(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7004604号
(P7004604)

(45)発行日　令和4年1月21日(2022.1.21)

(24)登録日　令和4年1月6日(2022.1.6)

(51)国際特許分類
Ｈ０１Ｌ　21/50　(2006.01)

ＦＩ
Ｈ０１Ｌ　21/50　Ｃ

請求項の数　4　（全22頁）

(21)出願番号　特願2018-81019(P2018-81019)
(22)出願日　平成30年4月20日(2018.4.20)
(65)公開番号　特開2018-190970(P2018-190970A)
(43)公開日　平成30年11月29日(2018.11.29)
審査請求日　令和3年4月14日(2021.4.14)
(31)優先権主張番号　15/591,959
(32)優先日　平成29年5月10日(2017.5.10)
(33)優先権主張国・地域又は機関
米国(US)
早期審査対象出願

(73)特許権者　504407000
パロ アルト リサーチ センター インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４３０４ パロ アルト カイオーテ ヒル ロード ３３３３
(73)特許権者　596170170
ゼロックス コーポレイション
ＸＥＲＯＸ ＣＯＲＰＯＲＡＴＩＯＮ
アメリカ合衆国 コネチカット州 ０６８５１－１０５６ ノーウォーク メリット ７ ２０１
(74)代理人　100094569
弁理士　田中 伸一郎
(74)代理人　100088694

最終頁に続く

(54)【発明の名称】　高位置合わせ粒子転写システム

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
転写ユニット基板と、
前記転写ユニット基板上の第１の電極と、
前記第１の電極上の誘電体層と、
前記誘電体層上の第２の電極と
を含む粒子転写ユニットであって、前記第１の電極および前記第２の電極は、あるパターンの複数の粒子を第１の基板から除去し、前記パターンの前記複数の粒子を前記粒子転写ユニットに固定し、前記パターンの前記複数の粒子を第２の基板に転写する電界を形成する、粒子転写ユニット。
【請求項２】
前記第１の基板は前記第１の基板上の液体中の前記複数の粒子を支持し、
前記複数の粒子は電荷を有し、
前記粒子転写ユニットは電界を発生させ、前記粒子転写ユニットは、前記複数の粒子を前記液体から除去し、前記複数の粒子を電気力によって固定する、請求項１に記載の粒子転写ユニット。
【請求項３】
前記第１の電極は連続層であり、
前記第２の電極は、第１の電極格子および第２の電極格子を含む格子パターンを含み、
前記第１の電極格子は、前記電界を局所的に変調するために、前記第２の電極格子から独

立して給電され、
前記電界は、前記複数の粒子を前記第１の基板から除去し、前記複数の粒子を前記粒子転写ユニットに固定する電気力を生成する、請求項１に記載の粒子転写ユニット。
【請求項４】
前記粒子転写ユニットに光を通じて給電するための複数の統合された感光スイッチをさらに含む、請求項１に記載の粒子転写ユニット。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本開示の実施形態は、粒子転写システムに関し、特に、高位置合わせ粒子転写システムに関する。
【背景技術】
【０００２】
転写システムは粒子を転写させて機能アセンブリを形成する。転写システムは、アセンブリ基板および最終基板を含むことができる。粒子は、アセンブリ基板上の組付部材であってもよい。粒子は、液体環境に存在し得る。転写システムは、組付部材をアセンブリ基板から除去し、組付部材を最終基板上に置くことができる。粒子の転写は、粒子、組付部材、または転写システムのうちの１つまたは複数を損傷し、影響を与え、または汚染する可能性がある。粒子の転写には長い時間がかかり、組付部材の粒子のパターンを乱すことがある。
【発明の概要】
【課題を解決するための手段】
【０００３】
以下は、このような態様の基本的な理解を提供するために、本開示の様々な態様の簡略化された概要を提示する。この概要は、開示の広範囲にわたる概要ではない。これは、本開示の鍵または重要な要素を特定するものではなく、本開示の特定の実施形態の範囲または特許請求の範囲を描写するものでもない。その唯一の目的は、後で提示されるより詳細な説明の前置きとして、開示のいくつかの概念を簡略化した形で提示することである。
【０００４】
本開示のいくつかの態様によると、パターン内の複数の粒子を支持する第１の表面を含む第１の基板と、第１の表面から第１の間隙でオフセットされる外面を有する粒子転写ユニットであって、第１の間隙内に複数の粒子が存在することに応答して、第１の表面から複数の粒子を除去し、パターン内の複数の粒子を外面に固定し、パターン内の複数の粒子を運ぶ、粒子転写ユニットと、外面から第２の間隙でオフセットされる第２の表面を含む第２の基板であって、第２の基板は、複数の粒子が第２の間隙内にあることに応答して、パターン内の複数の粒子を粒子転写ユニットから除去し、複数の粒子は第２の表面にパターン内に固定される、第２の基板とを含む粒子転写システムが提供される。
【０００５】
特定の実施形態では、第１の基板は液体中の複数の粒子を支持し、複数の粒子は電荷を有し、粒子転写ユニットは電界を発生させる。粒子転写ユニットは、複数の粒子を液体から除去し、複数の粒子を電気力で固定する。
【０００６】
特定の実施形態では、粒子転写ユニットはローラに結合された可撓性基板を含み、複数の粒子は粒子転写ユニットに向かって移動され、複数の粒子は複数の粒子の列を含み、複数の列のうちの１つの列が、第１の基板から除去され、列が第１の間隙内にあることに応答して粒子転写ユニットに固定され、第１の基板、第２の基板およびローラの軸は平行である。
【０００７】
特定の実施形態では、第２の表面は、接着剤、フォトレジスト、ポリマー、シリコン、またはポリジメチルシロキサンのうちの１つまたは複数を含む粘着面を含み、第２の基板は

、複数の粒子を粒子転写ユニットから除去し、複数の粒子が粘着面に接触することに応答して複数の粒子を第２の表面に固定する。

【０００８】

特定の実施形態では、複数の粒子は、粒子、チップレット、機能装置、マイクロスケール供給材料、または生体材料のうちの１つまたは複数であり、複数の粒子は機能アセンブリを形成する。

【０００９】

特定の実施形態では、粒子転写システムは、光学メタマテリアル、サイボーグ組織、電子治療装置、または階層的機械的構造のうちの１つまたは複数を生成する。

【００１０】

特定の実施形態では、粒子転写システムは、第１の間隙を提供する１つまたは複数のスペーサを含む。

【００１１】

特定の実施形態では、１つまたは複数のスペーサは、第１の基板または粒子転写ユニットに予め製造される。

【００１２】

ある実施形態では、第１の基板はアセンブリ基板であり、複数の粒子は複数の列を含む組付部材であり、第２の基板は最終基板であり、粒子転写ユニットは、複数の列の各々について、アセンブリ基板から複数の列の１つの列を除去し、列を最終基板に転写することによって、組付部材を転写し、粒子転写ユニットは複数の粒子の各々の粒子位置合わせを維持する。

【００１３】

特定の実施形態では、第１の表面または第２の表面のうちの少なくとも１つが曲面である。

【００１４】

本開示の他の態様によると、基板と、基板上の第１の電極と、第１の電極上の誘電体層と、誘電体層上の第２の電極とを含む粒子転写ユニットが提供され、第１の電極および第２の電極は、パターン内の複数の粒子を第１の基板から除去し、パターン内の複数の粒子を粒子転写ユニットに固定し、パターン内の複数の粒子を第２の基板に転写する電界を形成する。

【００１５】

特定の実施形態では、第１の電極は連続層であり、第２の電極は、第１の電極格子および第２の電極格子を含む格子パターンを含み、第１の電極格子は、電界を局所的に変調するために、第２の電極格子から独立して給電され、電界は、複数の粒子を第１の基板から除去し、複数の粒子を粒子転写ユニットに固定する電気力を生成する。

【００１６】

特定の実施形態では、粒子転写ユニットは、粒子転写ユニットに光学的に給電するための複数の統合された感光スイッチをさらに含む。

【００１７】

特定の実施形態では、基板は可撓性であり、１つまたは複数のローラに結合され、基板は、複数の粒子を除去して運ぶためにローラ上で回転される。

【００１８】

特定の実施形態では、基板は１つまたは複数の可撓性継手に結合され、基板は、複数の粒子を第１の基板から除去するために、１つまたは複数の可撓性継手によって第１の基板上に配置され、基板は、複数の粒子を第２の基板に転写するために、１つまたは複数の可撓性継手によって第２の基板上に配置される。

