工程及びその他の手段>

前記その他の工程としては、被付与物搬送工程、定着工程などが挙げられる。

【0094】

前記被付与物搬送工程としては、前記被付与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、被付与物搬送手段を用いて好適に行うことができる。

前記被付与物搬送手段としては、前記被付与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。

【0095】

前記定着手段としては、前記被付与物に付与させた前記転写対象材料に含まれる光吸収材を定着させ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、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。

前記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。

【0096】

前記加圧ローラとしては、前記被付与物搬送手段により搬送される前記被付与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、前記被付与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前記加圧ローラが、表面に前記転写対象材料が付与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。

前記シリコン系の撥水性材料からなる前記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。

前記フッ素化合物からなる前記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。

【0097】

前記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。

【0098】

前記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、前記定着ベルトとしては、表面に前記転写対象材料が付与するこ

10

20

30

40

50

とによる画像の乱れを抑制する点で、前記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。前記定着ベルトは、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光吸収材の組成により変化するが、温度としては200以下が省エネルギー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。

【0099】

本発明の画像形成方法及び画像形成装置においては、飛翔手段、供給手段、及び光走査手段を一体として飛翔ユニットとして扱ってもよい。

例えば、前記転写対象材料として色材を含有する着色剤を用いる場合における例を説明する。前記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、ブラックの前記着色剤を飛翔させるようにしてもよい。前記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、必要に応じて飛翔ユニット（以下、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、プロセスカラーの前記着色剤を有する前記飛翔ユニットの上流側に、白色の着色剤を有する前記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、レーザービームの波長の光の透過率（吸光度）が適正となるように、レーザー光源を、例えば、ブルーレーザービーム、紫外線レーザー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。

【0100】

更に、本発明の画像形成方法に係る画像形成装置では、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。

本発明の画像形成方法に係る画像形成装置の小型化などを目的として、飛翔ユニットを1つだけ設け、供給ローラ及びドナー基板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。

【0101】

次に、本発明の画像形成方法に係る画像形成装置の一例について図面を参照して説明する。

なお、本発明の画像形成方法に係る画像形成装置の部材の数、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。

【0102】

図6Aは、図5Bに示す飛翔体転写装置において、供給手段及び被付与物搬送手段を付加した画像形成装置の一例を示す説明図である。

図6Aにおいて、画像形成装置302は、図5Bに示した飛翔体転写装置301の各手段などに加え、供給手段50と、被付与物搬送手段70とを有しており、平板状の基板40を円筒状の担持ローラ41に変更したものである。また、担持ローラ41の内側には、レーザービーム照射ユニット100が配置されており、担持ローラ41が外周に担持する転写対象材料（転写対象層）20に光渦レーザービーム12を照射する。

【0103】

供給手段50は、貯蔵槽51と、供給ローラ52と、規制ブレード53とを有している。

貯蔵槽51は、供給ローラ52の下方の近傍に配置され、転写対象材料20を貯蔵する。

供給ローラ52は、担持ローラ41と当接するように配置され、貯蔵槽51の転写対象材料20に一部が浸漬されている。供給ローラ52は、回転駆動手段により、又は担持ローラ41の回転に従動して図6A中矢印R2で示す回転方向に回転しながら転写対象材料

10

20

30

40

50

20を表面に付与させる。付与した転写対象材料20は、規制ブレード53により平均厚みを均一にされ、担持ローラ41に転移することにより層として供給される。担持ローラ41の表面に供給された転写対象材料20は、担持ローラ41が回転することにより、光渦レーザービーム12が照射される位置に連続的に供給される。

規制ブレード53は、図6A中矢印R2で示す回転方向における担持ローラ41の上流側に配置され、供給ローラ52が表面に付与させた転写対象材料20を規制し、担持ローラ41に供給する転写対象材料20の平均厚みを均一にする。

【0104】

被付与物搬送手段70は、担持ローラ41と搬送する被付与物30が接触しないように担持ローラ41の近傍に配置され、被付与物搬送ローラ71と、被付与物搬送ローラ71に張架された被付与物搬送ベルト72とを有している。この被付与物搬送手段70は、回転駆動手段により被付与物搬送ローラ71を回転させ、被付与物搬送ベルト72により被付与物30を図6A中矢印Cで示す搬送方向に搬送する。

10

このとき、レーザービーム照射ユニット100は、画像情報に従って担持ローラ41の内側より光渦レーザービーム12を照射し、被付与物30に転写対象材料20を付与させる。被付与物30を被付与物搬送ベルト72により移動させながら、このような転写対象材料20を被付与物30に付与させる付与動作を行うことにより、被付与物30に2次元の画像を形成することができる。

【0105】

なお、担持ローラ41の表面に担持されたが飛翔させなかった転写対象材料(転写対象層)20は、担持ローラ41が回転し、供給ローラ52との当接により溜まっていき、やがて貯蔵槽51に落下して回収される。また、転写対象材料20の回収方法としては、それに限られることなく、担持ローラ41の表面の転写対象層20を掻き取るスクレーパなどを設けてもよい。

20

【0106】

図6Bは、図5Bに示す飛翔体転写装置において、供給手段及び被付与物搬送手段を付加した画像形成装置の他の一例を示す説明図である。

図6Bにおいて、画像形成装置303は、図6Aで示した画像形成装置302における円筒状の担持ローラ41を、軸方向に沿って2分割した担持部42とし、画像形成装置302の配置を変更したものである。

30

【0107】

担持部42は、円筒状の一部の面となっており、かつ円筒中心線の対向側には面が無い形状である。このように対向面がない担持体とすることにより、レーザービーム照射ユニット100を円筒状の担持ローラ41に設けることなく、光渦レーザービーム12の光路が確保しやすくなるため、装置を単純化することができる。

【0108】

図7Aは、定着手段を付加した図6Aに示す画像形成装置の一例を示す説明図である。

図7Aにおいて、画像形成装置305は、図6Aに示した画像形成装置302の各手段などに加え、定着手段80を有しており、被付与物30に付与させた転写対象層20を定着させて平滑にするようにしている。なお、被付与物搬送手段70の位置は、図6Aでは担持ローラ41の側面としたが、図7Aでは説明の便宜上、担持ローラ41の上方とした。

40

【0109】

定着手段80は、加圧方式の定着手段であって、被付与物30の図7A中矢印Cで示す搬送方向において担持ローラ41の下流側に配置され、加圧ローラ83と、対向ローラ84とを有している。この定着手段80は、転写対象層20が付与した被付与物30を、挟持しながら搬送することにより加圧して定着させる。

【0110】

加圧ローラ83は、対向ローラ84に向かって付勢されており、表面が被付与物30と接触し、対向ローラ84とにより被付与物30を挟持しながら加圧する。

50

対向ローラ 84 は、加圧ローラ 83 と当接する位置に配置され、被付与物 30 を加圧ローラ 83 とにより被付与物搬送ベルト 72 を介して挟持する。

【0111】

例えば、画像形成装置 305 として、1,000 mPa・s 以上である非常に高粘度の転写対象材料 20 を用いると、転写対象材料 20 の被付与物 30 への浸透又は濡れが遅くなりやすい。そして、転写対象材料 20 がそのままの状態では乾燥してしまうと、画像の表面粗さが粗くなり、画像の光沢が低下してしまう場合がある。このような場合、定着手段 80 は、転写対象材料 20 が付与した被付与物 30 を加圧ローラ 83 で加圧し、転写対象材料 20 を被付与物 30 に押し込む、あるいは転写対象材料 20 を潰すことができるため、転写対象材料 20 が付与した被付与物 30 の表面粗さを小さくできる。

10

【0112】

図 7B は、定着手段を付加した図 6A に示す画像形成装置の他の一例を示す説明図である。

図 7B において、画像形成装置 306 は、図 7A で示した画像形成装置 305 における加圧方式の定着手段 80 を加熱加圧方式の定着手段 81 に変更したものである。

定着手段 81 は、被付与物 30 の図 7B 中矢印 C で示す搬送方向において担持ローラ 41 の下流側に配置され、加熱加圧ローラ 85 と、定着ベルト 86 と、従動ローラ 87 と、ハロゲンランプ 88 と、対向ローラ 84 とを有している。この定着手段 81 は、溶融が必要な材料を分散した分散液の転写対象材料 20 として用いた場合で、加圧のみでは狙いの画像を得られないときに用いられる。

20

【0113】

加熱加圧ローラ 85 は、対向ローラ 84 に向かって付勢されており、定着ベルト 86 を介して、被付与物 30 を対向ローラ 84 と挟持しながら加熱及び加圧する。

定着ベルト 86 は、無端のベルト状であり、加熱加圧ローラ 85 及び従動ローラ 87 に張架され、表面が被付与物 30 と接触する。

従動ローラ 87 は、加熱加圧ローラ 85 の下方に配置され、加熱加圧ローラ 85 の回転に従って従動する。

ハロゲンランプ 88 は、加熱加圧ローラ 85 の内部に配置され、被付与物 30 に転写対象層 20 を定着させるための熱を発生させる。

対向ローラ 84 は、定着ベルト 86 と当接する位置に配置され、被付与物 30 を加圧ローラ 83 とにより被付与物搬送ベルト 72 を介して挟持する。

30

【0114】

図 7C は、定着手段を付加した図 6A に示す画像形成装置の他の一例を示す説明図である。

図 7C において、画像形成装置 307 は、図 7A で示した画像形成装置 305 における加圧方式の定着手段 80 を UV 照射方式の定着手段 82 に変更したものである。

