

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6736487号
(P6736487)

(45) 発行日 令和2年8月5日 (2020. 8. 5)

(24) 登録日 令和2年7月17日 (2020. 7. 17)

(51) Int. Cl.	F I
B 0 5 D 1/06 (2006. 01)	B O 5 D 1/06 H
B 3 3 Y 10/00 (2015. 01)	B 3 3 Y 10/00
B 2 9 C 67/00 (2017. 01)	B 2 9 C 67/00
B 0 5 D 7/00 (2006. 01)	B O 5 D 7/00 K

請求項の数 6 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2017-3614 (P2017-3614)	(73) 特許権者	504407000
(22) 出願日	平成29年1月12日 (2017. 1. 12)		パロ アルト リサーチ センター イン
(65) 公開番号	特開2017-127862 (P2017-127862A)		コーポレイテッド
(43) 公開日	平成29年7月27日 (2017. 7. 27)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
審査請求日	令和2年1月14日 (2020. 1. 14)		304 パロ アルト カイオーテ ヒル
(31) 優先権主張番号	15/001, 452		ロード 3333
(32) 優先日	平成28年1月20日 (2016. 1. 20)	(74) 代理人	100094569
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		弁理士 田中 伸一郎
早期審査対象出願		(74) 代理人	100088694
			弁理士 弟子丸 健
		(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100086771
			弁理士 西島 孝喜
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 付加堆積システムおよび方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

エアロゾル生成装置によって付加材料のエアロゾルを生成するステップと、
基板帯電装置によって基板層を第1の極性の静電位へ静電的に帯電させるステップと、
基板の外にあるイオン堆積装置を使用して前記基板層の上にイオンを堆積させることによ
って、前記基板層表面の静電位を選択的に変更するステップと、

エアロゾル帯電装置によって前記生成された前記付加材料のエアロゾルを第2の極性に
静電的に帯電させるステップと、

前記生成されて帯電させられた前記付加材料のエアロゾルを、該帯電させられた前記付
加材料のエアロゾルと前記帯電が選択的に変更された基板表面層との間の静電位によって
引き起こされる静電力により、前記基板層表面へと選択的に堆積させて、堆積させられた
付加材料の層を形成するステップと、

支持材料を前記基板表面層へ前記堆積させられた付加材料の領域の周囲に堆積させて、
堆積させられた付加材料と前記支持材料との組合せが新たな基板層を形成するようにする
ステップと、

前記生成するステップ、基板層を静電的に帯電させるステップ、選択的に変更するステ
ップ、生成されたエアロゾルを静電的に帯電させるステップ、付加材料を選択的に堆積さ
せるステップ、および支持材料を堆積させるステップを、後続の前記付加材料の層の各々
について繰り返して、付加材料の中実な3次元の物体を形成するステップと

を含む、付加材料の堆積方法。

【請求項 2】

前記堆積させられた支持材料をドクターブレードを使用して平滑にするステップをさらに含む、請求項 1 に記載の付加材料の堆積方法。

【請求項 3】

前記エアロゾル生成装置は、フィラメント伸長式霧化器である、請求項 1 に記載の付加材料の堆積方法。

【請求項 4】

前記イオン堆積装置は、イオノグラフィック印刷ヘッドである、請求項 1 に記載の付加材料の堆積方法。

【請求項 5】

前記基板帯電装置は、コロトロン、スコロトロン、またはコロナ放電装置のうちの 1 つである、請求項 1 に記載の付加材料の堆積方法。

【請求項 6】

前記生成されて帯電させられた付加材料のエアロゾルを、前記基板表面層の近傍に配置されて開口を備えている堆積通路のすぐ近くに導くことで、前記静電力によって前記帯電させられた付加材料のエアロゾルを前記基板表面層へと選択的に堆積させることを可能にするステップ

をさらに含む請求項 1 に記載の付加材料の堆積方法。

【発明の詳細な説明】**【背景技術】****【0001】**

部品の特別注文による製造は、成長産業であり、広い範囲の応用を有している。伝統的に、射出成形機および他の機械加工技術が、物体のモデルを生成し、あるいは物体そのものを生成するために使用された。より具体的には、ガラス、金属、熱可塑性物質、および他のポリマーなどの加熱された材料が、所望の物体の形状に特定の形成された射出成形金型へと注入される。材料は、金型内で冷え、金型の形状を獲得し、物体を形成することができる。射出成形金型は、高価かつ生成に時間がかかり、物体の形状の変更に、物体の生成の時間および費用をさらに増すことなく対応することが、困難である。

【0002】

付加製造産業が、モデルまたは物体そのものを生成するための射出成形金型の変更に
ける費用、時間、および困難に
答して生まれた。公知の付加製造技術として、とりわけ、融合堆積モデリング (FDM)、ステレオリソグラフィ (SLA)、選択的レーザ焼結 (SLS)、および噴き付けシステムが挙げられる。公知の付加製造技術の各々は、熱可塑性材料一式を用いた小規模の生産、特別注文による製造、および試作を妨げる材料、費用、および/または許容量における制限を有している。さらに、公知の付加製造技術は、射出成形などの伝統的な技術によって生み出される良質な物体の機械的特性、表面仕上げ、および造作の複製を有する部品を、正確に生成することが不可能である。

【0003】

付加製造では用途に見合った十分な性能の部品が生み出されない状況において、低コストな工具類を使用する高速コンピュータ数値制御 (CNC) 機械加工および高速射出成形
の全産業が生まれている。しかしながら、これらの技術は、付加製造技術と比べて著しく高価であり、固有のプロセス制約を有している。

【0004】

業界は、射出成形などの伝統的であるが高価であり、柔軟性に欠け、時間のかかる技術によって生み出される高品質かつ大量に生産できる物体と、生み出される物体の品質が高
くなく、おそらくは所望の構造的な完全性を備えておらず、場合によっては所望の材料によることができないが、より高い速度および柔軟性を有する付加製造技術との間で、決定を強いられている。例えば、FDMおよびSLSは、使用できる材料の種類に制限があり、100%の密度の物体を生み出さない。高速CNCモデリングは、優秀な細部の造作および仕上げを有するより良好な品質の物体を有するが、依然として高価である。公知の付