【００１９】

特定の実施形態では、１つまたは複数の可撓性継手は、自在継手、コンプライアント継手、またはバネ付き継手のうちの１つまたは複数を含む。

【００２０】

特定の実施形態では、基板は軸を含む剛性湾曲基板であり、基板は軸を中心に回転し、第

１の基板から複数の粒子を除去し、複数の粒子を第２の基板に転写する。
【００２１】
特定の実施形態では、１つまたは複数のスペーサは、第１の基板と粒子転写ユニットとの間に間隙を設け、粒子転写ユニットは１つまたは複数のスペーサを操作する。
【００２２】
本開示の他の態様によると、粒子転写ユニットまたは複数の粒子のうちの１つまたは複数を移動させ、複数の粒子は第１の基板上のパターン内にあり、移動に応答して複数の粒子は、第１の基板と粒子転写ユニットの外面との間の第１の間隙内にあり、粒子転写ユニットによって、複数の粒子が第１の間隙内にあることに応答して、パターン内の複数の粒子を第１の基板から除去し、粒子転写ユニットによって、外面に固定された複数の粒子を、外面と第２の基板との間の第２の間隙内に運び、第２の基板によって、複数の粒子が第２の間隙内にあることに応答して、複数の粒子を粒子転写ユニットから除去し、複数の粒子は第２の基板にパターン内に固定されることを含む方法が提供される。
【００２３】
ある実施形態では、粒子転写ユニットは、可撓性基板と、１つまたは複数のローラとを含み、外面は可撓性基板の外面であり、移動は、パターン内の複数の粒子を可撓性基板に向かって移動させることを含み、運ぶことは、１つまたは複数のローラ上で可撓性基板を転がすことを含む。
【００２４】
特定の実施形態では、粒子転写ユニットの外面は平面であり、移動は、粒子転写ユニットを第１の基板上に配置することを含み、粒子転写ユニットから複数の粒子を除去することは、粒子転写ユニットを第１の基板上に配置した後、粒子転写ユニットを第２の基板上に配置することを含む。
【００２５】
いくつかの実施形態では、この方法は、複数の粒子を第１の基板から除去した後、複数の粒子を粒子転写ユニットから除去する前に、複数の粒子を洗浄することをさらに含む。
【００２６】
特定の実施形態では、第１の基板からの複数の粒子の除去は、電気力、真空力、毛管力、またはファンデルワールス力のうちの１つまたは複数を介して行われる。
【００２７】
特定の実施形態では、粒子転写ユニットからの複数の粒子の除去は、複数の粒子を第２の基板の粘着面と接触させることを含む。
【００２８】
特定の実施形態では、この方法は、電界を生成するために粒子転写ユニットに電圧を印加することをさらに含み、第１の基板からの複数の粒子の除去は、静電気力、電気泳動力、誘電泳動力、または他の電気力のうちの１つまたは複数を介する。
【００２９】
本明細書に記載された本開示は、添付の図面に限定ではなく例として示される。説明を簡潔かつ明確にするために、図に示された特徴は、必ずしも縮尺通りに描かれていない。例えば、いくつかの特徴の寸法は、明瞭化のために他の特徴と比べて誇張されている場合もある。さらに、適切であると考えられる場合には、対応するまたは類似の要素を示すために参照ラベルが図面間で繰り返されている。
【図面の簡単な説明】
【００３０】
【図１Ａ】図１Ａは、本開示の実施形態による、パターン内に粒子を支持する第１の表面を含む第１の基板を含む粒子転写システムを示す。
【図１Ｂ】図１Ｂは、本開示の実施形態による、第１の間隙によって第１の基板の第１の表面からオフセットされる外面を含む粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを示す。
【図１Ｃ】図１Ｃは、本開示の実施形態による、パターン内の粒子を外面に固定する粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを示す。

【図１Ｄ】図１Ｄは、本開示の実施形態による、第２の間隙によって粒子転写ユニットの外面からオフセットされる第２の表面を含む第２の基板を含む粒子転写システムを示す。
【図１Ｅ】図１Ｅは、本開示の実施形態による、粒子をパターン内に固定するための第２の表面を含む第２の基板を含む粒子転写システムを示す。
【図２】図２は、本開示の実施形態による、パターン内の粒子を第１の基板から第２の基板に転写する方法を示すフロー図である。
【図３Ａ】図３Ａは、本開示の実施形態による、パターン内の粒子を第１の基板から第２の基板に転写するための１つまたは複数のローラと可撓性基板とを含む粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを示す。
【図３Ｂ】図３Ｂは、本開示の実施形態による、パターン内の粒子を第１の基板から第２の基板に転写するための１つまたは複数のローラと可撓性基板とを含む粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを示す。
【図４】図４は、本開示の実施形態による、パターン内の粒子を第１の基板から第２の基板に転写するために軸を中心に回転する粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを示す。
【図５Ａ】図５Ａは、本開示の実施形態による、可撓性継手を含む粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを示す。
【図５Ｂ】図５Ｂは、本開示の実施形態による可撓性継手を含む粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを示す。
【図５Ｃ】図５Ｃは、本開示の実施形態による、粒子転写ユニットと、基板と粒子転写ユニットとの間に間隙を提供するためのスペーサとを含む粒子転写システムを示す。
【図６Ａ】図６Ａは、本開示の実施形態による、第１の電極および第２の電極を含む粒子転写ユニットの側面断面図を示す。
【図６Ｂ】図６Ｂは、本開示の実施形態による、第１の電極および第２の電極を含む粒子転写ユニットの上面断面図を示す。
【図７Ａ】図７Ａは、本開示の実施形態による、第１の基板上のパターン内の粒子を示す。
【図７Ｂ】図７Ｂは、本開示の実施形態による、粒子転写ユニット上のパターン内の粒子を示す。
【発明を実施するための形態】
【００３１】
粒子転写システム、粒子転写ユニット、および第１の基板から第２の基板に粒子を転写する方法の実施形態が本明細書に記載される。粒子は、アセンブリ基板上の第１の環境においてパターン内に配置されてもよい。パターン内の粒子は、アセンブリ基板から第２の環境にある最終基板上の組付部材に転写される必要があり得る。粒子の移動は、粒子のパターンを乱し、粒子を損傷し、粒子の化学的性質または物理的性質に影響を与えるか、粒子、組付部材、最終基板または転写システムのうちの１つまたは複数を汚染する場合がある。
【００３２】
本開示の態様は、パターン内の粒子を第１の基板から第２の基板へ転写するための粒子転写ユニットを含む粒子転写システムを提供することによって上記および他の欠点に対処する。一例では、粒子転写システムは、第１の基板と、第２の基板と、粒子転写ユニットとを含む。粒子転写ユニットは、パターン内の粒子を第１の基板から除去し、パターン内の粒子を粒子転写ユニットの外面に固定し、パターン内の粒子を第２の基板に転写する。第２の基板は、パターン内の粒子を粒子転写ユニットから除去し、第２の基板の表面に粒子を固定する。本明細書で説明するように、第１の基板から第２の基板への粒子の転写は、パターンを乱すことなく、粒子を損傷することなく、粒子の化学的性質および物理的性質に影響を与えることなく、粒子または粒子転写システムを汚染することがない。
【００３３】
図１Ａ～図１Ｅは、第１の基板１１０と、第２の基板１２０と、粒子転写ユニット１３０とを含む粒子転写システム１００を示す。粒子転写システム１００は、パターン１４２内の粒子１４０を第１の基板１１０から第２の基板１２０に転写する。
【００３４】

一実施形態では、粒子転写システム１００はマイクロアセンブリプリンタである。一実施形態では、粒子１４０は、供給材料、マイクロスケール供給材料、トナー、チップレット、機能装置、生体材料のうちの１つまたは複数である。一実施形態では、粒子１４０の各々は、約１０マイクロメートル（μｍ）の高さおよび幅を有する。転写領域（例えば、第１の間隙１１４または第２の間隙１２４内の領域）は、約１ミリメートル（ｍｍ）×１ミリメートル（ｍｍ）であってもよい。一実施形態では、粒子１４０の各々は、約１～１０００μｍの高さおよび幅を有する。別の実施形態では、粒子１４０の各々は、約１～１０ｍｍの高さおよび幅を有する。

【００３５】

粒子転写システム１００は、粒子１４０を機能的な異種システムに統合する。一実施形態では、異種システムは、ミリメートルスケールの異種システムである。一実施形態では、異種システムはミリメートルスケールより大きい。粒子転写システム１００は、粒子１４０を適切に配置するために力を使用して機能アセンブリを形成することができる。機能アセンブリは、サイボーグ組織、電子治療法、階層的スマート機械的製造構造などのうちの１つまたは複数を含むことができる。粒子転写システム１００は、第１の基板１１０（例えば、アセンブリ基板、液体中の粒子を支持する基板）から組付部材（例えば、トナー）を除去し、それらを第２の基板（例えば、最終基板、装置モジュールの基板、装置モジュールの表面）上に配置してもよい。

【００３６】

粒子転写システム１００による転写の間、粒子１４０は、第１の基板１１０上のパターン１４２内、粒子転写ユニット１３０によって固定された場合実質的に同じパターン１４２内、および第２の基板１２０（例えば、永久的に固定された、粒子１４０と第２の基板１２０との間の永久結合など）によって固定された場合実質的に同じパターン１４２内にあってもよい。一実施形態では、パターン１４２内の粒子１４０は、第２の基板１２０上の他の粒子上にパターン１４２に積み重ねられる。実質的に同じパターン１４２を第１の基板１１０および第２の基板１２０上に維持することは、個々の粒子１４０の高位置決めまたは高位置合わせと呼ぶことができる。個々の粒子１４０の高位置決めは、第１の基板１１０上の各粒子１４０の互いの相対距離の１μｍ以内で、第２の基板１２０上の各粒子１４０の互いの相対距離を維持することができる。粒子転写システム１００は、高位置決め（例えば、第１の基板１１０上の相対距離１μｍ以内の粒子）および高いスループットを有することができる。高いスループットは、数百から数千の粒子１４０が毎秒転写されることを特徴とすることができる。高いスループットは、毎秒１mm^2から数百mm^2の範囲内の粒子１４０が粒子転写ユニット１３０を介して転写されることを特徴とすることができる。