定着手段 82 は、被付与物 30 の図 7C 中矢印 C で示す搬送方向において担持ローラ 41 の下流側に配置され、UV ランプ 89 を有している。この定着手段 82 は、転写対象層 20 として紫外線硬化性材料を用いた場合に使用され、UV ランプ 89 により UV を照射して被付与物 30 に定着させる。

40

【0115】

図 8A は、本発明の画像形成装置の一例を示す説明図である。

図 8A において、画像形成装置 400 は、図 7B に示した画像形成装置 306 の各手段などに加え、飛翔ユニット 120 を 4 つ有しており、転写対象材料 20 として色材を含有する着色剤 21 を用いた場合に変更したものである。

また、飛翔ユニット 120 は、供給手段 50 と、飛翔手段 100 と、図示しないビーム走査手段 60 と、担持ローラ 41 と、転写対象材料 20 (着色剤 21) とにより構成される。

【0116】

飛翔ユニット 120 Y、M、C、K は、それぞれプロセスカラーであるイエロー (Y)

50

、マゼンタ（M）、シアン（C）及びブラック（K）の4色のトナーを着色剤21として貯蔵している。

これにより、被付与物30としての記録媒体31上に各色の画像を順次形成し、カラー画像を得るカラープロセスに適用することができる。

【0117】

図8Bは、本発明の画像形成装置の他の一例を示す説明図である。

図8Bにおいて、画像形成装置401は、図8Aに示した画像形成装置400の各手段などに加え、被付与物としての中間転写手段90を有している。

【0118】

中間転写手段90は、中間転写体91と、中間転写体駆動ローラ92と、中間転写体従動ローラ93とを有している。 10

中間転写体91は、例えば、無端状のベルトであり、4つの飛翔ユニット120の上方に配置され、中間転写体駆動ローラ92と、中間転写体従動ローラ93とにより張架されている。

中間転写体駆動ローラ92は、回転駆動手段により図8B中矢印R2で示す回転方向に回転し、中間転写体91を回転させる。

中間転写体従動ローラ93は、中間転写体駆動ローラ92の回転に従って従動する。

このように、まず、中間転写体91に画像を形成し、これを所望の記録媒体31に転写するようにしてもよい。この画像形成装置201においても、画像形成装置400と同様に高画質のカラー画像を得ることができる。また、中間転写体91に形成した画像を記録媒体31に転写する際に中間転写体駆動ローラ92により押圧するので、画像形成装置200と同様に、着色剤21を付与させた記録媒体31の表面粗さを小さくすることができる。 20

【0119】

また、図5Bでは、レーザービームを照射する方向を重力方向としたが、図5A及び図6A～図8Bでは、レーザービームを照射する方向を重力方向とは逆の方向にすることや、水平方向にすることを示した。

このように、本発明の画像形成方法では、基板の表面へのレーザービームの照射方向が非重力方向であり、液柱乃至液滴が非重力方向に生ずるようにしてもよい。これにより、装置の設計において自由度を高めることができる。 30

【0120】

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

【0121】

（立体造形物の製造方法）

本発明の立体造形物の製造方法は、本発明の飛翔体転写方法からなる工程を含み、更に必要に応じてその他の工程を含む。具体的には、飛翔工程と、付与工程とを含み、更に必要に応じてその他の工程を含む。

前記飛翔工程は、本発明の飛翔体転写方法における飛翔工程と同様である。

なお、前記立体造形物の製造方法における飛翔工程は、被付与物に対して立体造形剤としての転写対象材料を層として積み重ね、立体的に付与する。 40

【0122】

- 立体造形剤 -

前記立体造形剤としては、転写対象材料と同様に、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、前記立体造形物の製造方法における転写対象材料としての立体造形剤とした際に異なる点を説明する。

【0123】

前記被付与物上に付与した立体造形剤の一層当たり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、求められる精密さなどにより変化するが、5 μm以上500 μm以下が好ましい。前記被付与物上に付与した立体造形剤の一層当たり 50

の平均厚みが5 μm以上500 μm以下であると、立体造形物の精度、質感、滑らかさ、製造時間などの点で有利である。また、前記被付与物上に付与した立体造形剤の一層当たりの平均厚みとしては、5 μm以上100 μm以下がより好ましい。前記被付与物上に付与した立体造形剤の一層当たりの平均厚みがより好ましい範囲内であると、レーザービームのエネルギーを低く抑えられ、立体造形剤の劣化などを抑制する点で有利である。

【0124】

前記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。

【0125】

- - 硬化性材料 - -

前記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。

前記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。

【0126】

- - その他の成分 - -

前記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。

【0127】

< その他の工程及びその他の手段 >

前記その他の工程としては、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、供給工程、立体造形ヘッドユニット走査工程、被付与物位置調整工程、制御工程などが挙げられる。

【0128】

<< 硬化工程及び硬化手段 >>

前記硬化工程は、前記転写対象材料としての立体造形剤を硬化する工程である。

前記硬化手段は、前記転写対象材料としての立体造形剤を硬化する手段である。

前記硬化手段としては、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、立体造形剤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。

前記硬化工程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、立体造形剤が紫外線硬化性材料であれば、紫外線照射工程などが挙げられ、紫外線照射手段を用いて好適に行うことができる。

【0129】

<< 立体造形剤供給工程及び立体造形剤供給手段 >>

前記立体造形剤供給工程は、前記転写対象材料が立体造形剤であること以外は、本発明の画像形成方法における供給工程と同様であるため、その説明を省略する。

前記供給手段は、前記転写対象材料が立体造形剤であること以外は、本発明の画像形成装置における供給手段と同様であるため、その説明を省略する。

【0130】

<< 立体造形ヘッドユニット走査工程及び立体造形ヘッドユニット走査手段 >>

前記立体造形ヘッドユニット走査工程は、飛翔ユニットと前記硬化手段とを一体とした立体造形ヘッドユニットを被付与物上の装置の幅（X軸）方向で走査させる工程である。

前記立体造形ヘッドユニット走査手段は、飛翔ユニットと前記硬化手段とを一体とした立体造形ヘッドユニットを被付与物上の装置の幅（X軸）方向で走査させる手段である。

また、前記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。

10

20

30

40

50

【 0 1 3 1 】

< < 被付与物位置調整工程及び被付与物位置調整手段 > >

前記被付与物位置調整工程は、装置の奥行き方向（ Y 軸 ）及び高さ方向（ Z 軸 ）に被付与物の位置を調整する工程である。

前記被付与物位置調整手段は、装置の奥行き方向（ Y 軸 ）及び高さ方向（ Z 軸 ）に被付与物の位置を調整する手段である。

前記被付与物位置調整手段としては、例えば、装置の奥行き方向（ Y 軸 ）及び高さ方向（ Z 軸 ）に被付与物の位置を調整可能な基体（ステージ）などが挙げられる。

【 0 1 3 2 】

< < 制御工程及び制御手段 > >

制御工程は、前述した画像形成装置の制御工程と同様である。

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。

【 0 1 3 3 】

次に、前記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、前記立体造形物の製造装置の部材の数、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。

【 0 1 3 4 】

図 9 は、立体造形物の製造装置の一例を示す説明図である。

図 9 において、立体造形物の製造装置 5 0 0 は、被付与物としての造形物支持基板 1 2 2 と、ステージ 1 2 3 と、立体造形ヘッドユニット 1 3 0 とを有している。この立体造形物の製造装置 5 0 0 は、付与した立体造形剤 2 2 を硬化しながら積層して立体造形物 1 2 4 を製造する。

立体造形ヘッドユニット 1 3 0 は、立体造形物の製造装置 5 0 0 の上部に配置され、駆動手段により図 9 中矢印 L で示す方向に走査することができる。この立体造形ヘッドユニット 1 3 0 は、飛翔ユニット 1 2 0 と、硬化手段として紫外線照射器 1 2 1 とを有している。

【 0 1 3 5 】

飛翔ユニット 1 2 0 は、立体造形ヘッドユニット 1 3 0 の中央に配置され、下方に転写対象材料 2 0 を飛翔させ、造形物支持基板 1 2 2 又はすでに硬化させた転写対象層 2 0 に付与する。

紫外線照射器 1 2 1 は、飛翔ユニット 1 2 0 の両側面に配置され、飛翔ユニット 1 2 0 が飛翔させた転写対象材料 2 0 に紫外線を照射して、転写対象層 2 0 を硬化する。

造形物支持基板 1 2 2 は、立体造形物の製造装置 5 0 0 の下部に配置され、立体造形ヘッドユニット 1 3 0 が立体造形剤 2 2 の層を形成する際の基板となる。