10

20

30

40

50

加製造技術によって生成される試作品は、多くの場合、最終的な設計が選択されるまで改良され、最終的な設計が選択された時点で、射出成形金型が、大規模の高品質な射出成形による製造のために生成される。そのような多段階の製造プロセスも、やはり時間がかかり、高価である。

【 0 0 0 5 】

製造産業は、広範な熱可塑性材料一式によるデジタル的な付加製造の利点ならびにより伝統的な製造技術を使用して得られる複雑さおよび構造的な完全性を有する物体を製造することができる造作の分解能を実現する製造プロセスから、恩恵を得ると考えられる。

【 発明の概要 】

【 課題を解決するための手段 】

10

【 0 0 0 6 】

本明細書に示される態様によれば、さまざまな付加材料を使用し、それらを高分解能なやり方で基板の全体に堆積させることができる付加堆積のシステムおよび方法が提供される。さらに、本システムは、付加材料のプロセスを繰り返すことによって付加材料のマトリクスを生成することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 7 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の実施形態による典型的な付加堆積プロセスである。

【 図 2 】 図 2 は、本発明の実施形態によるさらなる典型的な付加堆積プロセスである。

【 図 3 】 図 3 は、本発明の実施形態による典型的な付加堆積システムのブロック図である。

20

【 図 4 】 図 4 は、本発明の実施形態による典型的な付加堆積システムの典型的な付加材料準備部分である。

【 図 5 】 図 5 は、本発明の実施形態による典型的な付加堆積システムの典型的な基板部分である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 0 8 】

図 1 が、本発明の実施形態による典型的な付加堆積プロセス 1 0 0 である。本プロセスは、エアロゾル化させた液体の付加材料の基板への選択的な堆積を、エアロゾルの液滴と基板層表面の選択された部分との間の帯電電位の差を使用して行う。付加材料は、液体であってよく、あるいは液体の状態へと融解した固体材料など、材料の液体形態であってよい。付加材料は、熱可塑性物質などのポリマーを含む任意のいくつかの材料であってよい。材料は、最初にエアロゾルとされ、エアロゾルを、選択的な堆積プロセスにおいて形成することができる。基板層表面への付加材料の選択的な堆積は、未堆積の付加材料を再びプロセス 1 0 0 へと再循環させて再利用することができるがゆえに付加材料の余分な堆積が実質的に抑えられるため、きわめて効率的なプロセスをもたらす。さらに、表面の電荷密度を選択し、液滴の電荷を制御することによって、各々の反復において堆積させられる材料の量を制御することができる。加えて、プロセス 1 0 0 は、選択的に除去される電荷の分解能にもとづく堆積に関する分解能または細かさを有する。これは、付加プロセス 1 0 0 が電荷密度およびプロセスの帯電変更部分の分解能にもとづいて高い分解能の水準を達成することを可能にする。付加材料の繰り返しの堆積を、付加材料で作られる三次元のマトリクスまたは物体の生成に使用することができる。

30

40

【 0 0 0 9 】

付加材料の液体エアロゾルを、さまざまなやり方で生み出すことができる。例として、図 1 において、エアロゾルは、フィラメント伸長式霧化器を使用して生成 1 0 2 される。フィラメント伸長式霧化器は、反対向きに回転する 1 対のローラを使用し、液状の流動化させた付加材料のフィラメントをローラの下流側の離れていく表面の間で引き延ばすことによって、エアロゾルを生成する。典型的な実施形態において、付加材料は、加熱および溶融によって液状とされる熱可塑性ポリマーであってよい。液状の付加材料は、ニップ、すなわち 1 対のローラの間の上流側にたまり、ローラが互いに反対向きに回転する

50

につれてニップへと引き込まれる。下流側において、流体は、流体の一部をローラの互いに遠ざかる表面に依然として付着させたまま、ローラの互いに遠ざかる表面の間でフィラメントへと引き伸ばされる。流体フィラメントが引き伸ばされるにつれて、フィラメントは、より長く、かつより細くなる。流体フィラメントが不安定の点、すなわち流体フィラメントの毛管破壊点に達すると、フィラメントが複数の液滴へと分解する。ローラが互いに反対方向に回転するとき、ローラの表面における流体フィラメントの連続的な形成および分解が、付加材料の液滴のエアロゾルを生み出す。次いで、付加材料のエアロゾルは、基板への堆積のためにプロセスのさらなる部分へと向けられる。離れるピストン、共回転ローラ、およびローラとベルトとからなる構成など、他のフィラメント伸長式霧化器も、使用可能である。

10

【0010】

随意により、形成された複数の液滴を、液滴のサイズまたは他の物理的パラメータにもとづいて選択的にフィルタ処理104することができる。複数の液滴の選択可能な物理的パラメータとして、液滴のサイズおよび/または重量を挙げることができる。スクリーンフィルタを、所望の物理的パラメータに合致する液滴を選択するために使用することができる。あるいは、慣性衝突装置あるいは他の装置または方法を、所望の物理的パラメータに合致する液滴を選択するために使用することができる。

【0011】

付加材料の液滴のエアロゾルは、基板層表面への堆積の準備において、第1の極性へと静電的に帯電106させられる。エアロゾル帯電装置を使用することで、エアロゾルの液滴を、帯電装置を通して運ばれ、あるいは帯電装置によって運ばれるときに、帯電させることができる。例えば、エアロゾルを、コロナが封じ込まれている領域またはイオン電流が流れている領域を通過させること、液滴からの電子の放出を喚起する電離放射線を使用すること、あるいは他の手段によって、静電的に帯電させることができる。

20

【0012】

基板層表面を、基板層表面の電荷の選択的な変更112に先立って、一様な帯電プロセス110に曝すことができる。基板帯電プロセス110は、基板層の表面を一様に静電的に帯電させる。すなわち、基板層の表面が、帯電したエアロゾルと反対または同じであってよい極性で、所望の電荷密度へと一様に帯電させられる。基板帯電装置を、基板層表面を静電的に帯電させるために使用することができる。そのような装置は、コロトロン、スコロトロン、または他のコロナ放電装置を備えることができる。コロナ放電装置は、基板層表面を一様に静電的に帯電させるイオンの放出を生じさせる。

