

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-108913

(P2020-108913A)

(43) 公開日 令和2年7月16日(2020.7.16)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>B 8 1 C</b> 99/00 (2010.01)	B 8 1 C 99/00	3 C 0 8 1
<b>B 8 1 B</b> 1/00 (2006.01)	B 8 1 B 1/00	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 64 頁)

(21) 出願番号	特願2019-222685 (P2019-222685)	(71) 出願人	504407000
(22) 出願日	令和1年12月10日 (2019.12.10)		パロ アルト リサーチ センター イン
(31) 優先権主張番号	16/237, 419		コーポレイテッド
(32) 優先日	平成30年12月31日 (2018.12.31)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		304 パロ アルト カイオーテ ヒル
			ロード 3333
		(74) 代理人	100094569
			弁理士 田中 伸一郎
		(74) 代理人	100109070
			弁理士 須田 洋之
		(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

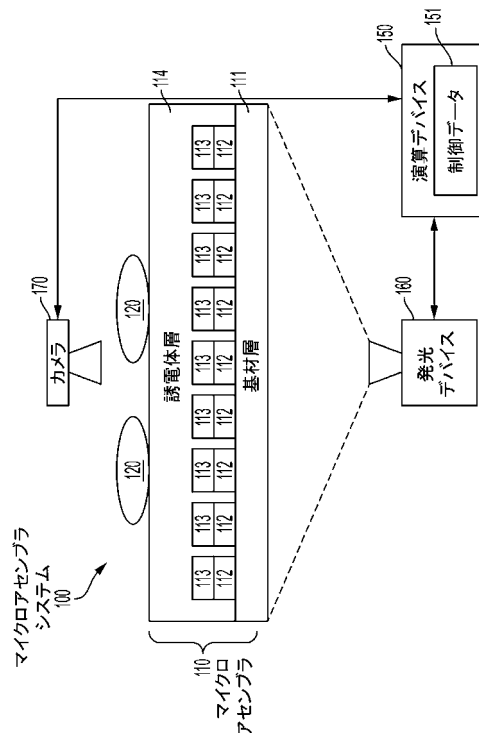
(54) 【発明の名称】 微小物体を操作するためのマイクロアセンブラシステム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 様々なデバイスの製造において、使用され得る微粒子等の微小物体の配列方法を提供する。

【解決手段】 マイクロアセンブラ 110 の表面上の微小物体 120 の配置を制御する方法及びシステム 100 が開示される。制御パターンを使用して、マイクロアセンブラ 110 の電極に、マイクロアセンブラ 110 の表面上の 1 つ以上の微小物体 120 を操作、移動、位置付け、又は配向させるために使用され得る、誘電泳動 (dielectrophoretic、DEP) 力及び電気泳動 (electrophoretic、EP) 力を発生させることができる。制御パターンは、制御パターンのライブラリの一部であり得る。

【選択図】 図 1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

方法であって、  
力発生画素の配列を含む、マイクロアセンブラの表面上の微小物体のセットを検出することと、

前記微小物体のセットの位置のセットを決定することと、

前記微小物体のセットの 1 つ以上の種類を特定することと、

前記微小物体のセットの前記位置のセット及び前記 1 つ以上の種類に基づいて、制御パターンライブラリから制御パターンのセットを特定することと、

前記制御パターンのセットを使用して、前記微小物体のセットを操作することであって、前記制御パターンのセットの各制御パターンが、前記力発生画素の配列の一部の上に力パターンを示す、操作することと、を含む、方法。

10

## 【請求項 2】

前記微小物体のセットの配向のセットを決定することであって、前記制御パターンのセットが、前記微小物体のセットの前記配向のセットに基づいて更に特定される、決定すること、を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記微小物体のセットを操作することが、

目標区域のセットを特定することと、

前記微小物体のセットを前記目標区域のセットに関連付けることと、

前記微小物体のセットを前記目標区域のセットに移動させることと、を含む、請求項 1 に記載の方法。

20

## 【請求項 4】

前記制御パターンライブラリが、電気泳動力又は誘電泳動力のうちの 1 つ以上を、前記微小物体のセットに及ぼす、制御パターンを含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記電気泳動力又は誘電泳動力のうちの 1 つ以上が、

前記微小物体のセットを移動させることと、

前記微小物体のセットを区域内に保持すること、及び

前記微小物体のセットを回転させること、及び

前記微小物体のセットの配向のセットを変化させること、のうちの 1 つ以上に作用する、請求項 4 に記載の方法。

30

## 【請求項 6】

前記微小物体のセットの位置のセットを決定することが、

前記微小物体のセットの画像を取得することと、

前記微小物体のセットの前記位置のセットを決定する前記画像を解析することと、を含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 7】

前記微小物体のセットの前記位置のセットが、前記微小物体のセットの境界のセットを決定することによって決定される、請求項 1 に記載の方法。

40

## 【請求項 8】

前記微小物体のセットの第 2 の位置のセットを決定することと、

前記微小物体のセットの前記第 2 の位置のセット及び前記 1 つ以上の種類に基づいて、前記制御パターンライブラリから第 2 の制御パターンのセットを特定することと、

前記第 2 の制御パターンのセットを使用して、前記微小物体のセットを操作することと、を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 9】

前記制御パターンのセットが、

演算デバイスによって自動的に発生する、

使用者入力に基づく、かつ

50

前記制御パターンのセットの前の試験に基づき、のうちの1つ以上である、請求項1に記載の方法。

【請求項10】

前記制御パターンのセットが、異なる極性を有する電圧を示す、請求項1に記載の方法。

【請求項11】

前記制御パターンのセットが、前記制御パターンのセットの第1の制御パターンに対する少なくとも1つのリフレッシュレートを示す、請求項1に記載の方法。

【請求項12】

前記制御パターンのセットの各制御パターンが、それぞれの電圧パターンの中心位置及び配向を更に示す、請求項1に記載の方法。

10

【請求項13】

前記マイクロアセンブラの前記表面上の前記微小物体のセットを操作することが、前記マイクロアセンブラの前記表面に対して、三次元で前記微小物体のセットの配向を制御すること、を含む、請求項1に記載の方法。

【請求項14】

前記制御パターンのセットの異なる制御パターンが、異なる時間帯で使用される、請求項1に記載の方法。

【請求項15】

装置であって、  
制御データを記憶するように構成されているメモリと、  
前記メモリに動作可能に結合された処理デバイスであって、  
力発生画素の配列を含む、マイクロアセンブラの表面上の微小物体のセットを検出することと、

20

前記微小物体のセットの位置のセットを決定することと、  
前記微小物体のセットの1つ以上の種類を特定することと、  
前記微小物体のセットの前記位置のセット及び前記1つ以上の種類に基づいて、制御パターンライブラリから制御パターンのセットを特定することと、

前記制御パターンのセットを使用して、前記微小物体のセットを操作することであって、前記制御パターンのセットの各制御パターンが、前記力発生画素の配列の一部の上に電圧パターンを示す、操作することと、を行うように構成されている、処理デバイスと、を含む、装置。

30

【請求項16】

方法であって、  
複数の力発生画素を含む、マイクロアセンブラの表面上に位置する前記微小物体のセットの現在の状態を検出することと、

前記微小物体のセットの前記現在の状態に基づいて、前記制御構成要素の次のモードを決定することであって、前記制御構成要素が現在モードである、決定することと、

前記次のモードに基づいて、制御パターンのセットを特定することと、  
前記制御パターンのセットを使用して、前記微小物体のセットを操作することであって、前記制御パターンのセットの各制御パターンが、前記力発生画素の配列の一部の上に電圧パターンを示す、操作することと、を含む、方法。

40

【請求項17】

前記制御構成要素の前記現在モードが、  
回転モード、  
脱固着モード、  
固定モード、  
並進モード、  
引き下げモード、  
移転モード、及び

50

非割り当てモードのうちの1つ以上を含む、請求項16に記載の方法。

【請求項18】

前記制御構成要素が前記現在モードである場合、第2の制御パターンのセットが前記微小物体のセットを操作するために使用される、請求項16に記載の方法。

【請求項19】

前記次のモードが、前記微小物体のセットについて所望の状態に基づいて更に決定される、請求項16に記載の方法。

【請求項20】

前記制御構成要素が前記並進モードである場合、前記微小物体の前記現在の状態が決定される、請求項16に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示の実施は、表面上の1つ以上の微小物体の配置を制御することに関する。

【0002】

微小物体は、様々なデバイスの製造及び構築において、様々な目的で使用され得る小さな物体又は粒子であり得る。例えば、微小物体は、1マイクロメートル～500マイクロメートルのサイズの範囲である物体であり得るが、他のサイズも可能であり得る。微小物体はまた、電荷コード化微小物体又は磁場パターンコード化微小物体でもあり得る。例えば、微小物体は、正電荷を有してもよく、又は特定のパターンで帯電していてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0003】

【図1】本開示のいくつかの実施形態による、微小物体の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステムの実施形態を示す概略図である。

【図2】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの下面ビューを示す図である。

【図3】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラに適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図4A】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のラボ実験結果のビューを示す図である。

【図4B】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のラボ実験結果のビューを示す図である。

【図5A】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のビューを示す図である。

【図5B】本開示のいくつかの実施形態による、図5Aに示されるマイクロアセンブラ及び微小物体の一部を示す図である。

【図6】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図7】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のラボ実験結果の一部を示す図である。

【図8A】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図8B】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図8C】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図9A】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び複数の微小物体のラボ実験結果の一部を示す図である。

【図9B】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び複数の微小物体のラボ実験結果の一部を示す図である。

10

20

30

40

50

【図9C】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び複数の微小物体のラボ実験結果の一部を示す図である。

【図10】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの表面上の微小物体のセットの配置を制御する方法を示すフロー図である。

【図11】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの表面上の微小物体のセットの配置を制御する方法を示すフロー図である。

【図12】いくつかの実施形態による、本明細書に記載される操作のうちの1つ以上を実行し得る例示的なデバイスを示すブロック図である。

【図13】本開示のいくつかの実施形態による、微小物体の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステムの実施形態を示す概略図である。

【図14】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のセットのラボ実験結果の一部のビューを示す図である。

【図15】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図16】いくつかの実施形態による、微小物体のセット内の複数の微小物体の検出を示す図である。

【図17】いくつかの実施形態による、ある期間にわたる、より小さい微小物体のセットに分離される例示的な微小物体のセットを示す図である。

【図18】いくつかの実施形態による、ある期間にわたる、より小さい微小物体のセットに分離される例示的な微小物体のセットを示す図である。

【図19】いくつかの実施形態による、微小物体のセットを示す図である。

【図20】いくつかの実施形態による、ある期間にわたる、より小さい微小物体のセットに分離される例示的な微小物体のセットを示す図である。

【図21】いくつかの実施形態による、ラボ実験における微小物体のセットを示す図である。

【図22】いくつかの実施形態による、微小物体の小塊を示す図である。

【図23】いくつかの実施形態による、微小物体のセットを示す図である。

【図24】本開示のいくつかの実施形態による、微小物体のセットを分割する方法を示すフロー図である。

【図25】いくつかの実施形態による、ラボ実験における微小物体のセットを示す図である。

【図26】本開示のいくつかの実施形態による、微小物体の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステムの実施形態を示す概略図である。

【図27】本開示のいくつかの実施形態による、例示的な電圧波形を示す図である。

【図28】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図29】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図30】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図31】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図32】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図33】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図34】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図35】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

10

20

30

40

50

【図36A】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図36B】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図37】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図38】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。

【図39】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの各電極がコンデンサとしてモデル化される静電容量モデルを示す図である。

【図40A】本開示のいくつかの実施形態による、印加された電圧パターンが、微小物体を操作して、目標場所に到達し得る方法を示す図である。

【図40B】本開示のいくつかの実施形態による、印加された電圧パターンが、微小物体を操作して、目標場所に到達し得る方法を示す図である。

【図40C】本開示のいくつかの実施形態による、印加された電圧パターンが、微小物体を操作して、目標場所に到達し得る方法を示す図である。

【図41A】本開示のいくつかの実施形態による、印加された電圧パターンが、複数の微小物体を操作して、複数の目標場所に到達し得る方法を示す図である。

【図41B】本開示のいくつかの実施形態による、印加された電圧パターンが、複数の微小物体を操作して、複数の目標場所に到達し得る方法を示す図である。

【図41C】本開示のいくつかの実施形態による、印加された電圧パターンが、複数の微小物体を操作して、複数の目標場所に到達し得る方法を示す図である。

【図42】本開示のいくつかの実施形態による、印加された電圧パターンが、複数の微小物体を操作し分離して、複数の目標場所に到達し得る方法を示す図である。

【図43】本開示のいくつかの実施形態による、微小物体の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステムの一実施形態を示す概略図である。

【図44】本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの表面上の微小物体を示す図である。

【図45】本開示のいくつかの実施形態による、微小物体の決定及び配向の例示的な方法を示す図である。

【図46】本開示のいくつかの実施形態による、制御構成要素の操作の例示的なモードを示す図である。

【図47】本開示のいくつかの実施形態による、プランナーの異なるモードを示す図である。

【図48A】本開示のいくつかの実施形態による、例示的な微小物体及び例示的な目標場所を示す図である。

【図48B】本開示のいくつかの実施形態による、例示的な微小物体及び例示的な目標場所を示す図である。

【図49】本開示のいくつかの実施形態による、例示的な微小物体及び例示的な目標場所を示す図である。

【図50A】マイクロアセンブラの表面上の異なる種類の微小物体を示す図である。

【図50B】微小物体がそれぞれの目標場所に移動された後の、図50Aの微小物体を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0004】

上述のように、微小物体は、様々なデバイスの製造及び構築において、様々な目的で使用され得る小さな物体又は粒子であり得る。微小物体を適切な位置及び配向で配置することは、微小物体のサイズが小さいことに起因して困難であり得る。例えば、微小物体のセットを特定の形状又はパターンに形成することは、それらの小さいサイズに起因して困難であり得る。別の例では、微小物体の大きなプール又はリザーバから微小物体のセットを

10

20

30

40

50

選択することも困難であり得る。

【0005】

本明細書に記載される例、実施、及び実施形態は、フォトトランジスタの配列を使用して、微小物体をマイクロアセンブラの表面に沿って配置することを可能にする。フォトトランジスタは、光に曝露されると、正電圧、負電圧、及びAC電圧のうちの1つ以上を切り替えて、誘電泳動(dielectrophoretic、DEP)力及び電気泳動(electrophoretic、EP)力のうちの1つ以上を発生させ得る、マイクロアセンブラの表面上のコンデンサを充電するために使用され得る。DEP力及びEP力は、機能的に同一又は別個の微小物体を含み得る、単一の微小物体又は微小物体の群を操作するために使用され得る。これにより、マイクロアセンブラが、微小物体をより正確にかつより迅速に操作することが可能になり得、微小物体を特定の場所、形状、又はパターンで配置又は配向させることが可能になり得る。光学画像によって形成され得る制御パターンは、電界(例えば、電極、トランジスタ、フォトトランジスタ、コンデンサなど)を発生させ得るフォトトランジスタ又は他のデバイスを制御するために使用され得る。制御パターンはまた、マイクロアセンブラの少なくとも一部の電圧パターンを示し得る。光学画像制御パターン又は電圧パターンを発生させるために発光デバイスを利用することにより、演算デバイスが、微小物体を形状又はパターンに自動的に形成又は配置することが可能になり得る。1つ以上の微小物体を手動で移動又は位置付けするために、使用者入力も使用され得る。マイクロアセンブラ表面、並びに微小物体の位置及び配向を観察するために、カメラが使用され得る。マイクロアセンブラ表面上の微小物体の位置及び配向を検出するために、他のデバイスが使用され得る。

10

20

【0006】

図1は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体120の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステム100の実施形態を示す概略図である。マイクロアセンブラシステム100は、マイクロアセンブラ110、演算デバイス150、発光デバイス160、及びカメラ170を備える。マイクロアセンブラシステムは、微小物体120の移動、所定の箇所での保持、又は配置の制御(例えば、位置又は配向のうちの1つ以上の制御)のために使用され得る。他の実施形態では、電界、磁場、静電容量などを測定し得るデバイスが、カメラ170に加えて、又はカメラ170の代わりに使用され得る。

30

【0007】

一実施形態では、演算デバイス150は、1つ以上のプログラマブルプロセッサ(例えば、マルチコアプロセッサ、1つ以上の中央処理装置(central processing unit、CPU)など)を備える任意の好適な種類の演算デバイス又はマシンであり得る。例えば、演算デバイス150は、1つ以上のサーバコンピュータ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、スマートフォン、セットトップボックス、ゲームコンソール、パーソナルデジタルアシスタント(personal digital assistant、PDA)などであり得る。いくつかの例では、演算デバイスは、単一のマシンを備え得るか、又は複数の相互接続されたマシン(例えば、クラスタ内に構成される複数のサーバコンピュータ)を備え得る。別の実施形態では、発光デバイス160は、光パターンを放射又は送信し得るデバイスであり得る。光は、可視光(例えば、白色光)、可視光外光、又は非可視光(例えば、赤外(infrared、IR)光、紫外線(ultraviolet、UV)光など)であり得る。例えば、発光デバイス160は、赤色LED又はレーザー、緑色LED又はレーザー、UV LED又はレーザー、IR LED又はレーザー、広帯域ハロゲン、蛍光又はハロゲンランプなどであり得る。パターンングデバイスは、デジタルプロジェクタ(digital projector、DLP)又は液晶であり得る。

40

【0008】

マイクロアセンブラ110は、基材層111、フォトトランジスタ112、コンデンサ113、及び誘電体層114を備える。基材層111は、フォトトランジスタ112が配置され得る材料の層であり得る。一実施形態では、基材層111は、ガラス基材であり得

50

る。別の実施形態では、基材層 111 は、発光デバイスの波長範囲において透明又は半透明であり得る。

【0009】

フォトランジスタ 112 は、基材層 111 の上面上に位置し得る。コンデンサ 113 は、フォトランジスタ 112 の上又は横に位置し得る。フォトランジスタ 112 及びコンデンサ 113 は、誘電体層 114 内に位置し得る。誘電体層 114 は、電気絶縁体である材料で作製され得る。材料はまた、印加された電界によって分極され得る。微小物体 120 は、誘電体層 114 の上面上に位置又は堆積され得る。誘電体層 114 の上面はまた、マイクロアセンブラ 110 の表面でもあり得る。

【0010】

一実施形態では、フォトランジスタ 112 は、光（例えば、可視光、非可視光など）を使用して、電流を切り替え得る半導体デバイスなどのデバイスであり得る。フォトランジスタ 112 はまた、フォトダイオード又は光伝導体とも称され得る。各フォトランジスタ 112 は、コンデンサ 113 に結合され得る。フォトランジスタ 112 によって切り替えられる電流は、コンデンサ 113 内に蓄えられ得る。コンデンサ 113 は、電界に電気エネルギーを蓄え得るデバイスであり得る。フォトランジスタ 112 は、M × N 行列又は配列内の基材上に配置されてもよく、ここで、M 及び N は 2 つの任意の数である。例えば、フォトランジスタ 112 は、図 2 に示されるように二次元（two-dimensional、2D）配列を形成し得る。各フォトランジスタ 112（又は、1 つのフォトランジスタ 112 及び 1 つのコンデンサ 113 を含む各群）は、画素と称され得る。

【0011】

一実施形態では、発光デバイス 160 は、フォトランジスタ 112 のうちの 1 つ以上に光を照射し得る。上述のように、フォトランジスタ 112 が光に曝露されると、フォトランジスタ 112 は、コンデンサ 113 内に蓄えられる電流を切り替え得る。これにより、負電圧又は正電圧が、フォトランジスタ 112 又はコンデンサ 113 のうちの 1 つ以上に印加され得る。また、（フォトランジスタ 112 上に光を照射することによって）電流を切り替えることによって、フォトランジスタ 112 又はコンデンサ 113 において、交流（alternating current、AC）電圧が作成又は印加され得る。フォトランジスタ 112 によって切り替えられ、コンデンサ 113 上に蓄えられる負電圧、正電圧、及び AC 電圧のうちの 1 つ以上はまた、微小物体 120 に作用し得る誘電泳動（DEP）力及び電気泳動（EP）力のうちの 1 つ以上を発生させ得る。微小物体 120 に及ぼされる DEP 力及び EP 力は、微小物体 120 を、マイクロアセンブラ 110 の表面（例えば、マイクロアセンブラ 110 の上面、誘電体層 114 の表面）の周囲を移動させ得る。したがって、誘電泳動（DEP）力及び電気泳動（EP）力は、以下でより詳細に論じられるように、微小物体 120 のマイクロアセンブラ 110 の表面上への配置を制御するために使用され得る。

【0012】

一実施形態では、複数の微小物体 120 は、マイクロアセンブラ 110 の表面上に堆積され得る。例えば、数十、数百、数千、数万などの微小物体のリザーバが、マイクロアセンブラ 110 の表面上に堆積され得る。マイクロアセンブラ 110 の表面上の微小物体のセット 120 の配置は、フォトランジスタ 112 及びコンデンサ 113 を使用して制御され得る。例えば、発光デバイス 160 は、光を放射又は送信して、フォトランジスタ 112 の一部に落ちて、電流を切り替え得る。電流は、負電圧、正電圧、又は AC 電圧のうちの 1 つ以上をもたらし得る。フォトランジスタ 112 によってコンデンサ 113 上に発生した負電圧、正電圧、及び AC 電圧は、微小物体のセット 120 を移動させるか、又は微小物体のセット 120 の位置若しくは配向のうちの 1 つ以上を変化させるために使用され得る、微小物体のセット 120 に DEP 力又は EP 力を及ぼし得る。微小物体のセット 120 は、1 つ以上の微小物体を含み得る。例えば、微小物体のセット 120 は、1 つの微小物体 120、15 個の微小物体 120、100 個の微小物体 120 などを含み得

10

20

30

40

50



る。微小物体のセットは、機能的に同一であっても異なってもよい。例えば、微小物体のセットは、10個のシリカ球体及び100個のガリウム砒素チップを含み得る。

【0013】

一実施形態では、マイクロアセンブラ110（又はマイクロアセンブラシステム100）は、微小物体のセットを、参照構造体又は第2の微小物体セットのうちの一つ以上に対して、微小物体110の表面全域にわたって移動させることによって、微小物体のセット120の配置を制御し得る。例えば、マイクロアセンブラ110は、以下でより詳細に論じられるように、マイクロアセンブラ110端部のうちの一つに対して、微小物体のセットを移動させ得る。

【0014】

一実施形態では、マイクロアセンブラ110（又はマイクロアセンブラシステム100）は、微小物体のセットを集結させることによって、微小物体のセット120の配置を制御し得る。例えば、マイクロアセンブラ110は、微小物体のセット120内の微小物体120を互いに接近させて、クラスタを形成し得る（例えば、微小物体120を一緒にパックする）。これにより、微小物体間の距離が減少し、その結果、微小物体のセット120によって占有される表面積（例えば、マイクロアセンブラ110の表面上の面積のサイズ）が減少し得る。別の実施形態では、マイクロアセンブラ110（又はマイクロアセンブラシステム100）は、微小物体のセットを脱集結させることによって、微小物体のセット120の配置を制御し得る。例えば、マイクロアセンブラ110は、微小物体のセット120内の微小物体120を互いに押し離して、微小物体120を拡散させ得る。これにより、微小物体間の距離が増大し、その結果、微小物体のセット120によって占有される表面積が増大し得る。

【0015】

一実施形態では、マイクロアセンブラ110（又はマイクロアセンブラシステム100）は、微小物体のセットの第2のセットの第2の配置を、微小物体のセットの配置を制御すると同時に、光伝導体の二次元の配列を使用して、マイクロアセンブラの表面上で制御することによって、微小物体のセット120の配置を制御し得る。例えば、マイクロアセンブラ110は、同時に複数の微小物体のセット120を移動させる、位置を変化させる、又は配向を変化させ得る。マイクロアセンブラ110は、発光デバイス160を使用して、複数の微小物体のセット120の配置を同時に制御して、異なるフォトリソグラフィのセット112に光を照射し得る。

【0016】

一実施形態では、マイクロアセンブラ110（又はマイクロアセンブラシステム100）は、マイクロアセンブラ110の表面の表面に平行な二次元平面内の微小物体のセット内の各微小物体の位置又は配向のうちの一つ以上を制御することによって、微小物体のセット120の配置を制御し得る。例えば、マイクロアセンブラ110は、微小物体のセット120を、マイクロアセンブラ110の表面（例えば、マイクロアセンブラ110の表面上の位置、マイクロアセンブラ110の表面上方の位置など）に対して、X-Y-Z場所に（例えば、位置に）移動させ得る。別の例では、マイクロアセンブラ110は、微小物体120を、時計回り又は反時計回りに回転させ得る（例えば、微小物体の配向を変化させ得る）。

【0017】

一実施形態では、マイクロアセンブラ110（又はマイクロアセンブラシステム100）は、微小物体セットの第1の微小物体の位置又は配向のうちの一つ以上を、マイクロアセンブラ110の表面に対して三次元に制御することによって、微小物体のセット120の配置を制御し得る。例えば、微小物体120は、直方体形状（例えば、矩形プリズムの形状）を有し得る。マイクロアセンブラ110は、微小物体120を、異なる面上に移動又は反転させ得る。マイクロアセンブラ110はまた、マイクロアセンブラ110の2D表面から、単一の微小物体又は微小物体のセットを持ち上げ得る。

【0018】

10

20

30

40

50

一実施形態では、マイクロアセンブラ 110 (又はマイクロアセンブラシステム 100) は、微小物体 120 (例えば、微小物体 120 のリザーバ) を、マイクロアセンブラの表面上のランダムな場所に分散させることによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。例えば、発光デバイス 160 は、光をランダムフォトリランジスタ 112 に放射して、コンデンサ 113 上にランダム電圧パターンを生成し得る。これにより、フォトリランジスタ 112 及びコンデンサ 113 は、微小物体 120 をランダムな場所に移動させ得る DEP 力又は EP 力を及ぼし得る。微小物体 120 をランダムな場所に分散させることにより、マイクロアセンブラ 110 が、マイクロアセンブラ 110 の表面全域にわたってより均等に微小物体 120 を分散させることが可能になり得る。

#### 【0019】

一実施形態では、マイクロアセンブラ 110 (又はマイクロアセンブラシステム 100) は、1つ以上の微小物体のセット 120 を、マイクロアセンブラの表面上でパターンに形成することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。例えば、マイクロアセンブラ 110 は、第 1 の微小物体のセット 120 を文字「H」のシェーパに形成してもよく、第 2 の微小物体のセット 120 を文字「I」字状に形成してもよい。別の例では、マイクロアセンブラ 110 は、微小物体のセットを幾何学的形状 (例えば、三角形、正方形、矩形、八角形など) に形成してもよい。

#### 【0020】

一実施形態では、マイクロアセンブラ 110 (又はマイクロアセンブラシステム 100) は、微小物体のセット 120 内の微小物体 120 のサブセットを制御することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。例えば、20 個の微小物体 120 (例えば、微小物体のセット 120) は、円形に形成され得る。次いで、20 個の微小物体のうちの 4 個 (例えば、微小物体のセット 120 のサブセット) は、円形の中心に移動して、円形の中心に正方形の形状を形成し得る。

#### 【0021】

一実施形態では、マイクロアセンブラ 110 (又はマイクロアセンブラシステム 100) は、微小物体のセット 120 を、マイクロアセンブラ 110 の表面上の所定の箇所に保持することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。例えば、フォトリランジスタ 112 及びコンデンサ 113 は、微小物体のセット 120 が動くことを防止する DEP 及び EP 力を、微小物体のセット 120 に及ぼし得る。微小物体のセット 120 は、参照構造体又は別の微小物体のセット 120 に対する位置で、所定の箇所に保持され得る。例えば、微小物体のセット 120 は、マイクロアセンブラ 110 の端部に対する位置で、所定の箇所に保持され得る。別の例では、微小物体のセット 120 は、別の微小物体のセット 120 から一定の距離にある場所で、所定の箇所に保持され得る。微小物体のセット 120 はまた、参照構造体又は別の微小物体のセット 120 に対する配向で、所定の箇所に保持され得る。例えば、微小物体のセット 120 は、微小物体のセット 120 の左端部が、マイクロアセンブラ 110 の左端部と平行になるように、所定の箇所に保持され得る。別の実施形態では、微小物体のセット 120 は、マイクロアセンブラ 110 以外の供給源によって発生する流体流動、電気浸透流動、振動、又は DEP 力又は EP 力によって発生し得る剪断力及び抵抗力に耐えるのに十分な力で、所定の箇所に保持され得る。例えば、誘電体流体、油などの液体が、マイクロアセンブラ 110 の表面上に噴霧されて、微小物体 120 を洗浄し得る。微小物体のセット 120 は、マイクロアセンブラ 110 の表面全域にわたる油の流動によって引き起こされる剪断力及び抵抗力に耐えるのに十分な力で、所定の箇所に保持され得る。

#### 【0022】

上述のように、(フォトリランジスタ 112 上に光を放射して、DEP 力及び EP 力を発生させる) 発光デバイス 160 は、演算デバイス 150 によって制御され得る。例えば、演算デバイス 150 は、フォトリランジスタ 112 の一部で、発光デバイス 160 に光を放射するように指示、又は放射を引き起こすことができる。一実施形態では、演算デバイス 150 は、制御データ 151 に基づいて、発光デバイス 160 に光を放射するように

10

20

30

40

50

指示することができる。

【0023】

一実施形態では、制御データ151は、マイクロアセンブラ110に適用され得る1つ以上の制御パターンを示し得る。制御パターンは、マイクロアセンブラ110の電圧パターンを示し得る。例えば、制御データ151は、どのフォトトランジスタ112が、発光デバイス160からの光を受光する必要があるかを示し得る制御パターンを示し得る。各制御パターンは、どのフォトトランジスタ112が発光デバイス160からの光を受光する必要があるか（又はその逆）を示し得る、X-Y位置のセット及び配向角を含み得る。制御パターンは、単一のフォトトランジスタ画素112/113ほどの小さいサイズから、マイクロアセンブラ110のフルサイズまでの任意のサイズであり得る。発光デバイス160からの光を受光するためのフォトトランジスタ112は、以下でより詳細に論じられるように、1つ以上のパターンをマイクロアセンブラ110上に形成し得る。別の例では、制御パターンは、マイクロアセンブラ110のどの部分が電界を発生させる必要があるかを示し得る。マイクロアセンブラ110は、電極の配列を含んでもよく、制御パターンは、電極のどれが電界を発生させる必要があるかを示し得る。