【００３７】

図１Ａは、本開示の実施形態による、パターン１４２内に粒子１４０を支持する第１の表面１１２を含む第１の基板１１０を含む粒子転写システムを示す。一実施形態では、粒子１４０は、液体（例えば液体環境中）中で第１の基板１１０によって支持されてもよい。一実施形態では、粒子１４０は、乾燥環境（例えば、空気中、気体中）中で第１の基板１１０によって支持されてもよい。第１の基板１１０は、アセンブリ基板であってもよく、パターン１４２内の粒子１４０は、組付部材（例えば、トナー）であってもよい。一実施形態では、第１の表面１１２は湾曲している。一実施形態では、第１の表面１１２は平面である。

【００３８】

図１Ｂは、本開示の実施形態による、第１の間隙１１４によって第１の基板１１０の第１の表面１１２からオフセットされる外面１３２を含む粒子転写ユニット１３０を含む粒子転写システム１００を示す。一実施形態では、第１の間隙１１４は、粒子１４０と外面１３２との間に間隔を設けることができる。一実施形態では、粒子１４０は、外面１３２に接触していてもよい。一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、１つまたは複数のローラにわたって移動する可撓性基板を含む。別の実施形態では、粒子転写ユニットは軸を

中心に回転する。軸または複数のローラは、第１の表面１１２および第２の表面１２２と実質的に平行であってもよい。別の実施形態では、外面１３２の形状は、第１の表面１１２または第２の表面１２２のうちの１つまたは複数の形状に一致する（例えば、外面１３２および第１の表面は平面であり、外面および第１の表面は曲面であるなど）。粒子転写ユニット１３０は、外面１３２を第１の表面１１２と実質的に平行に整列させ、外面１３２を第１の表面１１２に対して実質的に垂直に平行移動させることができる。

【００３９】

一実施形態では、パターン１４２内の粒子１４０は、粒子転写ユニット１３０に向かって移動する。粒子１４０が第１の基板１１０の第１の表面１１２と粒子転写ユニット１３０の外面１３２との間の第１の間隙１１４内に移動してくると、粒子転写ユニット１３０は回転して一列ずつ粒子１４０と接触するようになる（例えば、図３Ａ、図３Ｂ、図４等）。一実施形態では、パターン１４２内の粒子１４０は、第１の基板１１０上に静止していてもよく、第１の基板１１０は、粒子転写ユニット１３０に向かって移動してもよい。一実施形態では、第１の基板１１０は静止していてもよく、パターン１４２の粒子１４０は粒子転写ユニット１３０に向かって移動してもよい。粒子１４０は、帯電（例えば、電荷で）されてもよく、力（例えば、電気力、磁力、電磁気力など）は、パターン１４２内の粒子１４０を粒子転写ユニットに向かって移動させてもよい。別の実施形態では、粒子１４０は帯電しておらず、誘電泳動力が加えられて、パターン１４２内の粒子１４０を粒子転写ユニット１３０に向かって移動させる。

【００４０】

一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、パターン１４２内の粒子１４０に向かって移動する。粒子転写ユニット１３０は、パターン内の粒子に接触する（例えば、踏む）ことができる（例えば、図５Ａ、図５Ｂ、図５Ｃ）。

【００４１】

一実施形態では、第１の間隙１１４は、１つまたは複数のスペーサによって提供される（例えば、図５Ｃ参照）。１つまたは複数のスペーサは、第１の基板１１０または粒子転写ユニット１３０に予め製造されてもよい。１つまたは複数のスペーサは、第１の基板１１０または粒子転写ユニット１３０に取り外し可能に取り付けることができる。第１の間隙１１４は、粒子１４０の高さよりも高い高さを有することができる。

【００４２】

図１Ｃは、本開示の実施形態による、パターン１４２内の粒子１４０を外面１３２に固定する粒子転写ユニット１３０を含む粒子転写システム１００を示す。

【００４３】

粒子転写ユニット１３０は、粒子１４０が第１の間隙１１４内にあることに応答して、パターン１４２内の粒子１４０を第１の表面１１２から除去することができる。粒子転写ユニット１３０は、パターン１４２内の粒子１４０を力によって外面１３２に固定することができる。一実施形態では、粒子１４０は電荷を有し、粒子転写ユニット１３０は電界を生成し、粒子転写ユニット１３０は、粒子１４０を第１の基板１１０から電気力（例えば、静電気力、電気泳動、他の電気力）によって除去する。別の実施形態では、粒子１４０は実質的に正味電荷を有さず、粒子転写ユニット１３０は電界勾配を生成し、粒子転写ユニット１３０は粒子１４０を第１の基板１１０から誘電泳動的電気力によって除去する。一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、（例えば、チャネル、マイクロピペット、毛髪、合成毛などを介して）毛細管力を介して粒子１４０を第１の基板１１０から除去する。一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、ファンデルワールス力を介して粒子１４０を第１の基板１１０から除去する。一実施形態において、粒子転写ユニット１３０は、真空力によって粒子１４０を第１の基板１１０から除去する。

【００４４】

粒子転写ユニット１３０は、第１の力によって粒子１４０を第１の基板１１０から（例えば、第１の基板１１０上の液体から）除去し、粒子転写ユニット１３０は、粒子転写ユニット１３０が粒子１４０を運ぶ間に、第２の力を介して粒子１４０を粒子転写ユニット１

３０の外面１３２に固定する（例えば、外面１３２に固定された粒子１４０を維持する）。一実施形態では、第１の力および第２の力は、同じタイプの力および同じ大きさである。一実施形態では、第１の力と第２の力は異なる大きさである（例えば、粒子転写ユニット１３０は、粒子１４０を第１の基板１１０から除去するときよりも粒子１４０を運ぶとき強い力を加える、粒子転写ユニット１３０は、粒子１４０を運ぶときよりも粒子１４０を第１の基板１１０から除去するときに強い力を加える）。

【００４５】

図１Ｄは、本開示の実施形態による、第２の間隙１２４によって粒子転写ユニット１３０の外面１３２からオフセットされる第２の表面１２２を含む第２の基板１２０を含む粒子転写システム１００を示す。第２の間隙１２４の高さは、粒子１４０の高さ以下であってもよい。

【００４６】

一実施形態では、粒子転写ユニット１３０の外面１３２は、第１の間隙１１４によって第１の基板１１０の第１の表面１１２から分離され、粒子転写ユニット１３０の外面は、第２の間隙１２４によって第２の基板１２０の第２の表面１２２から分離されてもよい。粒子転写ユニット１３０の外面１３２は移動してもよく（例えば軸回りに回転する（図４参照）、１つまたは複数のローラにわたって転がる（図３Ａ～図３Ｂ参照））、第１の間隙１１４内にある粒子１４０は粒子転写ユニット１３０によって第１の基板１１０から除去され、粒子転写ユニットによって外面１３２に固定され、外面１３２と第２の表面１２２との間の第２の間隙１２４に運ばれる（例えば、回転される（図４参照）、可撓性基板を介して移動される（図３Ａ～図３Ｂ参照））。

【００４７】

一実施形態では、第１の基板１１０は第１の位置に配置され、第２の基板１２０は第２の位置に配置される。粒子転写ユニット１３０は、第１の移動を行い（例えば、第１の位置に押印される）、粒子転写ユニットの外面１３２と第１の基板１１０の第１の表面１１２との間に第１の間隙１１４を形成してもよい。粒子転写ユニット１３０は、第２の移動を行い（例えば、第２の位置に押印される）、外面１３２と第２の基板１２０の第２の表面１２２との間に第２の間隙１２４を形成してもよい（図５Ａ～図５Ｃ参照）。別の実施形態では、粒子転写ユニット１３０は静止したままであり、第１の基板１１０および第２の基板１２０が移動してもよい（例えば、第１の基板１１０は第１の移動を行って第１の間隙１１４を生成し、第２の基板１２０は第２の移動を行って（例えば、第１の基板１１０が除去された後に）第２の間隙を形成してもよい）。第１の間隙１１４内にある粒子１４０は粒子転写ユニット１３０によって第１の基板１１０から除去され、粒子転写ユニットによって外面１３２に固定され、外面１３２と第２の表面１２２との間の第２の間隙１２４に運ばれてもよい（例えば、粒子転写ユニット１３０を移動させることによって、第１の基板１１０および第２の基板１２０を移動させることによって）。

【００４８】

一実施形態では、第２の間隙１２４は、１つまたは複数のスペーサによって提供される（例えば、図５Ｃ参照）。１つまたは複数のスペーサは、第２の基板１２０または粒子転写ユニット１３０に予め製造されてもよい。１つまたは複数のスペーサは、第２の基板１２０または粒子転写ユニット１３０に取り外し可能に取り付けることができる。第２の間隙１２４は、粒子１４０の高さよりも低い高さを有することができる。

【００４９】

図１Ｅは、本開示の実施形態による、粒子１４０をパターン１４２内に固定するための第２の表面１２２を含む第２の基板１２０を含む粒子転写システム１００を示す。

【００５０】

第２の基板１２０は、粒子が第２の間隙１２４内にあることに応答して、パターン１４２内の粒子１４０を粒子転写ユニット１３０から除去する。粒子１４０は、パターン１４２内で第２の表面１２２に固定される。

【００５１】

一実施形態では、第２の表面１２２は、接着剤、フォトレジスト、ポリマー、シリコン、またはポリジメチルシロキサン（ＰＤＭＳ）のうちの１つまたは複数を含む粘着面を含む。粘着面は、第２の表面１２２の一部または第２の表面１２２の表面全体を覆うことができる。粘着面は、第２の表面１２２上のパターン内（例えば、碁盤目状）にあってもよい。第２の基板１２０は、粒子１４０が粘着面に接触することに応答して、粒子転写ユニット１３０から粒子１４０を除去し、粒子１４０を第２の表面１２２に固定することができる。