30

【0013】

基板が付加材料のエアロゾルの極性とは反対の極性へと静電的に帯電させられる例では、基板の表面の帯電の一部を、実質的に中性な状態へと選択的に変化させることができる。基板層表面の電荷を選択的に変化させることで、帯電したエアロゾルが引き付けられることがなく、あるいは静電力によって堆積させられることがない基板層表面の実質的に中性な部分が生み出される。すなわち、帯電したエアロゾルは、基板のうちの帯電したままの部分にのみ、静電力によって選択的に堆積させられる。付加材料のエアロゾルと基板とが反対の極性を有しているため、両者の間に電位が存在する。静電位が、帯電したエアロゾルを基板層表面の反対に帯電した部分へと引き付け、あるいは堆積させる静電力を生じさせる。帯電したエアロゾルは、帯電したエアロゾルと帯電した基板層表面との間の静電位が臨界点まで減少するまで、継続的に基板層表面へと引き付けられ、あるいは堆積させられる。ひとたび帯電したエアロゾルと基板表面層との間の静電位が臨界点まで弱まると、静電力も弱くなり、したがってさらなる帯電したエアロゾルが帯電した基板表面層へと引き付けられることが、実質的になくなる。

40

【0014】

帯電したエアロゾルと帯電した基板表面層との間の静電位の大きさおよび静電力の強さは、電荷密度および帯電したエアロゾルを帯電した基板表面層から隔てている距離にもとづく。基板表面層の電荷密度を変えることで、基板層表面へと堆積させられる付加材料の

50

量が変化する。帯電した材料が堆積させられ、あるいは引き付けられるにつれて、帯電したエアロゾルと基板層表面との間の静電位は、基板層表面の帯電が堆積させられた帯電した付加材料によって中和されるため、減少する。基板層表面の帯電を選択的に変更することによって、付加材料の選択的な堆積の領域を限定できるだけでなく、堆積させられる付加材料の量も、同様に限定することができる。基板表面層のうちの同様に帯電した部分または領域の帯電を選択的に減らすことで、それらの領域への同様に帯電した付加材料の堆積が少なくなる。

【 0 0 1 5 】

イオノグラフィック印刷ヘッドまたは他のイオン堆積装置を、基板層表面の帯電の選択的な変更 1 1 2 を行うために使用することができる。イオノグラフィック印刷ヘッドは、基板層表面へと向けられたイオンを放射する。放射されたイオンは、基板層表面に接触し、放出されたイオンの極性および基板層表面の極性または静電的な状態に応じて、基板層表面の帯電を中和し、あるいは基板層表面の帯電を引き起こすことができる。

【 0 0 1 6 】

一例においては、基板を、第 2 の極性へと一様に帯電させることができ、放出されるイオンは、基板層表面の極性とは反対の極性を有することができる。反対に帯電したイオンは、基板層表面に接触するときに、接触の場所における基板層表面の帯電を中和させる。入力にもとづいて、イオノグラフィック印刷ヘッドを基板に対して移動させ、イオンの出力を変調することによって、元の一様な帯電を保持する領域と、静電的に中和され、あるいは反対の極性、すなわち放出されたイオンの極性へと帯電させられた他の領域と、を有する基板表面がもたらされる。一様に帯電した基板表面層の電荷が、選択的に実質的に中和され、あるいは選択的に反対の極性へと変えられるため、帯電した領域が選択的に変更される。帯電した付加材料が、第 2 の極性を有している基板表面層と第 1 の極性を有している帯電したエアロゾルとの間の静電位によって、基板表面層の帯電した部分へと堆積させられ、あるいは引き付けられる。第 1 および第 2 の極性は、同じであってよく、その場合には、一様に帯電した基板層表面は、帯電したエアロゾルをはねのけ、堆積を妨げる。あるいは、第 1 および第 2 の極性は、反対であってよく、その場合には、一様に帯電した基板層表面は、帯電したエアロゾルを引き付け、基板層表面への付加材料の堆積をもたらし、イオノグラフィック印刷ヘッドは、帯電したエアロゾルの第 1 の極性および一様に帯電した基板の第 2 の極性にもとづき、負の空間、すなわち付加材料の選択的な堆積が生じない領域と、正の空間、すなわち付加材料の選択的な堆積が生じる領域とを基本的に生み出している。イオノグラフィック印刷ヘッドは、負または正であってよい入力されたパターンを選択的に辿る。基板における付加材料の選択的な堆積を容易にするために、一様に帯電した基板の一部分から電荷を選択的に取り除くために、他の方法および装置を使用することができる。

【 0 0 1 7 】

別の例において、基板層表面は、実質的に中性であってよく、基板帯電装置が、所望の領域において基板表面層を選択的に変更し、あるいは帯電させることができる。基板帯電装置は、所定のパターンまたは入力に従って基板の対象領域に帯電を適用することができる。帯電させられる基板の対象領域は、反対に帯電した付加材料が引き付けられる領域に相当する。この例では、所望のパターンが正の像として基板上に形成され、すなわち基板に形成される帯電した領域が、入力にもとづく所望のパターンまたは配置を形成する。

【 0 0 1 8 】

エアロゾルと基板表面とが同じ極性を共有する例では、帯電したエアロゾルが、同じ帯電によってはじき返され、付加材料は、基板表面のうちの帯電が反対の極性または実質的に中性な状態へと選択的に変えられた領域に堆積する。エアロゾルと基板表面とが反対の極性を有する別の実施形態においては、帯電したエアロゾルが、帯電したエアロゾルと反対に帯電した基板表面との間の静電位によって引き起こされる静電力ゆえに、表面へと引き付けられて堆積する。基板表面の帯電をエアロゾルと同じ極性へと選択的に変えることで、帯電したエアロゾルははじき返され、これらの帯電が変更された領域への堆積が阻止

される。

【0019】

一様に帯電した基板表面が、帯電したエアロゾルの第1の極性とは反対の第2の極性を有する例では、基板層表面の帯電を、中性または実質的に中性な状態へと選択的に変化させることができる。この例では、帯電したエアロゾルは、静電力ゆえに基板表面の変更されていない帯電の領域へと引き付けられて堆積するが、基板表面の実質的に中性な部分には引き付けられない。帯電したエアロゾルは、実質的に中性な部分にも堆積し得るが、この堆積は、帯電したエアロゾルが変更されていない反対に帯電した領域へと強く引き付けられるため、最小限である。帯電した材料の所望でない堆積のさらなる最小化を、後述のように、堆積させられる付加材料を、帯電したエアロゾルを基板へと引き付ける静電力によって堆積させられる付加材料に限定することによって、基板への帯電したエアロゾルの堆積を防止するエアロゾルのための案内通路を備えることによって行うことができる。