10

【0024】

一実施形態では、演算デバイス150は、制御パターンに基づいて、フォトトランジスタ112に対して、発光デバイス160に光を放射するように指示、又は放射を引き起こすことができる。例えば、制御パターンが、マイクロアセンブラ110上のX-Y場所にある特定のフォトトランジスタ112が、発光デバイス160からの光を受光する必要があることを示す場合、演算デバイスは、発光デバイス160に、X-Y場所にある特定のフォトトランジスタ112に光を放射するように指示し得る。別の実施形態では、演算デバイス150は、1つ以上の電極、トランジスタなどに、制御パターンに基づいて電界を発生させ得る。例えば、制御パターンは、特定の電極のX-Y座標又は場所を示してもよく、演算デバイス150は、制御パターンに基づいて、1つ以上のスイッチを制御することによって、特定の電極を電圧源に接続してもよい。電極、トランジスタ、フォトトランジスタなどに、電界を発生させることにより、演算デバイス150は、制御パターンによって示される電圧パターンを発生させることが可能になり得る。

20

【0025】

別の実施形態では、演算デバイス150は、複数の制御パターンに基づいて、フォトトランジスタ112に対して、同時に発光デバイス160に光を放射するように指示、又は放射を引き起こすことができる。例えば、それぞれが異なるサイズ、形状、位置、及び配向を有する、2個、4個、10個、又はいくつかの他の適切な数の制御パターンが、同時に使用され得る。更なる実施形態では、演算デバイス150は、1つ以上の電極、トランジスタなどに、複数の制御パターンに基づいて、同時に電界を発生させ得る。

30

【0026】

一実施形態では、演算デバイス150は、複数の制御パターンを順次反復し得る。反復の一部である制御パターンは、共通の位置及び配向を共有し得るが、異なるフォトトランジスタ112を示し得るか、又は異なる電極、トランジスタなどに電界を発生させ得る。例えば、制御データ151は、順序付けられた制御パターンの順序及びタイミングで、一連の制御パターンを示し得る（例えば、制御パターンを使用する長さ、異なる制御パターンを使用する間に待機する長さなど）。各制御パターンは、発光デバイス150からの光を受光する必要がある、異なるフォトトランジスタのセット又は群112を示し得る。制御データ151は、第1の制御パターンを使用して、第1のフォトトランジスタの群112において発光デバイス160に光を放射させることができ、第2の制御パターンを使用して、第2のフォトトランジスタの群112において発光デバイス160に光を放射させることができる。このプロセスは、動的（例えば、変更又は変化する）EP力及びDEP力を作成し得る。反復の一部である制御パターンは、異なる位置に適用され得るか、又は異なる配向を有し得る。例えば、第1の制御パターンは、第1の中心位置及び第1の配向を有してもよく、第2の制御パターンは、第2の中心位置（第1の中心位置からオフセッ

40

50

トされ得る)及び第2の配向(第2の配向から回転し得る)を有してもよい。いくつかの実施形態では、演算デバイス150は、微小物体120の位置、場所、配向などを分析することなく、複数の制御パターンを反復し得る。例えば、演算デバイス150は、微小物体120の位置、場所、配向などに関する情報を受信しないか、又はフィードバックを発生させない場合があるが、制御パターン間の所定の順序及び所定のタイミングに基づいて、制御パターンを反復する場合がある(例えば、第1の制御パターンを5秒間使用し、次いで、次の制御パターンを10秒間反復するなど)。これは、開ループと称され得る。

#### 【0027】

一実施形態では、演算デバイス150は、微小物体120の位置、場所、若しくは配向を検出し得るカメラ170、又は他のデバイスから受信される映像及び画像のうちの1つ以上に基づいて、制御パターンのセットを発生又は特定し得る。例えば、カメラ170は、微小物体120の複数の画像(例えば、写真など)、並びにマイクロアセンブラ110の表面上のそれらの位置及び/又は配向を記録し得る。微小物体120の画像に基づいて、演算デバイス150は、微小物体のセット120が正しい位置、正しい配向、正しいパターンなどにあるかどうかを判定し得る。例えば、制御データ151は、微小物体のセット120が、マイクロアセンブラ110の左下角部に「X」形状を形成する必要があることを示し得る。演算デバイス150がカメラ170からの1つ以上の画像を分析し、1つ以上の微小物体が位置から外れている(例えば、「X」形状内にない)と判定する場合、演算デバイス150は、1つ以上の微小物体120が、それらが「X」形状内の適切な位置にあるように移動する必要があると判定し得る。演算デバイス150は、追加の制御パターンを発生させてもよく、又は1つ以上の微小物体120を適切な位置に移動させるために使用され得る他の(既存の)制御パターンを特定してもよい。演算デバイス150は、発光デバイス160に、特定のフォトランジスタ112に光を放射するように指示してもよく、又は特定の電極、ランジスタなどに電界を発生させてもよい(すなわち、1つ以上の制御パターンを使用して、DEP力及びEP力を発生させ、1つ以上の微小物体120を移動させてもよい)。例えば、演算デバイス150は、1つ以上の微小物体120のマイクロアセンブラの表面全域にわたる経路を(自動的に)決定して、1つ以上の微小物体120を適切な位置に移動させ得る。演算デバイス150は、1つ以上の微小物体120を適切な位置に移動させるために、発光デバイス160がどのフォトランジスタ112に放射する必要があるかを定義する、1つ以上の制御パターンを作成又は特定し得る。例えば、演算デバイス150は、微小物体を移動させるシーケンスにおいて、複数の制御パターンを使用し得る。別の例では、演算デバイス150は、1つの制御パターンを使用し得るが、制御パターンの中心位置又は配向を移動させ得る(例えば、マイクロアセンブラ110の異なる部分に同じ制御パターンを適用し得る)。1つ以上の微小物体120にDEP力及びEP力を及ぼすために、経路に沿って又はその周囲に制御パターンを移動させることによって、演算デバイス150は、それらを経路に沿って適切な位置に移動させ得る。

#### 【0028】

一実施形態では、使用者は、(例えば、マウス又はタッチスクリーンなどの入力デバイスを介して、グラフィカルユーザーインターフェース(user interface、GUI)などを介して)使用者入力を提供し得る。例えば、使用者は、どのフォトランジスタ112が、発光デバイス160からの光を受光する必要があるかを示す1つ以上の制御パターンを提供するために、使用者入力を提供し得る。これにより、使用者が、1つ以上の制御パターンを入力若しくは提供することによって、又はどの既存の制御パターンが使用される必要があるかを示すことによって、1つ以上の微小物体120の位置及び配向を制御することが可能になり得る。

#### 【0029】

図2は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ110(図1に示される)の下面ビューを示す図である。上述のように、マイクロアセンブラ110は、透明又は半透明の基材層111を備え得る。フォトランジスタ112は、マイクロアセンブ

10

20

30

40

50

ラ 1 1 0 の下面を観察する場合、基材層 1 1 1 を通して可視であり得る。コンデンサ 1 1 3 は、マイクロアセンブラ 1 1 0 の下面を観察する場合、視認可能であっても、なくてもよい。上述のように、フォトランジスタ 1 1 2 ( 及びコンデンサ 1 1 3 ) は、誘電体層 1 1 4 内に位置し得る。上述のように、制御パターンは、どのフォトランジスタ 1 1 2 が、発光デバイスからの光を受光する必要があるかを定義するために使用され得る。図 2 に示されるように、複数の制御パターン 2 0 5 は、破線領域又は形状内に囲まれているフォトランジスタ 1 1 2 が、発光デバイスからの光を受光する必要があることを示し得る。制御パターン 2 0 5 のそれぞれは、上述のように、マイクロアセンブラ 1 1 0 の一部の電圧パターンを示し得る。制御パターン 2 0 5 ( 例えば、制御パターンのセット 2 0 5 ) は、同時に使用され得る。例えば、制御パターン 2 0 5 のそれぞれは、異なるフォトランジスタのセット 1 1 2 ( 又は異なる電極 ) に、同時に電界を発生させるために、同時に使用され得る。図 2 に示されるパターン 2 0 5 は、光を受光する必要があるフォトランジスタ 1 1 2 ( 例えば、電界を発生させる必要があるフォトランジスタ 1 1 2 ) を示し得るが、制御パターンはまた、どのフォトランジスタ 1 1 2 が光を受光すべきでないかも示し得る。例えば、制御パターンは、 $4 \times 4$  平方のフォトランジスタ 1 1 2 を含んでもよく、 $4 \times 4$  平方のフォトランジスタ 1 1 2 の左半分が光を受光する必要があるとあり、 $4 \times 4$  平方のフォトランジスタ 1 1 2 の右半分は光を受光すべきでないことを示し得る。

#### 【 0 0 3 0 】

図 2 ( 及び本開示の他の図 ) に示されるように、制御パターン 2 0 6 は、二次元ビットマップ ( 例えば、ビデオゲームなどのコンピュータグラフィックスで使用される二次元ビットマップ ) に類似し得る。したがって、制御パターン 2 0 6 はまた、スプライト ( 例えば、コンピュータグラフィックスで使用される二次元ビットマップ ) とも称され得る。スプライトと同様に、制御パターン 2 0 6 は、マイクロアセンブラ 1 1 0 全域にわたって適用され得る ( 例えば、マイクロアセンブラ 1 1 0 全域にわたって移動する ) 。例えば、C 形状制御パターン 2 0 6 ( 例えば、スプライト ) は、マイクロアセンブラ 1 1 0 の右側に向かって移動し得る。また、制御パターン 2 0 6 は、マイクロアセンブラ 1 1 0 全域にわたって移動してもよく、一方で、他の制御パターン ( 例えば、背景制御パターン ) は静止したままである。例えば、背景制御パターンは、微小物体 1 2 0 のリザーバを所定の箇所に保持するために使用してもよく、一方で、C 形状制御パターン 2 0 6 ( 例えば、スプライト ) は、微小物体 2 0 5 をマイクロアセンブラ 1 1 0 の表面の周囲を移動させるために使用される。いくつかの実施形態では、マイクロアセンブラ 1 1 0 の周囲を移動し得る制御パターンはまた、局所制御パターンとも称され得る。

#### 【 0 0 3 1 】

図 1 及び図 2 が、電極の配列からの電気力場を変調するフォトランジスタベースのマイクロアセンブラハードウェアシステムを説明しているが、本発明はまた、力場が画素化される他の同様のハードウェアシステムにも関することを留意されたい。例えば、電極は仮想であってもよく、これは、パターン化されていない光導電層及び透明電極を利用する光電流体システムで使用されるように、光がオンである間のみ存在することを意味する ( 「Optoelectronic Tweezers for Manipulation of Cells and Nanowires」, by Ming C. Wu, et al., Electron Devices Meeting 2007. IEDM 2007. IEEE International, pp. 847 - 850, 2007 において示されるように ) 。別の例では、力発生画素は、アクティブマトリクス集積回路からなどの、電気アドレス電極からのものであり得る。アドレス可能な画素化された力場の他の例は、磁気力又は音響力に基づくことができる。力発生画素は、1 つ以上の微小物体に及ぼされ得る力を発生させることができ得る構成要素又はデバイスを指し得る。

#### 【 0 0 3 2 】

図 3 は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ ( 例えば、図 1 及び図 2 に示されるマイクロアセンブラ 1 1 0 ) に適用され得る例示的な制御パターン 3 1 0 、 3 2 0 、 及び 3 3 0 を示す図である。上述のように、制御パターンは、( フォトラン

10

20

30

40

50

ジスタの2D配列内の)どのフォトランジスタが、発光デバイスからの光を受光する必要があるか、及びどのフォトランジスタが、発光デバイスからの光を受光すべきでないかを示し得る。これにより、フォトランジスタは、正電圧、負電圧、及びAC電圧のうちの一つ以上を発生し得る。各制御パターン310、320、及び330は、正電圧又は負電圧が、マイクロアセンブラ内のフォトランジスタによって発生するかどうかを示し得る。制御パターン310、320、及び330内のより暗い正方形又は領域は、正電圧が、より暗い正方形又は領域内のフォトランジスタによって発生することを示し得る。制御パターン310、320、及び330内のより明るい正方形又は領域は、負電圧が、より明るい正方形又は領域内のフォトランジスタによって発生することを示し得る。

**【0033】**

上述のように、演算デバイスは、異なる制御パターンを異なる時間で反復して、発光デバイスを制御し得る。例えば、時間T1において、演算デバイスは、制御パターン310を使用して、異なるフォトランジスタに光を放射するかどうかを判定して、制御パターン310に従って正電圧及び負電圧を発生させ得る。例えば、時間T2において、演算デバイスは、制御パターン320を使用して、異なるフォトランジスタに光を放射するかどうかを判定して、制御パターン320に従って正電圧及び負電圧を発生させ得る。例えば、時間T3において、演算デバイスは、制御パターン310を使用して、異なるフォトランジスタに光を放射するかどうかを判定して、制御パターン330に従って正電圧及び負電圧を発生させ得る。一実施形態では、制御パターン310、320、及び330は、マイクロアセンブラの表面全域にわたって、ランダムに微小物体を分散又は拡散させるために使用され得る。

**【0034】**

図4Aは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のビューを示す図である。マイクロアセンブラのフォトランジスタは、図4Aに小さな正方形として示される。微小物体は、図4Aに小さな円を使用して示される。上述のように、一つ以上の制御パターンは、マイクロアセンブラの表面全域にわたって、ランダムに微小物体を分散又は拡散させるために使用され得る。図4Aは、微小物体が、マイクロアセンブラの表面全域にわたって、ランダムに分散又は拡散された後の微小物体の位置及び配向を示し得る。

**【0035】**

図4Bは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のビューを示す図である。マイクロアセンブラのフォトランジスタは、図4Bに小さな正方形として示される。微小物体は、図4Bに小さな円を使用して示される。上述のように、微小物体のセットは、マイクロアセンブラの表面上に位置付け又は配向され得る。微小物体のセットは、互いに対して、かつ参照構造体(例えば、マイクロアセンブラの端部)に対して位置付け又は配向され得る。図4Bは、チェッカーボードパターンに配置された微小物体のセットを示す。

**【0036】**

図5Aは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体のビューを示す図である。マイクロアセンブラのフォトランジスタは、図5Aに小さな正方形として示される。微小物体は、図5Aに小さな円を使用して示される。上述のように、微小物体のセットは、マイクロアセンブラの表面上に位置付け又は配向され得る。チェッカーボードパターンに配置された微小物体のセット。図5Aに示されるように、フォトランジスタは、チェッカーボードパターンを形成するために使用され得る群(例えば、B×Bフォトランジスタのブロック)に分割され得る。正電圧は、マイクロアセンブラのより暗い領域に位置するフォトランジスタ(例えば、より暗い正方形内に位置するフォトランジスタ)によって発生してもよく、AC電圧は、マイクロアセンブラのより明るい領域に位置するフォトランジスタ(例えば、より明るい正方形に位置するフォトランジスタ)によって発生してもよい。

**【0037】**

図5Bは、本開示のいくつかの実施形態による、図5Aに示されるマイクロアセンブラ及び微小物体の一部を示す図である。上述のように、正電圧は、マイクロアセンブラのより暗い領域に位置するフォトランジスタ（例えば、より暗い正方形内に位置するフォトランジスタ）によって発生してもよく、AC電圧は、マイクロアセンブラのより明るい領域に位置するフォトランジスタ（例えば、より明るい又は白色の正方形に位置するフォトランジスタ）によって発生してもよい。これにより、微小物体は、マイクロアセンブラのより明るい領域に向かって移動し得る。例えば、図5Bにより小さい円として表される微小物体は、正に帯電されてもよく、（正電圧を発生させている）マイクロアセンブラの暗い領域から、（AC電圧を発生し得る）マイクロアセンブラの白色又はより明るい領域に向かって（DEP力又はEP力によって）反発されてもよい。微小物体の移動は、図5Bに示される矢印によって示され得る。マイクロアセンブラの白色又はより明るい領域は、微小物体を、白色又はより明るい領域内の所定の箇所に保持し得る。マイクロアセンブラの白色又はより明るい領域は、ACトラップと称され得る。

10

20

30

40

50

#### 【0038】

図6は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、図1及び図2に示されるマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターン610～660を示す図である。図6はまた、マイクロアセンブラの一部のビュー611～661も示す。制御パターン610～660の黒色領域（例えば、最も暗い領域）は、フォトランジスタが電圧を発生させない領域を示し得る。制御パターン610～660の灰色領域は、フォトランジスタが正電圧を発生させる領域を示し得る。制御パターン610～660の白色領域は、フォトランジスタがAC電圧を発生させる領域を示し得る。ビュー611～661では、小さな正方形はフォトランジスタであってもよく、小さな円は微小物体であってもよい。図6に示されるように、各領域は、フォトランジスタの6×6配列を含む。

#### 【0039】

上述のように、異なる制御パターンは、異なる時間にマイクロアセンブラに適用され得る。制御パターン610は、時間T1においてマイクロアセンブラに適用されてもよく、制御パターン620は、時間T2においてマイクロアセンブラに適用されてもよく、制御パターン630は、時間T3においてマイクロアセンブラに適用されてもよく、制御パターン640は、時間T4においてマイクロアセンブラに適用されてもよく、制御パターン650は、時間T5においてマイクロアセンブラに適用されてもよく、制御パターン660は、時間T6においてマイクロアセンブラに適用されてもよい。

#### 【0040】

制御パターン610では、黒色及び灰色領域内のフォトランジスタによって正電圧のみが発生するか又は電圧は発生しない。制御パターン620では、充電されなかった領域の部分は、ここでAC電圧を発生させている。例えば、以前に充電されなかった各正方形領域の中心は、ここでAC電圧を発生させている。制御パターン640～660では、（制御パターン610において）充填されなかった領域の部分は、全領域が制御パターン660内にAC電圧を発生させるまで、（各領域の中心から）サイズが増大する。ビュー611～621は、AC電圧（例えば、制御パターン610～660に示される白色領域）を発生させているマイクロアセンブラの領域に向かって移動する微小物体を示す。ビュー631～661は、AC電圧を発生させる領域の、合体、グループ化、束化、パッキングなどを行う微小物体を示す。

#### 【0041】

図7は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び微小物体の一部を示す図である。微小物体は、マイクロアセンブラの表面上の暗い（例えば、黒色）四角形の形状（例えば、矩形、正方形など）として表される。小さい灰色の正方形のそれぞれは、マイクロアセンブラのフォトランジスタを表す。図7に示されるように、微小物体の配向は変化し得る。微小物体は、0度から45度、90度、135度、180度、225度、270度、315度、及び最後に360度まで反時計回りに回転する。

## 【0042】

一実施形態では、微小物体はチップレットと称され得る。チップレットは、1つ以上の直線状の端部又は側面を含む微小物体であり得る。チップレットは、直線状の端部又は側面を有するため、チップレットは、以下でより詳細に論じられるように、それらの側面上で互いに整列し得る。例えば、第1の正方形形状のチップレットの右側又は端部は、第2の正方形形状のチップレットの左側又は端部と整列し得る（例えば、平行に位置付けられる）。

## 【0043】

図8Aは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、図1及び図2に示されるマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターン810を示す図である。マイクロアセンブラの一部は、フォトランジスタの3×3配列を含み得る。斜め実線ハッシュ化領域は、斜め実線ハッシュ化領域に向かって微小物体を引く電荷を発生させるフォトランジスタを含み得る。斜め点線ハッシュ化区域は、電荷を発生させないフォトランジスタを含み得る。図8Aに示されるように、微小物体は、影付き矢印によって示されるように、斜め実線ハッシュ化領域に向かって引かれ得る。制御パターン810は、微小物体を特定の方向に移動させるために使用され得る。制御パターン810の位置又は配向は、微小物体を異なる方向に移動させるために移動し得る。例えば、制御パターン810を左に移動させることにより、微小物体は、左に移動し得る。

10

## 【0044】

図8Bは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、図1及び図2に示されるマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターン820を示す図である。マイクロアセンブラの一部は、フォトランジスタの3×3配列を含み得る。斜め実線ハッシュ化領域は、斜め実線ハッシュ化領域に向かって微小物体を引く電荷を発生させるフォトランジスタを含み得る。斜め点線ハッシュ化区域は、電荷を発生させないフォトランジスタを含み得る。交差ハッシュ化領域は、微小物体を交差ハッシュ化領域から押し離す電荷を発生させるフォトランジスタを含み得る。図8Bに示されるように、微小物体は、影付き矢印によって示されるように、斜め実線ハッシュ化領域に向かって引かれてもよく、かつ交差ハッシュ化領域から押し離されてもよい。制御パターン820は、マイクロアセンブラの表面上の場所に固着し得る微小物体を移動（例えば、脱固着）させるために使用され得る。

20

30

## 【0045】

図8Cは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、図1及び図2に示されるマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターン830を示す図である。マイクロアセンブラの一部は、フォトランジスタの3×3配列を含み得る。斜め点線ハッシュ化区域は、電荷を発生させないフォトランジスタを含み得る。白色領域は、AC電圧を発生させるフォトランジスタを含み得る。図8Cに示されるように、微小物体は、影付き矢印によって示されるように、白色領域内の所定の箇所に留まった。制御パターン830は、マイクロアセンブラの表面上の特定の場所に微小物体を保持又は維持するために使用され得る。

40

## 【0046】

いくつかの実施形態では、図8A～図8Cに示される制御パターン810、820、及び830は、スプライト又は局所制御パターンと称され得る。スプライト又は局所制御パターンは、マイクロアセンブラ（例えば、図1及び図2に示されるマイクロアセンブラ110、図13などに示されるマイクロアセンブラ1310など）の表面全域にわたって移動し得る、制御パターンであり得る。例えば、制御パターン810は、異なる電極/フォトランジスタのセットに経時的に適用されてもよく、一方、電極/フォトランジスタの各セットは、以前の電極/フォトランジスタのセットからオフセットされる（例えば、1つ以上の行及び/又は列によってオフセットされる）。これにより、制御パターン810が、マイクロアセンブラ全域にわたって移動（例えば、適用）することがもたらされ

50



得る。

【 0 0 4 7 】

図 9 A は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び複数の微小物体の一部を示す図である。図 9 A に示されるように、複数の微小物体（例えば、微小物体のリザーバ）は、マイクロアセンブラの部分の右側に位置する。

【 0 0 4 8 】

図 9 B は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び複数の微小物体の一部を示す図である。図 9 B に示されるように、複数の微小物体（例えば、微小物体のリザーバ）は、マイクロアセンブラの部分の右側に位置する。微小物体のセットは、制御パターンのセットを同時に使用して、マイクロアセンブラの部分の左側に向かって移動する。例えば、第 1 の制御パターンは、右側の微小物体を所定の箇所に保持するために（例えば、それらが動くことを防止するために）使用され得る。第 2 の制御パターン（又は制御パターンのセット）は、微小物体のセットを左側に向かって移動させるために使用され得る。図 9 B に示されるように、微小物体のセットは「X」形状を形成する。また、図 9 B に示されるように、「X」形状は、大きな実線正方形によって示されるように、微小物体を欠いている。例えば、1 つの微小物体は、微小物体のセットが「X」形状を形成することを可能にするための適切な位置に存在しない。

10

【 0 0 4 9 】

図 9 C は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ及び複数の微小物体の一部を示す図である。図 9 C に示されるように、複数の微小物体（例えば、微小物体のリザーバ）は、マイクロアセンブラの部分の右側に位置する。微小物体のセットは、マイクロアセンブラの部分の左側に移動した。上述のように、微小物体のセットは「X」形状を形成し、1 つの微小物体は、微小物体のセットが「X」形状を形成することを可能にするための適切な位置に存在しない。実線円によって示される微小物体は、上述のように、様々な制御パターンを使用して、（実線正方形及び矢印によって示される）「X」形状内の適切な位置に向かって移動し得る。例えば、演算デバイスは、1 つ以上の制御パターンを反復して、実線円内の微小物体を、実線正方形によって示される場所に向かって移動させ得る。演算デバイスは、上述のように、右側の微小物体を所定の箇所に保持するために（例えば、それらが動くことを防止するために）使用され得る別の制御パターンと同時に、1 つ以上の制御パターンを使用し得る。

20

30

【 0 0 5 0 】

図 1 0 は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの表面上の微小物体の配置を制御する方法 1 0 0 0 を示すフロー図である。方法 1 0 0 0 は、ハードウェア（例えば、回路、専用ロジック、プログラマブルロジック、プロセッサ、処理デバイス、中央処理装置（CPU）、マルチコアプロセッサ、システムオンチップ（system-on-chip、SoC）など）、ソフトウェア（例えば、処理デバイス上で実施/実行する命令）、ファームウェア（例えば、マイクロコード）、又はこれらの組み合わせを備え得る処理ロジックによって実行され得る。いくつかの実施形態では、方法 4 0 0 は、演算デバイス（例えば、図 1 に示される演算デバイス 1 5 0）又は処理デバイス（例えば、図 6 に示される処理デバイス 6 0 2）によって実行され得る。

40

【 0 0 5 1 】

方法 1 0 0 0 は、微小物体のセットがマイクロアセンブラの表面上に堆積されるブロック 1 0 0 5 において開始する。例えば、微小物体のリザーバは、上述のように、マイクロアセンブラの表面上に堆積され得る。ブロック 1 0 1 0 において、方法 1 0 0 0 は、マイクロアセンブラの表面上の微小物体のセットを、制御パターンのセット（例えば、図 2 に示されるか、又は他の図と併せて本明細書で論じられる制御パターン 2 0 5）を使用して操作し得る。上述のように、制御パターンは、マイクロアセンブラの少なくとも一部（例えば、フォトランジスタ、電極、ランジスタなどの二次元配列）の電圧パターンを示し得る。例えば、方法 1 0 0 0 は、上述のように、フォトランジスタの一部で光を放射させて、正電圧、負電圧、及び AC 電圧のうちの 1 つ以上を発生させ得る。制御パターン

50

(例えば、図2に示されるか、又は他の図と併せて本明細書で論じられる制御パターン205)によって示される又は定義される正電圧、負電圧、及びAC電圧パターンは、上述のように、微小物体を集結、拡散、移動、配向、又は所定の箇所に保持するために使用され得る。図のブロック1005及び1010は、複数回繰り返され得る。例えば、ブロック1005及び1010は、マイクロアセンブラの表面上に堆積するための稼働微小物体が存在しなくなるまで繰り返され得る。

#### 【0052】

図11は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの表面上の微小物体のセットの配置を制御する方法1100を示すフロー図である。方法1100は、ハードウェア(例えば、回路、専用ロジック、プログラマブルロジック、プロセッサ、処理デバイス、中央処理装置(CPU)、マルチコアプロセッサ、システムオンチップ(SoC)など)、ソフトウェア(例えば、処理デバイス上で実施/実行する命令)、ファームウェア(例えば、マイクロコード)、又はこれらの組み合わせを備え得る処理ロジックによって実行され得る。いくつかの実施形態では、方法400は、演算デバイス(例えば、図1に示される演算デバイス150)又は処理デバイス(例えば、図6に示される処理デバイス602)によって実行され得る。

10

#### 【0053】

方法1100は、ブロック1105において開始し、方法1100は、微小物体のセットが適切な位置及び配向であるかどうかを判定する。例えば、方法1100は、上述のように、カメラを使用して、微小物体のセットの画像又は映像を記録して、微小物体が適切な位置及び配向であるかどうかを判定し得る。別の例では、方法1100は、1つ以上の微小物体が適切な位置又は配向でないことを示す使用者入力を受信し得る(例えば、方法1100は、1つ以上の制御パターンを示す使用者入力を受信し得る)。微小物体のセットが適切な位置及び配向である場合、方法1100は終了する。微小物体のセットが適切な位置又は配向でない場合、方法1100はブロック1110に進み、ここで方法1100は、上述のように、1つ以上の制御パターン(例えば、図2に示されるか、又は他の図と併せて本明細書で論じられる制御パターン205)を使用して、1つ以上の微小物体の位置又は配向を調整し得る。例えば、方法1100は、図8A~図8Cに示される制御パターンを使用して、マイクロアセンブラの表面に沿って1つ以上の微小物体を移動させ得る。別の例では、方法1100は、上述のように、1つ以上の制御パターンを発生させ、1つ以上の既存の制御パターンを特定するか、又は1つ以上の制御パターンを(使用者入力を介して)受信して、使用者入力に基づいて1つ以上の微小物体の位置若しくは配向を調整し得る。

20

30

#### 【0054】

図12は、いくつかの実施形態による、本明細書に記載される操作のうちの一つ以上を実行し得る例示的なデバイス1200を示すブロック図である。デバイス1200は、LAN、イントラネット、エクストラネット、及び/又はインターネット内の他のデバイスに接続され得る。デバイスは、クライアント-サーバネットワーク環境内のサーバマシンの容量、又はピアツーピアネットワーク環境内のクライアントの容量で作動し得る。デバイスは、電子デバイス又は演算デバイス(パーソナルコンピュータ(personal computer、PC)、タブレットコンピュータ、PDA、スマートフォン、セットトップボックス(set-top box、STB)、サーバコンピュータなど)、ネットワークデバイス(ルータ、スイッチ、又はブリッジなど)、又はそのマシンによって取られるアクションを指定する(連続した又はその他の)命令のセットを実行することができる任意のマシンであり得る。更に、単一のデバイスのみが示されているが、「デバイス」という用語はまた、本明細書で論じられる方法を実行するための命令のセット(又は複数のセット)を個別に又は共同で実行するデバイスの任意の集合を含むように解釈されるものとする。

40

#### 【0055】

例示的なデバイス1200としては、処理デバイス1202(例えば、汎用プロセッサ

50

、PLDなど)、メインメモリ1204(例えば、同期ダイナミックランダムアクセスメモリ(dynamic random access memory、DRAM)、読み取り専用メモリ(read-only memory、ROM))、スタティックメモリ1206(例えば、フラッシュメモリ及びデータ記憶デバイス1218)が挙げられ、これらはバス1230を介して互いに通信し得る。

#### 【0056】

処理デバイス1202は、マイクロプロセッサ、中央処理装置などの1つ以上の汎用処理デバイスによって提供され得る。例示的な例では、処理デバイス1202は、複合命令セットコンピューティング(complex instruction set computing、CISC)マイクロプロセッサ、縮小命令セットコンピューティング(reduced instruction set computing、RISC)マイクロプロセッサ、超長命令ワード(very long instruction word、VLIW)マイクロプロセッサ、又は他の命令セットを実施するプロセッサ、又は命令セットの組み合わせを実施するプロセッサを含み得る。処理デバイス1202はまた、特定用途向け集積回路(application specific integrated circuit、ASIC)、フィールドプログラマブルゲートアレイ(field programmable gate array、FPGA)、デジタル信号プロセッサ(digital signal processor、DSP)、ネットワークプロセッサなどの1つ以上の専用処理デバイスを含み得る。処理デバイス1202は、本開示の1つ以上の態様に依りて、本明細書で論じられる操作及び工程を実行するために、本明細書に記載される操作を実行するように構成され得る。