ステージ 1 2 3 は、造形物支持基板 1 2 2 の下方に配置され、駆動手段により造形物支持基板 1 2 2 を図 9 中垂直方向に移動させることができる。また、このステージ 1 2 3 は、図 9 中矢印 H で示す方向に移動させることができ、立体造形ヘッドユニット 1 3 0 と立体造形物 1 2 4 との間隙を調整することができる。

【 0 1 3 6 】

なお、画像形成装置及び立体造形物の製造装置においては、被付与物（記録媒体）を搬送又は移動させる例を示したが、これに限らず、被付与物などを静止させて飛翔ユニットなどを移動させてもよい。あるいは、被付与物などと飛翔ユニットなどの両者を移動させてもよい。

また、被付与物の全面の画像を同時に形成する場合などでは、少なくとも記録時には両者が静止しレーザーのみ動作させてもよい。

【 実施例 】

【 0 1 3 7 】

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。

【 0 1 3 8 】

10

20

30

40

50

(転写対象材料の製造例 1)

以下の組成の分散媒に、無機粒子として真球状ナノフェライト粉__M001(パウダーテック株式会社製)を、分散媒と無機粒子の合計100質量部に対して、1質量部添加し攪拌することにより、転写対象材料No.1(グリセロール濃度98質量%)を調製した。

[分散媒の組成]

- ・植物性グリセリン98%以上(株式会社自然化粧品研究所製):98質量部
- ・純水:2質量部

【0139】

(転写対象材料の製造例 2)

転写対象材料の製造例1において、無機粒子として真球状ナノフェライト粉__E001(パウダーテック株式会社製)を、分散媒と無機粒子の合計100質量部に対して、1質量部添加した以外は、転写対象材料の製造例1と同様にして、転写対象材料No.2(グリセロール濃度98質量%)を調製した。

【0140】

(転写対象材料の製造例 3)

以下の組成の分散媒に、無機粒子として真球状ナノフェライト粉__M001(パウダーテック株式会社製)を、分散媒と無機粒子の合計100質量部に対して、1質量部添加し攪拌することにより、転写対象材料No.3(グリセロール濃度87質量%)を調製した。

[分散媒の組成]

- ・植物性グリセリン98%以上(株式会社自然化粧品研究所製):87質量部
- ・純水:13質量部

【0141】

(転写対象材料の製造例 4)

以下の組成の分散媒に、無機粒子として真球状ナノフェライト粉__M001(パウダーテック株式会社製)を、分散媒と無機粒子の合計100質量部に対して、1質量部添加し攪拌することにより、転写対象材料No.4(グリセロール濃度94質量%)を調製した。

[分散媒の組成]

- ・植物性グリセリン98%以上(株式会社自然化粧品研究所製):94質量部
- ・純水:6質量部

【0142】

(転写対象材料の製造例 5)

以下の組成の分散媒に、無機粒子として真球状ナノフェライト粉__M001(パウダーテック株式会社製)を、分散媒と無機粒子の合計100質量部に対して、1質量部添加し攪拌することにより、転写対象材料No.5(CMC濃度2質量%)を調製した。

[分散媒の組成]

- ・カルボキシメチルセルロース(第一工業製薬株式会社製):2質量部
- ・純水:98質量部

【0143】

(転写対象材料の製造例 6)

以下の組成の分散媒に、無機粒子として真球状ナノフェライト粉__M001(パウダーテック株式会社製)を、分散媒と無機粒子の合計100質量部に対して、1質量部添加し攪拌することにより、転写対象材料No.6(CMC濃度3質量%)を調製した。

[分散媒の組成]

- ・カルボキシメチルセルロース(第一工業製薬株式会社製):3質量部
- ・純水:97質量部

【0144】

(転写対象材料の製造例 7)

10

20

30

40

50

転写対象材料の製造例 3 において、無機粒子として MATB - SA 4 (戸田工業株式会社製) を 1 質量部添加した以外は、転写対象材料の製造例 3 と同様にして、転写対象材料 No. 7 (グリセロール濃度 87 質量%) を調製した。

【0145】

(転写対象材料の製造例 8)

転写対象材料の製造例 1 において、無機粒子として Zeomic Type AJ (株式会社シナネンゼオミック製) を 0.8 質量部と、三菱カーボンブラック #44 (三菱化学株式会社製) を 0.2 質量部添加した以外は、転写対象材料の製造例 1 と同様にして、転写対象材料 No. 8 (グリセロール濃度 98 質量%) を調製した。

【0146】

(転写対象材料の製造例 9)

以下の組成の分散媒に、無機粒子として真球状ナノフェライト粉_M001 (パウダーテック株式会社製) を、分散媒と無機粒子の合計 100 質量部に対して、1 質量部添加し攪拌することにより、転写対象材料 No. 9 (グリセロール濃度 44 質量%) 転写対象材料を調製した。

[分散媒の組成]

- ・植物性グリセリン 98% 以上 (株式会社自然化粧品研究所製) : 44 質量部
- ・純水 : 56 質量部

【0147】

次に、作製した各転写対象材料について、以下のようにして、強熱残分又は蒸発残分、メディアン径 (D_{50}) 及び 25 で剪断応力が 200 Pa における複素粘度を測定した。結果を表 1 に示した。

【0148】

<強熱残分又は蒸発残分の測定>

JIS K0067 に基づき、以下のようにして、強熱残分又は蒸発残分の測定を行った。

- 強熱残分 -

るつぼを 500 で加熱後、冷めるまで待ち質量を測定した。そこに対象の試薬を計量して投入した後加熱し、液を蒸発させた。その後、硫酸を少量加えて徐々に加熱し白煙が生じなくなるまで行った。その後、500 で熱した後、残留物の質量を測定し、残留量 % を確認し、強熱残分が 0.1% 以下であった場合には「○」と評価し、強熱残分が 0.1% を超えた場合には「×」と評価した。

- 蒸発残分 -

試料 10 mg を計量し、300 の熱板上で加熱蒸発させた。その後、残分の質量を測定し、グリセロールの残留量 % を確認し、蒸発残分が 1.0% 以下であった場合には「○」と評価し、蒸発残分が 1.0% を超えた場合には「×」と評価した。

【0149】

<メディアン径 (D_{50}) の測定>

メディアン径 (D_{50}) は、走査型電子顕微鏡 (SU8200 シリーズ、株式会社日立ハイテクノロジー社製) を用いて測定を行う。得られた画像を画像処理ソフト A 像君 (旭化成エンジニアリング株式会社製) で二値化し、メディアン径 (D_{50}) を算出した。

【0150】

<25 で剪断応力が 200 Pa における複素粘度の測定>

複素粘度は、動的粘弾性測定装置を用い、加える応力を変化させ、その時に生じたひずみ量を測定する応力制御法により、以下の条件に基づき測定を行った。図 10 に、転写対象材料 No. 1、3、9 におけるグリセロール濃度 (質量%) と複素粘度 (mPa·s) の関係を示した。

- 測定条件 -

- ・装置名 : レオメータ、HAAKE RheoStress 600、Thermo Fisher Scientific 社製

10

20

30

40

50

- ・ 温度：25
- ・ 剪断応力：200 Pa

【0151】

【表1】

	転写対象材料No.	分散媒				無機材料		メディアン径 D ₅₀ (μ m)	複素粘度 (mPa·s)
		グリセロール	CMC	純水	強熱残分0.1%以下又は蒸発残分1.0%以下	商品名	含有量		
製造例1	1	98質量部		2質量部	○	M001	1質量部	236	752
製造例2	2	98質量部		2質量部	○	E001	1質量部	46	752
製造例3	3	87質量部		13質量部	○	M001	1質量部	236	88
製造例4	4	94質量部		6質量部	○	M001	1質量部	236	363
製造例5	5		2質量部	98質量部	×	M001	1質量部	236	464
製造例6	6		3質量部	97質量部	×	M001	1質量部	236	4236
製造例7	7	87質量部		13質量部	○	MATB-SA4	1質量部	84	88
製造例8	8	98質量部		2質量部	○	Zeomic Type AJ	0.8質量部	512	752
						カーボンブラック	0.2質量部		
製造例9	9	44質量部		56質量部	○	M001	1質量部	236	6

10

20

【0152】

表1中の各成分の詳細については、以下のとおりである。

* M001：真球状ナノフェライト粉_M001、鉄フェライト、マンガンフェライト、パウダーテック株式会社製

* E001：真球状ナノフェライト粉_E001、鉄フェライト、マンガンフェライト、マグネシウムフェライト、ストロンチウムフェライト、パウダーテック株式会社製

* MATB-SA4：四酸化三鉄、カーボン、戸田工業株式会社製

* Zeomic Type AJ、ゼオライト、株式会社シナネンゼオミック製

* 三菱カーボンブラック#44、三菱化学株式会社製

* グリセロール：植物性グリセリン98%以上、株式会社自然化粧品研究所製

* CMC：カルボキシメチルセルロース、第一工業製薬株式会社製

30

【0153】

表1及び図10の結果から、グリセロール濃度が増加するにしたがって、転写対象材料の複素粘度が大きくなり、25 で剪断応力が200 Paにおける転写対象材料の複素粘度は1 mPa·s ~ 1,336 mPa·s の範囲で変化することがわかった。

【0154】

(ドナー基板の製造例1~9)