10

【0020】

帯電したエアロゾルは、後に基板の帯電が変更された部分の配置に応じた所望のパターンまたは配置にて基板に堆積させられる付加材料で構成される。基板表面層の変更された帯電の部分が、所望の形状、輪郭、またはパターンを形成するように帯電した付加材料の堆積および構成を駆動する。帯電した付加材料の層を堆積させるこのプロセスを、付加材料の多層の三次元の物体を形成するために繰り返すことができる。

【0021】

図2が、本発明の実施形態によるさらなる典型的な付加堆積プロセス200である。この実施形態において、付加材料の帯電したエアロゾルは、図1の上述の実施形態と同様のやり方で基板層表面へと堆積させられるが、堆積させられた付加材料の間および周囲のギャップまたは領域に堆積208させられる支持材料が追加されている。

20

【0022】

付加材料の複数の層を堆積させるプロセスにおいて、次の層を、より一様な帯電を促進するために、実質的に平坦な表面上に製作できることを保証することが、望まれる可能性がある。付加材料の周囲に支持材料を堆積させることで、これがもたらされ、将来の層が形成されるときに、これらの層のための支持がもたらされる。好ましくは、支持材料は、付加材料と相互作用することがなく、これら2つの材料は、ひとたび付加堆積プロセスが完了し、付加材料で形成された所望の物体またはマトリクスが完成したならば、容易に分離される。付加材料および支持材料から得られた各々の層が、次の付加プロセスのための基板層を形成する。新たな基板層表面が、付加材料および支持材料の次の層を形成するために、本明細書における説明のとおり処理され、プロセスが物体が形成されるまで繰り返される。

30

【0023】

支持材料は、その特性および付加材料との相互作用にもとづいて選択される流体および固体を含むいくつかの材料であってよい。支持材料は、選択的に堆積させられた付加材料の周囲に堆積させられ、次の付加堆積プロセスが行われる新たな基板層を形成するために平らにされてよい。

【0024】

一例において、支持材料は、選択的に堆積させられた付加材料および基板層表面を横断して施される流体であってよい。好ましくは、流体は接着せず、あるいは選択的に堆積させられた付加材料から容易に分離可能である。支持材料として、流体は、選択的に堆積させられた付加材料を支持するために、固体または半固体の状態へと硬化することができる。流体を、基板層表面からの固定または可変の高さに設定されたドクターブレードを使用して、付加材料の周囲に一様に広げ、平らにすることができる。さらに、支持材料のプロセスの最中に、ドクターブレードを、余分な付加材料または積み上がった付加材料を除去して、次の付加堆積プロセスのための一様かつ水平な層を保証するために使用することができる。

40

【0025】

50

あるいは、スロットダイコーティング法または装置を使用することができ、選択的に堆積させられた付加材料の領域の間に支持材料を施すインクジェットプロセスも、同様に使用することができる。選択的に堆積させられた付加材料の間の領域に支持材料を加えるために、さらに別の方法および装置を使用することが可能である。

【0026】

図2のプロセス200において、最初に、基板表面層の少なくとも一部分を、一様に帯電202させることができる。上述のように、これを、基板表面層を付加材料のエアロゾルの第1の極性とは反対の第2の極性へと一様に帯電させるスコロトロンなどのブランケット帯電装置によって行うことができる。

【0027】

基板表面層の帯電の一部分が、選択されたパターンまたは配置にて選択的に変更204される。図示の実施形態において、選択的に帯電が変更された部分は、実質的に中性になり、あるいは反対に帯電させられ、すなわち第2の極性から第1の極性へと変更される。基板表面層の帯電が変更されていない部分は、付加材料の帯電したエアロゾルが静電力によって静電的に引き寄せられて堆積する部分である。帯電が変更された領域、または実質的に中性な領域については、帯電したエアロゾルがはじき返されて堆積せず、さらには/あるいは静電力が帯電したエアロゾルの液滴を基板表面層へと引き付けて堆積させることがないように十分に弱いため、付加材料が堆積しない。

【0028】

あるいは、基板表面層から電荷を選択的に取り除くよりもむしろ、実質的に中性な基板表面層を、付加材料の帯電したエアロゾルの第1の極性とは反対の極性へと、選択的かつ静電的に変更することができる。この場合、帯電したエアロゾルは、基板表面層のうちの選択的かつ静電的に変更された部分に選択的に堆積し、基板表面層のうちの帯電が適用されていない中性の部分には引き寄せられない。

【0029】

したがって、付加材料の帯電したエアロゾルの一部は、基板表面層の帯電を選択的に変更することによって形成されたこの層の帯電部分へと堆積206する。基板表面層が、今やその表面に堆積させられた付加材料の選択的に堆積させられた層を有する。ギャップが、基板上で堆積させられた付加材料の間および周囲に形成される。このギャップは、基板表面層の帯電が選択的に取り除かれ、あるいは元より適用されておらず、基板のこれらの部分への付加材料の堆積が妨げられている領域である。ギャップは、堆積した付加材料の間の空隙であり、堆積した付加材料と対をなすさまざまなサイズ、形状、および輪郭を有する。次いで、ギャップは、上述のように支持材料で充てん208される。

【0030】

支持材料は、上述のように堆積させられた付加材料の周囲および間に施されて平らにされる液体または固体を含むいくつかの異なる材料であってよい。支持材料は、層ごとのプロセスにて形成されるときに選択的に堆積させられた付加材料の構造物を囲んで支持する。

【0031】

一例において、支持材料は、熱硬化性材料であってよい。熱硬化性材料は、堆積させられた付加材料の間のギャップへとドクターブレードを使用して押し込むことができる可鍛なプレポリマーである。ひとたびギャップに配置されると、熱硬化性の支持材料は、この材料を選択的に堆積させられた付加材料を囲んで支持する中実な硬い材料へと重合および硬化させるために、養生または加熱される。