【００５２】

一実施形態では、第２の基板１２０は、第２の力を介してパターン１４２内の粒子１４０を粒子転写ユニット１３０から除去する。第２の力は、粒子１４０を外面１３２に固定するために粒子転写ユニット１３０が及ぼす力より大きくてもよい。例えば、第２の基板１２０は、粒子１４０に第２の電気力を加え、粒子転写ユニット１３０は、粒子１４０に第１の電気力を及ぼすことができ、第２の電気力は第１の電気力より大きい。一実施形態では、第２の基板１２０は、第１の粒子転写ユニット１３０によって及ぼされるタイプの力とは異なるタイプの力を粒子１４０に及ぼすことができる。第２の基板１２０によって加えられる力および粒子転写ユニット１３０によって加えられる力は、接着力（例えば、互いに付着する機械力）、真空力、毛細管力、凝集力（例えば、分子間力、水素結合、ファンデルワールス力など）、電気力（静電気力、電気泳動力、誘電泳動力、その他の電気力など）などから選択されてもよい。

【００５３】

一実施形態では、粒子転写ユニット１３０によって使用される力は、第２の間隙１２４に位置する外面１３２の部分で変調する（例えば、オフにされる、低下される）ことができる（例えば、外面１３２の部分で発生した電界は、外面１３２の一部が第２の間隙１２４を形成するのに応答して、オフにするか、または下げることができる）。

【００５４】

図２は、本開示の実施形態による、パターン１４２内の粒子１４０を第１の基板１１０から第２の基板１２０に転写する方法２００を示すフロー図である。

【００５５】

ブロック２１０において、粒子転写ユニット１３０または粒子１４０のうちの１つまたは複数が移動される。粒子１４０は、第１の基板１１０上のパターン１４２内にある。粒子は、移動に応答して、第１の基板１１０と粒子転写ユニット１３０の外面１３２との間の第１の間隙１１４内にある。一実施形態では、ブロック２１０は、第１の基板１１０を粒子転写ユニット１３０に向かって移動させて、パターン１４２内の粒子１４０を第１の間隙１１４に移動させることを含む（例えば、粒子１４０は第１の基板１１０に対して移動しない）。一実施形態では、ブロック２１０は、パターン１４２内の粒子１４０を第１の間隙１１４に移動させることを含む（例えば、粒子１４０は帯電され、第１の基板および粒子転写ユニット１３０は静止しており、電気力によって粒子１４０は粒子転写システムに向かって移動される）。一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は移動して、粒子１４０が配置される第１の間隙１１４を生成する（例えば、粒子転写ユニット１３０が粒子１４０上に押印される）。

【００５６】

ブロック２２０において、パターン１４２内の粒子１４０は、第１の基板１１０から（例えば、粒子転写ユニット１３０によって）除去される。ブロック２２０は、粒子１４０が第１の間隙１１４内にある（例えば、ブロック２１０）ことに応答してもよい。ブロック２２０は、粒子転写ユニット１３０が粒子１４０を第１の基板１１０から力で除去することを含むことができる。力は、接着力（例えば、互いに付着する機械力）、真空力、毛細管力、凝集力（例えば、分子間力、水素結合、ファンデルワールス力など）、電気力（例えば、静電気力、電気泳動力、誘電泳動力、その他の電気力など）などのうちの１つまたは複数であってもよい。一実施形態では、ブロック２２０は、粒子１４０が第１の間隙１１４内に移動し、粒子転写ユニット１３０の外面１３２に固定されることによって第１の

基板１１０から除去されることに応答する（例えば、外面１３２が１つまたは複数のローラの周りを移動するとき（図３Ａ～図３Ｂ参照）、外面１３２が軸を中心に回転するとき（図４参照）、外面１３２が第１の基板１１０上に配置され、第１の基板１１０から取り外されるとき（図５Ａ～図５Ｃ））。

【００５７】

一実施形態では、方法２００は、粒子転写ユニット１３０に電圧を印加して電界を生成することを含むことができる。ブロック２２０は、第１の基板１１０上の液体からパターン１４２内の粒子１４０を転写させるために電気力を使用することを含むことができる。ブロック２２０は、正確な微少間隙制御を維持することによって（例えば、正確な第１の間隙１１４を維持するためにスペーサを使用して）、高位置合わせを容易にできる（例えば、第１の基板１１０上の粒子１４０のパターン１４２と、粒子転写ユニット１３０上で実質的に同じパターン１４２内にある粒子１４０）。ブロック２２０は、第１の基板と外面１３２を平行に整列して維持することによって、高位置合わせを容易にすることができる。

【００５８】

ブロック２３０において、粒子１４０は、外面１３２と第２の基板１２０との間の第２の間隙１２４内にあるように（例えば、粒子転写ユニットによって）運ばれる。ブロック２３０は、粒子転写ユニット１３０によって運ばれる外面１３２に固定された粒子１４０を含むことができる。ブロック２３０は、力を介して粒子１４０を粒子転写ユニット１３０に固定することを含むことができる。一実施形態では、力は、ブロック２２０において加えられるのと同じタイプまたは量であってもよい。一実施形態では、力は、ブロック２２０において加えられる力とは異なるタイプである。一実施形態では、力は、ブロック２２０において加えられる力とは異なる量の力である。粒子１４０は、粒子１４０を外面１３２に固定することと、外面１３２を１つまたは複数のローラの周りに移動させる（図３Ａ～図３Ｂ参照）、外面１３２を軸の周りに回転させる（図４参照）、外面１３２を第１の基板１１０上に配置し、外面１３２を第１の基板１１０から除去すること（図５Ａ～図５Ｃ参照）のうちの１つまたは複数によって輸送されてもよい。

【００５９】

ブロック２４０において、粒子１４０は、粒子転写ユニット１３０から除去される（例えば、第２の基板１２０によって）。ブロック２４０は、粒子１４０が第２の間隙１２４内にあることに応答してもよい。粒子１４０は、パターン１４２内で第２の基板１２０に固定される。第２の基板１２０は、粘着性の表面を含む第２の表面１２２を含むことができる。ブロック２４０は、粒子１４０を第２の基板１２０の粘着面と接触させることを含んでもよい（例えば、応答してもよい）。一実施形態では、粘着面が第２の基板１２０上に形成され、中間基板が第２の基板１２０上を回転し、粒子１４０が粘着面に接触することに応答して、中間基板上の粒子１４０が第２の基板１２０によって持ち上げられる。粘着面は、接着剤、フォトレジスト、ポリマー、シリコン（例えば、Ｇｅｌ－Ｐａｋ（登録商標）シリコンフィルム）、およびＰＤＭＳを含む（ただし、これらに限定されない）材料を使用して作製することができる。

【００６０】

一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、可撓性基板および１つまたは複数のローラを含み、外面１３２は可撓性基板の外面である。ブロック２２０（例えば、移動）は、パターン１４２内の粒子１４０を可撓性基板に向かって移動させることを含むことができる。ブロック２３０（例えば、転写）は、可撓性基板を１つまたは複数のローラ上で転がすことを含むことができる。

【００６１】

一実施形態では、粒子転写ユニット１３０の外面１３２は平面である。ブロック２１０（例えば、移動）は、粒子転写ユニット１３０を第１の基板１１０上に配置することを含むことができる。ブロック２２０（例えば、除去）は、粒子転写ユニット１３０を第１の基板１１０から取り外すことを含むことができる。ブロック２３０（例えば、転写）は、粒子転写ユニット１３０を第２の基板１２０上に移動させることを含むことができる。ブロ

ック２４０（例えば、除去）は、粒子転写ユニット１３０を第１の基板１１０上に配置した後に、粒子転写ユニット１３０を第２の基板１２０上に配置する（例えば、第２の基板１２０の粘着面上の粒子１４０に接触させる）（例えば、さらに第２の基板１２０から粒子転写ユニット１３０を除去する）ことを含む。

【００６２】

方法２００は、ブロック２２０（例えば、粒子１４０を第１の基板１１０から除去する）の後で、ブロック２４０（例えば、粒子１４０を粒子転写ユニット１３０から除去する）の前に粒子１４０を洗浄することを含むことができる。洗浄の例には、粒子からの液体のエアナイフまたは真空誘導された除去、溶媒流による粒子のすすぎなどが含まれる。

【００６３】

一実施形態では、粒子転写システム１００は、複数の粒子転写ユニットを含むことができる。粒子転写ユニットは、粒子を第１の基板から第２の基板に転写するために代わりに使用してもよい（例えば、第１の基板から第２の基板へ粒子を取り込むための複数の粒子転写ユニット）。複数の粒子転写ユニットを使用すると、転写速度が増加する可能性がある。粒子転写システム１００は、１～数十個の粒子転写ユニットを含むことができる。

【００６４】

例えば、第１の複数の粒子を第１の基板１１０上に組み立てることができる。第１の粒子転写ユニットは、第１の複数の粒子を第１の基板１１０から除去し、第１の複数の粒子を運ぶことができる。第２の複数の粒子は、第１の基板１１０上に組み立てられ、第１の粒子転写ユニットが第２の複数の粒子を除去する準備が整う前に、運ばれる準備ができていてもよい。第２の粒子転写ユニットは、第１の基板１１０から第２の複数の粒子を除去し、第２の複数の粒子を運ぶことができる。