10

20

#### 【0057】

デバイス1200は、ネットワーク1220と通信し得るネットワークインターフェースデバイス1208を更に備え得る。デバイス1200はまた、ビデオディスプレイユニット1210(例えば、液晶ディスプレイ(liquid crystal display、LCD)又は陰極線管(cathode ray tube、CRT))、英数字入力デバイス1212(例えば、キーボード)、カーソル制御デバイス1214(例えば、マウス)、及び音響信号発生デバイス1216(例えば、スピーカ)を備え得る。一実施形態では、ビデオ表示ユニット1210、英数字入力デバイス1212、及びカーソル制御デバイス1214は、単一の構成要素又はデバイス(例えば、LCDタッチスクリーン)に組み合わされ得る。

30

#### 【0058】

データ記憶デバイス1218は、本開示の1つ以上の態様による、1つ以上の命令セット、例えば、本明細書に記載される操作を実行するための命令を記録し得るコンピュータで読み取り可能な記憶媒体1228を備え得る。発光デバイスに光を放射させる又は命令するための、命令1226を実施する命令はまた、デバイス1200、メインメモリ1204、及び処理デバイス1202、またコンピュータ可読記憶媒体も構成することによって、その実行中に、メインメモリ1204及び/又は処理デバイス1202内に完全に又は少なくとも部分的に存在し得る。命令は、ネットワークインターフェースデバイス1208を介してネットワーク1220にわたって、更に送信又は受信され得る。

40

#### 【0059】

コンピュータ可読記憶媒体1228は、例示的な例において、単一媒体であることが示されているが、「コンピュータ可読記憶媒体」という用語は、1つ以上の命令セットを記憶する単一媒体又は複数の媒体(例えば、集中型又は分散型データベース及び/又は関連するキャッシュ及びサーバ)を含むように解釈される必要がある。「コンピュータ可読記憶媒体」という用語はまた、マシンによって実行される命令のセットを記憶、コード化、又は運ぶことができ、本明細書に記載される方法をマシンに実行させることができる任意の媒体を含むものと解釈されるべきである。したがって、「コンピュータ可読記憶媒体」という用語は、固体メモリ、光学媒体、及び磁気媒体を含むが、これらに限定されないように解釈される。

50

## 【0060】

図13は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体120の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステム1300の実施形態を示す概略図である。マイクロアセンブラシステム1300は、マイクロアセンブラ110及び演算デバイス150を備える。マイクロアセンブラシステムは、微小物体120の移動、所定の箇所に保持、又は配置の制御（例えば、位置又は配向のうちの1つ以上の制御）のために使用され得る。

## 【0061】

一実施形態では、演算デバイス150は、1つ以上のプログラマブルプロセッサ（例えば、1つ以上のサーバコンピュータ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、スマートフォン、セットトップボックス、ゲームコンソール、パーソナルデジタルアシスタント（PDA）など）を備える任意の好適な種類の演算デバイス又はマシンであり得る。いくつかの例では、演算デバイスは、単一のマシンを含んでもよく、又は複数の相互接続されたマシンを含んでもよい。

10

## 【0062】

マイクロアセンブラ1310は、基材層1311、電極1312、及び誘電体層1314を備える。基材層1311は、電極1312が配置され得る材料の層であり得る。一実施形態では、基材層1311は、ガラス基材であり得る。別の実施形態では、基材層1311は、透明、半透明、不透明などであり得る。複数のスイッチ1315は、基材内に位置し得る。各スイッチ1315は、電極1312に結合（例えば、電気的に結合）される。スイッチ1315は、電極を電圧源から結合及び/又は脱結合するために使用され得る。これにより、電極1312が、電荷、電界、及び/又は磁場を発生させることが可能になり得る。いくつかの実施形態では、スイッチ1315は、複数の電極1312に結合され得る。スイッチ1315は、図13に示されるが、他の構成要素、デバイス、回路などが、電極1312を電圧源に結合するため、かつ/又は電極1312を電圧源から脱結合するために使用され得る。

20

## 【0063】

電極1312は、基材層1311の表面上に位置し得る。電極1312はまた、誘電体層1314内にも位置し得る。誘電体層1314は、電気絶縁体である材料で作製され得る。材料はまた、印加された電界によって分極され得る。微小物体120は、誘電体層1314の表面上に位置又は堆積され得る。誘電体層1314の上面はまた、マイクロアセンブラ1310の表面でもあり得る。

30

## 【0064】

一実施形態では、電極1312は、電荷、電界、及び/又は磁場を発生させ得るデバイス、構成要素、ワイヤ、ピン、トレース、線などであり得る。電極1312は、M×N行列又は配列内の基材上に配置されてもよく、そこで、M及びNは2つの任意の数である。例えば、電極1312は、図2に示されるように二次元（2D）配列を形成し得る。各電極1312は、画素と称され得る。

## 【0065】

上述のように、電極1312が（スイッチ1315を介して）電圧源に結合される場合、電流は、電極1312を通過して流動し得る。これにより、負電圧又は正電圧が、電極1312のうちの1つ以上に印加され得る。また、電極1312を電圧源に結合することにより、電極1312に交流電流（AC）電圧が、作成又は印加され得る。負電圧、正電圧、及びAC電圧のうちの1つ以上は、微小物体120に作用し得るDEP力及びEP力のうちの1つ以上を発生し得る。微小物体120に及ぼされるDEP力及びEP力は、微小物体120を、マイクロアセンブラ1310の表面（例えば、マイクロアセンブラ1310の上面、誘電体層1314の表面）の周囲を移動させ得る。したがって、DEP力及びEP力は、上述のように、微小物体120のマイクロアセンブラ1310の表面上への配置を制御するために使用され得る。

40

## 【0066】

一実施形態では、複数の微小物体120は、マイクロアセンブラ1310の表面上に堆

50

積され得る。マイクロアセンブラ 1310 の表面上の微小物体のセット 120 の配置は、電極 1312 を使用して制御され得る。例えば、演算デバイス 150 は、スイッチ 1315 の一部を制御して、電極 1312 を電流に結合し得る。電流は、負電圧、正電圧、又は AC 電圧のうちの一つ以上をもたらし得る。電極 1312 によって発生する負電圧、正電圧、及び AC 電圧は、微小物体のセット 120 を移動させるか、又は微小物体のセット 120 の位置若しくは配向のうちの一つ以上を変化させるために使用され得る、微小物体のセット 120 に DEP 力又は EP 力を及ぼし得る。微小物体のセット 120 は、上述のように、一つ以上の微小物体を含み得る。微小物体のセットは、機能的に同一であっても異なっていてよい。

【0067】

一実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、微小物体のセットを、参照構造体又は第 2 の微小物体セットのうちの一つ以上に対して、微小物体 1310 の表面全域にわたって移動させることによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。別の実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、微小物体のセットを集結させることによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。更なる実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、微小物体のセットを脱集結させることによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。

【0068】

一実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、微小物体のセットの第 2 のセットの第 2 の配置を、微小物体のセットの配置を制御すると同時に、光伝導体の二次元の配列を使用して、マイクロアセンブラの表面上で制御することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。マイクロアセンブラ 1310 は、スイッチ 1315 を制御することによって、複数の微小物体のセット 120 の配置を同時に制御して、異なる電極のセット 1312 を電圧源に結合及び/又は脱結合し得る。別の実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、マイクロアセンブラ 1310 の表面の表面に平行な二次元平面内の微小物体のセット内の各微小物体の位置又は配向のうちの一つ以上を制御することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。更なる実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、微小物体セットの第 1 の微小物体の位置又は配向のうちの一つ以上を、マイクロアセンブラ 1310 の表面に対して三次元に制御することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。

【0069】

一実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、微小物体 120 (例えば、微小物体 120 のリザーバ) を、マイクロアセンブラの表面上のランダムな場所に分散することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。別の実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、一つ以上の微小物体のセット 120 を、マイクロアセンブラの表面上でパターンに形成することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。更なる実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、微小物体のセット 120 内の微小物体 120 のサブセットを制御することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。

【0070】

一実施形態では、マイクロアセンブラ 1310 (又はマイクロアセンブラシステム 1300) は、上述のように、微小物体のセット 120 を、マイクロアセンブラ 1310 の表面上の所定の箇所に保持することによって、微小物体のセット 120 の配置を制御し得る。別の実施形態では、微小物体のセット 120 は、上述のように、マイクロアセンブラ 1

10

20

30

40

50

310以外の供給源によって発生する流体流動、電気浸透流動、振動、又はDEP力又はEP力によって発生し得る剪断力及び抵抗力に耐えるのに十分な力で、所定の箇所に保持され得る。

【0071】

上述のように、スイッチ1315は、演算デバイス150によって制御され得る。例えば、演算デバイス150は、1つ以上のスイッチ1315を起動又は閉じて、1つ以上の電極1312を電圧源に結合し得る。別の例では、演算デバイス150は、1つ以上のスイッチ1315を停止又は開放して、1つ以上の電極1312を電圧源から脱結合し得る。一実施形態では、演算デバイス150は、制御データ151に基づいて、スイッチ1315の制御を指示し得る。

10

【0072】

一実施形態では、制御データ151は、マイクロアセンブラ1310に適用され得る1つ以上の制御パターンを示し得る。制御パターンは、マイクロアセンブラ1310の電圧パターンを示し得る。例えば、制御データ151は、どの電極1312が電圧源に結合される必要があるかを示し得る制御パターンを示し得る。各制御パターンは、どの電極1312が電圧源に結合される必要があるかを示し得るX-Y位置のセット、及び配向角を含み得る。制御パターンは、単一の電極1312ほどの小さいサイズから、マイクロアセンブラ1310のフルサイズまでの任意のサイズであり得る。電圧源に結合される電極1312は、上述のように、マイクロアセンブラ1310上に1つ以上のパターンを形成し得る。別の例では、制御パターンは、マイクロアセンブラ1310のどの部分が電界を発生させる必要があるかを示し得る。例えば、制御パターンは、電極1312のどれが電界を発生させる必要があるかを示し得る。上述のように、制御パターンはまた、スプライトとも称され得る。

20

【0073】

一実施形態では、演算デバイス150は、1つ以上の電極、トランジスタなどに、制御パターンに基づいて1つ以上の電界及び/又は1つ以上の磁場を発生させ得る。例えば、制御パターンは、特定の電極1312のX-Y座標又は場所を示してもよく、演算デバイス150は、制御パターンに基づいて、1つ以上のスイッチ1315を制御することによって、特定の電極を電圧源に接続してもよい。電極1312に、電界を発生させることにより、演算デバイス150が、制御パターンによって示される電圧パターンを発生させることが可能になり得る。

30

【0074】

別の実施形態では、演算デバイス150は、複数の制御パターンに基づいて、異なる電極のセット1312を同時に電圧源に結合し得る。例えば、それぞれが異なるサイズ、形状、位置、及び配向を有する、2個、4個、10個、又はいくつかの他の適切な数の制御パターンが、同時に使用され得る。

【0075】

一実施形態では、演算デバイス150は、複数の制御パターンを順次反復し得る。反復の一部である制御パターンは、上述のように、共通の位置及び配向を共有し得るが、異なる電極1312を示し得るか、又は異なる電極1312に電界を発生させ得る。各制御パターンは、電圧源に結合される必要がある電極1312の異なるセット又は群を示し得る。制御データ151は、第1の制御パターンを使用して、第1のスイッチのセット1315を制御して、第1の電極のセット1312を電圧源に結合してもよく、第2の制御パターンを使用して、第2のスイッチのセット1315を制御して、第2の電極のセット1312を電圧源などに結合してもよい。このプロセスは、動的（例えば、変更又は変化する）EP力及びDEP力を作成し得る。反復の一部である制御パターンは、異なる位置に適用され得るか、又は異なる配向を有し得る。いくつかの実施形態では、演算デバイス150は、上述のように、微小物体120の位置、場所、配向などを分析することなく、複数の制御パターンを反復し得る。これは、開ループと称され得る。

40

【0076】

50

一実施形態では、使用者は、使用者入力を提供して、制御パターンを作成、定義、発生、修正、更新などを行い得る。これにより、使用者が、1つ以上の制御パターンを入力若しくは提供することによって、又はどの既存の制御パターンが使用される必要があるか（例えば、どの制御パターンが、どの順序で使用される必要があるか）を示すことによって、1つ以上の微小物体120の位置及び配向を制御することが可能になり得る。

【0077】

図14は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、図1及び図2に示されるマイクロアセンブラ110）の一部及び微小物体のセットのビュー1400及び1450を示す図である。一実施形態では、図14に示される微小物体は、チップレットであり得る。チップレットは、少なくとも1つの直線状端部又は側面を有する微小物体（例えば、三角形、正方形、矩形、半円、台形など）であり得る。微小物体は、マイクロアセンブラの表面上の暗い（例えば、黒色）四角形の形状（例えば、矩形、正方形など）として表される。より小さい灰色の正方形のそれぞれは、マイクロアセンブラの電極又はトランジスタを表す。

10

【0078】

図14に示されるように、微小物体の配向は変化し得る。例えば、ビュー1400に示されるように、微小物体（例えば、チップレット）の端部は、互いに整列しなくてもよい（例えば、互いに平行でなくてもよい）。左下の微小物体は、マイクロアセンブラの表面のX軸（例えば、水平軸）及びY軸（例えば、垂直軸）と整列してもよく、左上、右上、及び右下の微小物体は、左下の微小物体の端部のうちの1つ以上と整列しなくてもよい。ビュー1450では、微小物体の端部のうちの1つ以上が互いに整列するように（例えば、平行又は実質的に平行）、左上、右上、及び右下の微小物体が回転、移動、位置付けられている。例えば、左下の微小物体の下端部が、左下の微小物体の上端部と平行になるように、左上の微小物体は回転した。別の例では、左下の微小物体の左端部が、左上の微小物体の右端部と平行になるように、右上の微小物体は回転した。更なる例では、左下の微小物体の左端部が、左下の微小物体の右端部と平行になるように、右下の微小物体は回転した。

20

【0079】

図15は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、図1及び図2に示されるマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターン1510、1520、1530、及び1540を示す図である。マイクロアセンブラの一部は、電極又はトランジスタの行及び列を含み得る。斜め点線ハッシュ化領域は、正電圧を発生させる電極/トランジスタを含み得る。斜め実線ハッシュ化領域は、負電圧を発生させる電極/トランジスタを含み得る。白色領域は、電圧を発生させない電極/トランジスタを含み得る。微小物体は、斜め点線ハッシュ化領域と斜め実線ハッシュ化領域間の白色領域内に捕捉され得る。例えば、微小物体は、正電圧及び負電圧を時間的に変化させて、領域間にある電圧がない領域に捕捉され得る。

30

【0080】

図15に示されるように、微小物体（例えば、チップレット）は、制御パターン1510がマイクロアセンブラの部分に適用される場合、（微小物体から発生する矢印によって示されるように）時計回りに回転し得る。微小物体の左/右の端部は、制御パターン1520がマイクロアセンブラの部分に適用される場合、マイクロアセンブラの左/右の端部と整列し得る。微小物体は、制御パターン1530がマイクロアセンブラの部分に適用される場合、上方に移動し得る。微小物体の上/下の端部は、制御パターン1540がマイクロアセンブラの部分に適用される場合、マイクロアセンブラの上/下の端部と整列し得る。制御パターン1510～1540は、閉ループ又は開ループ内のマイクロアセンブラの部分に適用され得る。例えば、制御パターン1510が適用され、続いて制御パターン1520、続いて制御パターン1530、続いて制御パターン1540、続いて制御パターン1510、などが適用され得る。

40

【0081】

50

図16は、微小物体のセット1600内の複数の微小物体の検出を示す図である。微小物体のセット1600は、第1の微小物体1610及び第2の微小物体1620を含む。図16は、微小物体のセット1600の1つ以上の幾何学的特性が、どのように演算デバイスによって決定され得るかを示し得る。演算デバイスは、互いに接触する（例えば、互いに触れている）、又は互いに閾値距離内にある、複数の（例えば、3つ以上の）微小物体を含む微小物体のセットを検出し得る。例えば、演算デバイスは、微小物体のセット1600を検出し得る。

#### 【0082】

図16に示されるように、楕円1605（例えば、幾何学的形状）は、微小物体のセット1600について特定又は決定される。楕円1605は、楕円1605の境界が、第1の微小物体1610及び第2の微小物体1620を包含するように位置付けられ得る。例えば、楕円1605は、第1の微小物体1610及び第2の微小物体1620の周囲に適合され得る。楕円は、主要アクセス1601及び短軸1602を含む。第1の微小物体1610及び第2の微小物体1620の位置は、楕円1605に基づいて推定され得る。例えば、微小物体1610及び1620の中心は、主軸1601に沿っていると推定され得る。楕円1605の第1の焦点は、第1の微小物体1610の中心1611であり得る。楕円1605の第2の焦点は、第2の微小物体1620の中心1621であり得る。楕円1605の中心1606は、第1の微小物体1610と第2の微小物体1620との間に位置し得る。デカルト座標系を使用すると、中心1606は、座標（例えば、X-Y座標）0、0を有し得る。中心1611は座標-C、0を有してもよく、ここで、-Cは、1611と1606間の水平距離である。中心1621は座標C、0を有してもよく、ここで、Cは、1606と1621間の水平距離である。

#### 【0083】

一実施形態では、微小物体のセット1600、第1の微小物体1610、及び第2の微小物体1620の中心を特定することは、楕円（又は他の形状）内で均一又は均等間隔である楕円（又は他の形状）内の点を特定することを含み得る。例えば、正方形が4つの微小物体を包含するために使用される場合、正方形内の4つの均等間隔の点は、4つの微小物体の中心の推定場所を表し得る。他の実施形態では、楕円（又は他の形状）内の非決定的（例えば、ランダム又は擬似ランダムな）な点は、選択、特定、決定などが行われ得る。

#### 【0084】

一実施形態では、互いに接触している微小物体のセットは、分析され得る。微小物体のセット内の各微小物体と互いに接触し得る微小物体のセットは、微小物体のセット内の少なくとも1つの他の微小物体に触れているか、又は接触している。他の実施形態では、微小物体のセットは、互いに閾値距離内にある微小物体を含み得る。例えば、微小物体のセット内の各微小物体は、別の微小物体の閾値距離内にあり得る。微小物体のセットの1つ以上の幾何学的特性が決定され得る。例えば、形状（例えば、幾何学的形状、不規則形状など）は、形状が微小物体のセットを包囲するように特定され得る。微小物体のセット内の形状の中心（例えば、質量中心）、又は微小物体の中心が決定され得る。演算デバイスは、微小物体のセットを、以下でより詳細に論じられるように、1つ以上の幾何学的特性及び1つ以上の制御パターンに基づいて、微小物体の第1の微小物体のサブセット及び第2の微小物体のサブセットに分割し得る。

#### 【0085】

図17は、いくつかの実施形態による、ある期間にわたって微小物体のより小さいセット（例えば、サブセット）に分離される例示的な微小物体のセットを示す図である。上述のように、互いに接触している微小物体のセットが、分析され得る。1つ以上の幾何学的特性（例えば、幾何学的形状、微小物体のセット又は個々の微小物体の中心など）が、決定され得る。微小物体のセットは、追加のセット（例えば、微小物体のより小さいセット又はサブセット）に分割され得る。1つ以上の幾何学的特性を分析、特定、又は決定する操作、及び分割は、微小物体の全てがもはや互いに接触しなくなるまで（例えば、最初の

10

20

30

40

50



微小物体のセット内からの微小物体は、任意の他の微小物体に接触しないか、又は触れない)、反復的に繰り返され得る。

【0086】

一実施形態では、演算デバイスは、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110）の表面上に位置する微小物体のセットを分析し得る。例えば、演算デバイスは、微小物体のセット内の微小物体が互いに接触しているかどうかを判定するために、微小物体のセットの画像を解析し得る。互いに接触しているか又は触れている微小物体のセットは、小塊と称され得る。小塊を検出することは、小塊検出と称され得る。

【0087】

図17に示されるように、演算デバイスは、微小物体のセット1711を検出することができ、時間T1において、微小物体のセット1711が一般的な平行四辺形の形状を有すると判定することができる（例えば、微小物体のセット1711の幾何学的特性を決定することができる）。微小物体は、太字の円によって図17に表される。1つ以上の制御パターンは、微小物体のセット1711の形状に基づいて、マイクロアセンブラの1つ以上の電極に適用されて、微小物体のセット1711を複数の微小物体のセット（例えば、サブセット、より小さいセットなど）に分割し得る。例えば、制御パターンは、平行四辺形の境界の周囲の端部、角部、又は非決定的場所（例えば、ランダム、擬似ランダム場所）に位置する/位置付けられる電極に適用され得る。

【0088】

時間T2において、微小物体のセット1711は、微小物体のセット1721、（1つの微小物体を含む）微小物体のセット1722、及び微小物体のセット1723に分割されている。演算デバイスは、微小物体のセット1721、微小物体のセット1723、及び微小物体のセット1723の幾何学的特性を決定し得る。例えば、演算デバイスは、微小物体のセット1721が一般的な楕円の形状を有し、微小物体のセット1723が一般的な円形の形状を有すると決定し得る。1つ以上の制御パターンは、上述のように、微小物体のセット1721及び微小物体のセット1723の幾何学的特性に基づいて、マイクロアセンブラの1つ以上の電極に適用され得る。

【0089】

時間T3において、微小物体のセット1721は、微小物体のセット1731、微小物体のセット1732、及び（1つの微小物体を含む）微小物体のセット1733に分割されている。微小物体のセット1723は、微小物体のセット1734、及び（1つの微小物体を含む）微小物体のセット1735に分割されている。演算デバイスは、微小物体のセット1731～1735の幾何学的特性を決定し得る。例えば、演算デバイスは、微小物体のセット1731、1732、及び1734が一般的な楕円の形状を有すると決定し得る。1つ以上の制御パターンは、上述のように、微小物体のセット1731、1732、及び1734の幾何学的特性に基づいて、マイクロアセンブラの1つ以上の電極に適用され得る。

【0090】

時間T4において、微小物体のセット1731、1732、及び1734は、微小物体のセット1741～1748に分割されている。微小物体のセット1741～1748のそれぞれは、1つの微小物体を含む。

【0091】

一実施形態では、演算デバイスは、小塊内の微小物体の正確な数（例えば、触れている微小物体の群又はセット）を決定しなくてもよい。演算デバイスはまた、小塊内の微小物体の正確な位置又は場所も決定しなくてもよい。代わりに、演算デバイスは、微小物体のセットを分析（例えば、微小物体のセットの画像を解析、磁場又は電界センサなどの他のセンサから受信したデータを分析）して、サイズがより大きい任意の小塊、次いで1つの微小物体が検出されるかどうかを判定し得る。小塊が検出される場合、演算デバイスは、微小物体の小塊（例えば、セット、群など）を分離するために、様々な閉ループ操作、機能などを実行し得る。微小物体のセットの分析が低減される（例えば、正確な数の微小物

10

20

30

40

50

体及びそれらのそれぞれの位置を検出するのではなく、小塊のサイズが1つの微小物体よりも大きいことを検出する)ため、演算デバイスは、微小物体をより迅速かつ効率的に分析することが可能であり得る。また、複雑さの少ない、又は計算コストの低い画像処理操作、技術、アルゴリズム、機能などが使用され得る。これにより、演算デバイスは、より迅速に、より少ない計算又は処理電力を使用して、微小物体の小塊を分離し得る。

#### 【0092】

図18は、いくつかの実施形態による、ある期間にわたって微小物体のより小さいセット(例えば、サブセット)に分離される例示的な微小物体のセットを示す図である。上述のように、互いに接触している微小物体のセットが分析され得る。1つ以上の幾何学的特性(例えば、幾何学的形状、微小物体のセット又は個々の微小物体の中心など)が決定され得る。微小物体のセットは、追加のセット(例えば、微小物体のより小さいセット又はサブセット)に分割され得る。1つ以上の幾何学的特性を分析、特定、又は決定する操作、及び分割は、微小物体の全てがもはや互いに接触しなくなるまで(例えば、最初の微小物体のセット内からの微小物体は、任意の他の微小物体に接触しないか、又は触れない)、反復的に繰り返され得る。微小物体のセットは、小塊又は微小物体小塊と称され得る。

10

#### 【0093】

図18に示されるように、演算デバイスは、微小物体のセット1810を分析し得る。微小物体は、太字の円によって図18に表される。演算デバイスは、時間T1において、微小物体のセット1810(例えば、小塊)の中心1811(例えば、質量中心、重心)を決定し得る。微小物体のセット1810は、(時間T1における暗区域によって示される)不規則な形状によって包含され得る。時間T2において、演算デバイスは、微小物体のセット1810を分割又は切断するために使用され得る線、軌道などを決定し得る。線は、中心1811を通過し得る。演算デバイスは、微小物体のセット1810を、線を使用して、2つの追加のセット(例えば、サブセット、より小さいセットなど)に分割、分離、切断などを行い得る。例えば、演算デバイスは、第1の線に垂直である第2の軌道又は第2の線を特定することができ、また中心1811を通過し得る。演算デバイスは、第2の線上にある1つ以上の電極のセットを特定し得る。時間T3において、演算デバイスは、制御パターンを1つ以上の電極のセットに適用し得る。これにより、微小物体のセット1810は、2つの微小物体のセット1830及び1831に分割、分裂、切断などされ得る。上記操作は、時間T4において繰り返されて、微小物体のセット1830を、微小物体のセット1840及び1841に分割し、微小物体のセット1831を、微小物体のセット1842及び1843に分割し得る。幾何学的形状を特定する代わりに(例えば、微小物体のセット1810を幾何学的形状に適合させる)、演算デバイスは、各微小物体のセットの中心を使用してよく、各微小物体のセットを分割するために使用され得る線(例えば、切断線)を特定してもよい。これはまた、速度を向上させ、微小物体のセットを分離するための計算/処理電力を低減させ得る。

20

30

#### 【0094】

図19は、いくつかの実施形態による、微小物体のセットの境界1900を示す図である。境界1900は、互いに触れているか、又は互いの閾値距離内にある微小物体のセット(例えば、小塊)を包含し得る。境界1900(及び境界1900によって包含される微小物体のセット)は、中心1905を有し得る。一実施形態では、制御パターンは、境界(例えば、周辺に沿って)、及び/又は選択され得る境界からの閾値距離に沿った1つ以上の電極のセットに適用され得る。制御パターンは、非決定的に(例えば、ランダムに、疑似ランダムになど)電極のセットに適用され得る。別の例では、電極のセットは、中心と境界間の距離(例えば、中心から最も遠い選択電極)に基づいて特定され得る。図19に示されるように、区域1911、1912、及び1913内に位置する電極(例えば、マイクロアセンブラの領域又は部分)が特定又は選択され得る。

40

#### 【0095】

図20は、いくつかの実施形態による、ある期間にわたって微小物体のより小さいセット(例えば、サブセット)に分離される例示的な微小物体のセットを示す図である。上述

50

のように、互いに接触している微小物体のセットが分析され得る。1つ以上の幾何学的特性（例えば、幾何学的形状、微小物体のセット又は個々の微小物体の中心など）が決定され得る。微小物体のセットは、追加のセット（例えば、微小物体のより小さいセット又はサブセット）に分割され得る。1つ以上の幾何学的特性を分析、特定、又は決定する操作、及び分割は、微小物体の全てがもはや互いに接触しなくなるまで（例えば、最初の微小物体のセット内からの微小物体は、任意の他の微小物体に接触しないか、又は触れない）、反復的に繰り返され得る。微小物体のセットは、小塊又は微小物体小塊と称され得る。

【0096】

図20に示されるように、2つの線又は軌道（例えば、切断線）は、微小物体のセット2010を分割するために使用され得る。時間T2において、微小物体2010のセットは、制御パターンを、微小物体のセット2010の周囲の3つの電極のセットに適用することにより、3つの矢印によって示される方向に移動し得る3つの微小物体のセット2020、2021、及び2022に分割され得る。時間T3において、微小物体のセット2020は、微小物体のセット2030及び2031に分割され得る。微小物体のセット2021は、微小物体のセット2032～2034に分割され得る。微小物体のセット2022は、微小物体のセット2035及び2036に分割され得る。

10

【0097】

図21は、いくつかの実施形態による、微小物体のセット2110を示す図である。微小物体のセット2110は、0秒の時点において、互いに接触又は触れている2つの微小物体を含み得る。0.6秒の時点において、微小物体のセット2010は、それぞれ1つの微小物体の2つのセットであるセット2120及び2121に分離され得る。微小物体のセット2010は、本明細書に記載される例、実施形態、実施、機能、操作、動作などを使用して分離され得る。1.2秒～6.0秒の時点において、セット2120及び2121は、上述のように、様々な制御パターンを使用して互いに更に離れ得る。

20

【0098】

図22は、いくつかの実施形態による、微小物体の小塊2310及び2320（例えば、微小物体のセット）を示す図である。時間T1において、演算デバイスは、微小物体2310の小塊を検出し得る。例えば、演算デバイスは、画像解析/処理を使用してもよいか、又は電界/磁場センサを使用してもよい。演算デバイスは、微小物体2310の小塊を包含する楕円形状を使用し得る。ブロックT1において、微小物体の小塊2310は、それぞれ1つの微小物体の2つのセットに分割され得る。時間T3において、演算デバイスは、微小物体2320の小塊を検出し得る。演算デバイスは、微小物体2320の小塊を包含する楕円形状を使用し得る。時間T4において、微小物体の小塊セット3230は、それぞれ1つの微小物体の2つのセットに分割され得る。時間T5において、微小物体は、上述のように、様々な制御パターンを使用して、異なる位置/場所に移動し得る。

30

【0099】

図23は、いくつかの実施形態による、微小物体のセット2110を示す図である。時間T1において、演算デバイスは、微小物体2410の小塊を検出し得る。例えば、演算デバイスは、画像解析/処理を使用してもよいか、又は電界/磁場センサを使用してもよい。演算デバイスは、微小物体2410の小塊を包含する楕円形状を使用し得る。時間T2において、微小物体の小塊2420は、微小物体の小塊2440及び単一の微小物体に分割され得る。微小物体の小塊2410は、微小物体のブロック2430及び単一の微小物体に分割され得る。時間T3において、微小物体の小塊2440は、2つの単一の微小物体のセットに分割され得る。時間T4において、微小物体の小塊2430は、2つの単一の微小物体のセットに分割され得る。

40

【0100】

図24は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体のセットを分割する方法2500を示すフロー図である。方法2500は、ハードウェア（例えば、回路、専用ロジック、プログラマブルロジック、プロセッサ、処理デバイス、中央処理装置（CPU）、マルチコアプロセッサ、システムオンチップ（SoC）など）、ソフトウェア（例えば、処