【0032】

上述のように、このプロセス200を繰り返す210ことで、基板の帯電ならびに選択的な帯電の除去および/または選択的な帯電の印加のプロセスを使用して層ごとのプロセスにて形成される多層の三次元構造物を生み出すことができる。

【0033】

図1および2の実施形態において説明したプロセスの種々の工程を、工程ごとのプロセ

10

20

30

40

50

すまたは連続的なプロセスにて行うことができる。すなわち、プロセスの各部分を、プロセスの次の部分への移動の前に、基板の少なくとも一部分において完了させることができ、あるいはプロセスの種々の工程を、基板がシステムの種々の部分を通して運ばれるときに上述した順序で同時に行うことができる。以下でさらに詳しく説明される図5が、後者が行われ、したがってプロセスの種々の工程が基板が種々の部分を通して運ばれるときに同時に行われる付加堆積プロセスを示している。

【0034】

次に図3に示したブロック図を参照すると、付加材料の帯電したエアロゾル308を基板318へと堆積させるときに交差する付加材料取り扱い部分301と基板取り扱い部分311とを備える典型的な付加堆積システム300が示されている。材料取り扱い部分301は、帯電した付加材料を選択的に帯電させられて移動する基板へと向けるチャンネルの通路を備える。通路またはチャンネルの開口が、帯電したエアロゾルと基板表面層の選択された領域との間の静電位により、帯電した付加材料を静電力によって引き出し、基板表面層の領域へと堆積させることを可能にする。未堆積の材料、すなわち基板表面層の選択された部分へと引き付けられることがなかった帯電した付加材料を、付加材料取り扱い部分301へと再び再循環させ、あるいは再利用することができる。

【0035】

フィラメント伸長式霧化器302が、システム300の付加材料取り扱い部分301に備えられている。フィラメント伸長式霧化器302は、基板表面層312へと堆積させるべき付加材料のエアロゾルを生成するために用いられる。フィラメント伸長式霧化器302は、反対向きに回転する1対のローラを使用し、付加材料の流体フィラメントをローラの下流側の離れていく表面の間で引き延ばす。フィラメントは、毛管破壊点まで引き伸ばされ、その時点で、各々の流体フィラメントの一部分が壊れ、付加材料の液滴のエアロゾルとなる。

【0036】

フィラメント伸長式霧化器を使用することで、非ニュートン性を呈する流体および材料を霧化させることができる。非ニュートン流体は、霧化させた流体材料のエアロゾルを生成するためにフィラメントを従来からのスプレー発生装置の能力を超えて引き伸ばすことを必要とする流体の引き伸ばされたフィラメントにおいて生じる伸長粘稠化ゆえに、霧化させることが困難であり得る。非ニュートン流体に加えて、流体伸長式霧化器は、ニュートン流体においてもエアロゾルを生成するために使用することができる。

【0037】

次いで、エアロゾルを、エアロゾルサイズ選択装置または方法304によって、液滴のサイズまたは他の物理的パラメータにもとづいてフィルタ処理することができる。生成されたエアロゾルのサイズまたは他の物理的パラメータの選択304を、フィルタ、慣性衝突装置、あるいは所定の限界の外側の物理的パラメータを有する液滴を排除することができる他の装置または方法によって、行うことができる。慣性衝突装置は、エアロゾルの液滴の流れの中に配置され、鋭い角などの形状を備えており、液滴は、下流へと進むために、そのような形状の周りを流れなければならない。衝突装置の形状によって設定されるしきい値を上回る運動量を有する液滴は、周りを流れるよりもむしろ衝突装置の形状に衝突し、流れから排除される。液滴の運動量は、液滴の速度および質量の関数であり、衝突装置が所定のサイズおよび重量パラメータの外側の液滴を排除することを可能にする。

【0038】

エアロゾルは、基板312への堆積のための準備において帯電306させられる。エアロゾルは、エアロゾル帯電装置によって帯電306させられる。エアロゾル帯電装置は、コロナが封じ込まれている領域、イオン電流が流れている領域、または液滴からの電子の放出を喚起する電離放射線を生成して、エアロゾルの液滴を所望の第1の極性へと帯電させることができる。エアロゾルの帯電は、基板表面層312の一律な帯電とは反対の極性であってよく、これにより、帯電したエアロゾルは、基板表面層の反対に帯電させられた部分に引き付けられる。

【 0 0 3 9 】

ひとたび帯電させられると、エアロゾル 3 0 8 は、付加材料を堆積させるために、選択的に帯電させられた基板表面層 3 1 8 の表面の上方を平行に案内され、あるいは通過させられる。反対に帯電したエアロゾルおよび基板表面層の各部分は、静電位ゆえに互いに引き付け合う。静電位が、基板表面層の選択された領域へと堆積するようにエアロゾルを駆動する静電力を生む。付加材料の帯電したエアロゾルを、気流または他の方法によって通路またはチャネルを通して案内することができる。通路またはチャネルの開口が、帯電したエアロゾルの液滴が定められた領域においてのみ基板表面層の選択された部分と静電的に相互作用し、静電位および結果としての静電力を両者の間に生むことを可能にする。静電力により、付加材料の帯電したエアロゾルの一部が開口を通して通路またはチャネルから出て、基板表面層へと選択的に堆積する。

10

【 0 0 4 0 】

未堆積の帯電したエアロゾルを、随意により、後の付加堆積プロセスにおける使用のために、再びフィラメント伸長式霧化器 3 0 2 へと再循環 3 1 0 させることができる。このやり方で、基板へと堆積した付加材料だけが実質的に使用され、したがって高い効率の付加プロセスがもたらされる。余分な未堆積の付加材料は、付加材料取り扱い部分 3 0 1 を通って再びフィラメント伸長式霧化器へと導かれる。次いで、流体付加材料は、さらなるエアロゾル生成プロセスを被ることができる。

【 0 0 4 1 】

付加堆積システム 3 0 0 の基板取り扱い部分 3 1 1 は、付加材料の選択的な堆積を促進するために、基板表面層 3 1 2 を一様に帯電させ、帯電を選択的に変化させることができる。基板表面層 3 1 2 を、最初に、帯電したエアロゾル 3 0 8 の第 1 の極性と同様または反対の極性の様な帯電 3 1 4 で覆うことができる。プランケット帯電装置を、基板表面層 3 1 2 を帯電させるために使用することができる。