【００６５】

一実施形態では、方法２００は、２つ以上の粒子転写ユニット１３０（例えば、２つ以上の中間基板）および追加の転写操作を有する。

【００６６】

図３Ａ～図４は、回動または回転転写方式（例えば、粒子転写ユニット１３０がローラ３０４または曲面を含む）で粒子１４０を（例えば、連続的に）転写するための粒子転写システム１００を示す。回動転写方式では、ローラ３０４の軸は、対応する基板に対して平行であり（例えば、ローラ３０４ａの軸は、第１の基板１１０の第１の表面１１２と平行であり、ローラ３０４ｂの軸は、第２の基板１２０の第２の表面１２２と平行である）、さらに表面の相対運動に垂直に整列して、対象転写域にわたって接触するか、または均一な距離を有するようにされる（例えば第１の間隙１１４および第２の間隙１２４）。回転転写方式では、軸４１０は、第１の表面１１２および第２の表面１２２に平行であり、対象転写領域にわたって接触するか、または均一な距離を有するようにされる（例えば、第１の間隙１１４、第２の間隙１２４）。

【００６７】

回転するか、またはローラを含む粒子転写ユニット１３０は、平面の粒子転写ユニット１３０よりも高いスループットを有することができる。回転するか、またはローラを含む粒子転写ユニット１３０は、粒子１４０を第１の基板から第２の基板に一列ずつ転写してスループット（転写速度）を向上させることができる。

【００６８】

図３Ａは、本開示の実施形態による、パターン１４２内の粒子１４０を第１の基板１１０から第２の基板１２０に転写するための１つまたは複数のローラ３０４（例えばローラ３０４ａ、ローラ３０４ｂ）と可撓性基板３０２とを含む粒子転写ユニット１３０を含む粒子転写システム１００を示す。

【００６９】

パターン１４２内の１つまたは複数の粒子１４０または第１の基板１１０は、第１の速度で粒子転写ユニット１３０に向かって移動することができる。可撓性基板３０２は、１つまたは複数のローラ３０４の周りで第２の速度で回転することができる。第２の基板１２

０は、第３の速度で（例えば、第１の基板１１０から反対方向に）移動することができる。一実施形態では、第１、第２および第３の速度は実質的に等しく、各粒子１４０は、同じパターン１４２を形成し、第１の基板１１０上で、粒子転写ユニット１３０の可撓性基板３０２上で、および第２の基板１２０上で互いに同じ距離にある。一実施形態では、第１、第２および第３の速度のうちの２つ以上が互いに異なり、粒子１４０の各々が同じパターン１４２を形成するが、第１の基板１１０上で、粒子転写ユニットの可撓性基板３０２上で、および第２の基板１２０上のうちの２つ以上で互い距離が異なる（例えば、粒子１４０のパターン１４２が拡張され、粒子のパターン１４２が凝縮され、第２の基板１２０上の粒子１４０のパターン１４２は、第１の基板１１０上の粒子１４０のパターン１４２からの増幅された距離を有する）。粒子１４０は、第１の基板１１０上で、粒子転写ユニットの可撓性基板３０２上で、および第２の基板１２０上で互いに比較的同じ距離にある。例えば、第１の基板１１０上で、第１の粒子は第２の粒子から２ミリメートル（ｍｍ）であり、第２の粒子は第３の粒子から４ｍｍであり、第２の基板１２０に転写された後、第１の粒子は第２の粒子から１ｍｍであり、第２の粒子は第３の粒子から２ｍｍである。

【００７０】

図３Ｂは、本開示の実装形態による、パターン１４２内の粒子１４０を第１の基板１１０から第２の基板１２０に転写するための１つまたは複数のローラ３０４と可撓性基板３０２とを含む粒子転写ユニット１３０を含む粒子転写システム１００を示す。

【００７１】

粒子転写ユニット１３０は、可撓性基板３０２を１つまたは複数のローラ３０４にわたって移動させるモータ３１０（例えば、圧電モータ、電気モータなど）を含むことができる。粒子転写システム１００は、ローラ３０６を含むことができる。１つまたは複数のローラ３０６は、第２の基板１２０を支持してもよい。１つまたは複数のローラ３０６は、粒子転写ユニット１３０の可撓性基板３０２の移動に対して第２の基板１２０を移動させるためにモータ駆動されてもよい。一実施形態では、ローラ３０６のうちの１つまたは複数が第２の基板１２０を可撓性基板３０２の速度と同じ速度で移動させ、粒子１４０は、可撓性基板３０２上と、第２の基板１２０上に転写された後で、同じパターン１４２および互いに同じ距離にある。一実施形態ではローラ３０６のうちの１つまたは複数が第２の基板１２０を可撓性基板３０２の速度と異なる速度で移動させ、粒子１４０は、可撓性基板３０２上と、第２の基板１２０上に転写された後で同じパターン１４２であり、互いに同じ相対距離にある（例えば、同じファクタによって互いに距離が大きくなるか、または互いからより小さい距離になるようにスケーリングされる）。

【００７２】

粒子転写ユニット１３０は、調節可能部３０８を含むことができる。調節可能部３０８は、１つまたは複数のローラ３０４と可撓性基板３０２との間の緊密な嵌合を維持するように調節可能であってもよい。調節可能部は、外面１３２と対応する表面（例えば、第１の基板１１０の第１の表面１１２、第２の基板１２０の第２の表面１２２）との間に平行で整列した間隙（例えば、第１の間隙１１４、第２の間隙１２４）を維持するように調節可能であってもよい。一実施形態では、調節可能部３０８は、可撓性継手（例えば、可撓性継手５１０）であってもよい。

【００７３】

図４は、本開示の実施形態による、パターン１４２内の粒子１４０を第１の基板１１０から第２の基板１２０に転写するために軸４１０を中心に回転する粒子転写ユニット１３０を含む粒子転写システム１００を示す。

【００７４】

図４の粒子転写ユニット１３０は、図３Ａまたは図３Ｂの粒子転写ユニットと同様であってもよい。粒子転写ユニット１３０は、軸４１０を中心に回転する（例えば、ローラおよび可撓性基板を有するのとは対照的に）。粒子転写ユニット１３０は可撓性でなくてもよい。粒子転写ユニットは、円形の断面（例えば、円筒形であってもよい）を有してもよい。一実施形態では、軸４１０は、第１の基板１１０および第２の基板１２０と実質的に平

行である。一実施形態では、軸４１０は、第１の間隙１１４内の第１の表面１１２の一部と、第２の間隙１２４内の第２の表面１２２の一部とに実質的に平行である。

【００７５】

図５Ａ～図５Ｃは、平面転写方式で粒子１４０を転写するための粒子転写システム１００を示す。平面転写方式では、２つの平面基板（例えば、第１の基板１１０と粒子転写ユニット１３０、第２の基板１２０と粒子転写ユニット１３０）は、対象の転写領域にわたって接触するか、または均一な距離を有するように平行である。可撓性継手設計は、粒子転写ユニット１３０の第１の基板１１０および第２の基板１２０に対する整列および平行化を容易にする。可撓性継手５１０は、図５Ａ～図５Ｂに関連して示されているが、可撓性継手５１０は、異なる実施形態（例えば、図３Ａ～図４）で使用されて、粒子転写ユニット１３０の第１の基板１１０および第２の基板１２０に対する整列および平行化を容易にすることができる。

【００７６】

図５Ａは、本開示の実施形態による、可撓性継手５１０を含む粒子転写ユニット１３０を含む粒子転写システム１００を示す。

【００７７】

粒子転写システム１００は、第１の基板１１０と粒子転写ユニット１３０との間、および第２の基板１２０と粒子転写ユニット１３０との間の平行度および整列に応答して、高位置合わせ（例えば、第２の基板１２０上の粒子１４０のパターン１４２は、第１の基板１１０上の粒子１４０のパターン１４２と実質的に同じである）および高い収率（例えば、実質的に全ての粒子１４０が第１の基板１１０から第２の基板１２０に転写される）をもたらすことができる。

【００７８】

粒子転写ユニット１３０は、可撓性継手５１０（例えば、基板保持固定具内の可撓性継手５１０）および中間基板５２０を含むことができる。可撓性継手５１０は、中間基板５２０が自己適応して、第１の基板１１０（例えば、下部基板）上の粒子１４０と平行に接触することを可能にしてもよい。パターン１４２内の全ての粒子１４０は、中間基板５２０の外面１３２に接触することができる。

【００７９】

いくつかの実施形態では、中間基板５２０は基板保持固定具に結合される。中間基板５２０は、中間基板５２０が厳密に制御された平行性および分離で第１の基板１１０（例えば、アセンブラプレート）および第２の基板１２０（例えば、レシーバプレート、最終基板）に近接されるように整列され、運ばれる。

【００８０】

図５Ｂは、本開示の実施形態による、可撓性継手５１０を含む粒子転写ユニット１３０を含む粒子転写システム１００を示す。

【００８１】

中間基板５２０は、１つまたは複数の可撓性継手５１０に結合され、中間基板５２０は、１つまたは複数の可撓性継手５１０によって第１の基板１１０上に配置され、パターン１４２内の粒子１４０を第１の基板１１０から除去する。中間基板５２０は、１つまたは複数の可撓性継手５１０によって第２の基板１２０上に配置され、パターン１４２内の粒子１４０を第２の基板１２０に転写する。１つまたは複数の可撓性継手５１０は、自在継手、コンプライアント継手、バネ付き継手、またはゴム製可撓性継手のうちの１つまたは複数を含み得る。可撓性機構（粒子転写ユニット１３０）は、複数の継手または全ての固定具の標準準拠設計を含むことができる（１つのジョイントに限定されない）。