50

理デバイス上で実施／実行する命令)、ファームウェア(例えば、マイクロコード)、又はこれらの組み合わせを備え得る処理ロジックによって実行され得る。いくつかの実施形態では、方法400は、演算デバイス(例えば、図1に示される演算デバイス150)又は処理デバイス(例えば、図6に示される処理デバイス602)によって実行され得る。

#### 【0101】

方法2500は、微小物体のセットが検出されるブロック2505で開始する。例えば、微小物体のセットは、カメラ及び画像解析を使用して検出され得る。別の例では、微小物体のセットは、電界又は磁場センサを使用して検出され得る。方法2500は、互いに接触する(例えば、互いに触れている)、又は互いに閾値距離内にある、複数(例えば、3つ以上)の微小物体を決定することによって、微小物体のセットを検出し得る。ブロック2510において、方法2500は、微小物体のセットの1つ以上の幾何学的特性を特定し得る。例えば、方法2500は、微小物体のセットの境界又は周辺を特定し得る。別の例では、方法2500は、微小物体のセットを包含し得る形状(例えば、幾何学的形状、不規則な形状など)を特定してもよく、又は微小物体のセットの境界／周辺を画定してもよい。方法2500はまた、形状の端部及び点も特定し得る。

10

#### 【0102】

ブロック2515において、方法2500は、1つ以上の幾何学的特性及び1つ以上の制御パターンに基づいて、微小物体のセットを分割し得る。例えば、方法2500は、微小物体のセットの境界／周辺上にあるか、又は境界／周辺の閾値距離内にある1つ以上の電極を特定し得る。方法2500はまた、1つ以上の電極のセットを特定してもよく、1つ以上の制御パターンを電極のセットに適用して、微小物体のセットを分割してもよい。一実施形態では、ブロック2505、2510、及び2515は、複数回繰り返され得る。例えば、ブロック2505、2510、及び2515は、微小物体のセットが全て、閾値距離離れた別個の微小物体に分割されるまで繰り返され得る。

20

#### 【0103】

一実施形態では、方法2500は、1つ以上の電極のセットが、微小物体のセットの周囲の1つ以上の非決定的場所(例えば、ランダムな場所)に位置することを特定し得る。別の実施形態では、方法2500は、微小物体のセットの幾何学的形状を特定し得る。方法2500はまた、幾何学的形状の1つ以上の端部、又は形状の1つ以上の角部(例えば、点、頂点など)も特定し得る。方法2500は、1つ以上の制御パターンを、端部／角部又はその周囲に位置する1つ以上の電極のセットに適用し得る。

30

#### 【0104】

一実施形態では、方法2500は、微小物体のセットの中心(例えば、重心、質量中心など)を特定し得る。方法2500は、中心を通過し得る線(例えば、軌道)を特定し得る。方法2500は、線に基づいた1つ以上の電極のセットを特定し得る。例えば、方法2500は、線上にある電極のセットを特定し得る。別の例では、方法2500は、線に平行である第2の線に沿っている電極のセットを特定し得る。更なる例では、方法2500は、線に平行である第2の線に沿っている電極のセットを特定し得る。

#### 【0105】

一実施形態では、方法2500は、境界／周辺の点に垂直である線を特定する線を特定し得る。方法2500は、線に沿った1つ以上の電極のセットを特定し得る。別の実施形態では、方法2500は、境界に沿って均等間隔であるか、又は境界に沿って非決定的に分布している(例えば、ランダムに分布している)複数の電極を特定し得る。

40

#### 【0106】

一実施形態では、方法2500は、微小物体のセットの境界／周辺内に位置する微小物体のセットを特定し得る。例えば、楕円が微小物体のセット(例えば、微小物体50個のセット)を包含するために使用される場合、方法2500は、楕円の焦点又はその周囲に位置する電極を特定し得る。

#### 【0107】

いくつかの実施形態では、ブロック2505、2510、及び2515は、閉ループ様

50

式で反復的に繰り返され得る。例えば、ブロック 2 5 1 5 の後、方法 2 5 0 0 は、(例えば、画像解析を介して) 1 つ以上の微小物体のセットを検出してもよく、検出される微小物体のセットのそれぞれに対してブロック 2 5 1 0 及び 2 5 1 5 を実行してもよい。微小物体のセットが追加のセット(例えば、より小さいセット又はサブセット)に分割されると、方法 2 5 0 0 は、追加のセットのそれぞれに対して繰り返され得る。追加のセットのそれぞれについての方法 2 5 0 0 の繰り返しは、方法 2 5 0 0 の反復の間の微小物体のセットにおける差異を分析することなく(例えば、方法 2 5 0 0 の以前の反復からのフィードバックなしに、又は閉ループ方式で)、実行され得る。

#### 【0108】

図 2 5 は、いくつかの実施形態による、微小物体のセットを示す図である。図 2 5 は、微小物体のセットが、異なる時間 T 0、T 1、T 2、T 3、T 4、T 5、T 6、及び T 7 で微小物体のサブセット又はサブグループにどのように分割され得るかを示す。

10

#### 【0109】

図 2 6 は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体 1 2 0 の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステム 2 6 0 0 の実施形態の概略図である。マイクロアセンブラシステム 2 6 0 0 は、マイクロアセンブラ 2 6 1 0 及び演算デバイス 1 5 0 を備える。マイクロアセンブラシステムは、上述のように、微小物体 1 2 0 の移動、所定の箇所に保持、又は配置の制御(例えば、位置又は配向のうちの 1 つ以上の制御)のために使用され得る。

#### 【0110】

マイクロアセンブラ 2 6 1 0 は、基材層 2 6 1 1、力発生画素 2 6 1 2 (例えば、電極)、及び誘電体層 2 6 1 4 を備える。基材層 2 6 1 1 は、力発生画素 2 6 1 2 が配置され得る材料の層であり得る。複数のスイッチ 2 6 1 5 は、基材内に位置し得る。各スイッチ 2 6 1 5 は、電極 2 6 1 2 に結合(例えば、電気的に結合)される。力発生画素は、電極であり得る。スイッチ 2 6 1 5 は、電極を電圧源から結合及び/又は脱結合するために使用され得る。マイクロアセンブラ 2 6 1 0、力生成画素 2 6 1 2、及びスイッチ 2 6 1 5 は、図 1 及び図 1 3 と併せて上記のマイクロアセンブラ、力生成画素、及びスイッチと同様に機能を実行、又は作動し得る。

20

#### 【0111】

一実施形態では、演算デバイス 1 5 0 は、1 つ以上のプログラマブルプロセッサを備える任意の好適な種類の演算デバイス又はマシンであり得る。いくつかの例では、演算デバイスは、単一のマシンを備えてもよいか、又は複数の相互接続されたマシンを備えてもよい。演算デバイスは、コントローラ 2 6 2 0 及び制御パターンライブラリ 2 6 3 0 を備える。制御パターンライブラリ 2 6 3 0 は、微小物体 1 2 0 を操作するために使用され得る制御パターンの集合、セット、グループなどであり得る。例えば、制御パターンライブラリ 2 6 3 0 は、数十、数百、数千などの制御パターンを含み得る。

30

#### 【0112】

上述のように、制御パターンは、マイクロアセンブラ 2 6 1 0 の力パターンを示し得る。一実施形態では、力パターンは、電圧パターンであり得る。各制御パターンは、どの電極 2 6 1 2 が電圧源に結合される必要があるかを示し得る X - Y 位置のセット、及び配向角を含み得る。別の実施形態では、制御構成要素 2 6 2 0 は、複数の制御パターンに基づいて、異なる電極のセット 2 6 1 2 を同時に電圧源に結合し得る。例えば、それぞれが異なるサイズ、形状、位置、及び配向を有する、2 個、4 個、1 0 個、又はいくつかの他の適切な数の制御パターンが、同時に使用され得る。

40

#### 【0113】

一実施形態では、制御構成要素 2 6 2 0 は、複数の制御パターンを順次反復し得る。このプロセスは、動的(例えば、変更又は変化する)電気泳動(E P)力及び誘電泳動(D E P)力を作成し得る。反復の一部である制御パターンは、異なる位置に適用され得るか、又は異なる配向を有し得る。いくつかの実施形態では、制御構成要素 2 6 2 0 は、上述のように、微小物体 1 2 0 の位置、場所、配向などを分析することなく、複数の制御パタ

50

ーンを反復し得る。これは、開ループ操作と称され得る。他の実施形態では、制御構成要素 2620 は、微小物体 120 の場所を分析してもよく、分析に基づいて（例えば、フィードバックに基づいて）使用される異なる制御パターンを特定し得る。これは、閉ループ操作と称され得る。

#### 【0114】

一実施形態では、制御パターンライブラリ 2630 内の制御パターンは、前の試験に基づいて発生する制御パターンであり得る。例えば、制御パターンは、特定の種類の微小物体（例えば、金属微小物体、誘電微小物体、円形微小物体、矩形微小物体など）と共に使用するために試験され得る。試験の結果に基づいて、演算デバイスは、制御パターンを自動的に発生させてもよいか、又は制御パターンは使用者によって定義されてもよい。別の実施形態では、制御パターンは、演算デバイスによって動的に又は自動的に発生し得る。例えば、演算デバイスは、目標への軌道に沿って最も速い運動を発生させ、次いでプログラム、アルゴリズム、関数などを作成して、これらの事前発生した制御パターンを複製する、制御パターンを発生し得る。制御構成要素 2620 は、このアルゴリズムを使用して、制御パターンを最適化することによってリアルタイムで制御パターンを作成して、目標への軌道に沿って最も速い運動を生成し、次いで、これらの事前発生した制御パターンのライブラリ（又はルックアップテーブル）を作成し得る。制御パターンライブラリ 2630 内にある制御パターンはまた、他の制御パターンも作成するために使用され得る。例えば、制御パターンライブラリ内の制御パターンは、別の制御パターンで使用され得る。

10

#### 【0115】

制御パターンは、微小物体を引く E P 力、微小物体を押し E P 力、又は微小物体を引いて押し E P 力を発生させ得る。制御パターンはまた、微小物体を引く E P 力と D E P 力との組み合わせ、微小物体を押し E P 力と D E P 力の組み合わせ、及び微小物体を引いて押し E P 力と D E P 力の組み合わせも発生させ得る。制御パターンはまた、微小物体を局所領域に引き寄せる D E P 力も発生させることができ、この局所領域は、目標への軌道に沿って移動することができる。制御パターンは、微小物体を局所領域に引き寄せる D E P 力を発生させることによって、又は微小物体を局所領域に引いて押し E P 力と D E P 力との組み合わせを発生させることによって、微小物体を所定の箇所に保持する固定制御パターンを含み得る。

20

#### 【0116】

一実施形態では、制御パターンライブラリ 2630 は、微小物体を引く E P 力、微小物体を押し E P 力、微小物体を引いて押し E P 力、微小物体を引く E P 力と D E P 力の組み合わせ、微小物体を押し E P 力と D E P 力の組み合わせ、及び微小物体を引いて押し E P 力と D E P 力の組み合わせを発生させることによって、目標ベクトルの方向性と平行かつ同じ方向性で微小物体を回転させる配向制御パターンを含み得る。

30

#### 【0117】

一実施形態では、制御パターンライブラリ 2630 は、微小物体を引く E P 力、微小物体を押し E P 力、微小物体を引いて押し E P 力、微小物体を引く E P 力と D E P 力の組み合わせ、微小物体を押し E P 力と D E P 力の組み合わせ、及び微小物体を引いて押し E P 力と D E P 力の組み合わせを発生させることによって、微小物体を揺り動かし、移動を促進する、脱固着制御パターンを含み得る。

40

#### 【0118】

一実施形態では、制御パターンライブラリ 2630 は、微小物体を引く E P 力、微小物体を局所領域に引き寄せる D E P 力、微小物体を引く E P 力と D E P 力との組み合わせ、並びに微小物体を引いて押し E P 力と D E P 力との組み合わせを発生させることにより、微小物体をマイクロアセンブラ 2610 の表面に引き戻すプルダウン制御パターンを含み得る。

#### 【0119】

一実施形態では、制御パターンライブラリ 2630 は、微小物体を押し E P 力、微小物体を引いて押し E P 力、微小物体を押し E P 力と D E P 力の組み合わせ、微小物体を引い

50

て押すEP力とDEP力の組み合わせ、2D配列表面と対電極との間のEP力、及び2D配列表面と対電極との間のEP力とDEP力の組み合わせを発生させることにより、微小物体をマイクロアセンブラ2610の表面から押し離し、潜在的に微小物体を反転させる、押し上げ反転制御パターンを含み得る。

#### 【0120】

一実施形態では、制御パターンライブラリ2630は、マイクロアセンブラ2610の電極の配列（例えば、2D配列）に対して異なるサイズを有する制御パターンを含み得る。制御パターンライブラリ2630はまた、異なる極性を有する制御パターンも含み得る（例えば、正電圧又は負電圧の使用）。制御パターンライブラリ2630はまた、異なる周波数を有する制御パターンも含み得る。例えば、電圧の周波数は、30ヘルツから720ヘルツ、又は1440ヘルツ、又は10000ヘルツまでの範囲であり得る。

10

#### 【0121】

図27は、本開示のいくつかの実施形態による、例示的な電圧波形を示す図である。図27に示されるように、異なる種類の電圧パターン及び電圧波形が、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110）の電極に印加され得る。例えば、直流電圧（direct voltage、DC）は、マイクロアセンブラの1つ以上の電極に提供され得る。直流電圧は、単一の極性（例えば、正）を有する電圧であり得る。別の例では、直流電圧は、変化する極性を有し得る。例えば、電圧は、正極性と負極性との間で交流又は振動し得る。更なる例では、交流電圧バイアス直流電圧が、マイクロアセンブラの1つ以上の電極に提供され得る。別の例では、直流電圧バイアス交流電圧が、マイクロアセンブラの1つ以上の電極に提供され得る。更なる例では、交流電圧が、マイクロアセンブラの1つ以上の電極に提供され得る。

20

#### 【0122】

一実施形態では、制御パターンは、電圧、極性、電圧又は電流のバイアスなどを示し得る。例えば、制御パターンは、1つ以上の期間（例えば、1つ以上の持続時間、1つ以上の時間など）、交流電圧がマイクロアセンブラの特定の電極に印加される必要があることを示し得る。別の例では、制御パターンは、DC電圧又はAC電圧が印加される必要があるかどうかを示し得る。更なる例では、制御パターンは、印加され得る電圧のリフレッシュレートを示し得る。更に別の例では、制御パターンは、特定の電極が接地（例えば、アース接続）される必要があることを示し得る。

30

#### 【0123】

図28は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の水平点線ハッシュ化領域は、負電圧が印加され得る場合（例えば、負の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の水平実線ハッシュ化領域は、電圧が印加され得ない場合（例えば、電界が発生しない場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターンの白色領域は、AC電圧が印加され得るマイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。図28に示される制御パターンは、1つ以上の微小物体を移動（例えば、並進）させるために使用され得る。

40

#### 【0124】

制御パターン2801は、電圧の極性（例えば、正、負など）及び微小物体の電荷（例えば、微小物体が正に帯電しているか、負に帯電しているか、帯電していないか、双極子が誘導されているかどうかなど）に応じて、微小物体を押す又は引くことができる4つの別個のDC電圧パターンを示す。第1の制御パターンは、正電圧を第1の制御パターンの左側に印加してもよく、制御パターンの右側に電圧を印加しなくてもよい。第2の制御パターンは、正電圧を第2の制御パターンの左側に印加してもよく、負電圧を第2の制御パターンの右側に印加してもよい。第3の制御パターンは、正電圧を印加し得る。第4の制

50

御パターンは、負電圧を印加し得る。制御パターン 2802 は、30 ヘルツ (Hz) の速度 (例えば、リフレッシュレート) で 1 つ以上の電極に印加され得る、対称 (例えば、同じサイズを有する部分を有する制御パターン) AC 電圧パターン又は DC 電圧パターンを示す。制御パターン 2803 は、60 Hz、120 Hz、180 Hz、240 Hz、及び 360 Hz などの異なる速度で、1 つ以上の電極に印加され得る対称 AC 電圧パターンを示す。

#### 【0125】

制御パターン 2804 は、経時的に変化し得る (例えば、異なる期間にわたって、1 つ以上の電極に異なる時間印加され得る) DC 電圧パターンを示す。制御パターン 2804 は、正電圧が経時的に右に向かって移動する部分 (例えば、交差ハッシュ化バー) を示す。制御パターン 2805 は、経時的に変化し得る DC 電圧パターンを示す。制御パターン 2805 は、正電圧が経時的に右 (又は左) に向かって移動し、負電圧 (例えば、水平の点線ハッシュ化バー) が経時的に右 (又は左) に向かって移動する部分 (例えば、交差ハッシュ化バー) を示す。制御パターン 2806 は、経時的に変化し得る異なるサイズ部分を有する DC 電圧パターンを示す。制御パターン 2806 は、正電圧が経時的に右 (又は左) に向かって移動し、負電圧 (例えば、水平の点線ハッシュ化バー) が経時的に右 (又は左) に向かって移動する部分 (例えば、交差ハッシュ化バー) を示す。制御パターン 2807 は、経時的に変化し得る異なるサイズ部分を有する DC 電圧パターンを示す。制御パターン 2807 は、正電圧が経時的に右 (又は左) に向かって移動し、負電圧 (例えば、水平の点線ハッシュ化バー) が経時的に右 (又は左) に向かって移動する部分 (例えば、交差ハッシュ化バー) を示す。

10

20

#### 【0126】

制御パターン 2808 は、DC 電圧パターンの同じ極性を用いて微小物体を反発すること、及び逆極性を有する粒子を水平の実線ハッシュ化領域に向かって引き寄せることによって、1 つ以上の微小物体を揺り動かす得る (例えば、移動) DC 電圧パターンを示す。制御パターン 2809 は、DC 電圧パターンの同じ極性を用いて、水平の実線ハッシュ化領域に向かって微小物体を反発することによって、1 つ以上の微小物体を揺り動かす得る (例えば、移動) DC 電圧パターンを示す。

#### 【0127】

制御パターン 2810 は、10 Hz、30 Hz、60 Hz、120 Hz、240 Hz、360 Hz、720 Hz、10000 Hz などの速度で適用され得る AC 制御パターンを示す。制御パターン 2810 は、水平な実線ハッシュ化領域内に 1 つ以上の微小物体を保持し得るトラップであり得る。制御パターン 2811 は、AC トラップ (例えば、白色領域) 内に微小物体を保持又は捕捉し得る DC 制御パターンを示す。

30

#### 【0128】

図 29 は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ (例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ 110) の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の斜め点線ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合 (例えば、正の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分 (例えば、1 つ以上の電極) を示し得る。制御パターン内の白色又は水平点線ハッシュ化領域は、負電圧が印加され得る場合 (例えば、負の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分 (例えば、1 つ以上の電極) を示し得る。図 29 に示される制御パターンは、1 つ以上の微小物体を移動 (例えば、並進) させるために使用され得る。

40

#### 【0129】

制御パターン 2901 は、例えば 30 Hz、60 Hz の速度 (例えば、リフレッシュレート) で 1 つ以上の電極に印加され得る、対称な AC 電圧パターン又は DC 電圧パターンを示す。制御パターン 2901 が DC 電圧パターンである場合、上部又は下部のいずれかは、連続的に使用され得る。制御パターン 2901 が AC 電圧パターンである場合、制御パターン 2901 は、左側及び右側への印加を交互に行い、AC 電圧パターンを生成し得る。制御パターン 2902 は、60 Hz の速度で印可され得る AC 電圧パターンを示す。

50



制御パターン 2903 は、180 Hz の速度で印可され得る AC 電圧パターンを示す。制御パターン 2904 は、120 Hz の速度で印可され得る AC 電圧パターンを示す。制御パターン 2905 は、360 Hz の速度で印可され得る AC 電圧パターンを示す。

制御パターン 2901 が DC バイアスを有する AC 電圧パターンである場合、左側又は右側のうちの 1 つは、他方よりも頻繁に印可され得る。

#### 【0130】

図 30 は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ 110）の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1 つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の水平点線ハッシュ化領域は、負電圧が印加され得る場合（例えば、負の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1 つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の水平実線ハッシュ化領域は、電圧が印加され得ない場合（例えば、電界が発生しない場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1 つ以上の電極）を示し得る。図 30 に示される制御パターンは、1 つ以上の微小物体を回転させる（例えば、移動）ために使用され得る。

10

#### 【0131】

制御パターン 3001 は、例えば 30 Hz、60 Hz の速度（例えば、リフレッシュレート）で 1 つ以上の電極に印加され得る、対称 AC 電圧パターン又は DC 電圧パターンを示す。制御パターン 3002 は、60 Hz、120 Hz、180 Hz、240 Hz、及び 360 Hz などの異なる速度で、1 つ以上の電極に印加され得る対称 AC 電圧パターンを示す。微小物体は、異なる速度のために、制御パターン内の分割線（例えば、正領域と負領域間の分割線）に対して軸に沿って整列し得る。例えば、微小物体の中心軸は、中心軸が、制御パターン内の分割線と平行であるように整列し得る。

20

#### 【0132】

制御パターン 3003 は、DC 電圧パターン又は AC バイアスを有する DC 電圧パターンを示す。制御パターン 3003 は、微小物体を、分割線（例えば、正領域と負領域間の 1 つ以上の分割線）に対して整列させ得る。制御パターン 3004 は、DC 電圧パターン又は AC バイアスを有する DC 電圧パターンを示す。制御パターン 3004 は、微小物体を、分割線（例えば、正領域と負領域間の 1 つ以上の分割線）に対して整列させ得る。制御パターン 3005 は、微小物体を、分割線（例えば、正領域と負領域間の 1 つ以上の分割線）に対して整列させ得る、電圧パターンを示す。制御パターン 3006 は、微小物体を、水平の実線ハッシュ化領域に対して整列させ得る、電圧パターンを示す。制御パターン 3007 は、微小物体を、分割線（例えば、正及び水平の実線ハッシュ化領域間の 1 つ以上の分割線）に対して整列させ得る、電圧パターンを示す。

30

#### 【0133】

図 31 は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ 110）の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1 つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の白色領域は、負電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1 つ以上の電極）を示し得る。図 31 に示される制御パターンは、1 つ以上の微小物体を回転させる（例えば、移動）ために使用され得る。

40

#### 【0134】

制御パターン 3101 は、正極性又は負極性の一定の DC 部分（例えば、バー）を有する非対称（例えば、異なるサイズ部分を有する制御パターン）AC トラップを示す。一定の DC 部分は、微小物体と同じ極性を有し得る。一定の DC 部分のサイズは、回転する微小物体の長さと同じであり得る。制御パターン 3101 は、微小物体の角度に対して一定の角度オフセットで適用され得る。一定の DC 部分は、粒子を持ち上げ、一方、AC トラ

50

ップは、微小物体を所望の配向で回転させる。

【0135】

制御パターン3102は、一定のDC部分（例えば、上記に示された制御パターン3006、3101）を有する回転ACトラップを示す。制御パターン3102は、8つの個々の制御パターン（又はスプライト）1～8を含み得る。制御パターン3102は、スプライト1～8を介して順番に回転し得る。制御パターン3102は、回転する微小物体と同じ極性を有する一定のDC部分（例えば、バー）を有し得る。一定のDC部分は、微小物体を持ち上げるスプライト1～8の中心に一定のDC力を作成し、その一方で、スプライト1～8の回転部分は、所望の配向まで微小物体をさっと動かす。

【0136】

図32は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の水平点線ハッシュ領域は、負電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の水平実線ハッシュ化領域は、電圧が印加され得ない場合（例えば、電界が発生しない場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。白色領域は、ACトラップであり得る。図32に示される制御パターンは、マイクロアセンブラの区域又は領域内に1つ以上の微小物体を保持（例えば、捕捉、固定など）のために使用され得る。

【0137】

制御パターン3201は、DEP力を使用して、粒子を区域又は領域（例えば、1つ以上の電極に）に引き寄せ得るAC電圧パターンを示す。制御パターン3202は、DEP力を使用して、粒子を区域又は領域（例えば、1つ以上の電極に）に引き寄せ得るAC電圧パターンを示す。制御パターン3203は、微小物体をACトラップに押し込むDCバイアスを有するAC電圧パターンを示す。制御パターン3204は、微小物体をACトラップに押し込むDCバイアスを有するAC電圧パターンを示す。制御パターン3205は、微小物体をACトラップに押し込むDCバイアスを有するAC電圧パターンを示す。制御パターン3206は、例えば、30Hz、60Hzの速度（例えば、リフレッシュレート）を有するDC電圧パターン（例えば、四重極パターン）を示す。制御パターン3206は、水平実線ハッシュ化領域内に微小物体を捕捉し得る。制御パターン3207は、例えば、30Hz、60Hzの速度（例えば、リフレッシュレート）を有するDC電圧パターン（例えば、異なるサイズの四重極パターン）を示す。制御パターン3207は、水平実線ハッシュ化領域内に微小物体を捕捉し得る。制御パターン3208は、複数のACトラップを有するDC電圧パターンを示して、「PARC」という単語を綴るパターンで微小物体を組み立てて捕捉する。

【0138】

図33は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の垂直点線ハッシュ領域は、負電圧が印加され得る場合（例えば、負の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の白色領域は、電圧が印加され得ない場合（例えば、電界が発生しない場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。図33に示される制御パターンは、マイクロアセンブラの区域又は領域内に1つ以上の微小物体を保持（例えば、捕捉、固定など）のために使用され得る。

【0139】

制御パターン3301は、微小物体を所定の位置に保持するための電圧が印加されない

10

20

30

40

50

領域を示し得る。制御パターン3302は、チェックボードパターンを形成するDC電圧パターン又はAC電圧パターンであり得る。制御パターン3302は、2つの制御パターン1及び2を含む。制御パターン3302は、スプライト1と2との間で交流してもよく、例えば、30Hz、60Hzの速度（例えば、リフレッシュレート）で印可され得る。

#### 【0140】

制御パターン3303は、制御パターンが印可される速度を増加させるアニーリング制御パターンであり得る。制御パターン3303は、スプライト（例えば、制御パターン、電圧パターン）1～6を含む。スプライト1は、1Hzで開始し、30Hzまで増加させる速度で印可される、微小物体を揺り動かすためのオフセットAC電圧パターンであり得る。中央の一定のDC部分（例えば、バー）のサイズは、固定される微小物体のサイズであり得る。スプライト2～6は、30Hz、60Hz、120Hz、180Hz、240Hz、及び360Hzのそれぞれの速度で、一定の間隔で印可され得る。これによって、微小物体は、その最終位置に設置され得る。

10

#### 【0141】

図34は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の白色領域は、負電圧が印加され得る場合（例えば、負の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の垂直実線ハッシュ化領域は、電圧が印加され得ない場合（例えば、電界が発生しない場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。白色領域は、ACトラップであり得る。図34に示される制御パターンは、マイクロアセンブラの表面上の場所に固着し得る微小物体を移動（例えば、脱固着）させるために使用され得る。

20

#### 【0142】

制御パターン3401は、目標軌道に垂直に微小物体を移動させ得るDC電圧パターンであり得る。制御パターン3401は、左から右に進む一連の4つのスプライト（例えば、制御パターン、電圧パターン）を含んで、場所に固着する微小物体を移動させる又は脱固着させ得る。制御パターン3402は、チェッカーボードパターンを形成するDC電圧パターンであり得る。制御パターン3402は、2つのスプライトを含み、制御パターン3402は、2つのスプライト間で交流し得る。制御パターン3403は、5つのスプライトを含むDC電圧パターンであり得る。5つのスプライトのそれぞれは、無作為化された正及び負の領域を有して、微小物体を移動させ得る。制御パターン3404は、微小物体を移動させるための、目標軌道に対して45度の配向を有するAC電圧パターンであり得る。

30

#### 【0143】

図35は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ（例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110）の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合（例えば、正の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の白色領域は、負電圧が印加され得る場合（例えば、負の電界が発生する場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。制御パターン内の水平実線ハッシュ化領域は、電圧が印加され得ない場合（例えば、電界が発生しない場合）、マイクロアセンブラの部分（例えば、1つ以上の電極）を示し得る。図35に示される制御パターンは、マイクロアセンブラの表面上の場所に固着し得る微小物体を移動（例えば、脱固着）させるために使用され得る。

40

#### 【0144】

制御パターン3501は、マイクロアセンブラの表面上の領域又は場所に固着する微小物体を移動（例えば、脱固着）させるために使用され得る20個のスプライト（例えば、

50

制御パターン)を含み得る。制御パターン3501は、スプライト1~20を番号順に反復し得る。

【0145】

図36Aは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ(例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110)の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合(例えば、正の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。制御パターン内の水平点線ハッシュ領域は、負電圧が印加され得る場合(例えば、負の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。白色領域は、ACトラップであり得る。図36Aに示される制御パターンは、マイクロアセンブラの表面上の場所に固着し得る微小物体を移動させるために使用され得る。

10

【0146】

制御パターン3601は、負電圧が印加される制御パターンであり得る。これは、正電荷を有する微小物体をマイクロアセンブラの表面に引き下げ得る。例えば、微小物体は、マイクロアセンブラの表面の上方の流体中に懸濁され得る。制御パターン3601は、微小物体を、流体を通してマイクロアセンブラの表面まで下方に引き下げ得る。制御パターン3602はまた、微小物体をマイクロアセンブラの表面から上方に押すために使用され得る。例えば、微小物体が負電荷を有する場合、これにより、微小物体は、マイクロアセンブラの表面から反発され得る。制御パターン3602は、微小物体をマイクロアセンブラの表面に捕捉するACトラップであり得る。

20

【0147】

図36Bは、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ(例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110)の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合(例えば、正の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。制御パターン内の水平点線ハッシュ領域は、負電圧が印加され得る場合(例えば、負の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。

【0148】

制御パターン3603は、正電圧が印加される制御パターンであり得る。これは、正電荷を有する微小物体をマイクロアセンブラの表面から押し離し得る。制御パターン3604は、負電圧が印加される制御パターンであり得る。これは、負電荷を有する微小物体をマイクロアセンブラの表面から押し離し得る。

30

【0149】

図37は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体をマイクロアセンブラ表面で反転させるための、マイクロアセンブラ(例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110)の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の交差ハッシュ化領域は、正電圧が印加され得る場合(例えば、正の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。制御パターン内の白色領域は、負電圧が印加され得る場合(例えば、負の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。

40

【0150】

制御パターン3701は、微小物体の配向を変化させるために使用され得る制御パターンを示す。例えば、制御パターン3701は、第1の表面/側面上のマイクロアセンブラの表面上に位置する微小物体を、反対表面/側面に反転させるために使用され得る。制御パターン3702は、逆極性を有する微小物体の配向を変化させるために使用され得る制御パターンの異なる変形物を示す。