20

【 0 0 4 2 】

ひとたび帯電で覆われると、帯電の少なくとも一部が選択的に変更 3 1 6 される。イオノグラフィック印刷ヘッドあるいは他の適切な装置または設備を、基板表面層の帯電を選択的に変更するために使用することができる。基板表面層の帯電の選択的な変更は、表面について電荷中性の領域、第 1 の極性と同様に帯電した領域、または第 1 の極性と反対に帯電した領域を生む。基板表面層のうちの中性または同様に帯電した部分は、帯電したエアロゾルを引き付けることがなく、これらの場所における付加材料の堆積が阻止または防止される。

30

【 0 0 4 3 】

基板表面層の帯電の一部を選択的に変更した後で、基板は、帯電したエアロゾルの案内構造を過ぎて運搬 3 1 8 される。帯電したエアロゾルの液滴が、帯電したエアロゾルと基板表面層の選択された領域との間の静電位によって引き起こされる静電力によって基板表面層へと選択的に堆積させられる。ひとたび堆積させられると、付加材料は、冷えて固まることができる。

【 0 0 4 4 】

基板を、さらなる付加堆積工程に曝すこともできる。支持材料を、堆積させられた付加材料の間に適用 3 2 0 して、新たな平らな基板層表面を生成することができる。上述のように、支持材料を、現在の基板表面層の全体に施し、選択的に堆積させられた付加材料の周囲で平らにすることで、次の付加堆積プロセスのための新たな基板層表面を形成することができる。結果は、基板層表面を形成する付加材料および支持材料の平滑な連続した層、すなわち付加材料と元の基板層によって支持された付加材料とからなる全体構造である。

40

【 0 0 4 5 】

繰り返しの付加堆積プロセスを実行すべき場合、選択的に堆積させられた付加材料の先行の層を、多層構造を形成すべく次の付加材料層の付着および接着を助けるために、半流動体の状態に保つことができる。一例として、付加材料の連続する選択的な堆積の各々が

50

、先行して堆積させられた材料に接着するように、プロセスの全体を加熱された環境において完了させることができる。

【 0 0 4 6 】

堆積させられた付加材料および／または基板表面層に残余の帯電があれば、スコロトロンによる事前の帯電工程において同時に中和 3 2 2 させることができる。あるいは、残余の帯電の中和を、スコロトロンによる事前の帯電工程の前に、別の工程として行うことができる。表面が、今や再び付加堆積システム 3 0 0 の基板取り扱い部分 3 1 1 を通って移動する。このプロセスを、必要に応じた回数だけ繰り返し、選択的に適用された付加材料の構造体またはマトリクスを生み出すことができる。層を生成するために、基板の運搬 3 1 8 は、基板を鉛直軸において移動させることによって、帯電したエアロゾルの堆積と基板層表面との間に一定かつ不変の隔たりを保つことを含むことができる。あるいは、同じ隔たりを維持するために、帯電したエアロゾルの堆積を鉛直方向に移動させることができる。ひとたび所望の構造体またはマトリクスが完成すると、必要または所望であれば、溶媒による除去、機械的な除去、または熱による除去を含むいくつかの異なるプロセスを使用して、支持材料を付加材料から分離させることができる。

10

【 0 0 4 7 】

図 4 が、本発明の実施形態による付加堆積システム 4 0 0 の典型的な付加材料準備部分 4 0 1 である。システム 4 0 0 の準備部分 4 0 1 において、付加材料のエアロゾル 4 0 6 が、フィラメント伸長式霧化器 4 0 2 を使用して形成される。付加材料のエアロゾル 4 2 2 は、開口 4 3 0 を通じた基板への堆積の準備において、帯電させられる。流体の形態の付加材料が、外部または内部のいずれかからフィラメント伸長式霧化器 4 0 2 へと導入される。反対向きに回転する 1 対のローラ 4 0 4 が、流体付加材料をとらえ、ローラ 4 0 4 の互いに遠ざかる下流の表面の間で付加材料のフィラメントを引き伸ばす。流体フィラメントがローラ 4 0 4 の間で引き伸ばされるにつれて、流体フィラメントは、不安定の点、すなわち毛管破壊点に達する。毛管破壊点において、各々の流体フィラメントの少なくとも一部分が壊れ、付加流体の液滴 4 0 6 のエアロゾルとなる。導入される気流 4 0 8 を、形成されたエアロゾルをシステム 4 0 0 の付加材料準備部分 4 0 1 を通って案内するために使用することができる。気流 4 0 8 を、フィラメント伸長式霧化器 4 0 2 のローラ 4 0 4 の回転によって生じさせることができ、あるいは外部の供給源などの他の手段によって生成することができる。

20

30

【 0 0 4 8 】

図 4 に示されるようにフィラメント伸長式霧化器 4 0 2 を縦向きにすることで、フィラメント伸長式霧化器 4 0 2 によって形成されるエアロゾル 4 0 6 を、液滴のサイズおよび／または重量にもとづいてフィルタ処理することができる。形成されたエアロゾル 4 0 6 の液滴への重力を、サイズ超過および／または重量超過の液滴が部分 4 0 1 を通ってさらに進むことを防止するために使用することができる。気流 4 0 8 に対するフィラメント伸長式霧化器 4 0 2 の鉛直高さの変更を、所望のサイズおよび／または重量の液滴がフィラメント伸長式霧化器 4 0 2 を出て部分 4 0 1 を通って通路 4 1 0 へと移動を続けることを選択的に許すために、使用することができる。

【 0 0 4 9 】

通路 4 1 0 が、生成されたエアロゾルをフィラメント伸長式霧化器 4 0 2 からシステム 4 0 0 の付加材料取り扱い部分 4 0 1 を通って案内する。通路 4 1 0 は、帯電したエアロゾルと選択的に帯電が変更された基板表面層との間の静電相互作用にもとづく帯電した付加材料の基板表面層の選択された部分への堆積を促進するために、生成されたエアロゾルの流れを運ばれる基板に平行に、運ばれる基板の直近に案内するように配置される。