次に、得られた各転写対象材料をスライドガラス(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%)の片面上にパーコートで塗布し、平均厚みが125 μ mの転写対象層を有するドナー基板1~9を作製した。

【0155】

(実施例1~8及び比較例1~3)

次に、表2に示す転写対象材料とレーザー照射の組み合わせにより、転写方法を実施した。

図11に、実施例及び比較例で用いた光渦レーザービームを有するレーザー照射装置の概略図を示す。

レーザー光源として、波長532 nm、ナノ秒パルス(10 ns程度)のパルスレーザ

40

50

ーを使用し、空間光変調器 (S L M)、 $\lambda/4$ 板 (Q W P) で軌道角運動量及びスピン角運動量を制御することにより光渦レーザービームを生成した。集光レンズ (L e n s) で光渦レーザービームを集光して、ドナー基板の基板側から転写対象層に光渦レーザービームを照射した。

なお、比較例 2 及び 3 では、空間光変調器 (S L M) で位相を変調せずにガウスビームのまま用いた。

【 0 1 5 6 】

図 1 2 に光渦レーザービームを照射したときの N o . 9 の転写対象材料 (グリセロール濃度 4 4 質量 %、複素粘度 6 m P a · s) の挙動を示す。

光渦レーザービームは図 1 2 の下面より上方向に向けて照射され、図 1 2 中線 A は転写対象層表面を示す。 10

図 1 2 の結果から、レーザー照射後 6 . 0 μ s e c 以降では、転写対象材料中の無機粒子が中央に集まり、自転しながら高い指向性で液柱が成長していく、いわゆる「スピンジェット」と呼ばれる現象が観察できる。この「スピンジェット」は、光渦レーザービームの有する円環状の強度プロファイルと、軌道角運動量の転写により発生すると考えられる。

【 0 1 5 7 】

図 1 3 A ~ 図 1 5 B に被付与物 (松浪硝子工業株式会社製の S 1 2 1 4、水縁磨、t 1 . 3) に転写された転写対象材料の液滴の画像、及び転写対象材料の液滴中における無機粒子の空間分布を示す。 20

図 1 3 A は、N o . 9 の転写対象材料 (グリセロール濃度 4 4 質量 %) の液滴画像、図 1 4 A は、N o . 3 の転写対象材料 (グリセロール濃度 8 7 質量 %) の液滴画像、図 1 5 A は、N o . 1 の転写対象材料 (グリセロール濃度 9 8 質量 %) の液滴画像である。

図 1 3 B ~ 図 1 5 B におけるヒストグラムの X 軸は、転写対象材料の液滴の円相当半径を 1 0 0 % としたときの転写対象材料の液滴の重心位置から各無機粒子の重心位置までの距離を % で表している ($R_G / R_{d r o p} * 1 0 0$) 。

図 1 3 B ~ 図 1 5 B におけるヒストグラムの第一 Y 軸は、転写対象材料の液滴の重心位置から 5 μ m ずつの円環状の領域に重心位置が存在する無機粒子の面積を合計し、該当する円環状領域の面積で割った面積率を示す。

図 1 3 B ~ 図 1 5 B におけるヒストグラムの第二 Y 軸は、全ての重心距離における第一 Y 軸の値の総和を 1 0 0 [%] とした際の累積 (転写対象材料の液滴中の無機粒子の面積割合) を示す。 30

図 1 3 B ~ 図 1 5 B の結果から、グリセロール濃度が大きくなるにしたがって、無機粒子の分布は X 軸の全ての領域に広がり、第一 Y 軸の表す面積率も同程度の値に近づいていることから、無機粒子が転写対象材料の液滴中の空間に均一に分布していることがわかる。このことは、無機粒子には光渦レーザービームの前方散乱力による面内輻射力と、全角運動量による動径方向の輻射力によりらせん状の中心力が働き、無機粒子の動きを促すが、転写対象材料の複素粘度が大きくなることによって無機粒子の動きが妨げられるためであると考えられる。

【 0 1 5 8 】

図 1 6 A ~ 図 1 6 C は、転写対象材料の液滴中における無機粒子の空間分布の解析方法について説明する図である。 40

図 1 6 A は、転写対象材料 N o . 3 (グリセロール濃度 8 7 質量 %) を転写して得られた、被付与物上の液滴を顕微鏡の暗視野観察法により得られた画像である。図 1 6 B は、図 1 6 A における液滴全体の面積領域 $S_{A 1 1}$ [μ m ²] と $S_{A 1 1}$ の重心位置 [$X_{L G}$ 、 $Y_{L G}$] を表す図である。図 1 6 C は、図 1 6 A において液滴中に分散している各無機粒子の面積領域 $S (A r e a)$ [μ m ²] と重心位置 [X_G 、 Y_G] をそれぞれ示す。

【 0 1 5 9 】

以下に示すようにして、転写対象材料の液滴中における無機粒子の空間分布の解析を行うことができる。 50

図16Aにおける液滴全体の面積領域 $S_{All} [\mu m^2]$ は、画像解析ソフト Image J の多角形選択ツールを用い、液滴の淵を選択することで面積領域 $S_{All} [\mu m^2]$ と S_{All} の重心位置 $[X_{LG}, Y_{LG}]$ を決定した。

図16Cにおける各無機粒子の面積領域は、Image J の2値化画像作成機能、又は旭化成エンジニアリング社製画像解析ソフト「A像くん」の2値化处理機能を用いている。また、本液滴はドーム状の形状をしており、しきい値設定が困難な場合がある。その場合、「A像くん」の範囲指定機能を用い、濃度識別が可能な領域毎に2値化しきい値を設定し、面積領域を決定した。

得られた各無機粒子の面積領域を $S(Area) [\mu m^2]$ 、重心位置を $[X_G, Y_G]$ とした。

10

使用した画像解析ソフトは、無料画像解析ソフト Image J と、旭化成エンジニアリング社製画像解析ソフト「A像くん」である。

【0160】

R_G は、液滴全体の重心位置 $[X_{LG}, Y_{LG}]$ と、各無機粒子の重心位置 $[X_G, Y_G]$ の距離を三平方の定理より求めた値であり、下記数式(A)で表される。

【数1】

$$R_G = \sqrt{(X_{LG} - X_G)^2 + (Y_{LG} - Y_G)^2} \quad \dots \text{数式(A)}$$

20

【0161】

R_{drop} は、液滴全体の面積領域 $S_{All} [\mu m^2]$ に対する、円相当径(半径)を示し、下記数式(B)で表される。

【数2】

$$R_{drop} = \sqrt{S_{All}/\pi} \quad \dots \text{数式(B)}$$

【0162】

$5 \times r \leq R_G < 5 \times (r + 1)$ において、

$$S(r+1) - S(r) = (5 \times (r + 1))^2 - (5 \times r)^2$$

30

ただし、 $r = 0, 1, 2, 3 \dots$ であり、液滴全体の重心位置 $[X_{LG}, Y_{LG}]$ から $5 \mu m$ 毎に区切った円環状の領域面積を示す。

上記数式は図13B~図15Bのヒストグラムを作成するために使用した式である。以下では、累積の算出方法、及びヒストグラムの算出方法についてそれぞれ説明する。

【0163】

累積の算出

液滴重心 $[X_{LG}, Y_{LG}]$ から、円相当径 R_{drop} までの長さ100%とし、無機粒子の位置を%表記とするため、 $R_G / R_{drop} * 100(\%)$ を定義する。

無機粒子の面積領域 $S(Area) [\mu m^2]$ の総和を100%とし、 $R_G / R_{drop} * 100(\%)$ の値が小さいものから順に足していき、累積が90%となる粒子に該当する $R_G / R_{drop} * 100(\%)$ の値を評価した。

40

【0164】

ヒストグラムの算出

$5 \times r \leq R_G < 5 \times (r + 1)$ における各領域面積 $[\mu m^2]$ を規格化するため、各無機粒子の面積領域 $S(Area) [\mu m^2]$ を、該当する領域面積 $S(r+1) - S(r)$ で割って得られた値を $S'(Area)$ とする。

ここで、液滴重心 $[X_{LG}, Y_{LG}]$ から、円相当径 R_{drop} までの長さ100%とし、無機粒子の位置を%表記とするため、 $R_G / R_{drop} * 100(\%)$ を定義する。

$S'(Area)$ を新たに定義した領域： $5 \times n \leq R_G / R_{drop} * 100(\%) < 5 \times (n + 1)$ ($n = 0, 1, 2, 3 \dots$) において総和を取り、ヒストグラムに表すと

50

、図13B～図15Bのヒストグラムが得られる。

【0165】

したがって、光渦レーザーを用いたLIFT(OV-LIFT)法では転写対象材料の複素粘度を制御することにより、転写対象材料の液滴における無機粒子の空間分布を制御することが可能であることがわかる。

【0166】

次に、図17は、図13Bに示した累積(転写対象材料の液滴中の無機粒子の面積割合)が90%となる $R_G / R_{drop} * 100$ (%)と、転写対象材料の複素粘度($mPa \cdot s$)との関係を示すグラフである。