【００８２】

図５Ｃは、本開示の実施形態による、粒子転写ユニット１３０と、粒子転写ユニット１３０の外面１３２と基板の表面（例えば、第１の基板１１０の第１の表面１１２、第２の基板１２０の第２の表面１２２）との間の間隙（例えば、第１の間隙１１４、第２の間隙１２４）を提供するための１つまたは複数のスペーサ５３０とを含む粒子転写システム１０

０を示す。
【００８３】
図５Ｃに関連して１つまたは複数のスペーサ５３０が示されているが、１つまたは複数のスペーサが異なる実施形態（例えば、図３Ａ～図５Ｂ）で使用されて、粒子転写ユニット１３０と、第１の基板１１０または第２の基板１２０のうちの１つまたは複数との整列および平行化ならびに外面１３２と基板表面（例えば、第１の基板１１０の第１の表面１１２、第２の基板１２０の第２の表面１２２）との間の間隙（例えば、第１の間隙１１４、第２の間隙１２４）の生成を容易にすることができる。
【００８４】
外面１３２と基板の表面（例えば、第１の基板１１０の第１の表面１１２、第２の基板１２０の第２の表面１２２）との間の間隙（例えば、第１の間隙１１４、第２の間隙１２４）は、粒子１４０の高さより大きくてもよく、その結果、粒子１４０は、転写が起こる前に、かつ、生じたときに、粒子１４０が第１の基板１１０から中間基板５２０に横方向に自由に移動できる。いくつかの実施形態では、間隙は、転写領域（例えば、第１の間隙１１４を形成する表面の一部、第２の間隙１２４を形成する表面の一部）にわたって最小化され（例えば１～１０μｍのマイクロスケールまで）均一であり、高位置合わせ転写を達成する。間隙の正確な制御を達成するために、１つまたは複数のスペーサ５３０を使用することができる。一実施形態では、１つまたは複数のスペーサ５３０の各々は、粒子１４０の高さよりも大きい高さを有することができる。一実施形態では、１つまたは複数のスペーサ５３０の各々は、粒子１４０の高さと実質的に同じ高さを有してもよい。１つまたは複数のスペーサ５３０は、中間基板５２０と第１の基板１１０または第２の基板１２０との間にあってもよい。間隙（例えば、第１の間隙１１４、第２の間隙１２４）は、１つまたは複数のスペーサ５３０の高さに基づくことができる。
【００８５】
一実施形態では、１つまたは複数のスペーサ５３０は、１つまたは複数の基板上（例えば、第１の基板１１０、第２の基板１２０、中間基板５２０など）の予め作製されたテラス、ストライプ、任意のパターンなどであってもよい（例えば一体化されている、取り外し可能に結合されていない）。一実施形態では、１つまたは複数のスペーサ５３０は、１つまたは複数の基板（例えば、第１の基板１１０、第２の基板１２０、中間基板５２０など）に永久的に取り付けられない（例えば、取り外し可能に結合される）。一実施形態では、１つまたは複数のスペーサ５３０は、１つまたは複数の基板（例えば、第１の基板１１０、第２の基板１２０、中間基板５２０など）を使用して操作でき、位置に配置できる帯電物体である。間隙は、異なる高さの１つまたは複数のスペーサ５３０を使用して調節することができる（例えば、第１の高さのスペーサ５３０を第２の高さの粒子と共に使用し、第３の高さのスペーサを第４の高さの粒子と共に使用することができる）。
【００８６】
一実施形態では、第１のスペーサ５３０ａおよび第２のスペーサ５３０ｂは、粒子転写ユニット１３０に結合されてもよい。第１のスペーサ５３０ａと第２のスペーサ５３０ｂとの間の距離は、第１の基板１１０または第２の基板１２０のうちの１つまたは複数の幅より大きくてもよい（例えば、第１または第２の基板は、スペーサ５３０が第１または第２の基板に接触しないように、第１および第２のスペーサ５３０間に嵌合することができる）。一実施形態では、１つまたは複数の基板は、１つまたは複数のスペーサ５３０を収容するための１つまたは複数の凹部またはくぼみを有することができる。
【００８７】
図６Ａは、本開示の実施形態による、第１の電極６２０および第２の電極６４０を含む粒子転写ユニット１３０の側面断面を示す。
【００８８】
粒子転写ユニット１３０は、基板６１０（例えば、中間基板、印加電圧で電界を生成する電極格子設計を有する電極格子基板）を含む。基板６１０は、プリント回路基板（ＰＣＢ）、可撓性回路、微小電気機械システム（ＭＥＭＳ）、半導体、または他の多層装置の製

造プロセスを使用して製造することができる。
【００８９】
粒子転写ユニット１３０は、基板上の少なくとも２つの電極と、少なくとも２つの電極間の誘電体層６３０とを含む。電極の各々は、導電性材料の単一層または複数層であってもよく、誘電体層は導電性ではない、または最小限の導電性であってもよい。電極は、化学蒸着（ＣＶＤ）、物理蒸着（ＰＶＤ）、塗装、溶射、蒸発、スパッタリング、スクリーン印刷、ワイヤーコーティング、インクジェット印刷、薄膜ラミネート、めっきなどを含む（しかしこれらに限定されない）成膜技術を使用して形成されてもよい。
【００９０】
一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、基板６１０上の第１の電極６２０、第１の電極６２０上の誘電体層６３０、および誘電体層６３０上の第２の電極６４０を含む。基板６１０は、１つまたは複数の層を含むことができる。第１の電極６２０は基板６１０の第１の層上にあってもよく、基板６１０の第２の層は第２の電極６４０上にあってもよい。第１の電極６２０は、露出部分６２２（例えば、基板６１０によって覆われていない）を有してもよく、第２の電極６４０は、露出部分６４２（例えば、基板６１０によって覆われない）を有してもよい。
【００９１】
第１の電極６２０および第２の電極６４０は、第１の基板１１０からパターン１４２内の粒子１４０を除去し、パターン１４２内の粒子１４０を粒子転写ユニット１３０に固定し、パターン１４２内の粒子１４０を第２の基板１２０に転写するための電界を形成する。粒子１４０は、帯電されてもよい（例えば、粒子転写ユニット１３０によって生成された電界により除去されるために適切に帯電され、粒子転写システムによって引き付けられるように帯電される）。電界は、粒子１４０を持ち上げ、粒子１４０を基板６１０上に保持する電気力を生成する。電気力は、粒子１４０の電荷のタイプに応じて、（限定されないが）静電気力、電気泳動力、または誘電泳動力を含むことができる。転写の間、電気信号（例えば、数ボルトから数百ボルトのピークツーピーク振幅を有するＡＣまたはＤＣ信号）を変調して、粒子１４０と基板６１０との間の接着を制御することができる。
【００９２】
第１の電極６２０は、連続層であってもよい。第２の電極６４０は、第１の電極格子および第２の電極格子を含む格子パターン（例えば、正方形の格子パターン）を含むことができる。第１の電極格子は、第２の電極格子から独立して給電されて、電界を局所的に変調することができる（例えば、各電極格子ピクセルは独立して給電して局所的に電界を変調する）。電極は、ある領域内の電極格子が独立して給電されることを可能にする設計を有し、局所的に電界を変調することができる。電界は、第１の基板１１０から粒子１４０を除去し、粒子１４０を粒子転写ユニット１３０に固定する電気力を生成することができる。基板６１０の上側（外面１３２）に集中した不均一な電界を発生させることができる。様々な粒子サイズ、形状、電荷、および材料に対する電界の所望の分布を生成するために、異なる電極設計を選択して最適化することができる。
【００９３】
一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、粒子転写ユニット１３０に光学的に給電するための統合された感光スイッチを含むことができる。
【００９４】
一実施形態では、基板６１０は可撓性であってもよく（例えば、可撓性基板３０２であってもよい）、１つまたは複数のローラ（例えば、１つまたは複数のローラ３０４）に結合されてもよい。基板６１０は、ローラ３０４上で回転して、粒子１４０を除去し、運ぶことができる（図３Ａ～図３Ｂ参照）。
【００９５】
一実施形態では、基板６１０は、軸４１０を含む剛性湾曲基板である。基板は軸４１０を中心に回転して、粒子１４０を第１の基板１１０から除去し、粒子１４０を第２の基板１２０に運ぶことができる（図４参照）。