40

【 0 0 5 0 】

液滴セクタ 4 1 2 を、付加材料取り扱い部分 4 0 1 の通路 4 1 0 の内部に配置することができる。液滴セクタ 4 1 2 は、一式の所望のパラメータの外側のサイズおよび重量などの物理的パラメータを有する液滴を選択的に除去または排除することができる。排除された液滴を、後の使用のために再びフィラメント伸長式霧化器 4 0 2 へと再循環 4 1 4

50

させることができる。図4に示される実施形態において、液滴セレクト412は、流れている形成されたエアロゾルの流れの中に配置された慣性衝突装置である。衝突装置は、エアロゾルの液滴をそれらの運動量にもとづいて選択的にフィルタ処理するための形状を備えている。この形状を使用して、所定および/または所望の物理的パラメータの範囲の外側の液滴が通路410を通過して進み続けることが阻止される。

【0051】

エアロゾル帯電装置420が、通過するエアロゾルの液滴を帯電させる。帯電装置420は、基板表面層への堆積の準備において、エアロゾルの液滴に帯電を生じさせる。帯電装置420は、エアロゾルの液滴が通過するコロナが封じ込まれている領域、イオン電流が流れている領域、または電離放射線を生成することができる。これは、液滴からの電子の放出を生じさせ、液滴を所望の極性へと帯電させる。帯電したエアロゾルの液滴422は、通路410を通り、堆積用開口430を横切って移動を続ける。

10

【0052】

帯電したエアロゾル422が堆積用開口430を通り過ぎるとき、帯電したエアロゾルの一部が、帯電したエアロゾル422と基板表面層との間の静電位によって引き起こされる静電力ゆえに、下方を通過する基板表面層へと開口430を通過して引き付けられ、堆積する。通路を通過して移動を続ける余分または残余の帯電したエアロゾル422を、再びシステム400へと再循環414させることができる。

【0053】

図5は、付加堆積システム400の典型的な基板部分501を示している。この部分において、基板502の全体を一様に帯電させることができ、その後基板502の層表面の帯電の一部を、選択的に変更することができる。基板502が堆積通路の開口430の直下を通過するとき、帯電したエアロゾルの液滴422が、基板502の層表面と帯電したエアロゾル422との間の静電位によって引き起こされる静電力ゆえに、基板502の層表面の選択された領域へと引き付けられて堆積する。静電力は、帯電したエアロゾル422の一部を堆積通路の開口430から基板502の層表面の選択された領域へと駆動する。残りの帯電したエアロゾルは、堆積通路410を通過して移動を続け、再利用または廃棄される。帯電したエアロゾル422は、基板の表面の反対に帯電させられた部分へと引き付けられる。ギャップ514が、付加材料423の堆積させられた部分の間に生じるが、基板層表面を覆う支持材料および付加材料の平滑かつ連続的な層を生み出すために、支持材料530で埋められる。次いで、帯電が基板および付加材料から実質的に中和され、さらなる付加材料堆積プロセスのために付加堆積システム400へと送り込むことができる新たな静電的に中性な基板層表面が生み出される。基板502は、基板運搬システム506によってシステム400を通過して運ばれる。

20

30

【0054】

一様かつ全面的な帯電を、ブランケット帯電装置504によって基板502の層表面を横断して生じさせることができる。図5に示される典型的な実施形態において、基板は、負の帯電で覆われる。典型的な実施形態においては、スコロトロンを、基板層表面を横断する全面的な帯電を生じさせるために使用することができる。スコロトロンは、コロナ放電を生じさせて電荷を通過する基板に向かって加速させることによって基板層表面を帯電させ、表面の電荷密度によって表面の電位がスコロトロン格子の電位に等しくなるまで基板表面層を帯電させる。コロナ放電を、金属壁のシリンダの内部の細いワイヤに高い電圧を置くことによって形成することができる。このようにして生み出される強い電界が、空気などの周囲の気体を電離させる。基板が形成された荷電粒子の雲を通過するとき、基板層表面が、その放出された粒子の極性へと帯電させられる。スコロトロンは、基板層表面を、以前の帯電の状態にかかわらずに一様な電荷密度へと帯電させることができ、したがってさらなる付加堆積プロセスを行う前に、支持材料および付加材料からなる新たな基板層表面の残余の電荷を減らしたり、実質的に中和したりする必要を、なくすことができる。

40

【0055】

50

ひとたび基板 502 の層表面が連続的かつ等しい電荷で覆われると、帯電の一部を、入力にもとづいて選択的帯電装置 510 によって選択的に変更することができる。入力、ユーザ、コンピュータプログラム、などからもたらされてよく、装置 510 によって実行される選択的な帯電の変更のパターンに関する指示を含む。図示の実施形態において、選択的帯電装置 510 は、イオノグラフィック印刷ヘッドである。イオノグラフィック印刷ヘッドは、帯電した基板の極性と反対の極性を有するイオンの流れを案内する（あるいは、格子を使用して加速させる）。放射された反対に帯電したイオンが、基板層表面の局所領域を中和し、あるいは反対に帯電させる。このやり方で、イオノグラフィック印刷ヘッドは、パターン、コンピュータ制御指示、などの入力にもとづいて中和、反対の帯電、または選択的なやり方での帯電を行うことができる。イオノグラフィック印刷ヘッド 510 を、基板 502 の移動に対して垂直に、直線的なやり方で基板 502 の表面を横切って移動させることができ、各回の通過後に基板 502 をイオノグラフィック印刷ヘッド 510 の幅だけ前進させることができる。イオノグラフィック印刷ヘッド 510 の直線移動は、基板 502 の移動との組み合わせにおいて、基板 502 の表面全体に選択的に帯電させられた部分の 2 次元パターンを形成する。

10

【0056】

あるいは、イオノグラフィック印刷ヘッドのアレイまたは他のイオン堆積装置を、配置することができる。このやり方で、アレイの各回の通過によって覆われる基板 502 の層表面の量を、増やすことができる。あるいは、アレイは、基板 502 の幅以上の距離に及ぶことができ、これは、アレイを固定し、その下方で基板 502 を連続的または段階的なやり方で前進させることを、可能にすると考えられる。