【0151】

制御パターン3703は、微小物体の配向がどのように変化し得るか(例えば、微小物

50

体が、どのように反対表面／側面に反転し得るか)を示す。制御パターン3703は、微小物体の長いアクセスと整列する制御パターン3703の長軸を有する微小物体の下を中心に位置付けられる。制御パターン3703は、微小物体を分極し得る一定期間、所定の箇所に留まるか、又は有効のままである。これにより、微小物体は、マイクロアセンブラの表面に垂直に傾斜し得る。次に、制御パターン(例えば、スプライト)は、垂直に(例えば、マイクロアセンブラの表面上に留まっている端部の反対方向に)移動する。これにより、微小物体は、反対表面／側面に反転する。

#### 【0152】

図38は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ(例えば、上記に示されたマイクロアセンブラ110)の一部に適用され得る例示的な制御パターンを示す図である。制御パターン内の白色領域は、正電圧が印加され得る場合(例えば、正の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。制御パターン内の斜め点線ハッシュ化領域は、負電圧が印加され得る場合(例えば、負の電界が発生する場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。制御パターン内の水平実線ハッシュ化領域は、電圧が印加され得ない場合(例えば、電圧が発生しない場合)、マイクロアセンブラの部分(例えば、1つ以上の電極)を示し得る。白色領域は、ACトラップであり得る。

10

#### 【0153】

制御パターン3801~3804は、マイクロアセンブラの場所で微小物体を回転させ、位置付けるために使用され得る。例えば、演算デバイスは、制御パターン3801~3804を番号順に反復し得る。これは、微小物体の配置3805(例えば、微小物体の2×2配置)を作成するために使用されてもよく、微小物体は、互いの間に、例えば、1個、2個、4個、...の電極の予め画定された間隔を有する。

20

#### 【0154】

制御パターン3810は、4つのスプライト(例えば、制御パターン、電圧パターン)1~4を含む。制御パターンは、正及び負の部分(例えば、バンド)が互い違いになり、微小物体が互いに反発し、互いに引き寄せられないように、逆極性を有する隣接する微小物体を分極し得る。

#### 【0155】

図39は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラ3905の電極3910と微小物体3915との間の静電容量を示す図である。上述のように、演算デバイス(例えば、図26に示される演算デバイス150の制御構成要素2620)は、制御パターンライブラリ(例えば、図26に示される制御パターンライブラリ2630)に含まれ得る制御パターンを発生させ得る。一実施形態では、演算デバイス(例えば、制御構成要素)は、モデリング、及び最適化機能、操作、方法などに基づいて、制御パターンを自動的に発生させ得る。(演算デバイスによって自動的に発生し得る)制御パターンは、マイクロアセンブラ3905の電極3910に印可される電圧パターンを制御するために使用され得る。一実施形態では、制御パターンは、電極電圧の関数として微小物体の運動をモデリングすること、電圧パターンを最適化して、所望の方向に最も速い運動を生成することによって発生し得る。この最適化が実行された後、得られた制御パターンは、微小物体3915の位置及び所望の運動方向に基づいて説明及び発生し得る。

30

40

#### 【0156】

図39は、微小物体3915と電極3910との間の相互作用の静電容量に基づくモデルを示す。微小物体3915は、それぞれの下にある電極3910を有するコンデンサを形成し得る。微小物体3915の電圧がVである場合、下にある電極の電圧は、 $V_1 \sim V_N$ である。微小物体3915と下にある電極3910との間の静電容量は、微小物体から電極までの距離の関数として計算され得る。微小物体の運動は、等式(1)を用いて表され得る。

#### 【0157】

【数 1】

$$\dot{x} = \frac{F_x}{\mu_1} - \frac{F_z}{\mu_2}, \dot{y} = \frac{F_y}{\mu_1} - \frac{F_z}{\mu_2} \quad (1)$$

【0158】

式中、 $\mu_1$  及び  $\mu_2$  は、それぞれ X - Y 平面及び Z 方向における摩擦係数である。力  $F_x$ 、 $F_y$  及び  $F_z$  は、x、y、及び z 方向における力を表す。これらの力を計算するために、微小物体の場の相互作用のための静電容量系モデルが使用され得る。このようなモデルの元で、微小物体 3915 は、図 39 に示されるように、それぞれの下にある電極を有するコンデンサを形成する。力  $F_x$ 、 $F_y$  及び  $F_z$  は、以下の等式を使用して、微小物体の場の電位の負の勾配から計算され得る。 10

【0159】

【数 2】

$$F = -\nabla U(x, y, z), F = (F_x, F_y, F_z)^T \quad (2)$$

$$U(x, y, z) = \frac{1}{2} \sum_i C_i(x, y, z) (V_i - V(x, y, z))^2 + qV \quad (3)$$

20

【0160】

キルヒホフの回路の法則は、粒子上の電圧を電極上の電圧に、以下の等式のように関連付ける。

【0161】

【数 3】

$$V(x, y, z) = \frac{\sum_i C_i V_i}{\sum_i C_i} \quad (4)$$

【0162】

以下の等式で表されるように、代数演算により、力は、二次形式及び一次形式で、印加された電圧上で書き込まれ得る。 30

【0163】

【数 4】

$$F_x = V^T B_x V + q D_x^T V, F_y = V^T B_y V + q D_y^T V, F_z = V^T B_z V + q D_z^T V, B \in R^{N \times N}, D \in R^N \quad (5)$$

【0164】

式中、

【0165】

【数 5】

$$B_{x,ij} = -\delta_{ij} \left[ \frac{1}{2} \frac{dC_i}{dx} \right] - \left[ \frac{1}{2S_c^2} \frac{dS_c}{dx} C_i C_j \right] + \frac{1}{2S_c} \left( \frac{dC_i}{dx} C_j + \frac{dC_j}{dx} C_i \right), S_c = \sum_{i=1}^N C_i \quad (6)$$

40

及び

$$D_{x,i} = + \left[ \frac{1}{S_c^2} \frac{dS_c}{dx} C_i \right] - \frac{1}{S_c} \frac{dC_i}{dx} \quad (7)$$

【0166】

簡略化された力の表現により、以下のように、よりコンパクトな形態での運動の等式が 50

書き込まれ得る。

【 0 1 6 7 】

【 数 6 】

$$\begin{aligned}\dot{x} &= \frac{F_x}{\mu_1} - \frac{F_z}{\mu_2} = V^T \left( \frac{B_x}{\mu_1} - \frac{B_z}{\mu_2} \right) V + q \left( \frac{D_x}{\mu_1} - \frac{D_z}{\mu_2} \right) V = V^T A_x V + M_x V, \\ \dot{y} &= \frac{F_y}{\mu_1} - \frac{F_z}{\mu_2} = V^T \left( \frac{B_y}{\mu_1} - \frac{B_z}{\mu_2} \right) V + q \left( \frac{D_y}{\mu_1} - \frac{D_z}{\mu_2} \right) V = V^T A_y V + M_y V\end{aligned}\quad (8)$$

【 0 1 6 8 】

式中、

【 0 1 6 9 】

【 数 7 】

$$A_x = \left( \frac{B_x}{\mu_1} - \frac{B_z}{\mu_2} \right), M_x = \left( \frac{D_x}{\mu_1} - \frac{D_z}{\mu_2} \right), A_y = \left( \frac{B_y}{\mu_1} - \frac{B_z}{\mu_2} \right), M_y = \left( \frac{D_y}{\mu_1} - \frac{D_z}{\mu_2} \right) \quad (9)$$

【 0 1 7 0 】

この再公式化は、印加された電圧下での運動の等式の数学的構造上の洞察を提供することができ、電圧パターンの最適化を促進して、所望の方向に最も速い運動を生成することができる。

【 0 1 7 1 】

図 4 0 A ~ 図 4 0 C は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体 4 0 1 0 がどのように操作されて、目標場所 4 0 0 5 (例えば、目標)に到達し得るかを示す。上記等式 (1) ~ (9) を参照すると、等式の二次項は、それらが一次項よりも小さくてもよいため、考慮されない場合がある。等式 (3)、(5)、(6)、及び (8) の二次項を考慮しない場合、N 電極の印加電圧 V に関連する単一の微小物体 4 0 1 0 の運動を決定するための等式が以下の等式のように定義され得る。

【 0 1 7 2 】

【 数 8 】

$$\dot{x} = M_x V, \dot{y} = M_y V, V \in R^N \quad (10)$$

【 0 1 7 3 】

目標位置 (x<sub>目標</sub>, y<sub>目標</sub>) を指定すると、1 つの最適な制御は、速度ベクトルの指定された方向 (cos ( ), sin ( )) への予測を最大化することができ、式中、

【 0 1 7 4 】

【 数 9 】

$$\theta = \text{アークタンジエント} \left( \frac{y_{\text{目標}} - y}{x_{\text{目標}} - x} \right) \quad (11)$$

【 0 1 7 5 】

最適化数式は、以下のように定義される場合があり、

【 0 1 7 6 】

【 数 1 0 】

$$\max_{-V_{\text{最少}} \leq V \leq V_{\text{最大}}} (M_x \cos(\theta) + M_y \sin(\theta))^T V \quad (12)$$

【 0 1 7 7 】

式中、V<sub>最少</sub> 及び V<sub>最大</sub> は、印加電圧の下限及び上限である。

【 0 1 7 8 】

図 4 0 に示されるように、異なる電圧がマイクロアセンブラの電極に印加されて、微小物体 4 0 1 0 を目標場所 4 0 0 5 に移動させ得る。点線の電極は、電圧 V<sub>最大</sub> が印加され

10

20

30

40

50

る電極を示し、交差ハッシュ化電極は、電圧  $V_{\text{最少}}$  が印加される電極を示す。図 4 0 は、異なる段階  $S_1$ 、 $S_2$ 、及び  $S_3$ （例えば、異なる時間、異なる時点）における、微小物体 4 0 1 0 の場所、並びに異なる電極に印加される電圧を示す。

【0179】

図 4 1 は、本開示のいくつかの実施形態による、複数の微小物体 4 1 1 0 がどのように操作されて、複数の目標場所 4 1 0 5（例えば、複数の目標）に到達し得るかを示す。上の式 (1) ~ (12) を参照すると、位置ベクトル  $(x_1, y_1), \dots, (x_k, y_k)$  によって特徴付けられる微小物体、及び位置ベクトル  $(x_{1, \text{目標}}, y_{1, \text{目標}}), \dots, (x_{k, \text{目標}}, y_{k, \text{目標}})$  によって特徴付けられる目標場所が存在すると仮定する場合、各微小物体に関する運動の等式は、以下のように定義され得る。

【0180】

【数 1 1】

$$\dot{x}_i = M_{x_i} V, \dot{y}_i = M_{y_i} V, i = 1, 2, \dots, K \quad (13)$$

【0181】

第 1 の微小物体が第 1 の目標場所に移動する、第 2 の微小物体が第 2 の目標場所に移動するなど、第  $K$  の微小物体及び第  $K$  の目標場所などを望む場合、速度を最大化することを望む各微小物体の方向は、以下のように定義され得る。

【0182】

【数 1 2】

$$\theta_i = \text{アークタンジェント} \left( \frac{y_{i, \text{目標}} - y_i}{x_{i, \text{目標}} - x_i} \right) \quad (14)$$

【0183】

指定された方向への各微小物体の速度予測を最大化することは、以下の等式を使用して、指定された方向への各微小物体の速度予測の加重和を最大化することによって達成され得る。

【0184】

【数 1 3】

$$f = \sum_{i=1}^K w_i (\dot{x}_i \cos(\theta_i) + \dot{y}_i \sin(\theta_i)) = MV \quad (15)$$

$$\text{最大 } f \\ -V_{\text{最少}} \leq V \leq V_{\text{最大}}$$

【0185】

式中、重量  $w_i$  は、各微小物体に関する最適化の優先度を反映し、重量が大きいほど優先度が高くなる。

【0186】

図 4 1 A ~ 図 4 1 C は、10 個の目標場所 4 1 0 5（例えば、各微小物体 4 1 1 0 に対して 1 つの目標場所 4 1 0 5）に向けられた 10 個の微小物体 4 1 1 0 を示す。10 個の微小物体 4 1 1 0 は、円内に配置され、10 個の目標場所 4 1 0 5 は、より小さい円内に配置される。1 の重量は、等式 (15) の全ての  $w_i$  に使用された。

【0187】

図 4 1 に示されるように、異なる電圧がマイクロアセンブラの電極に印加されて、微小物体 4 1 1 0 を目標場所 4 1 0 5 に移動させ得る。点線の電極は、電圧  $V_{\text{最大}}$  が印加される電極を示し、交差ハッシュ化電極は、電圧  $V_{\text{最少}}$  が印加される電極を示す。図 4 1 は、異なる段階  $S_1$ 、 $S_2$ 、及び  $S_3$ （例えば、異なる時間、異なる時点）における、微小物体 4 1 1 0 の場所、並びに異なる電極に印加される電圧を示す。

【0188】

10

20

30

40

50



図42は、本開示のいくつかの実施形態による、複数の微小物体4210がどのように操作されて、複数の目標場所4205（例えば、複数の目標）に到達し得るかを示す。複数の微小物体4210は、互いに近接する微小物体（例えば、密接に離間した微小物体）であり得る。微小物体4210は、目標場所4205に分離され得る。数式(13)~(15)は、最適な経路に沿って微小物体5210を操作するために使用され得る制御パターンを決定するために使用され得る。数式(13)~(15)はまた、微小物体4210を、それぞれの目標場所4205に移動させるために使用され得る制御パターンを決定するためにも使用され得る。一実施形態では、数式(13)~(15)はまた、密接に離間した微小物体4210の異なるセットを操作するために使用され得る制御パターンを決定するためにも使用され得る。例えば、微小物体4210の複数の群が存在してもよく、微小物体4210の複数の群は、マイクロアセンブラの表面の密接に離間した部分に位置し得る。数式(13)~(15)は、複数の微小物体の群4210のそれぞれを操作するために使用され得る制御パターンを決定するために使用され得る。

10

20

30

40

50

#### 【0189】

上述のように、マイクロアセンブラの表面上に密接に離間し得る微小物体4210の複数の群、セットなどが存在し得る。一実施形態では、演算デバイスは、1つの制御パターンのセットを使用して、群内の微小物体のセット4210の1つずつを移動させ得る。各制御パターンのセットは、上述のように、それぞれの微小物体ごとに別々に、数式(12)に基づいて特定又は決定され得る。2つの制御パターンが重なる（例えば、2つの制御パターンが同じ力発生画素に適用され得る）場合、第1の制御パターンは一定期間重複領域において使用されてもよく、第2の制御パターンは一定期間その領域において使用されてもよい。重複領域の外側では、両方の制御パターンが通常のように適用され得る。マイクロアセンブラ（又はコントローラ/制御構成要素）は、重複領域において無作為化順序で、第1の制御パターンと第2の制御パターンとの間で切り替えてもよいが、又は第1の制御パターンと第2の制御パターンとの間で交流し得る。これにより、制御パターンの両方は、微小物体4210をそれらの目標場所に移動させながら、異なる時点で適用される。

#### 【0190】

図43は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体120の配置を制御するためのマイクロアセンブラシステム4300の実施形態を示す概略図である。

#### 【0191】

上述のように、マイクロアセンブラ4310は、微小物体120を操作する（例えば、微小物体120を移動させる、微小物体120を所定の箇所に保持する、微小物体を回転させる、など）ために使用され得る、空間的、時間的に変化する電圧パターンを示す様々な制御パターンを使用し得る。制御パターンは、選択され、手動で使用され得るか（例えば、移動/位置付け）、又は予め定義された（例えば、予めプログラムされた）シーケンスで使用され得るが、フィードバックを使用して微小物体120を制御することは有用であり得る。フィードバックは、1つ以上の微小物体120が、マイクロアセンブラ4310の表面上のどこに位置するかを示すデータであり得る。例えば、フィードバックデータは、電圧パターンが、マイクロアセンブラ4310の1つ以上の電極に印加された後の、マイクロアセンブラ4310の表面及び微小物体120の場所を示す画像（例えば、画像データ）であり得る。フィードバックに基づいて、使用される制御パターンを変化させ得る制御構成要素2620は、制御パターンが適用される場所の変化、制御パターンの配向の変化、などを行う。

#### 【0192】

一実施形態では、感知構成要素4321は、微小物体120の現在の状態を決定する。微小物体120の状態は、位置、配向、微小物体120の1つ以上の種類（例えば、微小物体120がビーズ、チップレット、金属、ガラス、微小物体の上下表面であるかどうか）を含み得る。感知構成要素4321は、カメラ4370（又は微小物体120の現在の状態を検出するために使用され得る何らかの他の種類のセンサ）と通信し得る。カメ

ラ 4 3 7 0 は、画像又は映像を記録することができ、画像を感知構成要素 4 3 2 1 に提供することができる高解像度カメラであり得る。感知構成要素 4 3 2 1 は、カメラ 4 3 7 0 によって記録された画像又は映像を分析し得る。感知構成要素 4 3 2 1 は、微小物体 1 2 0 の位置（例えば、場所）を決定することができ、微小物体 1 2 0 の配向を決定することができる。位置 / 配向は、1 つの画像を分析すること（例えば、瞬時の検出）によって、又は複数の画像を分析することによって、かつ経時的に微小物体 1 2 0 の位置 / 配向を追跡することによって決定され得る。感知構成要素はまた、1 つ以上の微小物体 1 2 0 の本質も決定し得る。例えば、感知構成要素 4 3 2 1 は、微小物体 1 2 0 に識別子（例えば、英数字の文字列、数字など）を割り当てて、微小物体 1 2 0 の追跡を支援し得る。

#### 【 0 1 9 3 】

一実施形態では、計画構成要素 4 3 2 2 は、微小物体 1 2 0 のマイクロアセンブラ 4 3 1 0 の表面からの移転を促進するために、移転システム（図には示されない）と通信し得る。例えば、計画構成要素 4 3 2 2 は、移転システムと通信して、微小物体 1 2 0 をマイクロアセンブラ 4 3 1 0 の上方及び / 又は平行に位置し得る目標基材上に移転し得る。計画構成要素 4 3 2 2 はまた、微小物体 1 2 0 を、微小物体の異なる群、セット、又はバッチに編成し得る。これにより、計画構成要素 4 3 2 2 が、別個のバッチ又は群内の微小物体 1 2 0 を操作することが可能になり得、これは、目標場所又は目標内への微小物体の配置を促進することができ得る。計画構成要素 4 3 2 2 はまた、以下でより詳細に論じられるように、制御構成要素 2 6 2 0 がどのモードで作動するかも決定し得る。

#### 【 0 1 9 4 】

一実施形態では、目標構成要素 4 3 2 3 は、異なる微小物体 1 2 0 の目標場所を決定し得る。例えば、目標構成要素 4 3 2 3 は、異なる微小物体 1 2 0 の目標場所を示す使用者入力を受信し得る。別の例では、目標構成要素 4 3 2 3 は、構成ファイルに基づいて、感知構成要素 4 3 2 1 による画像の解析に基づいて、又は予め定義された目標場所（例えば、以前に指定された場所）に基づいて、目標場所を決定し得る。目標構成要素 4 3 2 3 はまた、微小物体 1 2 0 をそれらの最終目標場所に移動させながら使用され得る 1 つ以上の中間目標場所も決定し得る。

#### 【 0 1 9 5 】

一実施形態では、フィードバック構成要素 4 3 2 4 は、感知構成要素 4 3 2 1 によって検出される微小物体の位置 / 配向に基づいて、どの制御パターンが使用される必要があるかを特定又は決定し得る。フィードバック構成要素 4 3 2 4 はまた、制御パターンの位置決め及び配向も決定し得る。フィードバック構成要素 4 3 2 4 はまた、制御パターンが、マイクロアセンブラ 4 3 1 0 のどの電極に適用される必要があるかも決定し得る。上述のように、フィードバック構成要素 4 3 2 4 は、制御パターンライブラリ 2 6 3 0 に含まれるか、又は予め定義される制御パターンを使用し得る。

#### 【 0 1 9 6 】

一実施形態では、作動構成要素 4 3 2 5 は、制御パターンに基づいて、異なる電圧及び / 又は電流を、マイクロアセンブラ 4 3 1 0 の電極に印加し得る。例えば、作動構成要素 4 3 2 5 は、スイッチを起動することによって、電極を電圧 / 電流源に結合し得る。別の例では、作動構成要素 4 3 2 5 は、光源（例えば、レーザー）を制御し、光源を 1 つ以上のフォトランジスタに向け得る。

#### 【 0 1 9 7 】

図 4 4 は、本開示のいくつかの実施形態による、マイクロアセンブラの表面上の微小物体 4 4 1 0 を示す図である。上述のように、カメラは、マイクロアセンブラの表面（又は表面の一部）の画像又は映像を記録し得る。感知構成要素は、微小物体 4 4 1 0 の場所及び / 又は配向を検出し得る。様々なアルゴリズム、方法、機能、操作などは、微小物体 4 4 1 0 の画像 / 映像を解析し、場所及び / 又は配向を検出するために使用され得る。例えば、前景区分、背景減法、形態的フィルタリング、及び / 又は前景の小塊選択は、微小物体を検出するために使用され得る。他の方法としては、入力としてフル画像フレームを取り、各微小物体のローカライズ及びサイズを出力する、ディープニューラルネットワーク

10

20

30

40

50

の使用が挙げられる。例えば、Ka i m i n g H e r a による論文「M a s k R - C N N」は、画像内の特徴（例えば、微小物体）を特定するために、回旋ニューラルネットワーク（c o n v o l u t i o n a l n e u r a l n e t w o r k、CNN）がどのように使用され得るかを説明する。別の例では、W e i L i u による論文「S S D : S i n g l e S h o t M u l t i B o x D e t e c t o r」内に提示される技法は、マイクロアセンブラの表面上の微小物体を特定又は検出するために使用され得る。代替のディープネットワーク出力は、（例えば、論文「M a s k R - C N N」に示されるように）フル画素ラベル化区分マップを含んでもよく、そこで各画素ラベルは、微小物体及び/又はその微小物体の独自のIDの存在を示し得る。K a l m a n フィルタリング及び/又はH u n g a r i a n マッチングアルゴリズムが、微小物体の小塊（例えば、1つ以上）を検出するために使用され得る。

10

## 【0198】

様々なパラメータが、チップレットなどの微小物体に対応し得る小塊を検出するために使用され得る。これらのパラメータを設定するために、演算デバイスの制御構成要素は、以下の手法/方法を使用し得る。制御構成要素は、非常に敏感な小塊の区分をもたらし得るパラメータのセットを選択し得る。例えば、微小物体が実際に存在しない場合に、微小物体が検出されることを示し得る偽陽性が検出され得る。制御構成要素は、図44に示されるように、小塊区分を実行し得る。例えば、制御構成要素は、入力フレームを分析し、入力フレーム上で前処理を実行し得る。次いで、制御構成要素は、候補の微小物体を特定するために、小塊検出及び楕円適合（例えば、形状適合）を実行し得る。次いで、制御構成要素は、候補の微小物体の配向又は回転を特定し得る。

20

## 【0199】

小塊区分を実行した後、制御構成要素は、検出される各小塊を追跡し得る。例えば、制御構成要素は、各小塊の場所、各小塊の配向、各小塊のサイズ、各小塊の識別子などを示し得る。制御構成要素は、ピクセルの固定数によって（例えば、電極の固定数によって）、微小物体を移動させることができ、微小物体を分離することができる制御パターンを適用し得る。例えば、制御構成要素は、100画素又は100個の電極によって微小物体（例えば、小塊）を分離し得る制御パターンを適用し得る。閾値数未満の小塊が移動する場合、制御構成要素は、感度を低減し、小塊区分、追跡、及び制御パターンの適用を再実行し得る新しいパラメータのセットを選択し得る。閾値数超の小塊が移動する場合、制御構成要素は、閾値数未満の非移動性微小物体がもはや検出されなくなるまで、段階的（例えば、小さいステップ）に感知構成要素の感度を低減し得る。

30

## 【0200】

図45は、本開示のいくつかの実施形態による、微小物体の配向を決定する例示的な方法を示す図である。上述のように、カメラは、マイクロアセンブラの表面（又は表面の一部）の画像又は映像を記録し得る。様々なアルゴリズム、方法、機能、操作などは、微小物体の画像/映像を解析し、配向を決定するために、制御構成要素によって使用され得る。

## 【0201】

一実施形態では、微小物体の対称性及び/又は非対称性は、微小物体の配向の決定を促進するために（例えば、微小物体の配向を決定するために使用される画像処理の複雑さを単純化又は軽減するために）使用され得る。微小物体の非対称性は、微小物体の特性、例えば、形状、反射率、透過率、色、質感、ラベルなどによって与えられ得る。制御構成要素は、楕円を適合させること、次いで、楕円の主軸によって説明される線によって回転させることによって、180度の回転までの微小物体の配向を決定し得る。

40

## 【0202】

制御構成要素はまた、微小物体の先端における非対称性を使用して、微小物体（例えばチップレット）の可能な配向を決定し得る。微小物体の可能な配向を決定するために、様々な方法が使用され得る。第1の方法は、微小物体（例えば、小塊）の外周を幾何学的にコード化し得る。F r e e m a n 鎖コードは、コード化スキームで使用され得る。第1の

50

方法は、微小物体の外周上のランダムな開始前景點を選択し、次いで、その8つの隣接する画素領域のそれぞれを、前景の画素に対して固定方向に検索し得る。前景の画素が見つかる場合、隣接部のインデックスされた場所が記憶され（例えば、0～7の値）、配列に追加される。このプロセスは、新たに発見されたそれぞれの前景點から元の出発前景點に到達するまで繰り返される。コード化配列は、微小物体が指している方向を決定するために使用される。

#### 【0203】

第2の方法は、180度以内にあると決定された、微小物体のクロープされた画像の水平軸に沿った各列内の前景画素の数をカウントして、ヒストグラムを発生させ得る。ヒストグラム内の各ピンは、画像の各列内の前景画素の数をカウントする。微小物体の端部の非対称性は、微小物体が左を指しているか又は右を指しているかを判定するために使用され得る。これは、軸予測と称され得る。

10

#### 【0204】

第3の方法は、画像内の微小物体のサイズに再スケーリングされる、標準の微小物体画像テンプレート（例えば、微小物体の参照画像）を使用し得る。テンプレートが両方向（左及び右）に配向され、相関係数が計算されて方向を決定する。これは、テンプレートオーバーレイと称され得る。

#### 【0205】

一実施形態では、制御構成要素はまた、（画像内で）検出される微小物体が実際の微小物体であるか、又は画像アーチファクトであるかどうかを判定するために、信頼値も使用され得る。これは、偽陽性又は誤検出を除去する場合に有用であり得る。また、微小物体が実際の微小物体であるが、その画像が検出されていないことを示す信頼値を有する微小物体は、失った又は紛失した微小物体と称され得る。これにより、制御構成要素が、是正措置/手段（例えば、異なる制御パターンを適用）を講じて、微小物体の視認性を回復させる（例えば、微小物体をマイクロアセンブラ表面又は焦点面上に戻す）ことが可能になり得る。

20

#### 【0206】

図46は、本開示のいくつかの実施形態による、制御構成要素の操作の例示的なモードを示す図である。操作モードは、制御モードと称され得る。上述のように、制御構成要素は、1つ以上の制御パターンを使用して、微小物体を操作し得る。制御構成要素は、異なるモードで作動し得る。一実施形態では、異なるモードは、非割り当て（例えば、割り当てられていない）モード、並進モード、回転モード、脱固着モード、プルダウンモード、固定モード、及び移転モードを含み得る。非割り当てモード（例えば、割り当てられていない制御モード）では、微小物体は、微小物体が制御構成要素によって制御され得ないように、目標場所に割り当てられない。並進モード（例えば、並進制御モード）では、微小物体は、追跡及び/又は分析されて、その現状の状態を決定し得る。例えば、微小物体は、その現在の位置、配向などを決定するために分析され得る。微小物体はまた、並進モードで並進（例えば、移動）し得る。回転モード（例えば、回転制御モード）では、微小物体の配向は、（例えば、カメラ又は何らかの他のセンサを介して）検出され得る。微小物体はまた、微小物体が所望の配向でない場合にも回転し得る。脱固着モード（例えば、脱固着制御モード）では、微小物体は、円滑に移動しなくてもよく、異なる動作（例えば、揺り動かし制御パターンの適用）が実行されて、微小物体の移動を促進してもよい。プルダウンモード（例えば、プルダウン制御）では、微小物体はセンサによって検出されなくなり（例えば、画像内では見えなくなる）、センサの焦点面（例えば、カメラの焦点面）に戻り得る。固定モード（例えば、固定制御モード）では、微小物体は、目標位置又は中間目標位置などにあってもよく、正しく配向されてもよく、所定の箇所に維持（例えば、保持、固定など）されてもよい。移転モード（例えば、移転制御モード）では、微小物体は、マイクロアセンブラから移転され得る。他の実施形態では、制御構成要素は、他のモードを使用して、様々な他の機能、操作、動作、タスクなどを実行し得る。

30

40

#### 【0207】

50

閉ループ制御下で、制御構成要素は、センサ（例えば、カメラ）から受信したフィードバックに基づいて、異なる制御パターンを特定、選択、及び/又は使用して、微小物体を操作し得る。制御パターンは、制御パターンライブラリからであってもよく、又は1つ以上の微小物体の状態及び/又は履歴に基づいて、動的に発生（例えば、飛行中に発生）してもよい。例えば、微小物体がその所望の目標位置に近い場合、並進制御モードから回転制御モードに切り替えられ得る。回転制御モードでは、異なる制御パターン及び異なるアルゴリズムは、目標に対して微小物体を位置付け及び配向させるために使用され得る。回転制御モードでは、異なる制御パターン及び異なるアルゴリズムは、目標に対して微小物体を配向させるために使用され得る。フィードバックは、制御構成要素が、図46に示される制御モードのうちのいずれか1つにある間に、制御構成要素によって受信され得る。例えば、制御構成要素は、最適な制御パターンを決定して、微小物体をその割り当てられた目標に近づけるように移動させるために、制御構成要素が並進モードにある間に、カメラから画像を要求してもよく、又はカメラに微小物体の画像を記録させてもよい。制御構成要素は、最適な制御パターンを決定して、微小物体をその割り当てられた目標に対して配向させるために、制御構成要素が回転制御モードにある間に、カメラから画像を要求してもよく、又はカメラに微小物体の画像を記録させてもよい。

