

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6194002号
(P6194002)

(45) 発行日 平成29年9月6日(2017.9.6)

(24) 登録日 平成29年8月18日(2017.8.18)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/60 (2006.01)

H O 1 L 21/60 3 1 1 T

請求項の数 19 (全 40 頁)

(21) 出願番号	特願2015-531125 (P2015-531125)	(73) 特許権者	503260918
(86) (22) 出願日	平成25年8月27日 (2013.8.27)		アップル インコーポレイテッド
(65) 公表番号	特表2015-529400 (P2015-529400A)		アメリカ合衆国 95014 カリフォル
(43) 公表日	平成27年10月5日 (2015.10.5)		ニア州 クパチーノ インフィニット ル
(86) 国際出願番号	PCT/US2013/056912		ープ 1
(87) 国際公開番号	W02014/039335	(74) 代理人	100086771
(87) 国際公開日	平成26年3月13日 (2014.3.13)		弁理士 西島 孝喜
審査請求日	平成27年4月27日 (2015.4.27)	(74) 代理人	100088694
(31) 優先権主張番号	13/607,031		弁理士 弟子丸 健
(32) 優先日	平成24年9月7日 (2012.9.7)	(74) 代理人	100094569
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 田中 伸一郎
		(74) 代理人	100067013
			弁理士 大塚 文昭
		(74) 代理人	100121979
			弁理士 岩崎 吉信

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 大量転写ツール

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

大量転写ツールであって、
 関節転写ヘッドアセンブリであって、
 取付面と、
 電氣的コンタクトを有する静電電圧源接続部と、
 静電転写ヘッドアレイを支持する基板であって、前記基板は、前記取付面に着脱自在に取り付け可能であり、前記取付面に取り付けられるとき、前記電氣的コンタクトに電氣的に接続される、基板と、
 を含む、関節転写ヘッドアセンブリと、
 キャリア基板ホルダと、
 前記関節転写ヘッドアセンブリと前記キャリア基板ホルダとの間の空間的關係を調整するためのアクチュエータアセンブリと、
 を備える、大量転写ツール。

【請求項 2】

前記取付面は、前記基板に吸引力を印加するために真空源に結合された真空ポートを含む、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

【請求項 3】

前記静電電圧源接続部は、前記電氣的コンタクトを有する弾性導体を含み、前記弾性導体は前記基板を押圧する、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

10

20

【請求項 4】

前記アクチュエータアセンブリは、少なくとも自由度 6 での前記空間的關係を調整する、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

【請求項 5】

前記アクチュエータアセンブリは、前記関節転写ヘッドアセンブリに結合されて少なくとも自由度 4 で関節転写ヘッドアセンブリの位置を調整する第 1 のアクチュエータサブアセンブリと、前記キャリア基板ホルダに結合され少なくとも自由度 2 でキャリア基板ホルダ位置を調整する第 2 のアクチュエータサブアセンブリと、を含む、請求項 4 に記載の大量転写ツール。

【請求項 6】

10

前記アクチュエータアセンブリは、前記関節転写ヘッドアセンブリに結合されて前記静電転写ヘッドアレイの接触面に直交する方向に前記関節転写ヘッドアセンブリの動きを制約する第 1 のフレクシャを含み、前記第 1 のフレクシャは第 1 の屈曲面を含む、請求項 5 に記載の大量転写ツール。

【請求項 7】

前記アクチュエータアセンブリは、前記関節転写ヘッドアセンブリに結合された第 2 のフレクシャを更に含み、前記第 2 のフレクシャは前記第 1 の屈曲面に実質的に平行に向き付けられた第 2 の屈曲面を含む、請求項 6 に記載の大量転写ツール。

【請求項 8】

前記関節転写ヘッドアセンブリの前記取付面に対して固定され、前記キャリア基板ホルダ上のキャリア基板の位置を検出する第 1 の位置センサを更に備える、請求項 5 に記載の大量転写ツール。

20

【請求項 9】

前記キャリア基板ホルダに対して固定され、前記関節転写ヘッドアセンブリの位置を検出する第 2 の位置センサを更に備える、請求項 8 に記載の大量転写ツール。

【請求項 10】

前記第 1 の位置センサと前記第 2 の位置センサは、共にスペクトル干渉レーザ変位計を含む、請求項 9 に記載の大量転写ツール。

【請求項 11】

前記アクチュエータアセンブリに結合されて前記第 1 の屈曲面の撓みを検出する第 3 の位置センサを更に備える、請求項 6 に記載の大量転写ツール。

30

【請求項 12】

前記キャリア基板ホルダに結合されて前記キャリア基板ホルダに印加される力を測定する力計を更に備える、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