【００９６】
一実施形態では、基板６１０（例えば、中間基板５２０）は、１つまたは複数の可撓性継手５１０に結合される。基板６１０は、１つまたは複数の可撓性継手５１０によって第１の基板１１０上に配置され、粒子１４０を第１の基板１１０から除去してもよい。基板６１０は、１つまたは複数の可撓性継手５１０によって第２の基板１２０上に配置され、粒子１４０を第２の基板１２０に転写してもよい（図５Ａ～図５Ｃ参照）。
【００９７】
図６Ｂは、本開示の実施形態による、第１の電極６２０および第２の電極６４０を含む粒子転写ユニット１３０の上面断面を示す。図６Ｂは、図６Ａに表示された粒子転写ユニット１３０を第２の電極６４０を横切って切断した断面図を示してもよい。
【００９８】
図６Ｂは、基板６１０の断面と、第１の電極６２０の露出部分６２２（例えば、第１の電極６２０および誘電体層６３０の非露出部分は表示されない（断面の下））と、第２の電極６４０の断面（例えば、第２の電極６４０上に配置された基板６１０の層は表示されない）とを示す。
【００９９】
上述のように、第１の電極６２０は連続的な層であり、第２の電極６４０は第１の電極格子６４４および第２の電極格子６４６を含む格子パターンを含むことができる。電極格子のピッチは、約５０μｍであってもよい。第１の電極格子６４４は、第２の電極格子６４６から独立して電力供給されて、電界を局所的に変調してもよい。
【０１００】
図７Ａは、本開示の実施形態による、第１の基板１１０上のパターン１４２内の粒子１４０を示す。一実施形態では、図７Ａは、第１の基板１１０の底面から見た画像である。第１の基板１１０は透明（例えば、ガラス基板）であり、粒子１４０は第１の基板１１０の上面にある。
【０１０１】
一実施形態では、粒子１４０は、チップレット（例えば、各チップレットは、マイクロプロセッサ、コンピュータメモリ、電子回路、微少電気機械システム（ＭＥＭＳ）、センサなどのうちの１つまたは複数を含むことができる）であってもよい。
【０１０２】
一実施形態では、粒子は、第１の基板１１０上に液体７００（例えば、イソパラフィン流体、合成イソパラフィン、Ｉｓｏｐａｒ（商標）イソパラフィン流体など）中に存在してもよい。
【０１０３】
粒子転写ユニット１３０は、第１の基板１１０上の液体７００からパターン１４２内の粒子１４０を除去することができる。一実施形態では、第２の基板１２０に転写される前に粒子１４０を洗浄してもよい（例えば、粒子１４０から液体７００を除去する）。
【０１０４】
図７Ｂは、本開示の実施形態による、粒子転写ユニット１３０上のパターン１４２内の粒子１４０を示す。一実施形態では、図７Ｂは、粒子転写ユニット１３０の底面から見た画像である。粒子１４０は、粒子転写ユニット１３０の底面上に存在することができる。
【０１０５】
一実施形態では、粒子転写ユニット１３０は、パターン１４２内の粒子１４０を第１の基板１１０および液体７００（例えば、液体環境）から持ち上げ、第２の基板１２０に転写する。一実施形態では、第２の基板１２０は、乾燥していてもよい（例えば、空気または他の気体中であり、液体中ではない）。一実施形態では、第２の基板は、液体７００とは異なる液体中にあってもよい。一実施形態では、粒子１４０は、液体環境（例えば、第１の基板１１０上から）から乾燥環境（例えば、液体７００で第２の基板１２０を汚染しないように液体７００なしで第２の基板１２０に）に転写できる。一実施形態では、粒子１４０は、第１の液体環境（例えば、第１の基板１１０上から）から第２の液体環境（例え

ば、液体７００で第２の基板１２０を汚染しないように液体７００なしで第２の基板１２０に）に転写できる。

【０１０６】

粒子転写ユニット１３０上の粒子１４０のパターン１４２（例えば、図７Ｂ）は、第１の基板１１０上の粒子１４０のパターン１４２（例えば、図７Ａ）と実質的に同じであってもよい。一実施形態では、粒子１４０は、第１の基板１１０上であったときのように、第２の基板１２０上で互いに実質的に同じ距離にある（例えば、１μｍ内）。一実施形態では、粒子１４０は、第１の基板上であったときのように、第２の基板１２０上で互いに実質的に同じ相対距離である。

【０１０７】

一実施形態では、５０μｍの電極格子基板（例えば、粒子転写ユニット１３０）を使用して、約２００μｍ×２００μｍの帯電シリコンチップを液体環境（Ｉｓｏｐａｒ（商標）、Ｉｓｏｐａｒ（商標）ｂａｔｈなど）から転写する。信号が粒子転写ユニット１３０に加えられてもよく、加えられた信号は、１キロヘルツで２５０Ｖｐｅａｋ－ｐｅａｋ振幅を有する方形波であってもよく、液体環境から粒子１４０を持ち上げ、パターンの忠実性を保つことができる電気力を提供してもよい。

【０１０８】

説明を簡単にするために、本開示の方法は、一連の動作として示され、説明される。しかし、本開示による動作は、様々な順序で、および／または並行して、また本明細書に提示および記載されていない他の動作と共に起こり得る。さらに、開示された主題による方法を実施するために、図示された全ての動作が必要とされるわけではない。

【０１０９】

本開示の実施形態は、粒子１４０をパターン１４２に転写することに関して論じられたが、本明細書に記載される１つまたは複数の構成要素または材料は、他の転写システムにおいて利用されてもよい。したがって、本開示の実施形態は、パターン１４２内の粒子１４０に限定されない。

【０１１０】

前述の説明では、多くの詳細が述べられている。しかしながら、本開示の恩恵を受ける当業者にとっては、これらの特定の詳細なしで本開示の実施形態を実践することができることは明らかであろう。いくつかの例では、本開示を不明瞭にすることを避けるために、特定の構造および装置が詳細ではなくブロック図形式で示されている。そのような構造および装置の詳細、ならびにそれらを製造するための様々なプロセスは、当業者の範囲内にあると理解されるべきである。

【０１１１】

本明細書で使用する「ａｂｏｖｅ」、「ｕｎｄｅｒ」、「ｂｅｔｗｅｅｎ」および「ｏｎ」という用語は、他の層に対する１つの層の相対的な位置を指す。例えば、別の層の上に（ａｂｏｖｅ）または別の層の下（ｕｎｄｅｒ）に配置される１つの層は、他の層と直接接触してもよく、または１つまたは複数の介在層を有してもよい。さらに、層の間に配置された１つの層は、層と直接接触していてもよく、１つまたは複数の介在層を有していてもよい。対照的に、第２の層「上（ｏｎ）」または「上（ｏｎｔｏ）」に堆積された第１の層は、その第２の層と直接接触している。さらに、他の層に対する１つの層の相対位置は、初期ディスクが開始基板であり、後続の処理は、基板の絶対配向を考慮することなく膜を堆積、修正および基板から除去すると仮定して提供される。したがって、基板の両面に堆積される膜は、基板の両面の「上に（ｏｖｅｒ）」存在する。