10

20

30

40

50

**【0208】**

各制御モードでは、制御構成要素は、使用する制御パターン、並びに制御パターンの配置を決定し得る。制御モード及び制御パターンの選択は、微小物体の現在の状態、微小物体に関する状態の履歴、及び制御（例えば、ダイナミクス、遅延補償などを伴う制御スキームを実施するためなど）の履歴、微小物体の目標又は所望の状態（例えば、微小物体の目標場所及び/又は配向）のうちの1つ以上に依存し得る。各モードでは、異なる種類の制御パターンが可能である。例えば、回転モードでは、制御パターンは、微小物体が追跡する遅い回転、又は毎回正しい回転で微小物体にぶつかる迅速な回転で用いられ得る。並進モードにおける制御は、障害物回避を考慮し得る。追加の制御モードも可能である。例えば、微小物体が別個の上部及び下部を有し、これらの配向のうちの1つがアセンブリのために許容される場合、「フリップ」モードが、微小物体を反転させるために、制御パターンと共に用いられ得る。

**【0209】**

一実施形態では、制御構成要素は、微小物体の現在の状態及び/又は制御構成要素の制御モードに基づいて、異なる制御パターンのセットを特定し得る。例えば、制御構成要素は、現在、回転モードであってもよく、微小物体を回転させるために第1の制御パターンのセットを適用してもよい。制御構成要素は、カメラなどのセンサから受信したデータに基づいて、微小物体が正しい配向で回転したこと（例えば、微小物体の状態が、補正された又は所望の状態にあること）を判定し得る。

**【0210】**

マイクロアセンブラの画素化された性質により、制御パターンは、制御パターンの適用が、マイクロアセンブラの個別の要素（例えば、マイクロアセンブラの電極又は画素）と整列するように、制御構成要素によって調整され得る。これは、制御パターンのより良好な又はより最適な性能を可能にし得る。制御パターンを調整することは、マイクロアセンブラの要素（例えば、電極）に対応する解像度で、パターンを画素化することに類似し得る。調整は、制御パターンの所望の位置及び配向が決定された後に実行され得る。

**【0211】**

図47は、本開示のいくつかの実施形態による、プランナーの異なるモードを示す図である。一実施形態では、プランナーは、制御構成要素とは別個であり得る構成要素（例えば、ハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせ）であり得る。別の実施形態では、プランナーは、制御構成要素の一部であり得る。プランナーは、より高いレベルの操作又は機能を実行し得る。例えば、プランナーは、微小物体の移動/操作及び微小物体のマイクロアセンブラからの移転を調整し得る。例えば、プランナーは、制御構成要素を、微小物体を目標場所に移動させる原因となる又は指示することができ

、移転装置（例えば、コンベアベルト、プラットフォーム、又は何らかの他のデバイス）を使用して、微小物体を移転装置上のマイクロアセンブラから移転装置上（例えば、移転装置上にあり得る受容基材上）に移転することができる。

【0212】

同時に、アセンブリを移転と調整し、アセンブリを加速し、フィードバック及び開ループ（予めプログラムされたパターンシーケンス）を介して制御される複数の制御パターンスキームの操作を可能にするために、プランナーは、機能的な意味で制御構成要素プランナーの上方に位置してもよい。プランナーは、使用されるパターンのセット、並びに他の操作パラメータを示し得る高レベルの操作モード間で切り替えてもよい。制御パターンシーケンス及び制御パターン位置及び配向は、プランナーによって動的に変更され得る。

10

【0213】

「アセンブリング」モードでは、微小物体は目標位置に移動してもよく、目的配向で配向してもよく、かつそこに固定されてもよい。「移動移転装置」モードでは、移転基材が位置付けられる間、粒子は固定され続ける。「移転」モードでは、特定の移転制御パターンは、移転を支援するために各粒子上に配置される。プランナーモードは、制御に使用されるパターンの種類、並びに制御又は目標割り当てのためのパラメータ、モード、又はアルゴリズムを制御し得る。一実施形態では、一部の微小物体は、プランナーが「移動移転装置」モード又は「移転」モードにある間、依然として目標位置へ移動又は並進し得る。例えば、第1の微小物体のセットは、第1の微小物体のセットが依然としてそれらの目標場所に移動しているため、固定されなくてもよく、又は移転されなくてもよい。第2の微小物体のセットは、既にそれらの目標場所にあってもよく、第2の微小物体のセットは、（「移動移転装置」モードにおいて）固定され、（「移転」モードにおいて）移転基材に移転してもよい。

20

【0214】

図48A～図48Bは、本開示のいくつかの実施形態による、例示的な微小物体及び例示的な目標場所を示す図である。目標区域は円によって表されてもよく、微小物体は正方形によって表されてもよい。上述のように、制御構成要素は、制御パターンを使用して、微小物体を1つ以上の目標場所に移動又は向けてもよい。制御構成要素（例えば、制御構成要素の目標構成要素）は、目標場所（例えば、中間/ステージング目標場所、最終目標場所など）を決定するために、異なる目標割り当てアルゴリズムを使用し得る。制御構成要素は、1対1の様式（例えば、1つの目標場所に対する1つの微小物体）で、微小物体を目標場所に一致させ得る。制御構成要素はまた、特定の種類の微小物体が、異なる目標場所を対象とする必要があるかどうかを判定し得る。例えば、目標場所は、特定の種類の粒子（例えば、誘電体粒子、ガラス系/非晶質固体粒子、金属粒子、楕円形状粒子、正方形形状粒子など）であり得る。

30

【0215】

一実施形態では、制御構成要素はまた、微小物体の経路計画を考慮して、近い時点で、微小物体が経路を横断することを回避し得る。微小物体が失われるか又は固着する場合、目標場所は、他の微小物体に再割り当てされ得る。また、いくつかの微小物体が使用不可であると特定される場合（例えば、欠陥のある微小物体、又は正しく配向されない又は逆さまに反転される微小物体）、一部の目標場所は、「再利用」区域で発生し得る。使用不可能な微小物体は、再利用区域内の目標場所に移動してもよく、その結果、それらは、アセンブリ区域から移動してもよく、そこで他の微小物体がアセンブリされ、最終的にマイクロアセンブラから除去され得る。

40

【0216】

制御構成要素はまた、異なるバッチ、群、又は目標場所及びステージング場所のセットを使用し得る。これは、微小物体をパターンに連続的にアセンブリするのに有用であり得る。例えば、これにより、マイクロアセンブラに供給され、パターンにアセンブリされ、マイクロアセンブラから連続的（例えば、非停止）に除去される、微小物体の供給を可能にし得る。目標場所は、セット又はバッチに導入されてもよく、各新しいバッチは、活性

50

化されるか、又は何らかの予め定義されたポイント（例えば、目標場所の以前のバッチが、全て固定された微小物体で充填される場合、又は以前のバッチの粒子が移転した場合）で使用される。

【0217】

上述のように、ステージング目標場所又は中間目標場所での、その最終的な目標場所への移動に割り当てられない微小物体を「ステージする」のに、それは有用であり得る。例えば、部分Aに示されるものが、左から右にアセンブルされる（例えば、マイクロアセンブラからの移転が、右側で発生する）ように、目標パターンを考慮する。微小物体の配列の最も右側の列が移転されると、微小物体の次の列は、移転機構の下でそれ自体を位置付けするために右に移動する必要がある、そのため、これらの微小物体は準備され、最終目標場所の左のステージング目標場所で待機する。これらの微小物体が最終目標場所へと移動し始めると、次の微小物体のセットは、ステージング目標場所に割り当てられる必要がある、次いで最終目標場所などに割り当てられる必要がある。この例は、ステージング目標場所の2つのセットで図48の部分Bに示される。

10

【0218】

図49は、本開示のいくつかの実施形態による、例示的な微小物体及び例示的な目標場所を示す図である。目標区域は円によって表されてもよく、微小物体は正方形によって表されてもよい。上述のように、ステージング能力は、移転なしであっても、微小物体のアセンブリを加速及びスケールアップするのに役立つ。この場合、最終目標場所の線は、各段階でアセンブリパターンに追加され得る。このステージング手法は、1つ以上の開ループ繰り返し制御パターンと組み合わせられて、入ってくる微小物体を分布させることができ、その結果、定常状態では、微小物体は、拡散され、最終アセンブリと並行して、マイクロアセンブラの一方の側面でのプールに配置され、移転はマイクロアセンブラの他方の端部で行われる。

20

【0219】

例えば、図49に示されるように、左の微小物体は、1つ以上の制御パターンを使用して制御されて、微小物体を中間ステージング区域（2つの左端の円の列）に分布させてもよく、最終的に最終目標場所（例えば、右端の円の列）に分布させてもよい。様々な操作が特定の順序で説明され得るが、他の実施形態において、操作の順序は変化し得る。特に、これらの操作は、本開示に示される順序で実行される必要はない。また、他の実施形態では、いくつかの操作が追加又は除去され得る。

30

【0220】

図50Aは、マイクロアセンブラの表面上の異なる種類の微小物体を示す図である。異なる種類の微小物体は、不均質な微小物体と称され得る。緑色のドットは、サイズが10 $\mu$ mであるAgコーティングされたガラスビーズを表し得る。白色のドットは、サイズが10 $\mu$ mであるAlO<sub>x</sub>ビーズを表し得る。異なる制御パターンのセットは、異なる種類の微小物体を操作するために使用され得る。例えば、第1の制御パターンのセットは、AlO<sub>x</sub>ビーズを操作するために使用されてもよく、第2の制御パターンのセットは、Agコーティングされたガラスビーズを操作するために使用されてもよい。異なる制御パターンのセットは、同時に、又は順次使用され得る。

40

【0221】

図50Bは、微小物体がそれぞれの目標場所に移動した後の、図50Aの微小物体を示す図である。上述のように、2種類の微小物体が存在し得る。暗い灰色のドットは、サイズが10 $\mu$ mであるAgコーティングされたガラスビーズを表し得る。明るい灰色のドットは、サイズが10 $\mu$ mであるAlO<sub>x</sub>ビーズを表し得る。微小物体をそれぞれの目標場所又は位置に移動させた後、固定制御パターンは、微小物体を所定の箇所に保持するために使用され得る。

【0222】

前述の説明は、本開示のいくつかの実施形態の良好な理解を提供するために、具体的なシステム、構成要素、方法などの例などの多数の具体的な詳細を記載する。しかし、本開

50

示の少なくともいくつかの実施形態は、これらの具体的な詳細を伴わずに実行され得ることが、当業者には明らかであろう。他の例では、本開示を不必要に不明瞭にすることを回避するために、周知の構成要素又は方法は詳細に説明されないか、又は単純なブロック図形式で提示される。したがって、記載される具体的な詳細は、単なる例示である。特定の実施形態は、これらの例示的な詳細から変化してもよく、依然として本開示の範囲内であると考えられる。

【0223】

更に、いくつかの実施形態は、機械可読媒体が、2つ以上のコンピュータシステム上に記憶され、及び又はそれによって実行される、分散コンピューティング環境において実施され得る。また、コンピュータシステム間で転送される情報は、コンピュータシステムを

10

【0224】

特許請求される主題の実施形態は、本明細書に記載される様々な操作を含むが、これらに限定されない。これらの操作は、ハードウェア構成要素、ソフトウェア、ファームウェア、又はこれらの組み合わせによって実行され得る。

【0225】

本明細書における方法の操作は、特定の順序で示され説明されるが、各方法の操作の順序は、特定の操作が逆順序で実行され得るように、又は特定の操作が他の操作と少なくとも部分的に同時に実行され得るように変更され得る。別の実施形態では、別個の操作の命令又はサブ操作は、断続的又は交互の様式であり得る。

20

【0226】

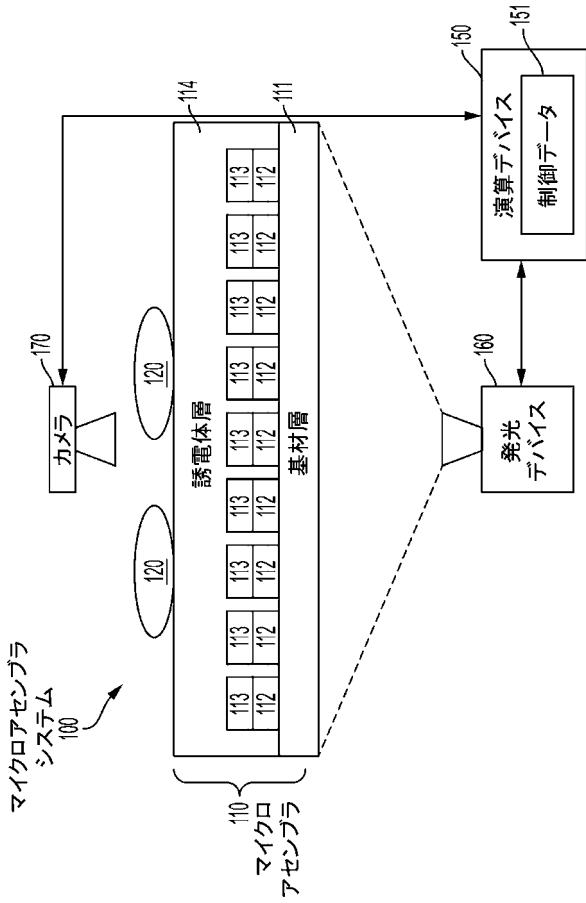
要約書に記載されているものを含む、本発明の例示された実施の上記説明は、網羅的であること、又は開示された正確な形態に発明を限定することを意図するものではない。本発明の具体的な実施及び例は、例示目的のために本明細書に記載されるが、当業者が認識するように、本発明の範囲内で様々な等価な修正が可能である。本明細書で使用される「例」又は「例示的な」という語は、例、実例、又は例示としての役割を果たすことを意味する。「例」又は「例示的な」として本明細書に記載される任意の態様又は設計は、必ずしも他の態様又は設計に比べて好ましい又は有利であると解釈されない。むしろ、「例」又は「例示的な」という語の使用は、具体的な様式で概念を提示することが意図される。本出願で使用される場合、「又は」という用語は、排他的な「又は」ではなく包括的な「又は」を意味することが意図される。すなわち、別段の指定がない限り、又は文脈から明らかでない限り、「Xは、A又はBを含む」は、自然な包括的な順列のうちのいずれかを意味することが意図される。すなわち、XはAを含む、XはBを含む、又はXはA及びBの両方を含む場合、「XはA又はBを含む」は、前述の実例のいずれかの下で満たされる。また、本出願及び添付の特許請求の範囲で使用される冠詞「a」及び「an」は、一般に、別段の指定がない限り、又は文脈から単数形を対象とすることから明らかでない限り、「1つ以上」を意味すると解釈されるべきである。更に、「一実施形態 (an embodiment)」又は「一実施形態 (one embodiment)」又は「一実施 (an implementation)」又は「一実施 (one implementation)」を通しての用語の使用は、そのように記載されない限り、同じ実施形態又は実施を意味するとは意図されない。更に、本明細書で使用される場合、用語「第1」、「第2」、「第3」、「第4」などの用語は、異なる要素を区別するための表示として意味され、必ずしもそれらの数値表記に従った順序の意味を有するとは限らない。