【請求項 13】

転写先基板ホルダを更に備える、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

【請求項 14】

前記基板を加熱するヒータを更に備える、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

【請求項 15】

前記キャリア基板ホルダに結合されて前記キャリア基板ホルダを加熱するヒータを更に備える、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

40

【請求項 16】

前記転写先基板ホルダに結合されて前記転写先基板ホルダを加熱するヒータを更に備える、請求項 13 に記載の大量転写ツール。

【請求項 17】

前記関節転写ヘッドアセンブリに対して固定されて、第 1 の撮像面を有する第 1 の撮像装置と、

前記キャリア基板ホルダに対して固定されて、第 2 の撮像面を有する第 2 の撮像装置と、

前記第 1 の撮像面と前記第 2 の撮像面との間に位置する基準マークと、

50

を更に備える、請求項 1 に記載の大量転写ツール。

【請求項 18】

前記基準マークは、透明板の一部であり、非対称のパターンを含む、請求項 17 に記載の大量転写ツール。

【請求項 19】

前記第 1 の撮像装置及び前記第 2 の撮像装置は共にカメラを含む、請求項 17 に記載の大量転写ツール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

10

本発明は、マイクロデバイスに関する。より具体的には、本発明の実施形態は、キャリア基板からマイクロデバイスを転写する (transfer) ためのシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【0002】

集積化及びパッケージングの問題は、無線 (RF) 微小電気機械システム (MEMS) マイクロスイッチ、発光ダイオード (LED) ディスプレイシステム、及び MEMS 発振器又は水晶発振器などのマイクロデバイスの商品化の主な障害の一つである。

【0003】

デバイスを転写する従来の技術には、転写ウェーハから転写先ウェーハへのウェーハ接着による転写が含まれる。このような一実施方法として、デバイスのアレイを転写ウェーハから転写先ウェーハに接着させた後に転写ウェーハを除去する 1 つの工程を伴う「直接捺染」がある。このような実施の別の方法としては、2 つの接着 / 剥離工程を含む「転写捺染」がある。転写捺染では、転写ウェーハがドナーウェーハからデバイスのアレイをピックアップし、次にデバイスのアレイを転写先ウェーハに接着した後に転写ウェーハを除去することができる。

20

【0004】

転写工程においてデバイスを選択的に接着し剥離することのできる、幾つかの捺染工程の変型が開発されている。直接捺染及び転写捺染の従来技術及びその変型において共に、転写先ウェーハにデバイスを接着した後に、デバイスから転写ウェーハが剥離される。更に、デバイスのアレイを有する転写ウェーハ全体が転写工程に関わる。

30

【発明の概要】

【0005】

大量転写ツール及び大量転写ツールを動作する方法が開示される。一実施形態では、大量転写ツールは、静電電圧源接続部と静電転写ヘッドアレイを支持する基板とを有する関節転写ヘッドアセンブリ (articulating transfer head assembly) を備える。基板は、転写ヘッドアセンブリの取付面に着脱自在に、及び静電電圧源接続部に電気的に接続することができる。例えば、取付面は、基板に吸引を適用する真空源に結合された真空ポートを備えることができる。一実施形態では、静電電圧源接続部は、基板を押し付ける弾性導体を含むことができる。大量転写ツールはまた、キャリア基板ホルダ、転写先基板ホルダ、及び、関節転写ヘッドアセンブリと、キャリア基板ホルダ又は転写先基板ホルダとの間の空間的關係を調整するためのアクチュエータアセンブリとを備えることができる。例えば、アクチュエータアセンブリは、少なくとも自由度 6 での空間的關係を調整することができる。より具体的には、アクチュエータアセンブリは、関節転写ヘッドアセンブリの位置を少なくとも自由度 4 で調整するために関節転写ヘッドアセンブリに結合された第 1 のアクチュエータサブアセンブリ、及びキャリア基板ホルダの位置を少なくとも自由度 2 で調整するためにキャリア基板ホルダに結合された第 2 のアクチュエータサブアセンブリを含むことができる。第 2 のアクチュエータサブアセンブリはまた、転写先基板ホルダの位置を少なくとも自由度 2 で調整するために、転写先基板ホルダに結合されてもよい。あるいは、転写先基板ホルダは、別のアクチュエータサブアセンブリに結合することができる。更により具体的には、第 1 のアクチュエータアセンブリは、静電転写ヘッドアレイの接