図17の結果から、複素粘度が $88 mPa \cdot s$ (グリセロール濃度87質量%)の条件において、転写対象材料の液滴中の無機粒子の分布は $R_G / R_{drop} * 100 = 70\%$ の範囲に9割の無機粒子が存在していることとなる。

図17の結果から、転写対象材料の複素粘度が $88 mPa \cdot s$ 以上の領域に比べて、転写対象材料の複素粘度が $88 mPa \cdot s$ 未満の領域における複素粘度($mPa \cdot s$)の変化に対する無機粒子の空間分布の変化が顕著であることがわかる。このことから、転写対象材料中に分散させた無機粒子を凝集させることなく均一に転写するには、複素粘度が $88 mPa \cdot s$ 以上 $4,300 mPa \cdot s$ 以下である転写対象材料を用いることが必要であることがわかった。

また、上記実験に用いた転写対象材料の分散媒は強熱残分が0.1%以下又は蒸発残分が1.0%以下である分散媒を選択しており、不純物を含まないため、非常に高純度での転写対象材料の転写が可能となる。

【0167】

<無機粒子の空間分布の評価>

顕微鏡を用いて被付与物上の液滴を観察し、上記に示す累積が90%となる無機粒子に該当する $R_G / R_{drop} * 100$ (%)の値を算出し、以下の基準で評価した。結果を表2に示した。

[評価基準]

○ : 80%以上

○ : 70%以上80%未満

× : 70%未満

【0168】

30

40

50

【表 2】

	転写対象材料No.	メディアン径 D ₅₀ (μm)	複素粘度 ($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	光渦レーザー	空間分布評価	累積90%となるR _G /R _{drop} *100(%)
実施例1	1	236	752	○	◎	83
実施例2	2	46	752	○	◎	84
実施例3	3	236	88	○	○	70
実施例4	4	236	363	○	◎	80
実施例5	5	236	464	○	◎	81
実施例6	6	236	4236	○	◎	89
実施例7	7	84	88	○	○	68
実施例8	8	512	752	○	◎	86
比較例1	9	236	6	○	×	10
比較例2	3	236	88	×	飛散が酷く、液滴形成困難	—
比較例3	9	236	6	×	飛散が酷く、液滴形成困難	—

10

20

【0169】

以上の結果から、光渦レーザービームを用いた飛翔体転写方法において所定の波長の光渦レーザービームを吸収する光吸収材を凝集させることなく転写することができる。転写対象材料中に分散した光吸収材の空間分布が被付与物上においても維持される。そのため、転写対象材料の厚みは一定となり、印刷技術全般の課題である転写対象材料の厚みムラが抑制され画像上の輝度ムラ、色ムラが改善される。また、本発明者ら検討により、粘度が100 Pa・s以上の転写対象材料を用いた場合であっても光吸収材の凝集がなく良質な転写が可能であることが確認できている。更に、強熱残分が0.1%以下又は蒸発残分が1.0%以下である分散媒を用いることによって、高純度な光吸収材の転写が可能となる。

30

【0170】

本発明の態様としては、例えば、以下のとおりである。

< 1 > 基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔工程と、

飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与工程と、を含み、

25 で剪断応力が200 Paにおける前記転写対象材料の複素粘度が88 mPa・s以上4,300 mPa・s以下であることを特徴とする飛翔体転写方法である。

< 2 > 前記光吸収材が無機材料である、前記< 1 >に記載の飛翔体転写方法である。

< 3 > 前記無機材料のメディアン径(D₅₀)が50 nm以上500 nm以下である、前記< 2 >に記載の飛翔体転写方法である。

40

< 4 > 前記分散媒における強熱残分が0.1%以下又は蒸発残分が1.0%以下である、前記< 1 >から< 3 >のいずれかに記載の飛翔体転写方法である。

< 5 > 前記分散媒がグリセロール水溶液である、前記< 1 >から< 4 >のいずれかに記載の飛翔体転写方法である。

< 6 > 基板と、前記基板上に光吸収材及び分散媒を含む転写対象材料を配したドナー基板に対して、前記ドナー基板の前記基板側から前記転写対象材料に光渦レーザービームを照射して前記転写対象材料を飛翔させる飛翔手段と、

飛翔させた前記転写対象材料を被付与物に付与させる付与手段と、を有し、

25 で剪断応力が200 Paにおける前記転写対象材料の複素粘度が88 mPa・s

50

以上 $4,300 \text{ mPa} \cdot \text{s}$ 以下であることを特徴とする飛翔体転写装置である。

< 7 > 前記 < 1 > から < 5 > のいずれかに記載の飛翔体転写方法からなる工程を含むことを特徴とする画像形成方法である。

< 8 > 前記 < 1 > から < 5 > のいずれかに記載の飛翔体転写方法からなる工程を含むことを特徴とする立体造形物の製造方法である。

【 0 1 7 1 】

前記 < 1 > から < 5 > のいずれかに記載の飛翔体転写方法、前記 < 6 > に記載の飛翔体転写装置、前記 < 7 > に記載の画像形成方法、及び前記 < 8 > に記載の立体造形物の製造方法によると、従来における諸問題を解決し、本発明の目的を達成することができる。

【 符号の説明 】

【 0 1 7 2 】

- 1 飛翔手段
- 1 1 レーザービーム
- 1 2 光渦レーザービーム
- 2 0 転写対象材料 (転写対象層)
- 3 0 被付与物
- 3 1 記録媒体
- 3 2 基板
- 4 0 ドナー基板
- 3 0 0、3 0 1、3 0 1 a 飛翔体転写装置
- 3 0 2 ~ 3 0 7 画像形成装置
- 4 0 0、4 0 1 画像形成装置
- 5 0 0 立体造形物の製造装置