30

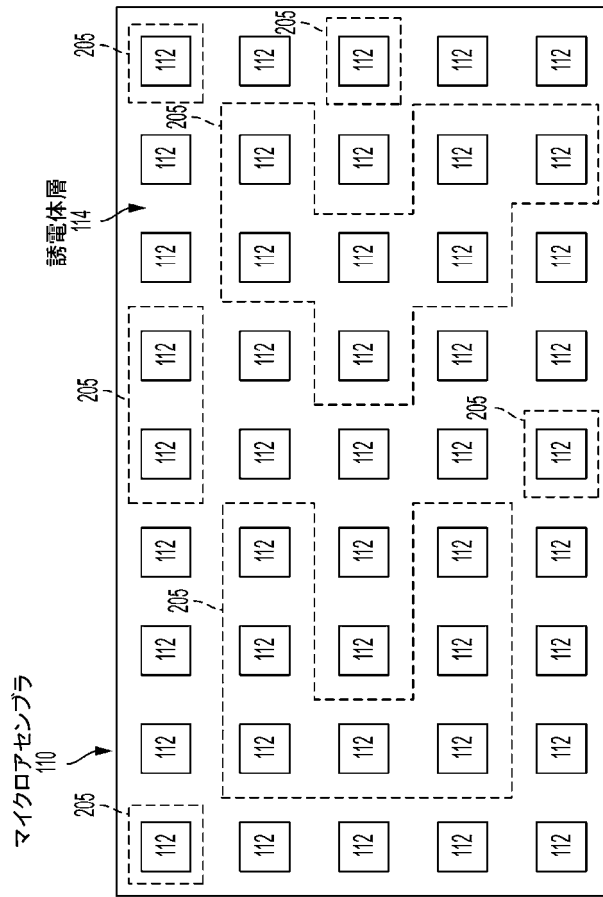
40



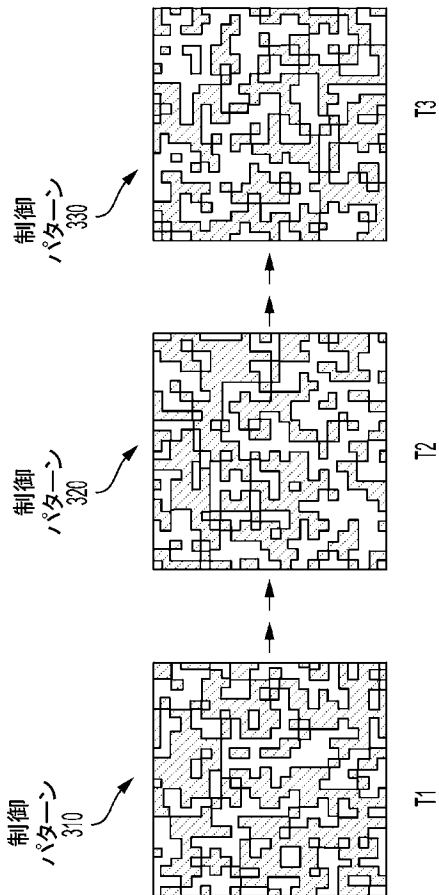
【図 1】



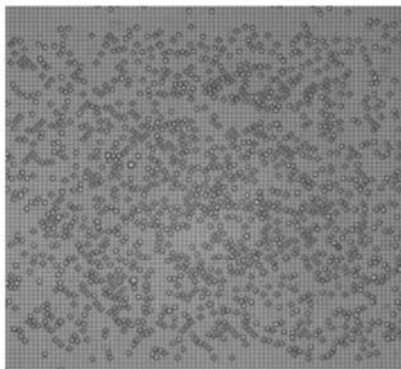
【図 2】



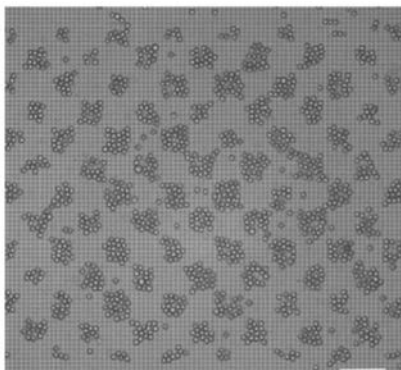
【図 3】



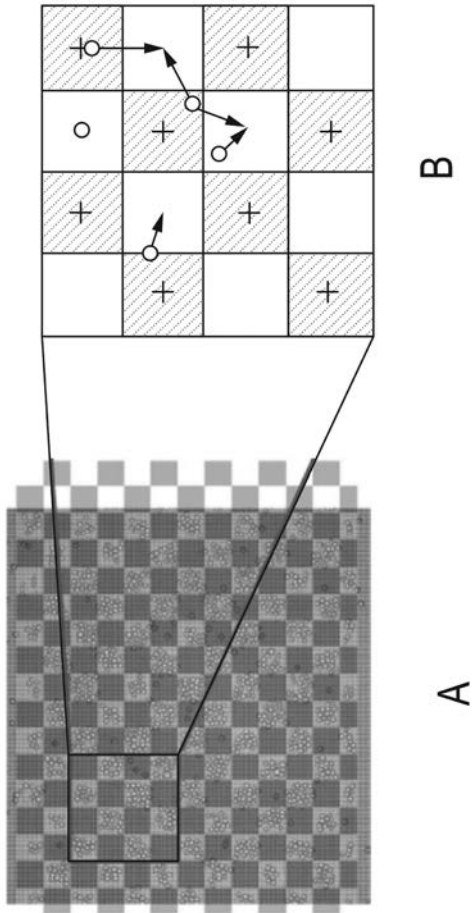
【図 4 A】



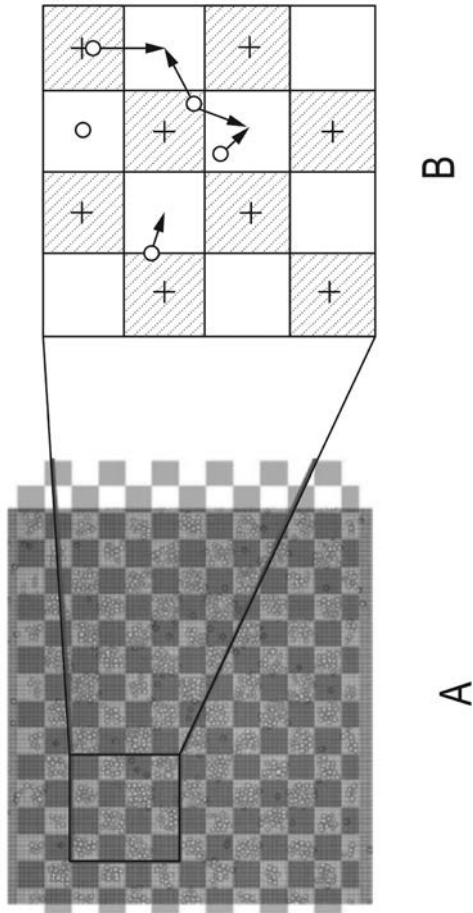
【図 4 B】



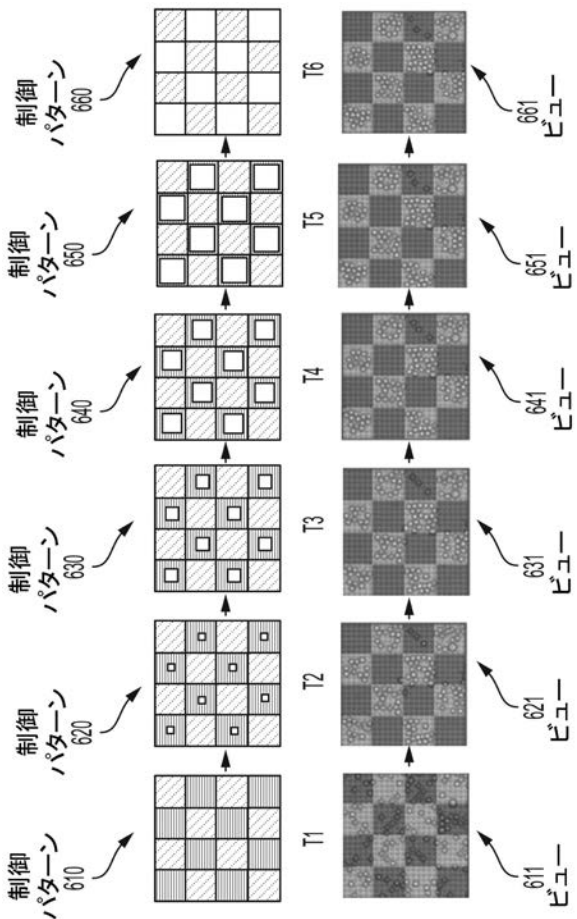
【図 5 A】



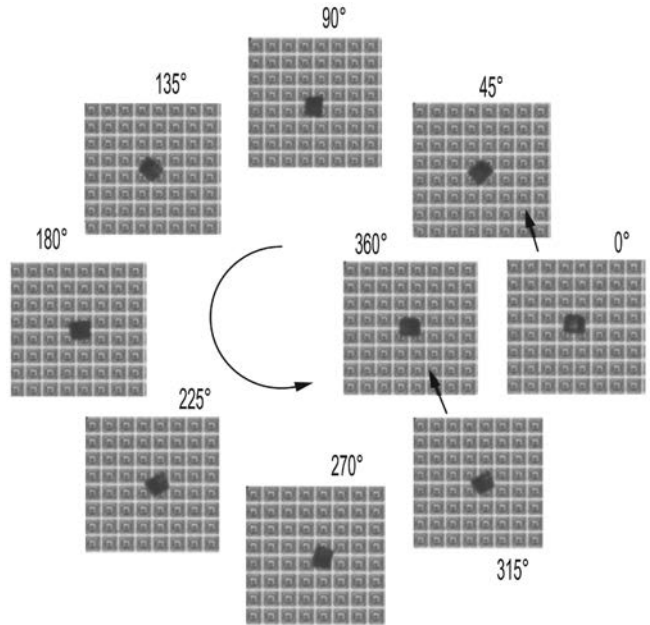
【図 5 B】



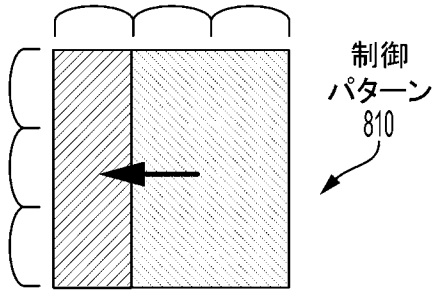
【図 6】



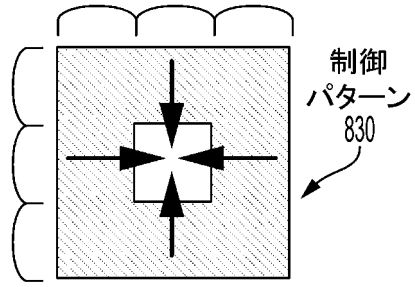
【図 7】



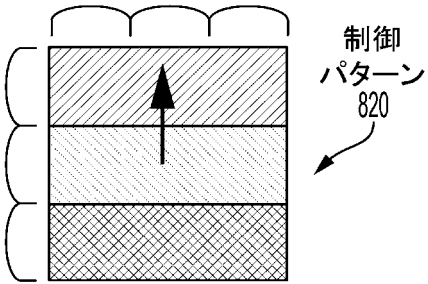
【図 8 A】



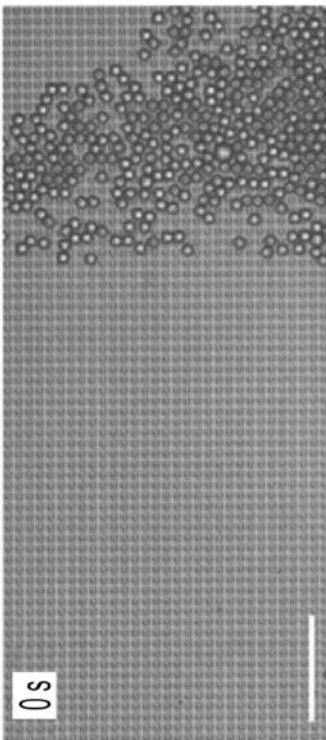
【図 8 C】



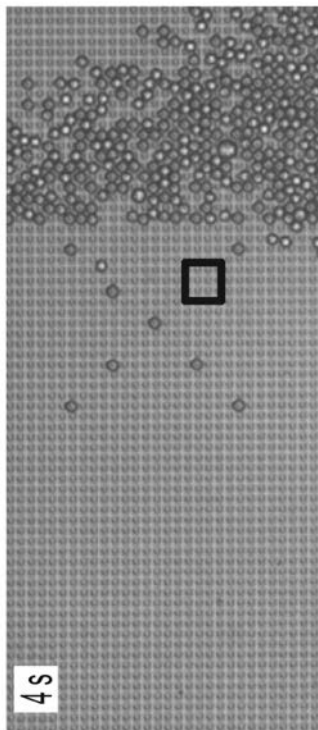
【図 8 B】



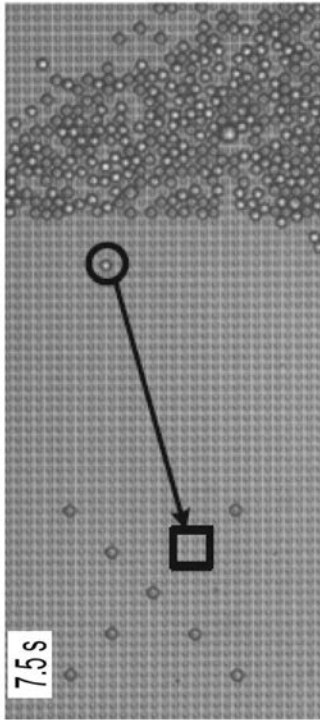
【図 9 A】



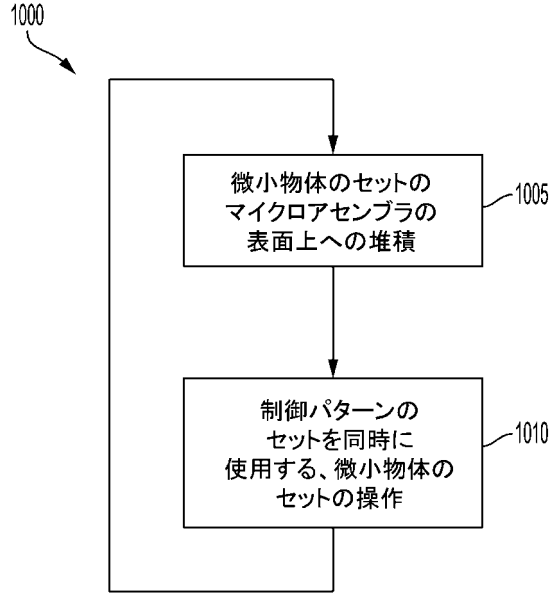
【図 9 B】



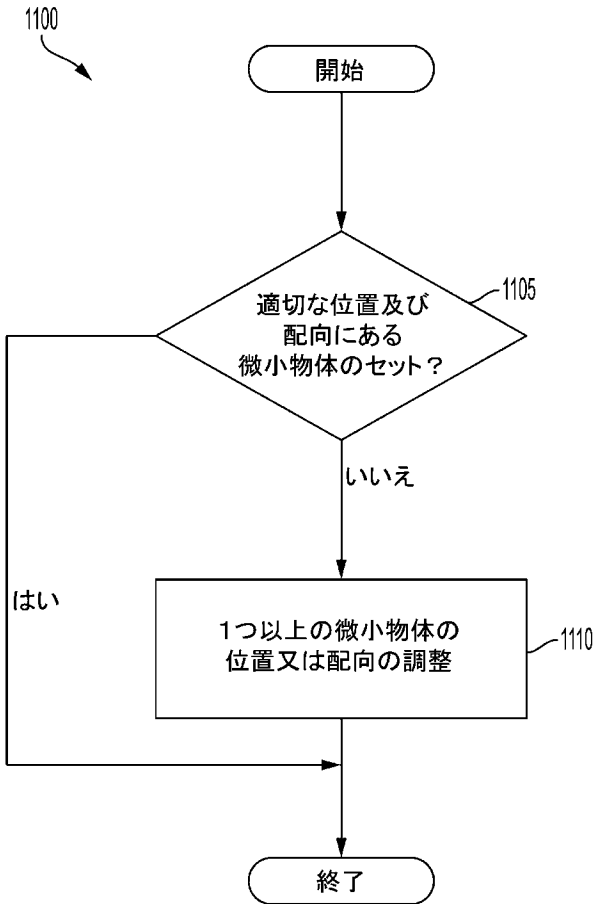
【図9C】



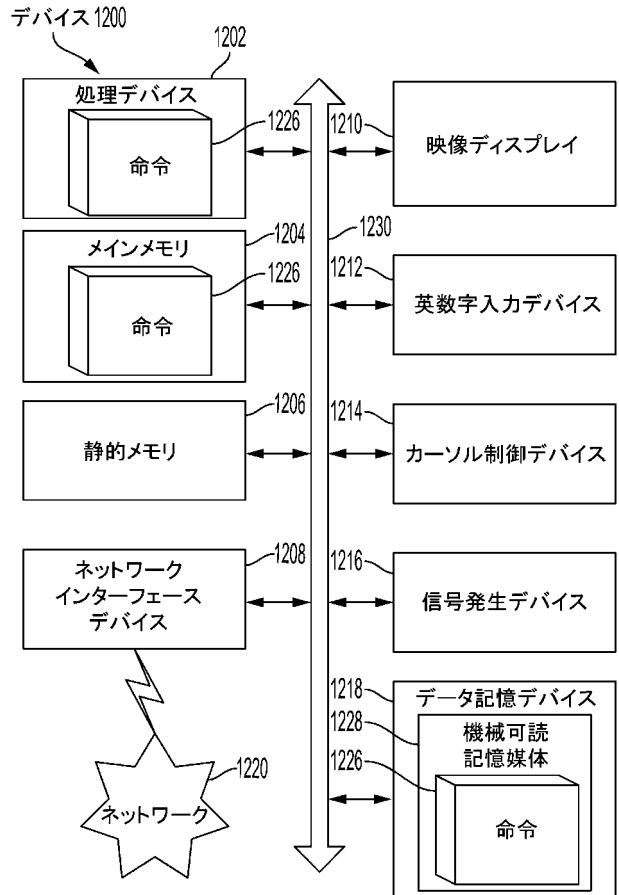
【図10】



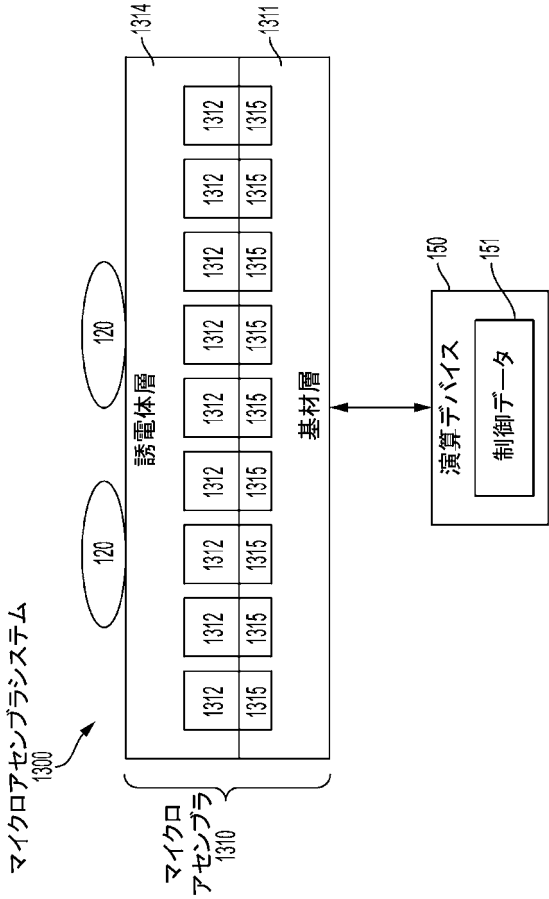
【図11】



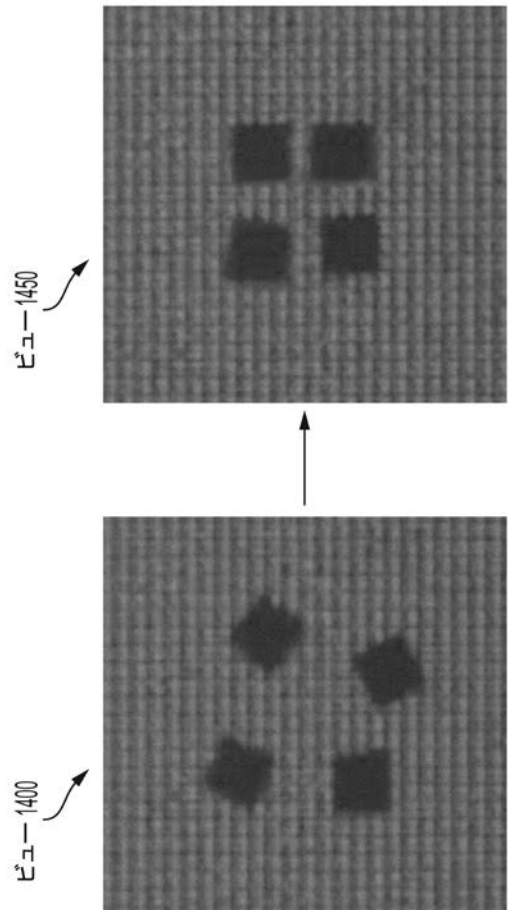
【図12】



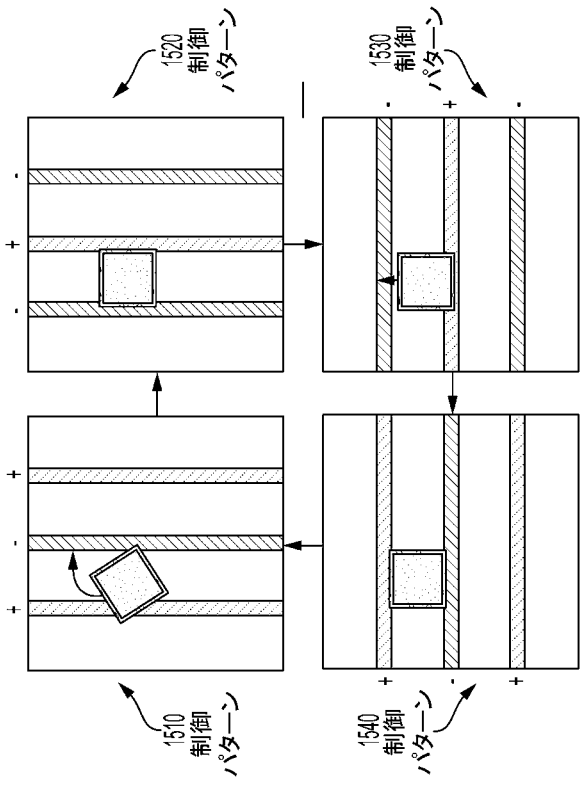
【図 13】



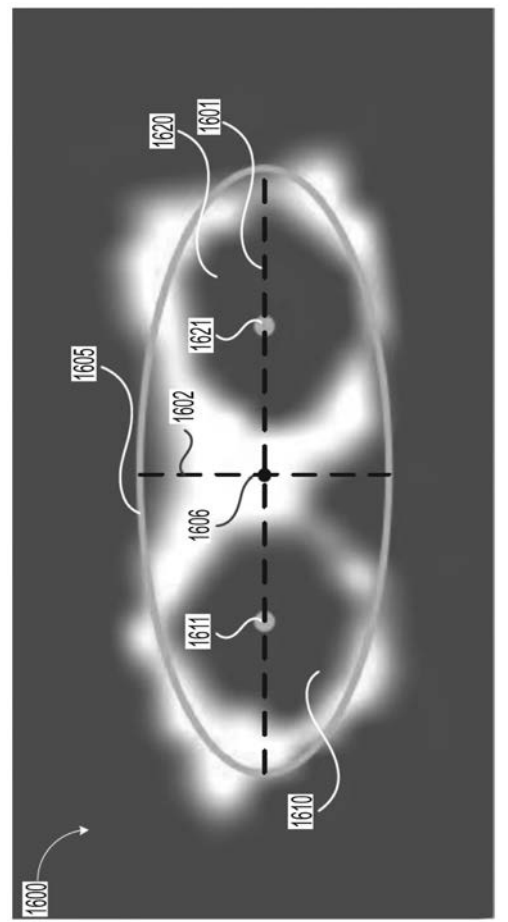
【図 14】



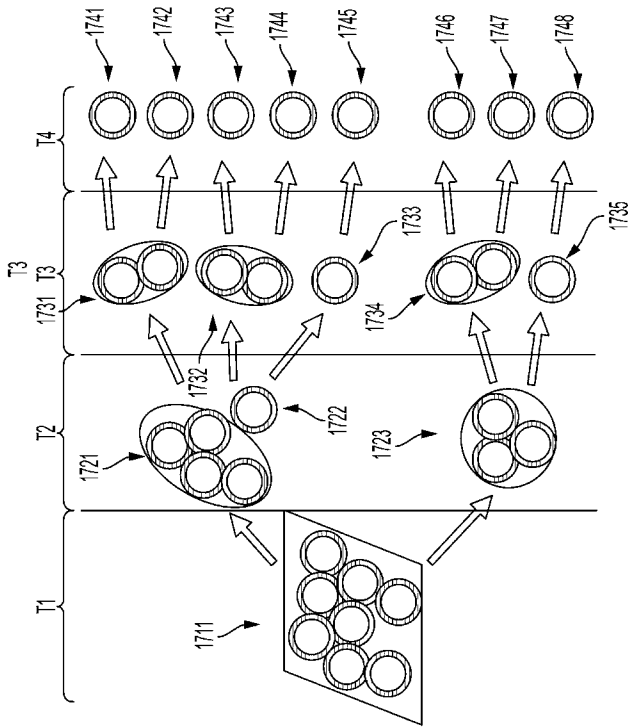
【図 15】



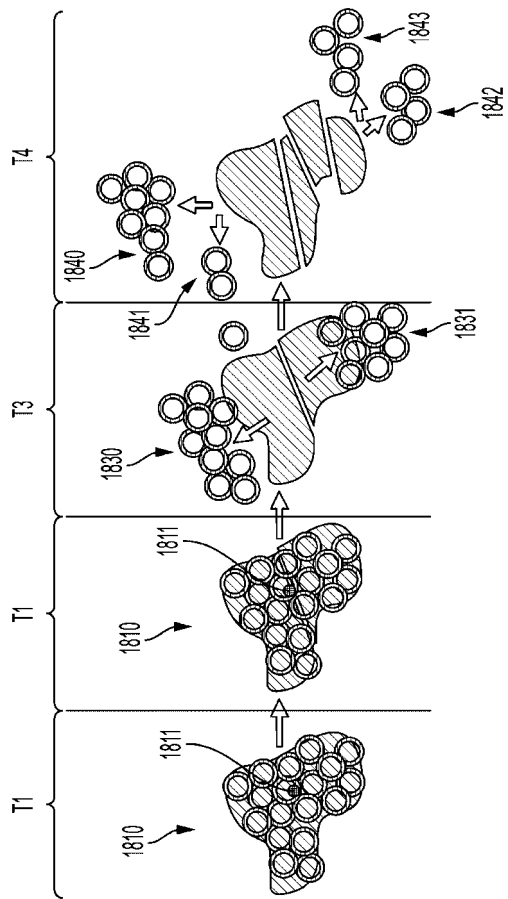
【図 16】



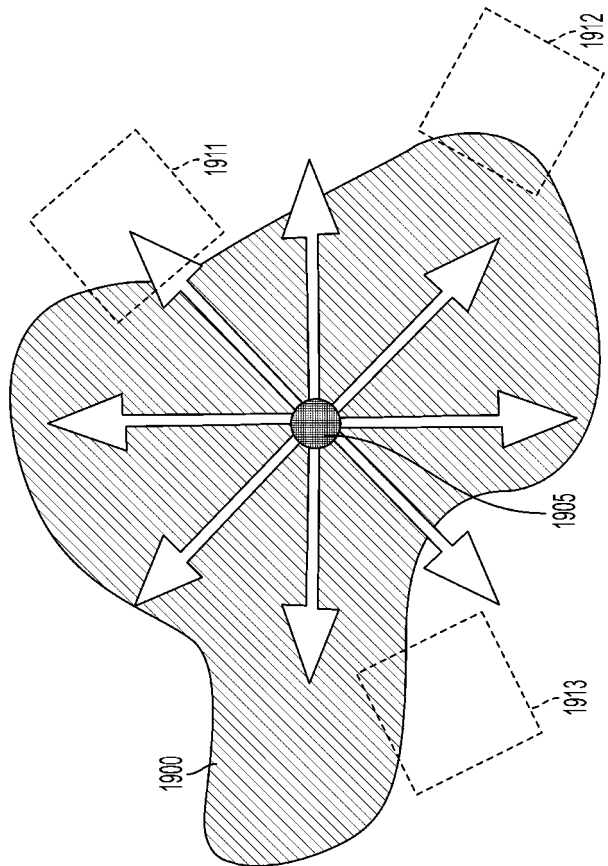
【 図 1 7 】



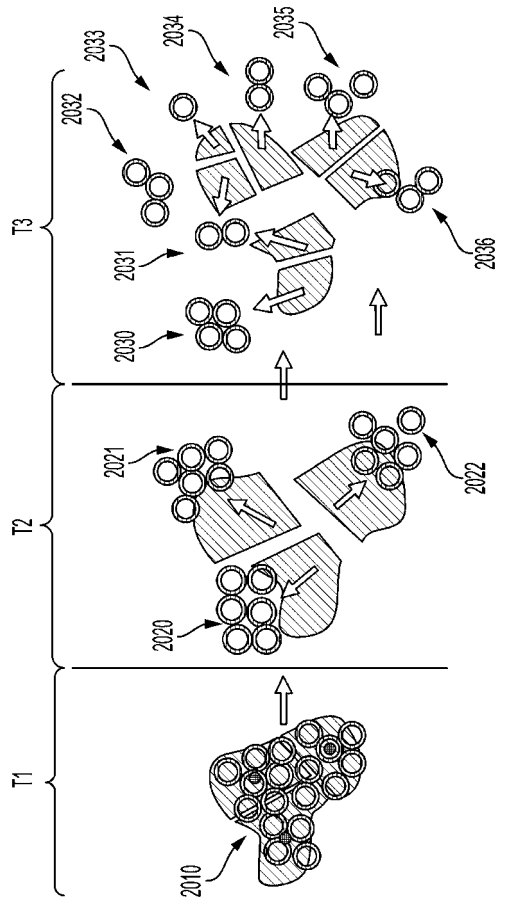
【 図 1 8 】



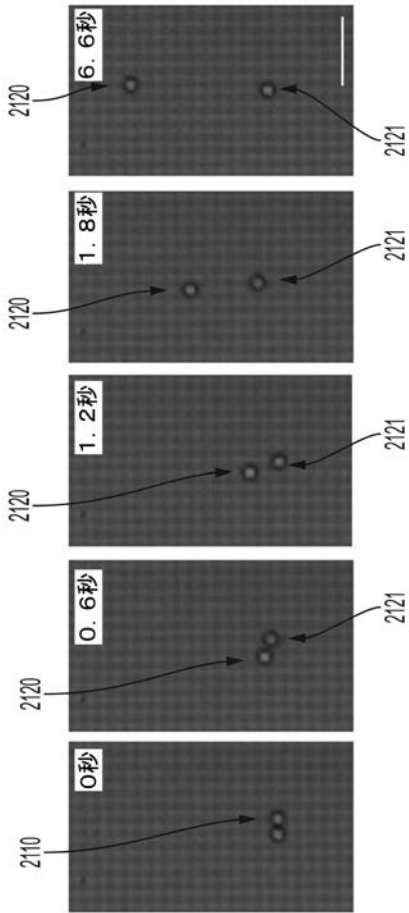
【 図 1 9 】



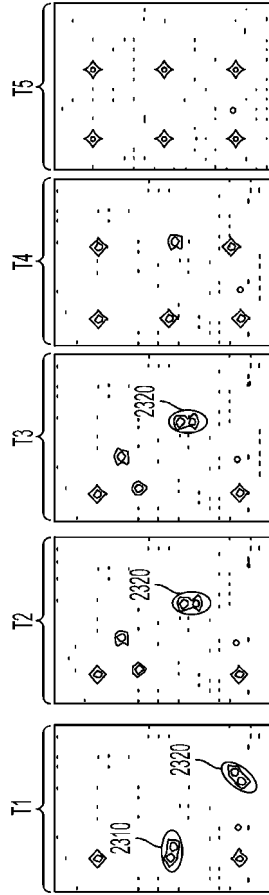
【 図 2 0 】



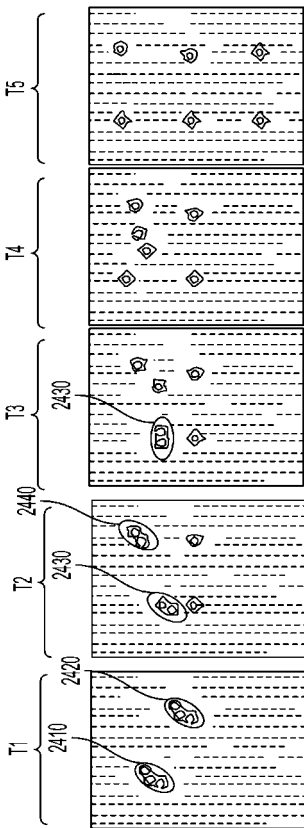
【図 2 1】



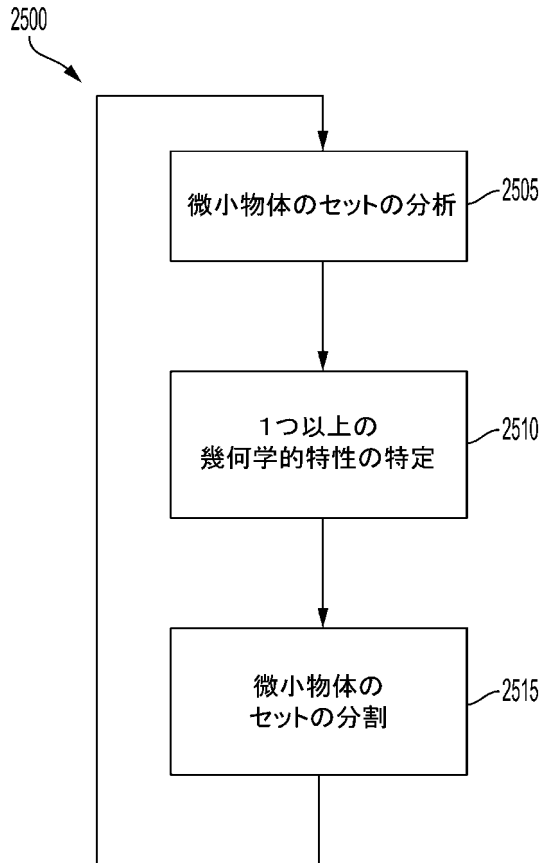
【図 2 2】



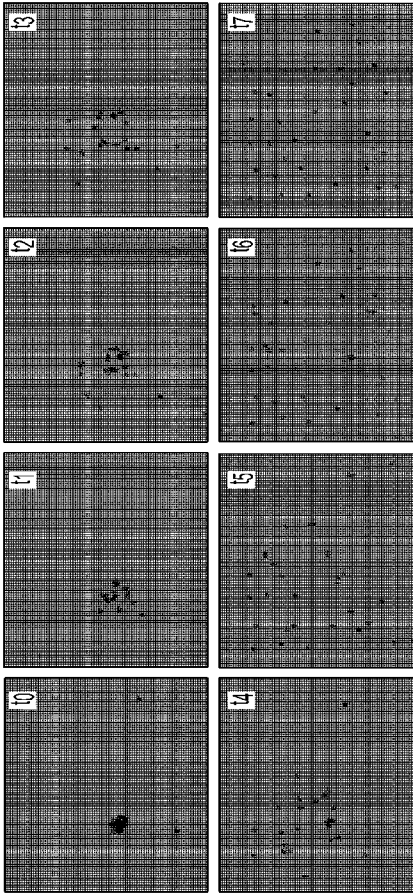
【図 2 3】



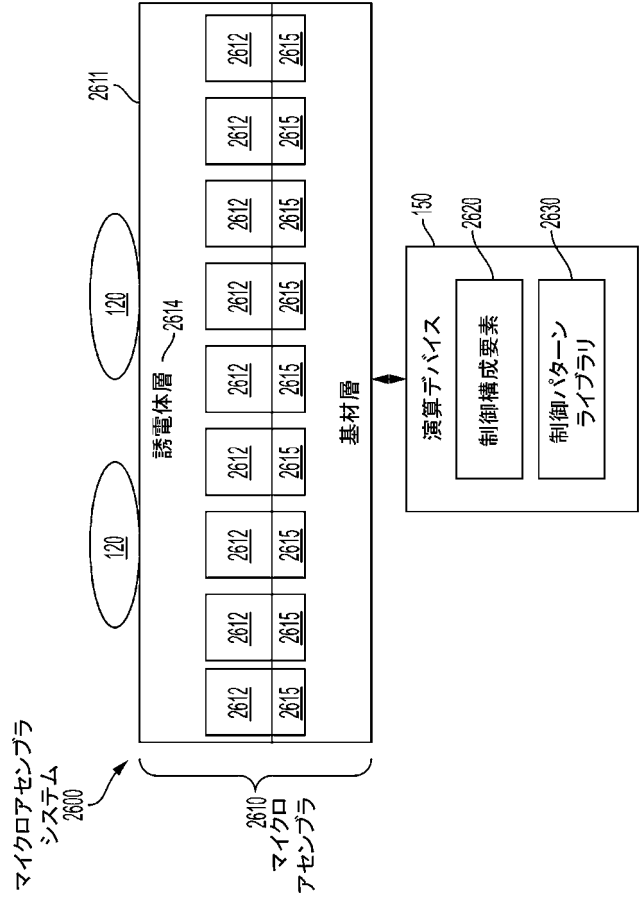
【図 2 4】



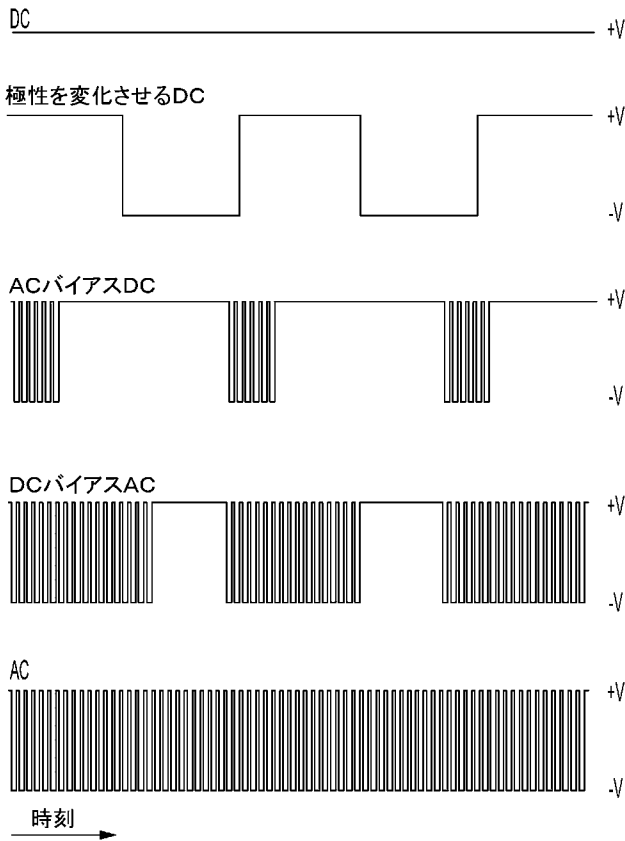
【 図 2 5 】



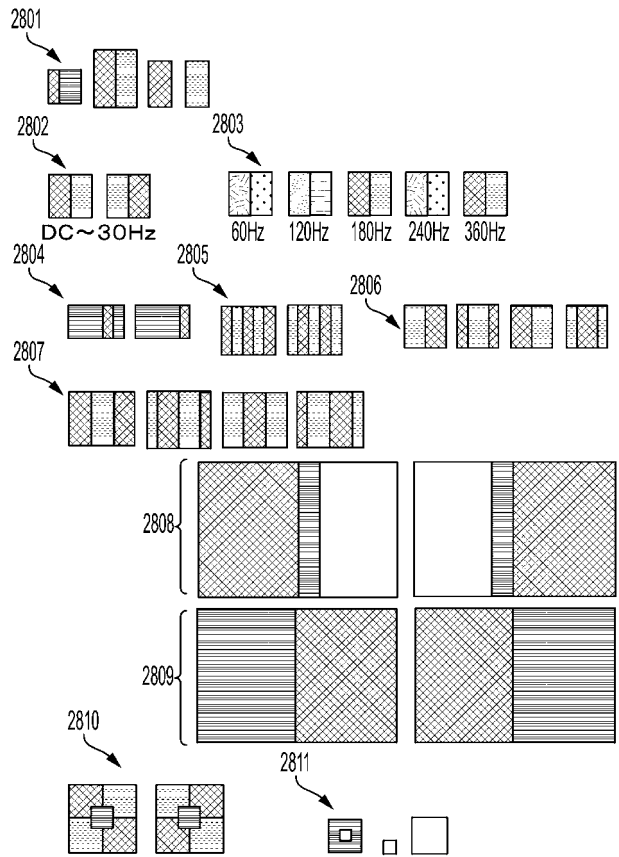
【 図 2 6 】



【 図 2 7 】

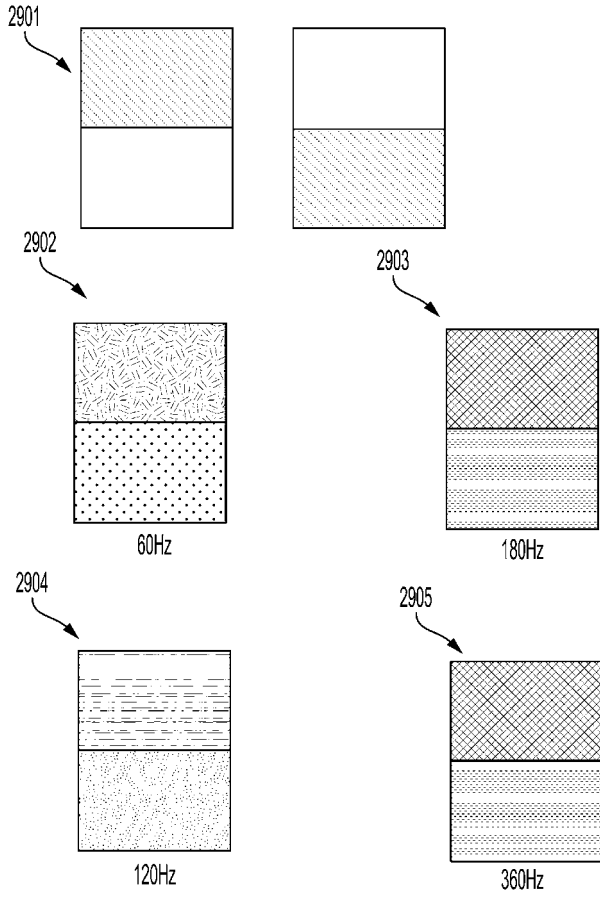


【 図 2 8 】

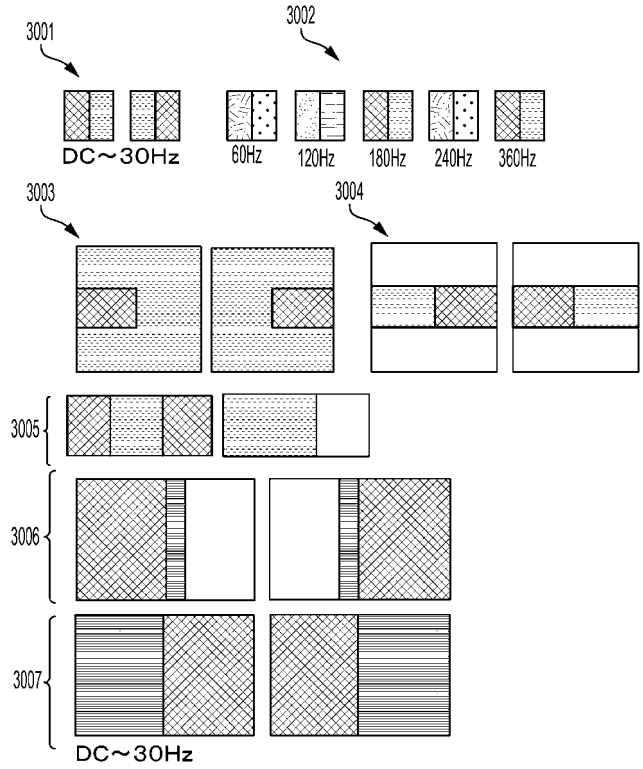




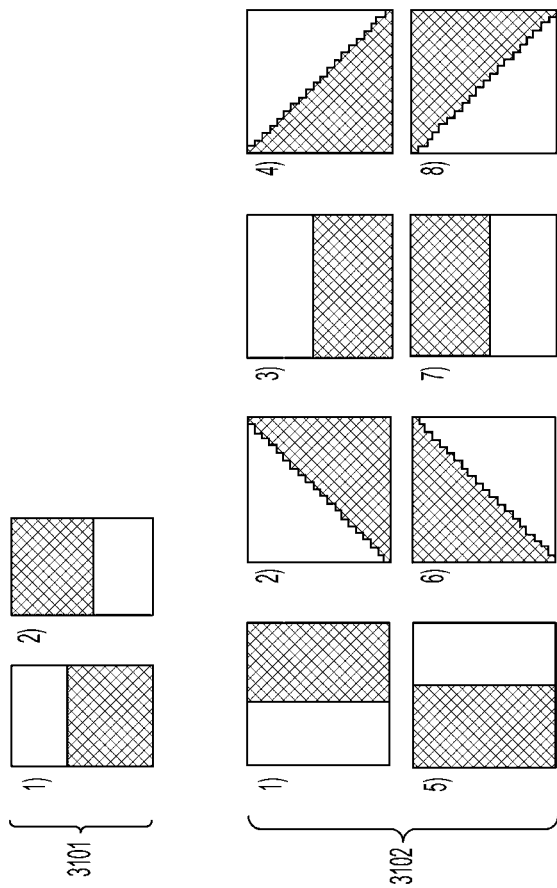
【 図 2 9 】



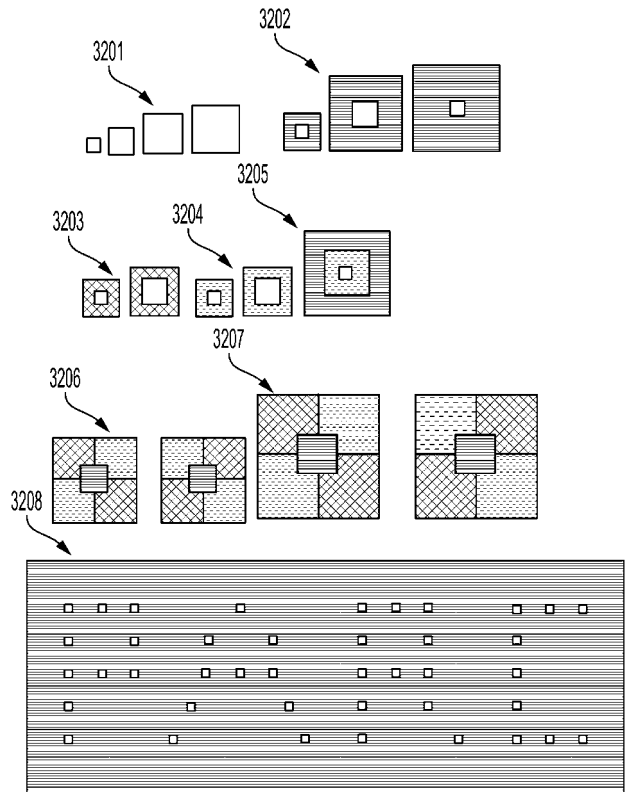
【 図 3 0 】



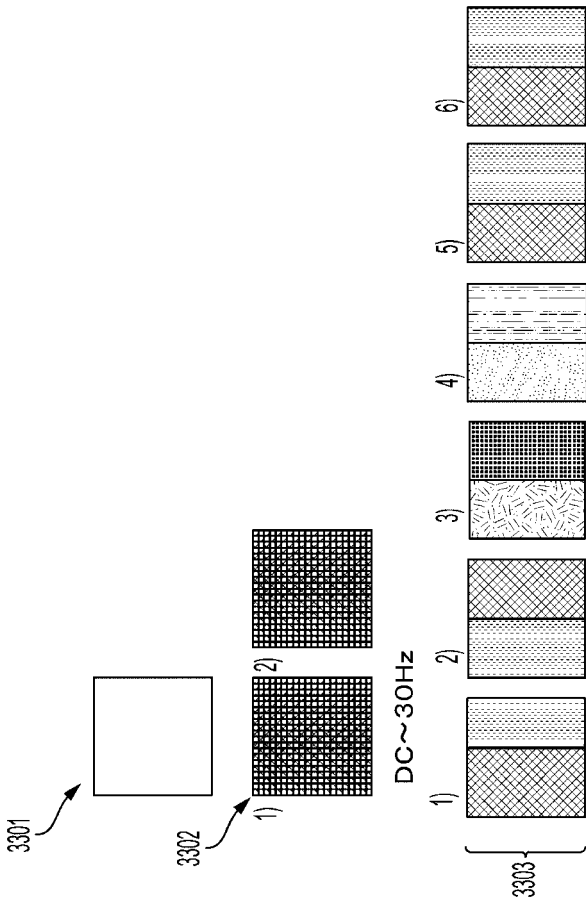
【 図 3 1 】



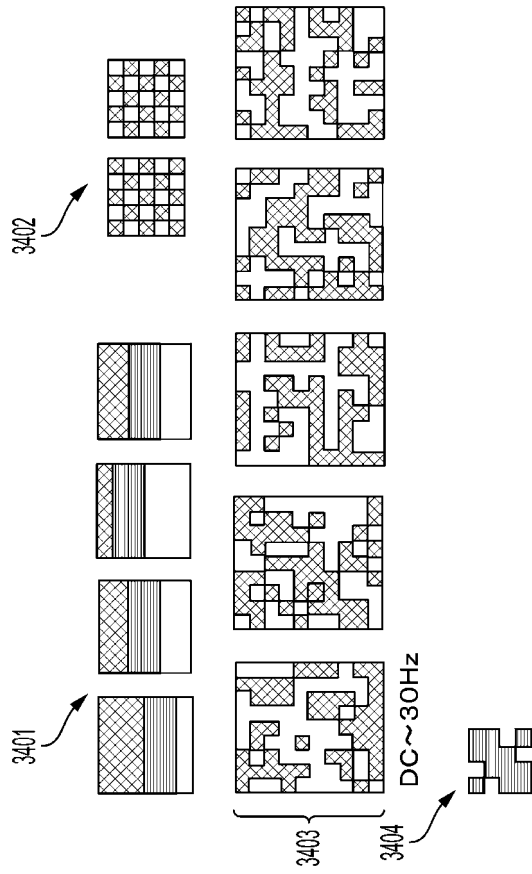
【 図 3 2 】



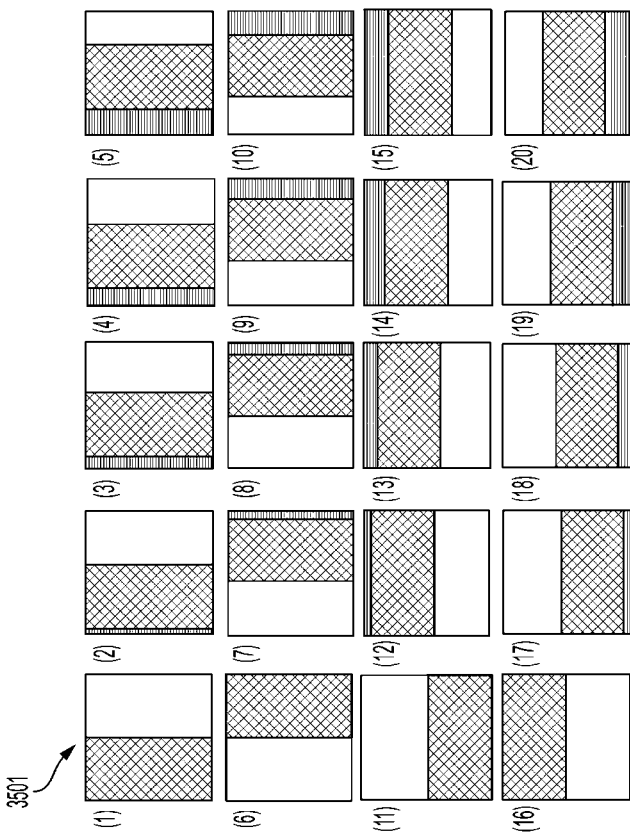
【 図 3 3 】



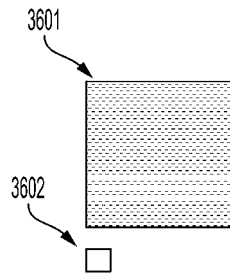
【 図 3 4 】



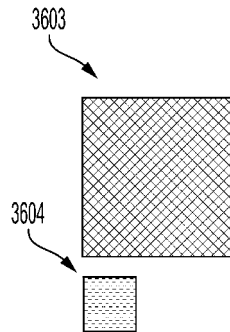
【 図 3 5 】



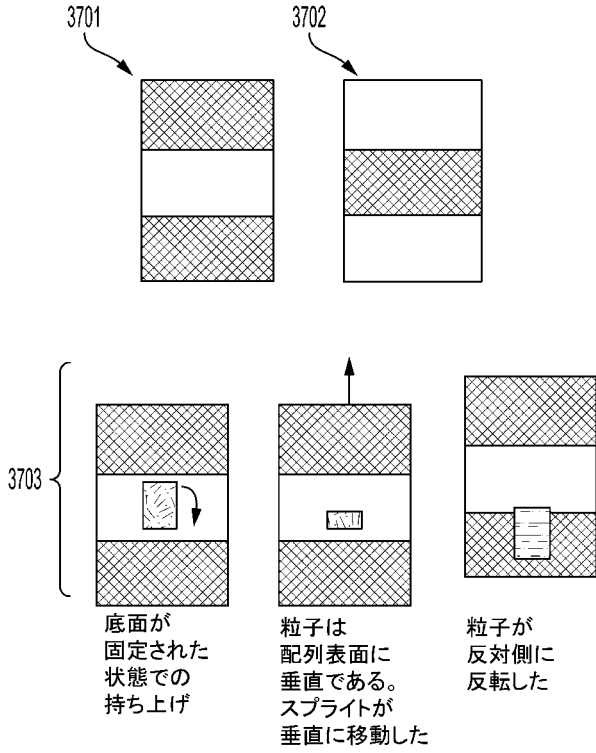
【 図 3 6 A 】



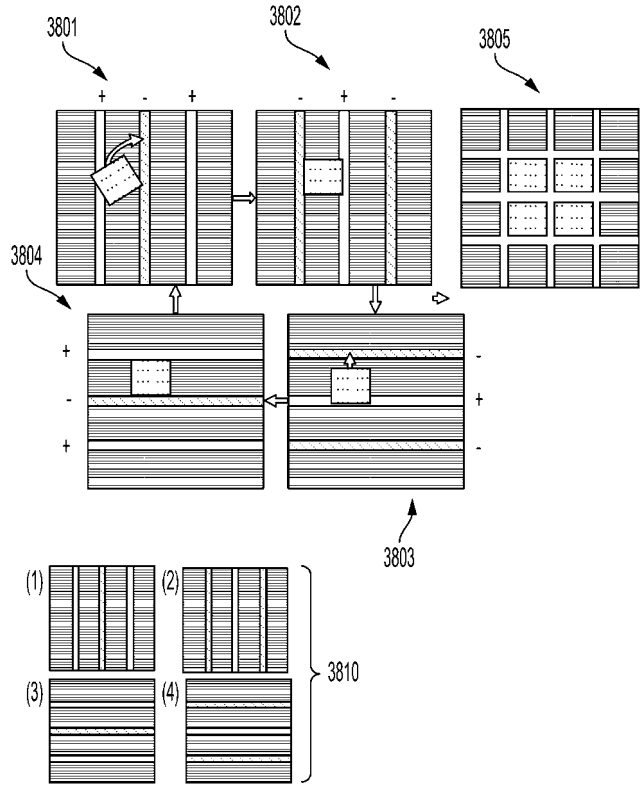