40

50

触面に直交する方向に、関節転写ヘッドアセンブリの動きを制約する、関節転写ヘッドアセンブリに結合された第1のフレクシャ (flexure) を含むことができる。第1のアクチュエータアセンブリはまた、実質的に第1の屈曲面に平行に向き付けられた第2の屈曲面を含む関節転写ヘッドアセンブリに結合された第2のフレクシャを含むことができる。

【0006】

一実施形態では、大量転写ツールは、基板、キャリア基板ホルダ、及び転写先基板ホルダを加熱するための1つ以上のヒータを含むことができる。例えば、関節転写ヘッドはヒータを含むことができ、キャリアと転写先基板ホルダはそれぞれヒータに結合することができる。

【0007】

一実施形態では、大量転写ツールは、キャリア基板ホルダ上のキャリア基板の位置を検出するために取付面に対して固定された第1の位置センサを含むことができる。大量転写ツールはまた、関節転写ヘッドアセンブリの位置を検出するためにキャリア基板ホルダに対して固定された第2の位置センサを含むことができる。更にまた、大量転写ツールは、第1の屈曲面の撓みを検出するためにアクチュエータアセンブリに結合された第3の位置センサを含むことができる。これらの位置センサの各々は、スペクトル干渉レーザ変位計とすることができる。更に別の実施形態では、大量転写ツールは、キャリア基板ホルダに印加される力を測定するために、キャリア基板ホルダに結合された力計 (force gauge) を含むことができる。

【0008】

一実施形態では、大量転写ツールは、カメラのような1つ以上の撮像装置を含むことができる。例えば、関節転写ヘッドアセンブリに対して固定された第1の撮像装置は、第1の撮像面を有することができる。更に、大量転写ツールはまた、キャリア基板ホルダに固定され第2の撮像面を有する第2の撮像装置を含むことができる。基準マークは、撮像装置の第1の撮像面と第2の撮像面との間に配置されてもよい。一例として、基準マークは、透明板の一部である非対称のパターンとしてもよい。

【0009】

一実施形態では、大量転写ツールを動作する方法は、 x 軸及び $x - y$ 平面を含む基準系 (frame of reference) の確立と、静電転写ヘッドアレイを支持する基板と基準系との位置合わせと、を含む。一実施形態で z は、基準系は、 $x - y$ 原点 ($x-y$ datum) を設定し、 z 原点 (z -datum) することによって確立される。 $x - y$ 原点は、第1の撮像装置と第2の撮像装置との間にある基準マークに対する第1撮像装置及び第2の撮像装置の位置合わせにより、設定してもよい。例えば、 $x - y$ 原点は、第1の撮像面を有する第1の撮像装置及び第2の撮像面を有する第2の撮像装置とを、第1の撮像面と第2の撮像面との間に位置する基準マークに位置合わせすることにより、設定してもよい。一例として、撮像装置はカメラであり得る。第1の撮像面及び第2の撮像面は、 $x - y$ 平面に平行とすることができる。 z 原点は、第1の位置センサ及び第2の位置センサとの間にあって $x - y$ 原点を有する $x - y$ 平面に平行な同一平面上の第1の面及び第2の面をセンシングすることによって、設定することができる。例えば、 z 原点は、それぞれ第1の位置センサ及び第2の位置センサを用いて、 z ゲージ (z -gauge) の第1の面及び第2の面を感知することによって、設定することができる。位置センサは共に、 $x - y$ 平面に直交する感知方向を有し、第1の面及び第2の面は $x - y$ 平面に平行な同一平面とすることができる。一例として、位置センサは、分光干渉レーザ変位センサ (spectral-interference laser displacement sensor) とすることができる。 z ゲージは、大量転写ツールの取付面に着脱自在に取り付けることができる。例えば、 z 原点は静電転写ヘッドアレイの接触面から 100 マイクロメートル以下の距離とすることができる。

【0010】

一実施形態では、基板は、関節転写ヘッドアセンブリを関節動作させ、回転させることにより、基準系と位置合わせされる。関節転写ヘッドアセンブリは、静電転写ヘッドアレイを $x - y$ 平面に平行に位置合わせするように関節動作 (articulate) を行うこの関節動