【図面】

【図１Ａ】

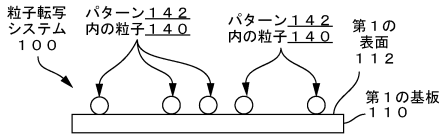

図１Ａ

【図１Ｂ】

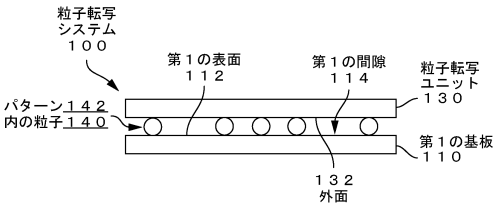

図１Ｂ

【図１Ｃ】

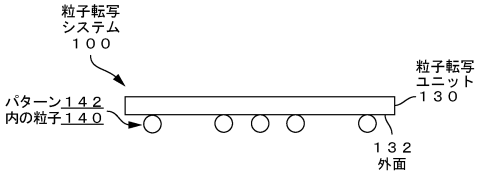

図１Ｃ

【図１Ｄ】

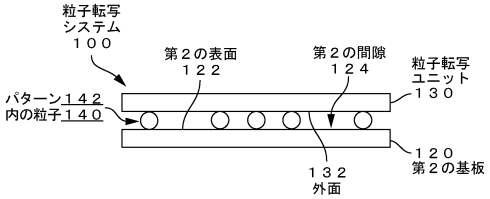

図１Ｄ

【図１Ｅ】

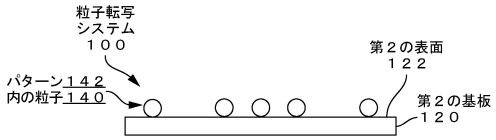

図１Ｅ

【図２】

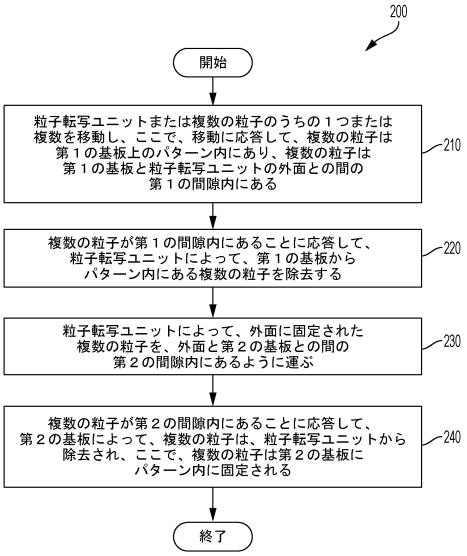

図２

【図３Ａ】

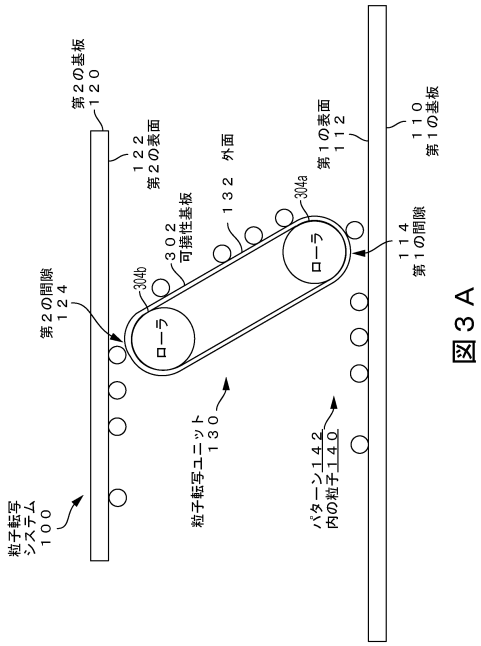

図３Ａ

【図３Ｂ】

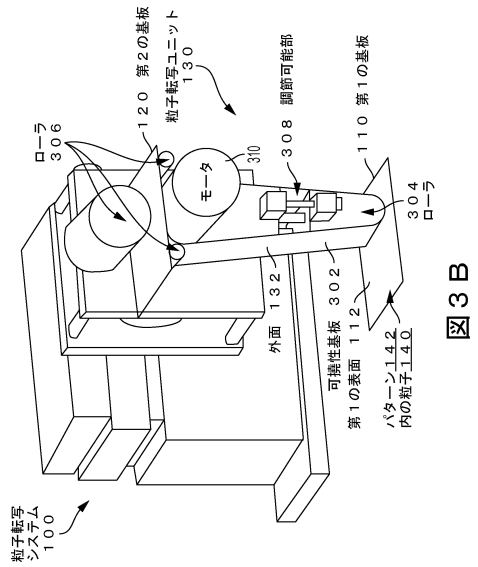

図３Ｂ

【図４】

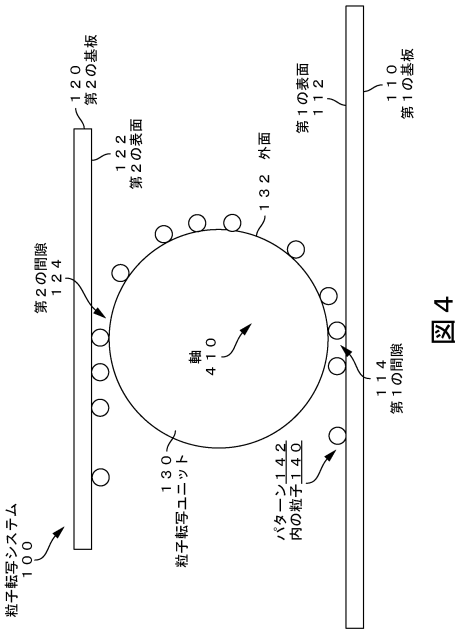

図４

【図５Ａ】

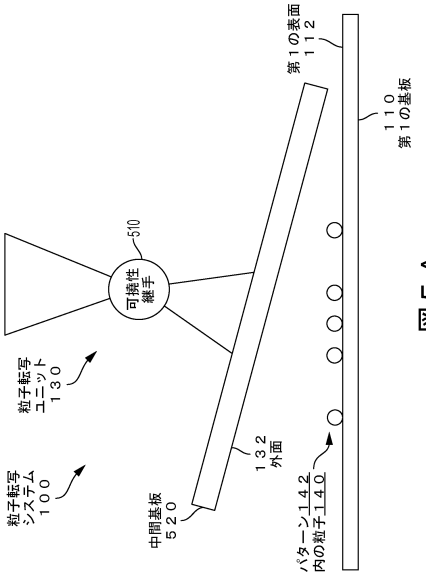

図５Ａ

【図５Ｂ】

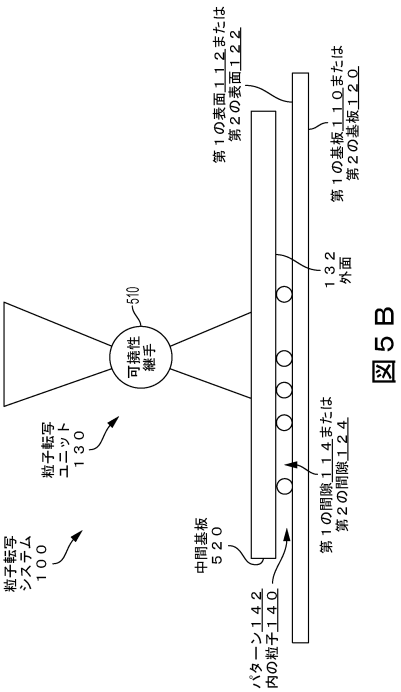

図５Ｂ

【図５Ｃ】

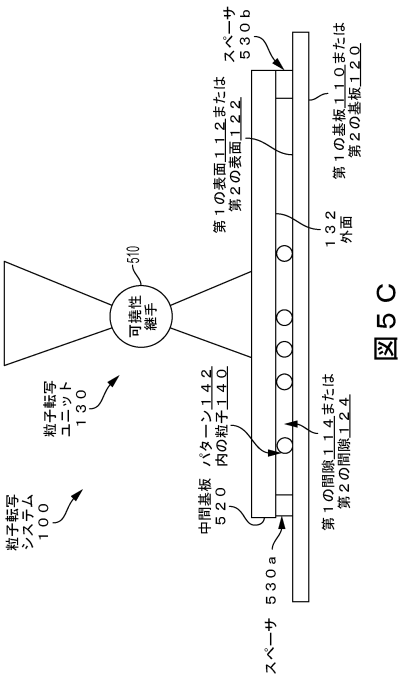

図５Ｃ

【図６Ａ】

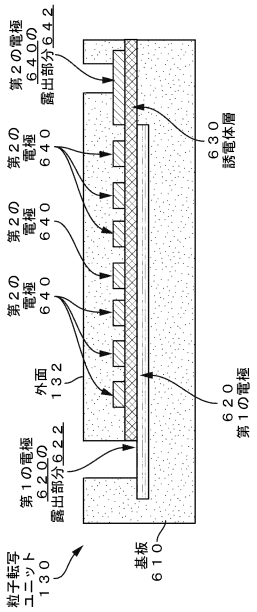

図６Ａ

【図６Ｂ】

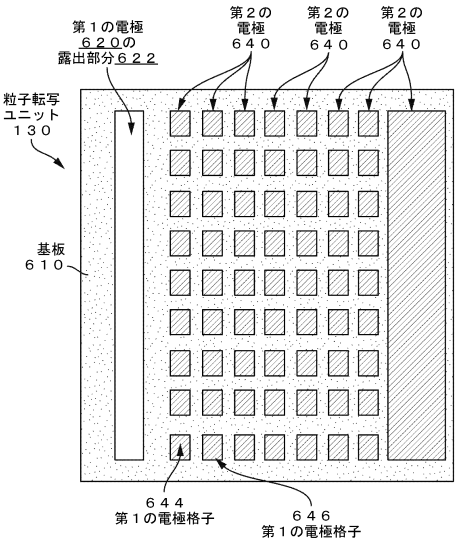

図６Ｂ

【図７Ａ】

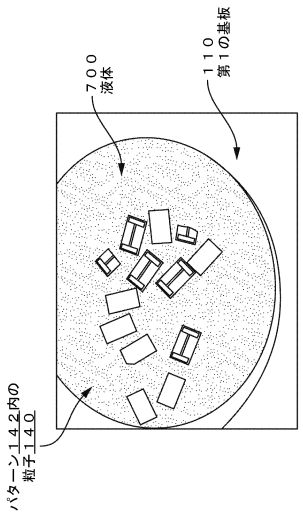

図７Ａ

【図７Ｂ】

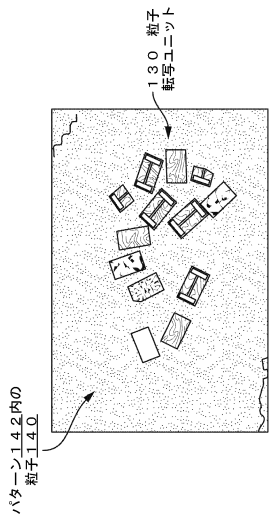

図７Ｂ

フロントページの続き

弁理士　弟子丸 健
(74)代理人　100067013
弁理士　大塚 文昭
(74)代理人　100086771
弁理士　西島 孝喜
(74)代理人　100109070
弁理士　須田 洋之
(74)代理人　100109335
弁理士　上杉 浩
(74)代理人　100120525
弁理士　近藤 直樹
(74)代理人　100139712
弁理士　那須 威夫
(74)代理人　100167911
弁理士　豊島 匠二
(72)発明者　ユンダ・ワン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９５０３５ ミルピタス コヨーテ・クリーク・ウェイ １５０５
(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 ９４０４３ マウンテン・ビュー パセオ・コート １６６
(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 ９４５３９ フリーモント オンダイナ・プレイス ４０７４７
(72)発明者　ユージーン・エム・チャウ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４３０６ パロ・アルト ラグーナ・アベニュー ３８２１
(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 ９４３０３ イースト・パロ・アルト キャンフォー・ウェイ ７３２
(72)発明者　デイヴィット・ビーゲルセン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４０２８ ポートラ・ヴァレー ミモザ・ウェイ ２００
(72)発明者　ジョージ・エイ・ギブソン
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 １４４５０ フェアポート ブリーズウッド・コート １
(72)発明者　ジェイミー・カルブ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 ９４０４１ マウンテン・ビュー グレンボロー・ドライブ ７３５
審査官　安田 雅彦

(56)参考文献
特開２０１０－０４５１４５（ＪＰ，Ａ）
特開２００７－０２７５５１（ＪＰ，Ａ）
特表２００７－５３１３２１（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１４／１５２５９２（WO，Ａ１）

(58)調査した分野　(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ　２１／５０－５２
Ｈ０１Ｌ　２１／６７－６８７
Ｈ０５Ｋ　１３／００－０８