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 1 7 3 】

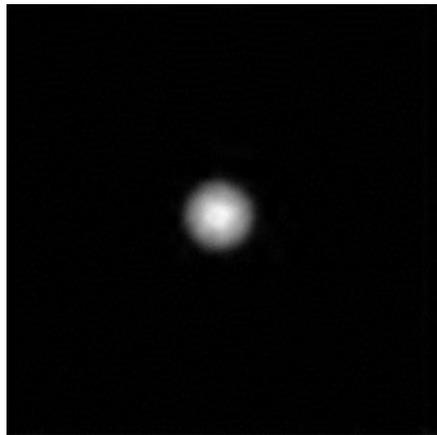
【 特許文献 1 】 特許第 6 4 5 5 5 8 8 号公報

【 図面 】

【 図 1 A 】



【 図 1 B 】



10

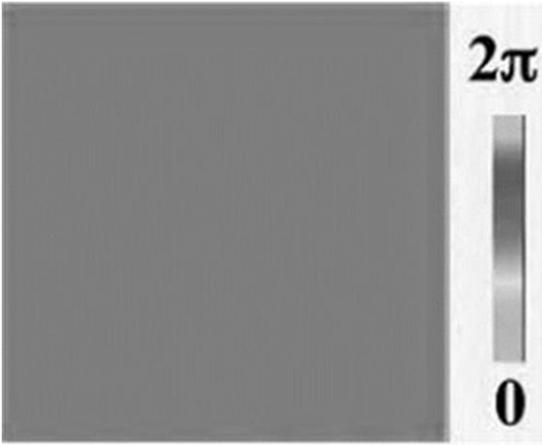
20

30

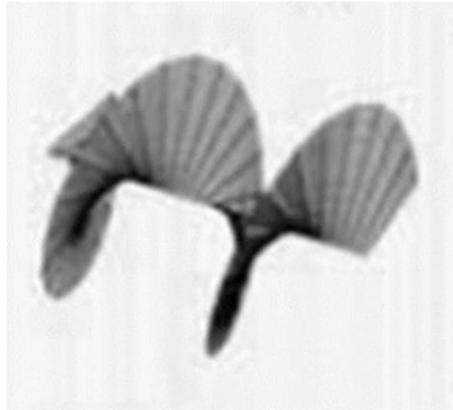
40

50

【 1 C 】

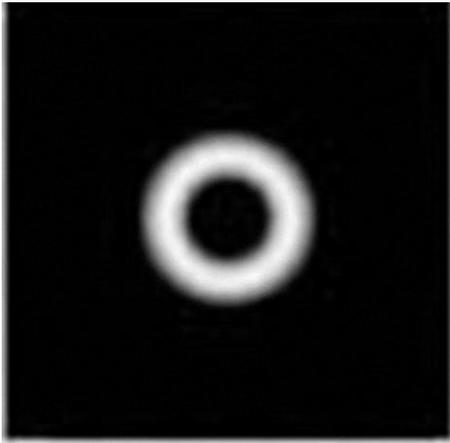


【 2 A 】

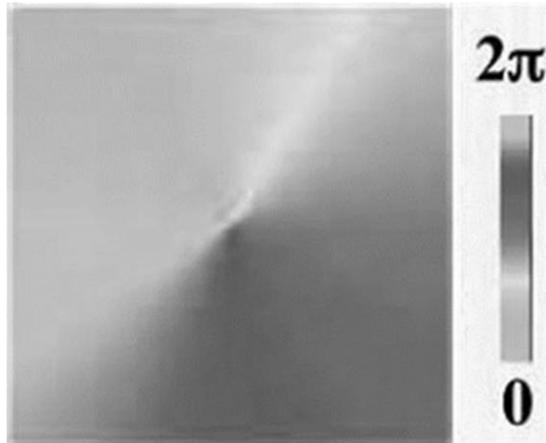


10

【 2 B 】



【 2 C 】



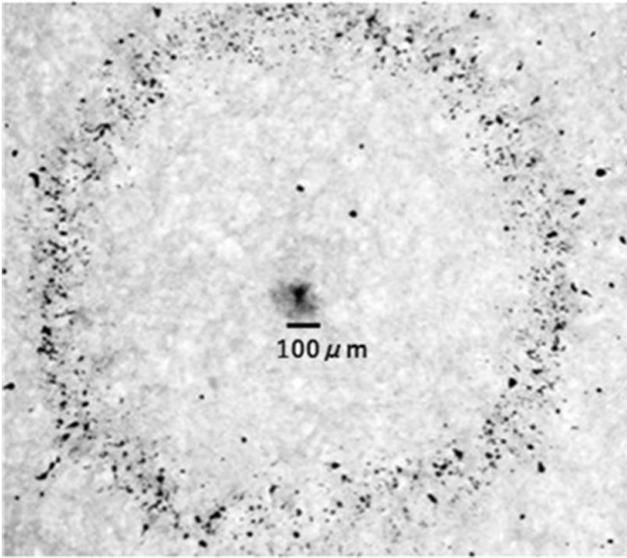
20

30

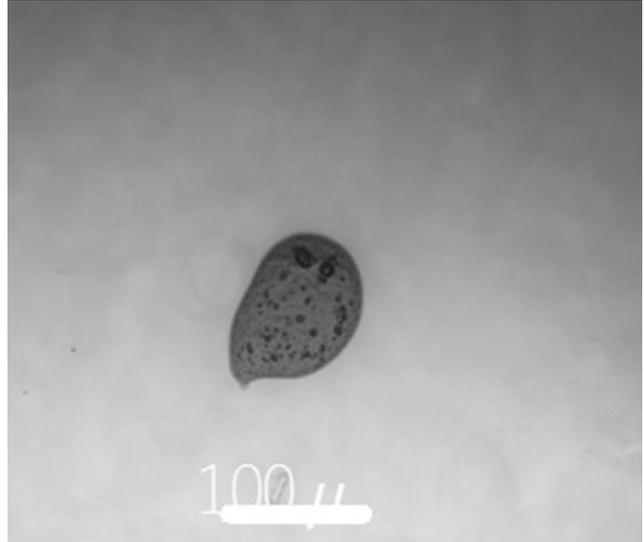
40

50

【 図 3 A 】

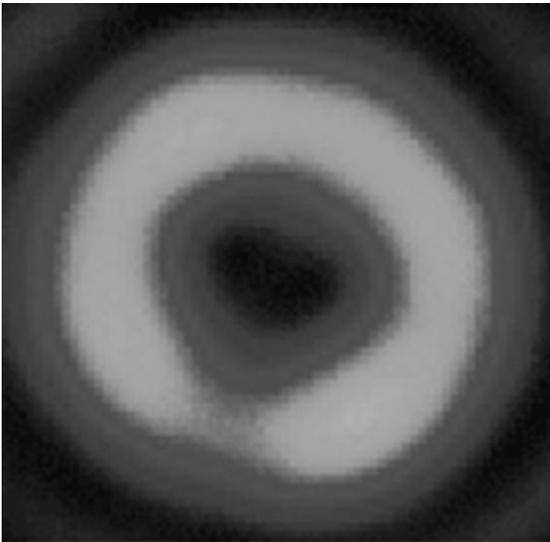


【 図 3 B 】

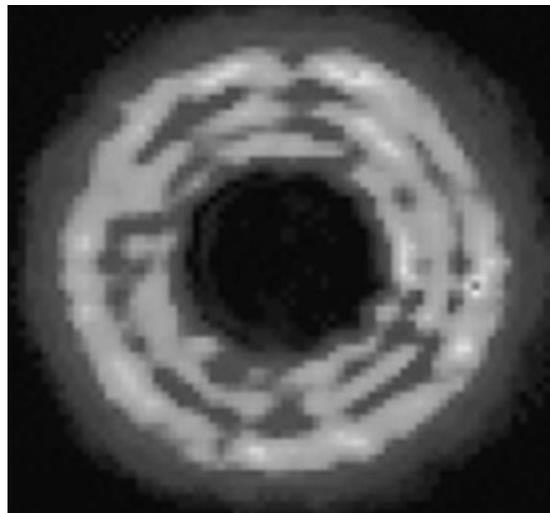


10

【 図 4 A 】



【 図 4 B 】



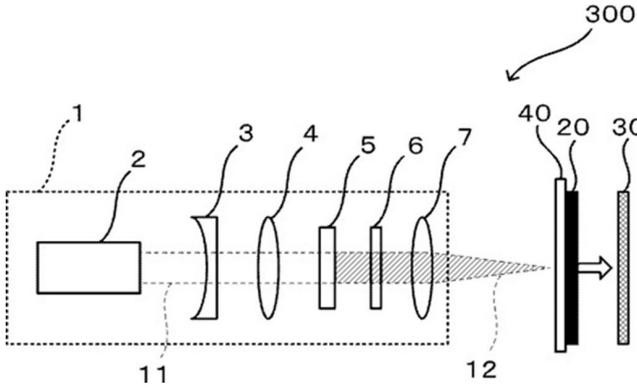
20

30

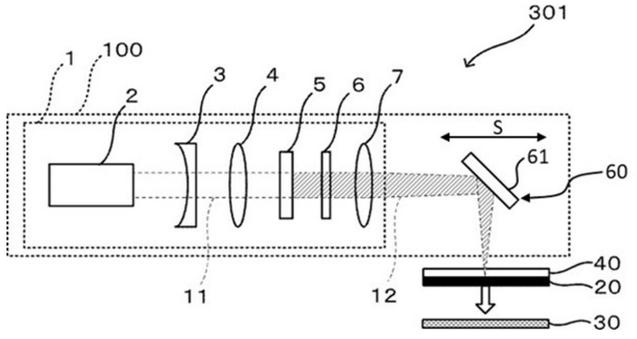
40

50

【図 5 A】

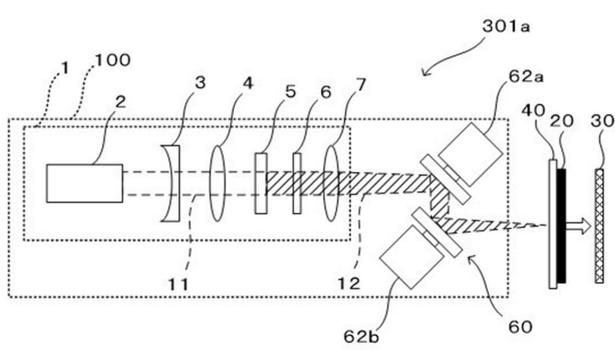


【図 5 B】