20

【0057】

イオノグラフィック印刷ヘッド 510 が基板 502 の表面層の帯電の少なくとも一部を選択的に変更した後で、基板 502 は、基板運搬システム 506 によって堆積用開口 430 の下方を運ばれる。帯電したエアロゾル 422 が通路 410 を通って流れ、堆積用開口 430 を横切るとき、帯電したエアロゾル 422 の一部が、基板 502 の層表面の反対に帯電した領域 512 へと引き付けられる。図示の例では、基板 502 の層表面の反対に帯電した部分 512 は、基板 502 の層表面のうちの一律な帯電が選択的に取り除かれたり、あるいは反対に帯電させられたりしていない部分である。

30

【0058】

基板 502 の表面のうちの帯電が中性または反対の帯電状態へと選択的に変えられた部分は、選択的に堆積させられた帯電した付加材料 423 の間のギャップ 514 を形成する。支持材料 530 が、基板 502 の層表面および堆積させられた付加材料 422 を横断して堆積させられ、ギャップ 514 を満たす。ドクターブレード 534 が、基板 502 の表面から所定の距離だけ離して配置され、選択的に堆積させられた付加材料 422 および支持材料 530 の表面を滑らかかつ平らにする。ひとたび基板 502 の層表面が堆積させられた付加材料 423 および支持材料 530 で覆われると、残る帯電または残余の帯電を、材料 422 および 530 ならびに基板 502 から実質的に低減または中和することができる。

40

【0059】

上述のように、基板 502 は、繰り返しの付加材料堆積プロセスに曝されてよく、あるいは付加材料は、必要であれば基板へと固着できてよい。支持材料 530 は、硬化のプロセスの一部として基板 502 へと接着されてよく、あるいは堆積させられて硬化した付加材料の物体を残して取り除かれてよい。

【0060】

基板運搬システム 506 は、基板 502 の平面内の水平方向および基板 502 に垂直な鉛直方向に基板を移動させることができる。図示の実施形態においては、基板 502 を、3 つの軸に沿ってシステム 506 によって移動させることができる。選択的帯電装置 510 が基板 502 の層表面を横切る軸にて移動させられる例においては、基板運搬システム 506 が、選択的帯電装置 510 の各回の通過後に刻みまたは段階的なやり方で基板 50

50

2を移動させることができる。ひとたび基板502の層表面の帯電の変更が完了すると、基板運搬システムは、選択的に堆積させられる付加材料の新たな層を生成するための水平面における移動を繰り返す前に、鉛直軸にて基板502を移動させることができる。選択的帯電装置510または装置510のアレイが不動である別の例においては、基板502を、所望の帯電除去パターンを完成させるために、2つ以上の軸にて移動させることができる。

【0061】

付加堆積システム400の基板部分501の種々の構成要素を、基板502が構成要素504、510、および530の下方を順に移動させられるように配置することができる。このやり方で、基板502を、システム400によって連続的に処理することができる。

10

【0062】

システム400による付加材料堆積プロセスの繰り返しを、付加材料を材料の3次元のマトリクスに積み重ねるために使用することができる。繰り返しの付加材料堆積プロセスによって、高分解能の3次元物体が生成される。付加堆積プロセスの分解能は、選択的帯電除去装置510の細かさおよび精度にもとづいて変化し得る。分解能は、堆積させられる付加材料の選択的な厚さによってさらに高められる。帯電したエアロゾル422と反対に帯電した基板502との間の静電位が大きいほど、静電位の大きさに依存して基板層表面の反対に帯電した領域を中和するためにさらなる帯電したエアロゾルが必要となり得るため、基板502上にエアロゾル化させた付加材料のより大きな凝集をもたらすことができる。上述のように、支持材料530を仕上げ処理において除去し、堆積させられた付加材料で形成された中実な3次元の物体を露出させることができる。

20

【図1】

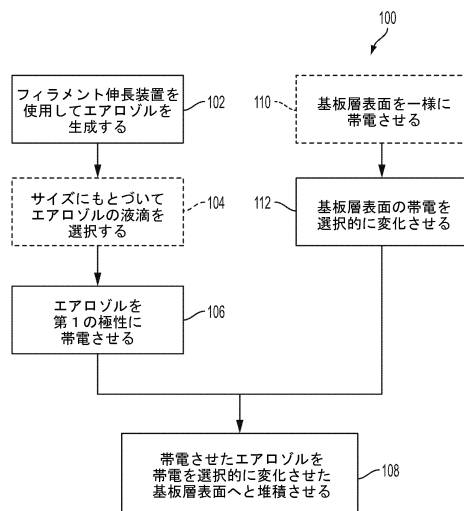


図1

【図2】

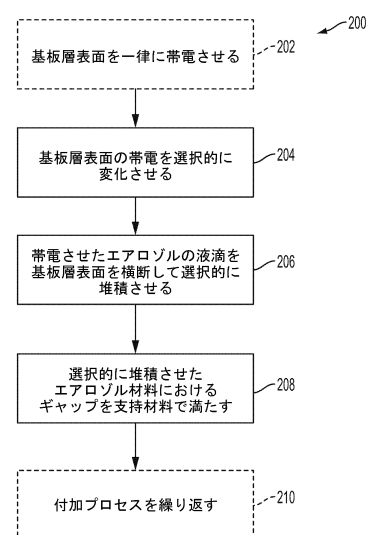


図2

フロントページの続き

- (74)代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
- (74)代理人 100109335
弁理士 上杉 浩
- (74)代理人 100120525
弁理士 近藤 直樹
- (72)発明者 デイヴィッド・マシュー・ジョンソン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 1 0 7 サンフランシスコ 3 番・ストリート 2 2 3
5 スイート ダブリュ 4 0 3
- (72)発明者 ヴィクター・アルフレッド・ベック
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 5 メンロー・パーク ウェイブレイ・ストリート
2 1 0
- (72)発明者 スコット・エイ・エルロッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 0 ラ・ホンダ シニック・ドライブ 4 0 1
- (72)発明者 デイヴィッド・ケイ・ビーゲルセン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 8 ポルトラ・ヴァレー ミモザ・ウェイ 2 0 0

審査官 塩屋 雅弘

- (56)参考文献 特表 2 0 0 2 - 5 4 2 0 3 2 (J P , A)
特表 2 0 1 0 - 5 2 0 0 4 4 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 1 5 5 7 3 2 (U S , A 1)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
B 0 5 D 1 / 0 0 - 7 / 2 6
B 2 9 C 6 7 / 0 0
B 3 3 Y 1 0 / 0 0