【 図 3 6 B 】



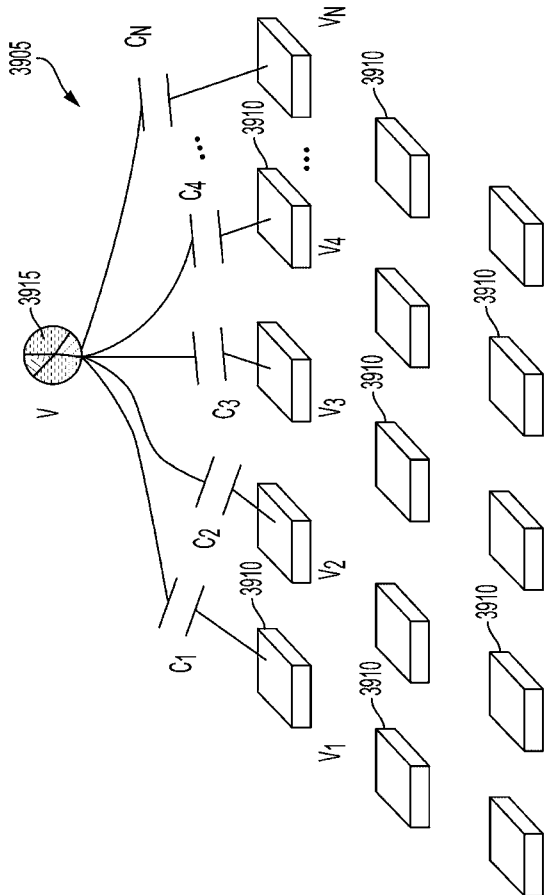
【図37】



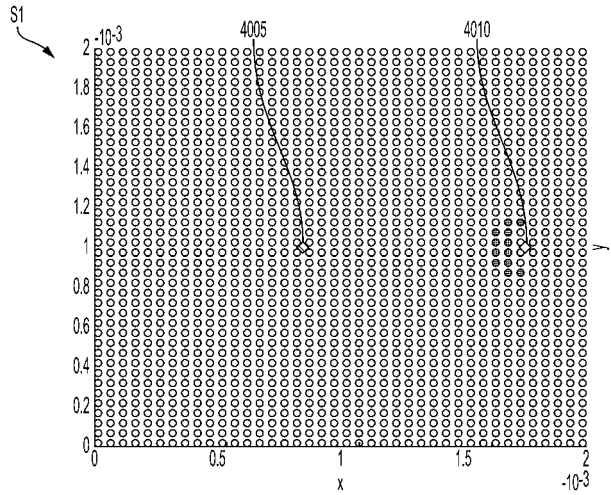
【図38】



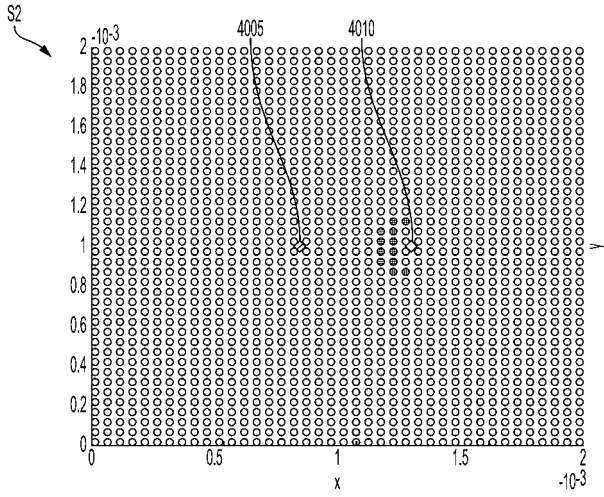
【図39】



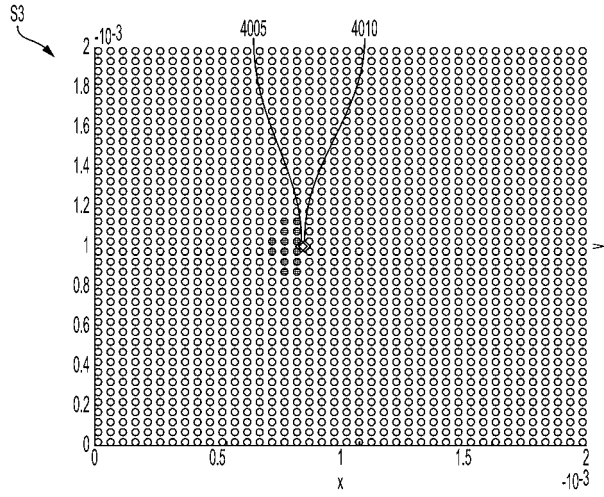
【図40A】



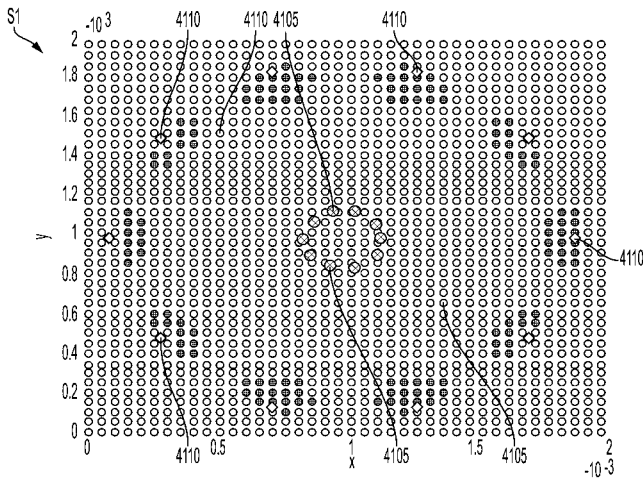
【 図 4 0 B 】



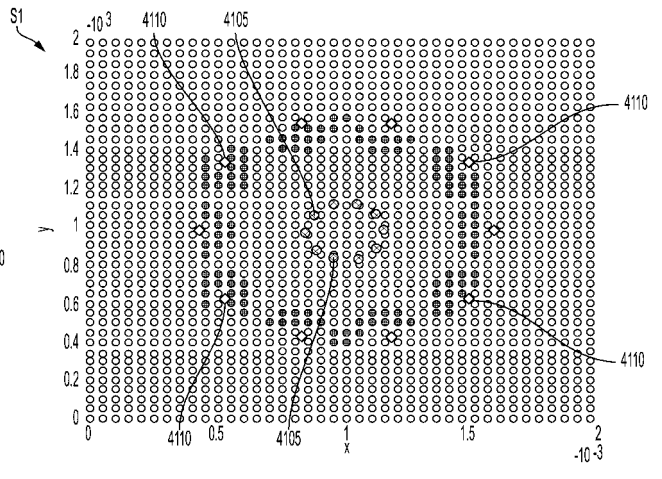
【 図 4 0 C 】



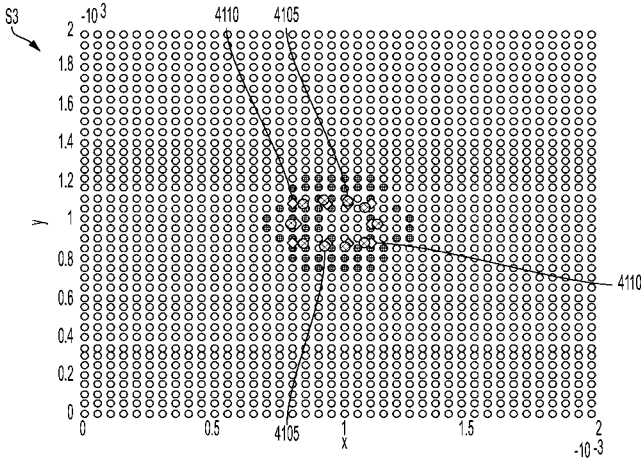
【 図 4 1 A 】



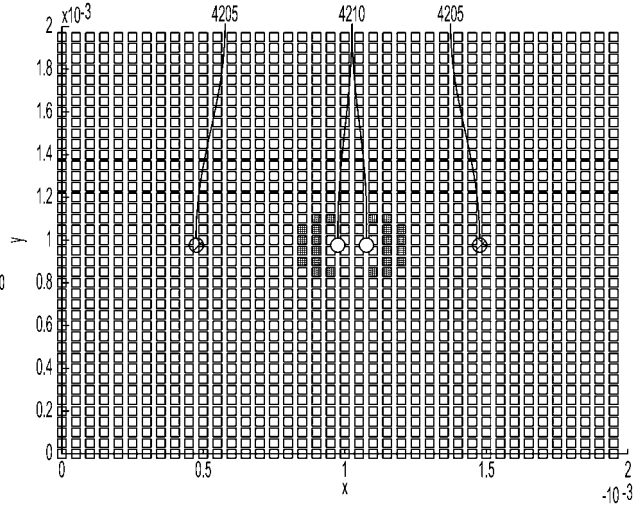
【 図 4 1 B 】



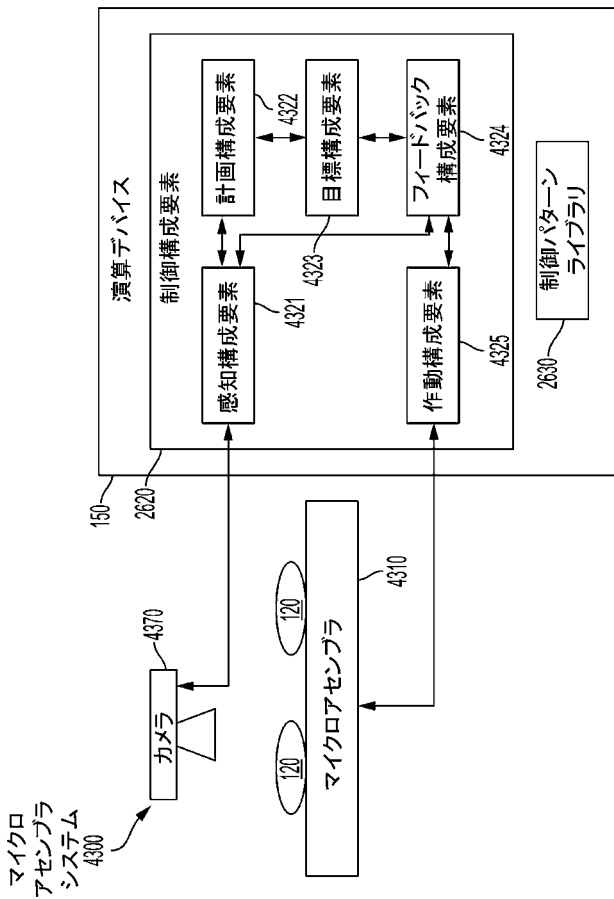
【図 4 1 C】



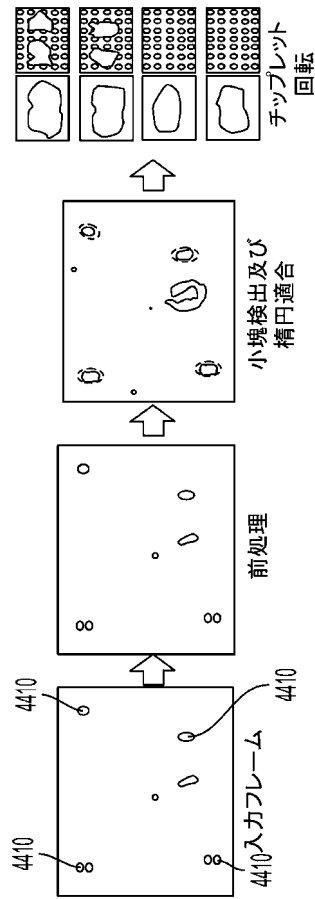
【図 4 2】



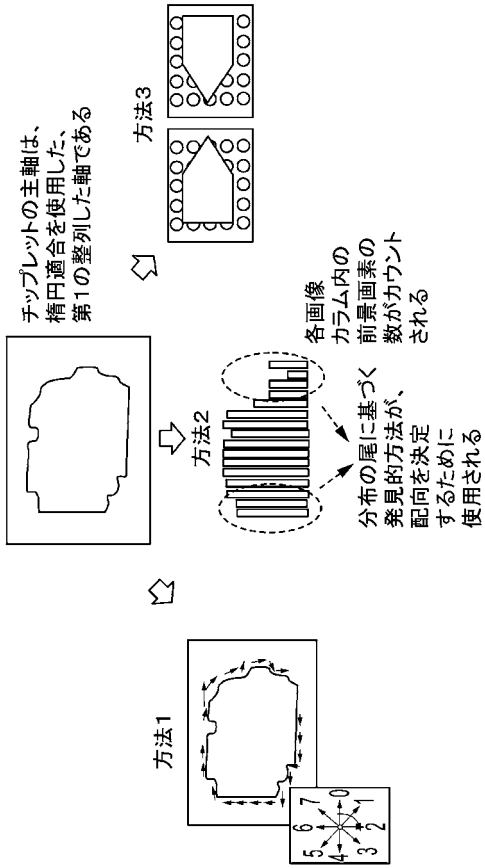
【図 4 3】



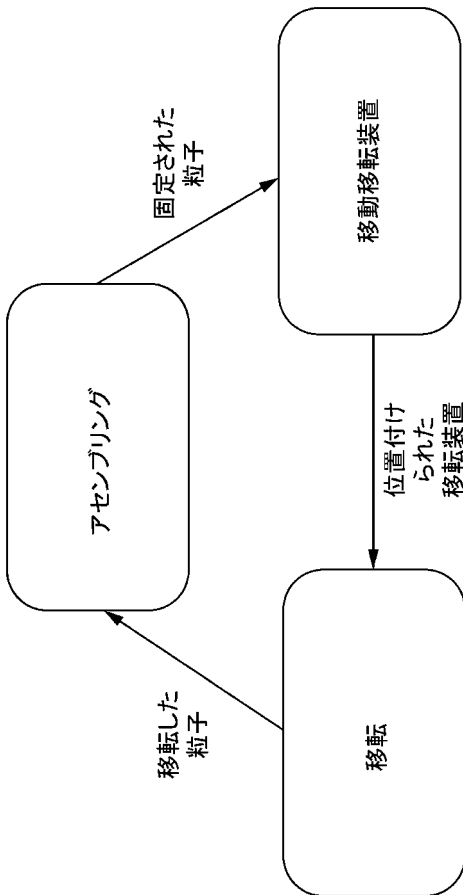
【図 4 4】



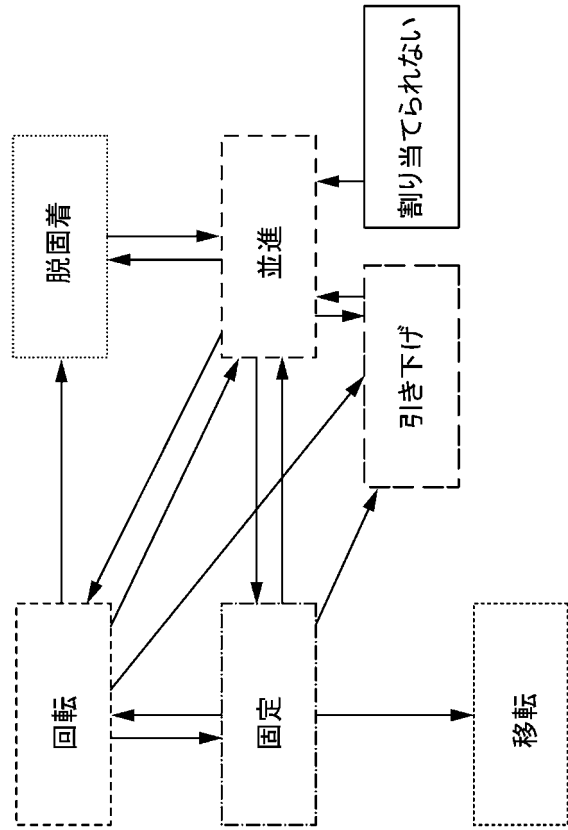
【 図 4 5 】



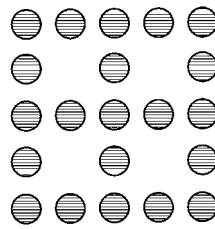
【 図 4 7 】



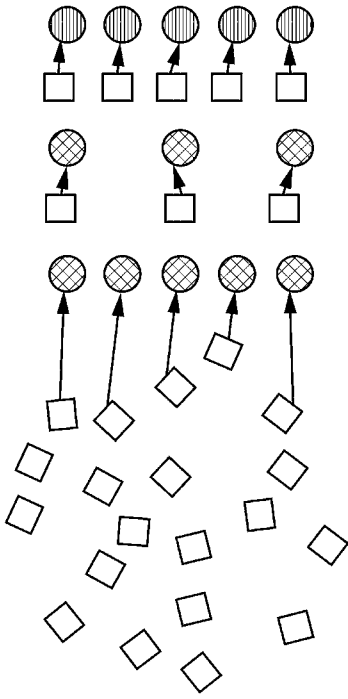
【 図 4 6 】



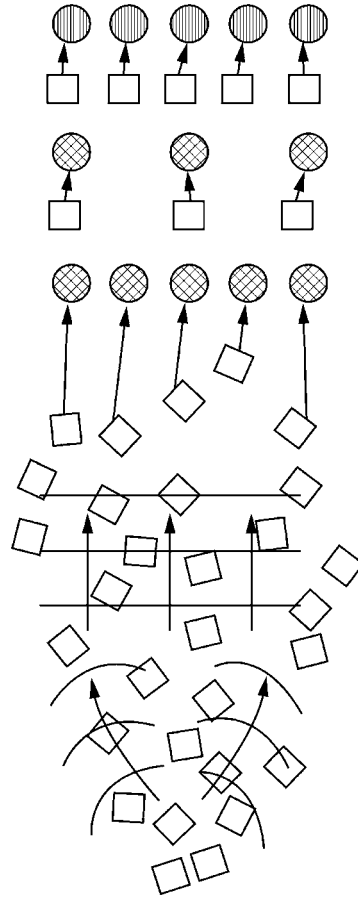
【 図 4 8 A 】



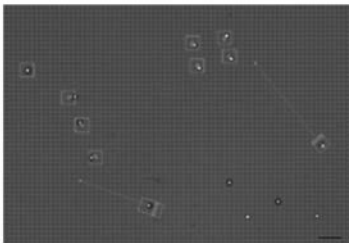
【 図 4 8 B 】



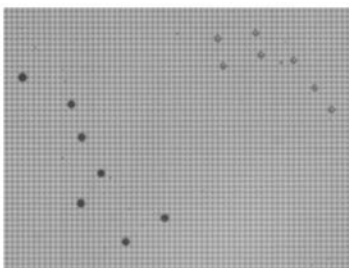
【 図 4 9 】



【 図 5 0 A 】



【 図 5 0 B 】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100109335  
弁理士 上杉 浩
- (74)代理人 100120525  
弁理士 近藤 直樹
- (74)代理人 100139712  
弁理士 那須 威夫
- (74)代理人 100158551  
弁理士 山崎 貴明
- (72)発明者 アン・プロチョウイエツ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 3 0 6 パロアルト タウル・ウェイ 6 9 6 アパー  
トメント 3 4
- (72)発明者 ブラッドリー・ラップ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 1 1 0 サンフランシスコ サン・ノゼ・アベニュー  
2 0 8
- (72)発明者 ジェンピン・ルー  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 3 9 フリーモント オンディーナ・プレイス 4 0  
7 4 7
- (72)発明者 ジュリー・エイ・バート  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 3 0 3 イースト・パロ・アルト キャンフォー・ウェイ  
7 3 2
- (72)発明者 ララ・エス・クロフォード  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 2 4 ロス・アルトス ブレントウッド・プレイス  
7 2 0
- (72)発明者 ソーロブ・レイチャウデューリ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 4 3 マウンテン・ビュー パセオ・コート 1 6 6
- (72)発明者 ユージン・エム・チヨウ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 3 0 6 パロアルト ラグーナ・アベニュー 3 8 2 1
- (72)発明者 マシュー・シュリーブ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 4 3 マウンテン・ビュー ロック・ストリート 2  
2 1 0 アpartment 2 7
- (72)発明者 セルゲイ・ブチルコフ  
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 6 2 1 オークランド サン・リアンドロ・ストリート  
5 7 3 3 ナンバー 9
- Fターム(参考) 3C081 AA01 AA17 BA01 BA21 BA22 BA27 BA33 BA52 BA54 BA56  
BA59 BA71 DA05 EA00