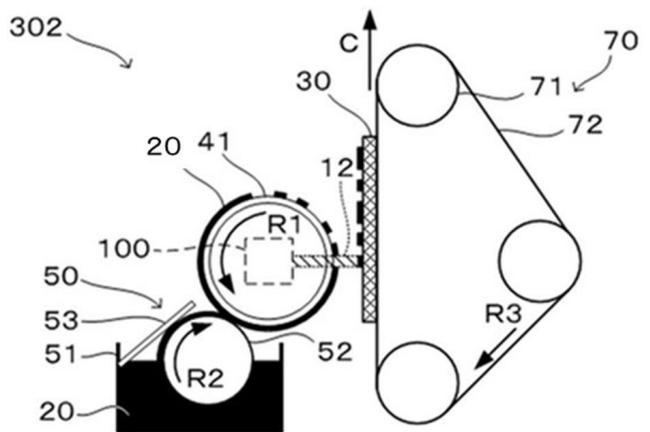


10

【図 5 C】

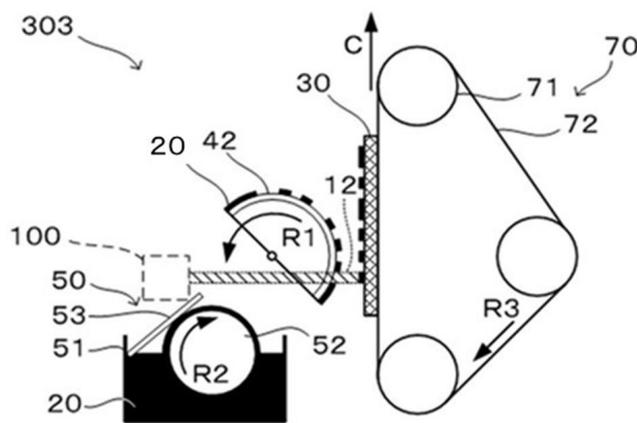


【図 6 A】

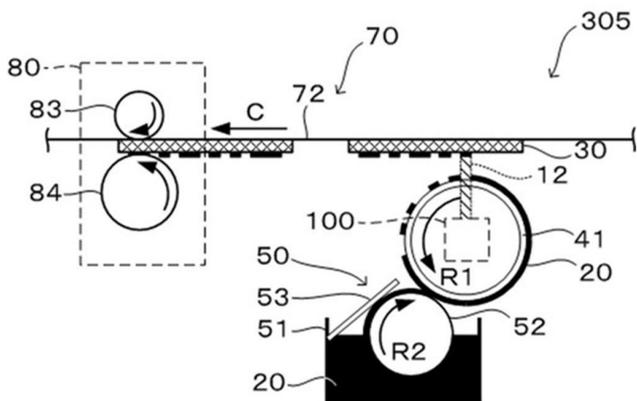


20

【図 6 B】



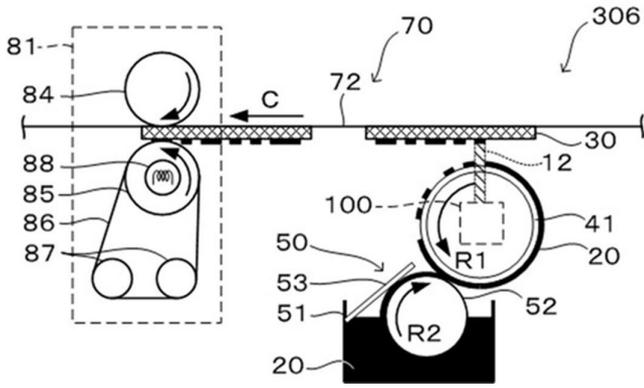
【図 7 A】



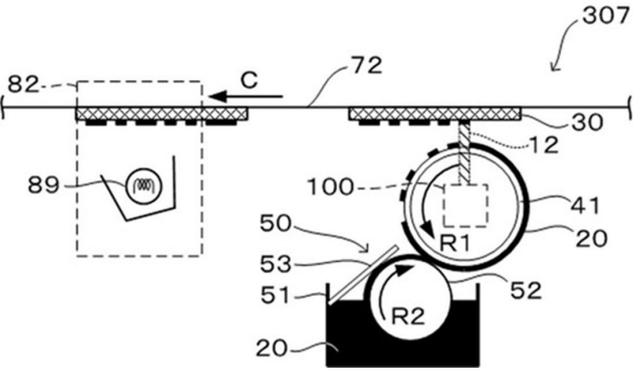
30

40

【図 7 B】

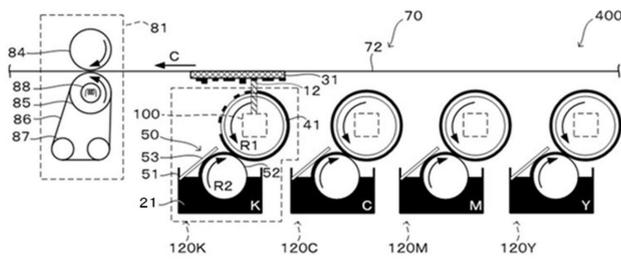


【図 7 C】

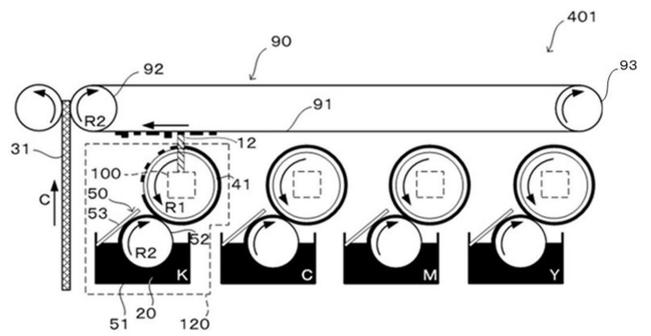


10

【図 8 A】

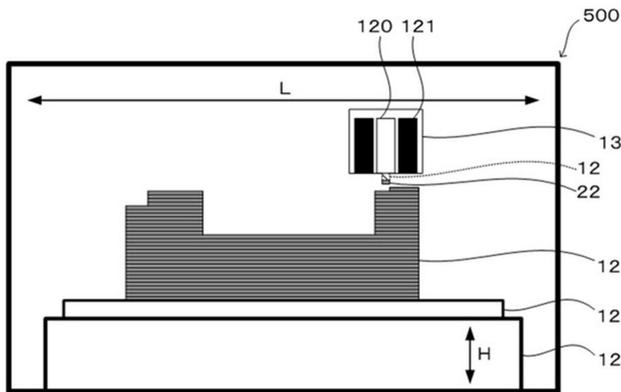


【図 8 B】

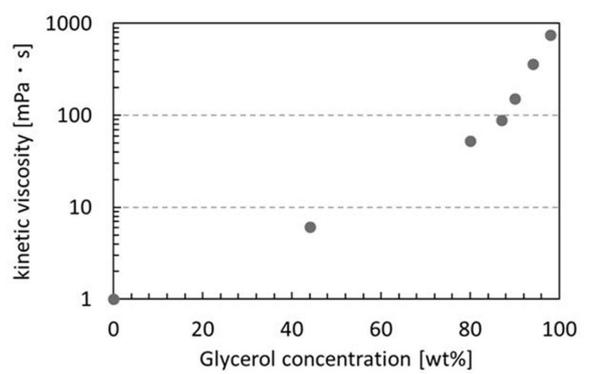


20

【図 9】



【図 10】

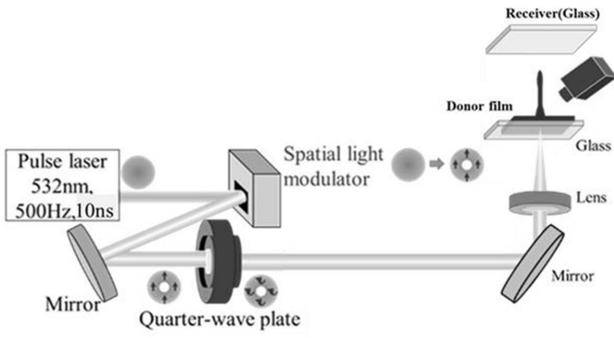


30

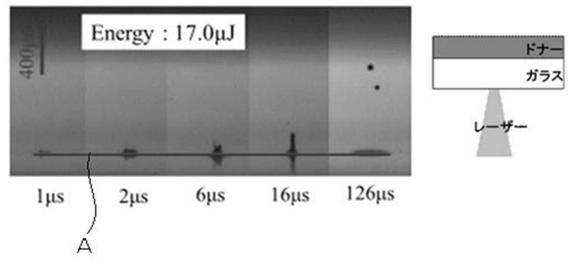
40

50

【 図 1 1 】

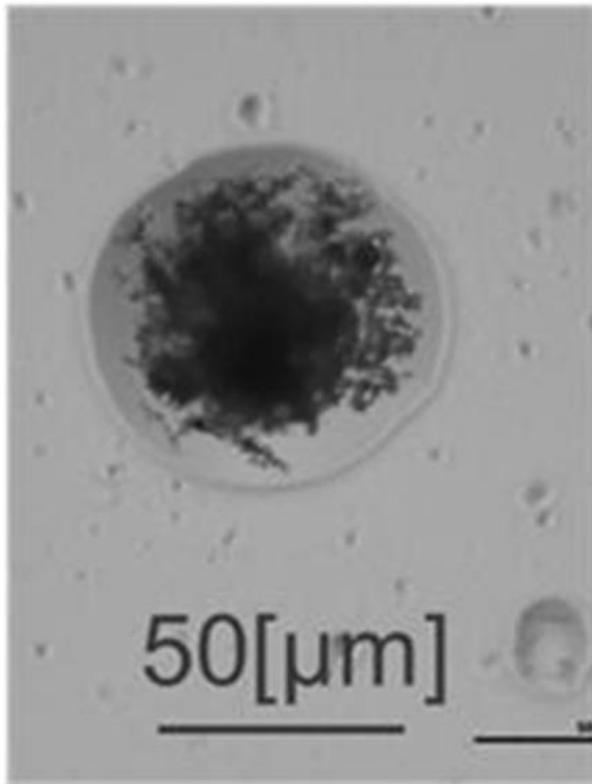


【 図 1 2 】

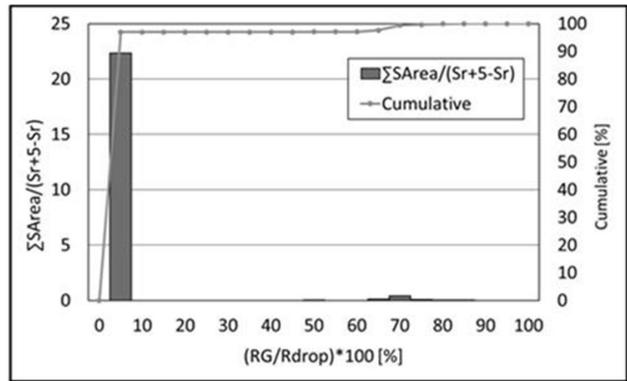


10

【 図 1 3 A 】



【 図 1 3 B 】



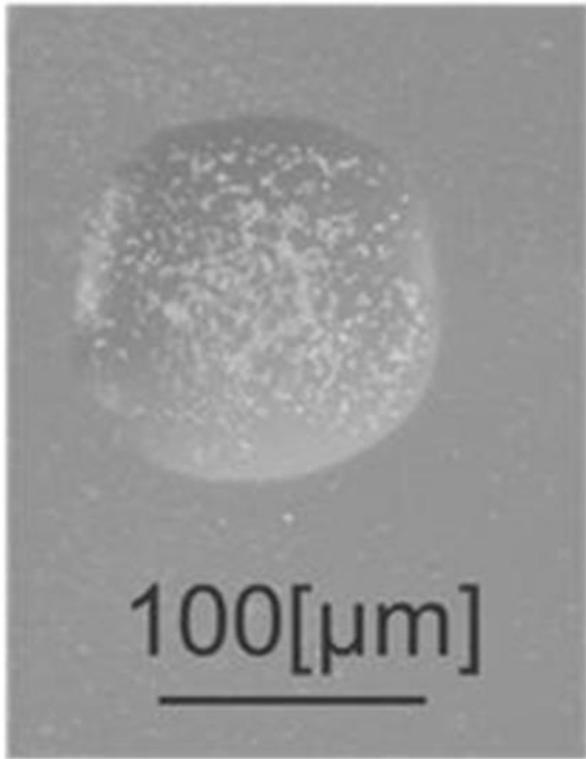
20

30

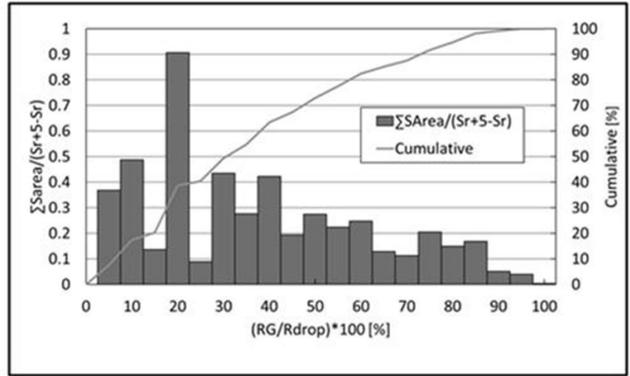
40

50

【 図 1 4 A 】



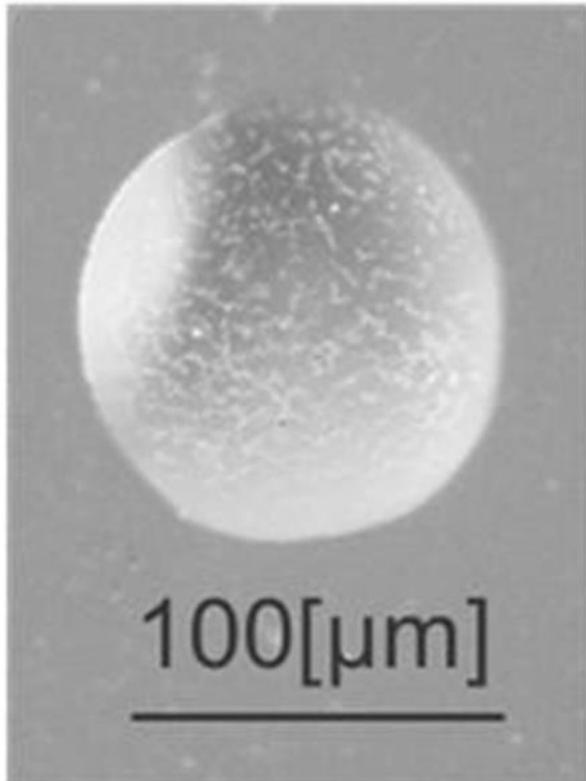
【 図 1 4 B 】



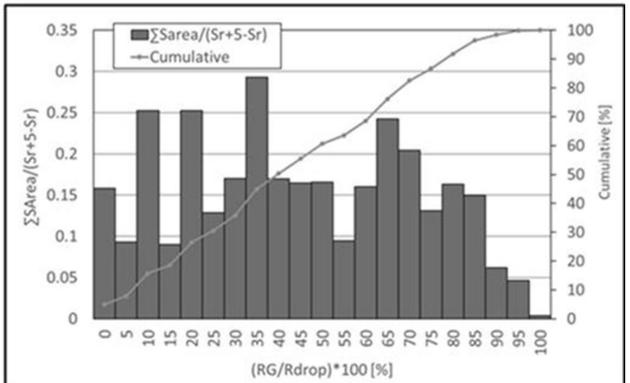
10

20

【 図 1 5 A 】



【 図 1 5 B 】

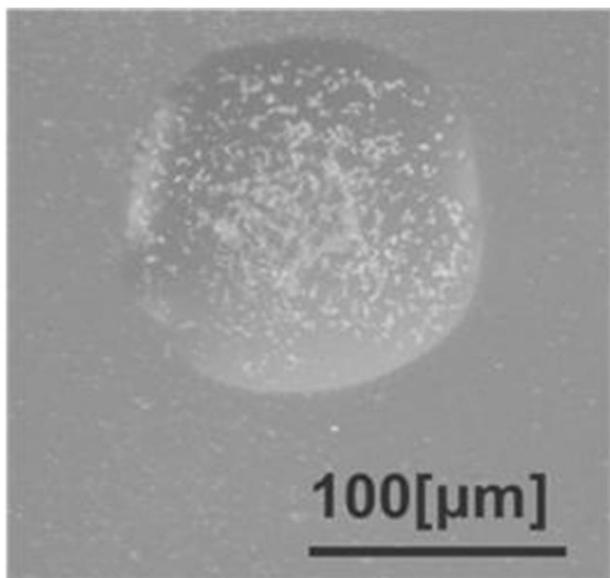


30

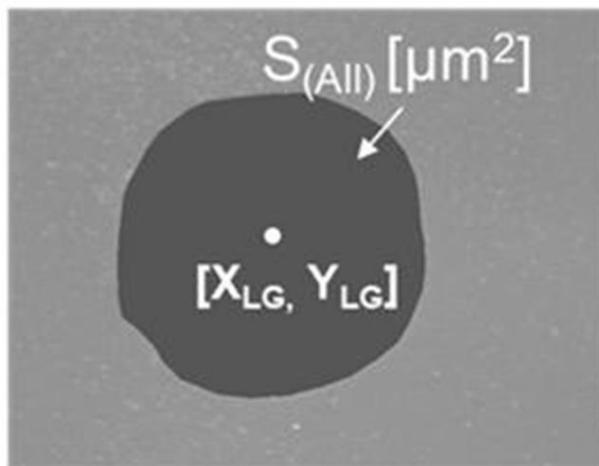
40

50

【 図 1 6 A 】

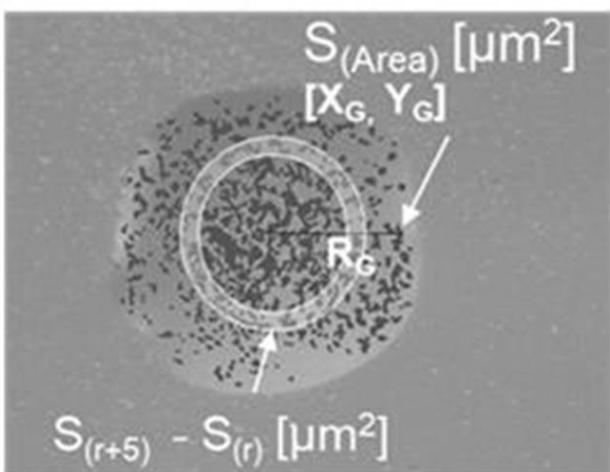


【 図 1 6 B 】

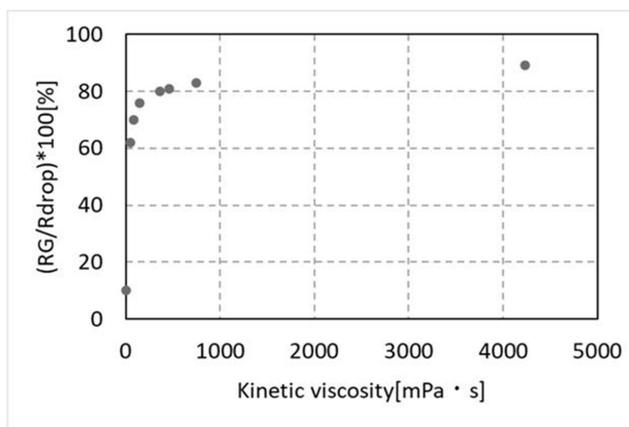


10

【 図 1 6 C 】



【 図 1 7 】



20

30

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 青戸 淳
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 鈴木 一己
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 岩田 宗朗
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 尾松 孝茂
千葉県千葉市稲毛区弥生町 1番33号 国立大学法人千葉大学内
- (72)発明者 川口 晴生
千葉県千葉市稲毛区弥生町 1番33号 国立大学法人千葉大学内
- Fターム(参考) 4F213 AB14 AB16 WA25 WB01 WL02 WL32 WL74 WL76