10

20

30

40

50

作は、基板上の４つの基準点のそれぞれまでの距離を検出すること、及び４つの基準点のそれぞれまでの距離が等しくなるまで、関節転写ヘッドアセンブリを移動させること、を含むことができる。基準点は、 $x - y$ 平面に直交する感知方向を有する、分光干渉レーザ変位センサなどの、第１の位置センサを用いて検出することができる。関節転写ヘッドアセンブリは、基板の第１の基準マーク及び第２の基準マークを通過する基準線が x 軸に平行になるように位置合わせするために回転させてもよい。この回転は、 $x - y$ 平面に平行な第１の撮像面を有する、カメラなどの第１撮像装置を用いて、第１の基準マーク及び第２の基準マークを検出することを含むことができる。第１の基準マーク及び第２の基準マークは、静電転写ヘッドとしてもよい。

【００１１】

一実施形態において、後続の転写動作に使用される温度に関節転写ヘッドアセンブリをヒータリングすることを含む、基準系を確立すること。例えば、関節転写ヘッドアセンブリの取付面は、約１００～３５０の温度範囲に加熱される。一実施形態では、基板を基準系に位置合わせするときに、静電転写ヘッドアレイを支持する基板は、約１００～３５０の温度範囲に加熱される。

【００１２】

一実施形態では、大量転写ツールを動作させる方法は、関節転写ヘッドアセンブリとキャリア基板ホルダとの間の空間的関係をアクチュエータアセンブリを用いて調整することを含む。キャリア基板ホルダ上のキャリア基板の上にあるマイクロデバイスアレイに、関節転写ヘッドアセンブリに結合された静電転写ヘッドアレイが接触する。電圧が関節転写ヘッドアセンブリの静電電圧源接続部を介して静電転写ヘッドアレイに印加され、マイクロデバイスアレイは、キャリア基板からピックアップされる。

【００１３】

空間的関係を調整することは、キャリア基板ホルダ上のキャリア基板の向きを決定し、その向きに関節転写ヘッドアセンブリに結合された基板の向きを一致させることを含むことができる。キャリア基板の向きを決定することは、 $x - y$ 平面に直交する第１の感知方向を有する、スペクトル干渉レーザ変位センサなどの第１の位置センサを用いて、キャリア基板上の４つの基準点のそれぞれまでの距離を検出することを含むことができる。更に、 $x - y$ 平面に平行な第１の撮像面を有するカメラなどの第１の撮像装置は、キャリア基板上の第１の基準マーク及び第２の基準マークを検出することができる。一実施形態では、第１の撮像装置はまた、焦点距離を決定することにより、キャリア基板上の４つの基準点のそれぞれまでの距離を検出することができる。基板とキャリア基板の向きを一致させることは、関節転写ヘッドアセンブリを回転させ、関節動作させることを含む。関節転写ヘッドアセンブリは、基板の第１の基準マーク及び第２の基準マークを通る基準線をキャリア基板の第１の基準マーク及び第２の基準マークを通る線に平行になるように調整するために回転される。この回転は、 $x - y$ 平面に平行な第１の撮像面及び第２の撮像面をそれぞれ有する第１及び第２の撮像装置で、第１の基準マーク及び第２の基準マークを検出することを含むことができる。関節転写ヘッドアセンブリは、静電転写ヘッドアレイをキャリア基板に平行に位置合わせするように関節動作する。この関節動作は、 $x - y$ 平面に直交する第１の感知方向を有する第１の位置センサでキャリア基板上の４つの基準点それぞれまでの距離を検出すること、及び基板がキャリア基板に平行になるまで関節転写ヘッドアセンブリを移動させることを含むことができる。

【００１４】

一実施形態では、キャリア基板をマイクロデバイスアレイに接触させることは、接触を感知することを含む。例えば、接触は、スペクトル干渉レーザ変位センサなどの第１の位置センサを使用して、関節転写ヘッドアセンブリに結合されたフレクシャの撓みを感知することによって、感知することができる。一実施形態では、スペクトル干渉レーザ変位センサは、フレクシャの５０ナノメートルの撓みを識別することができる。あるいは、接触は、キャリア基板ホルダに結合された力計によって測定されるように、キャリア基板ホルダに印加される荷重の変化に基づいて感知することができる。一実施形態では、力計は、

10

20

30

40

50

少なくともマイクログラムの分解能で測定することができる。

【0015】

マイクロデバイスをピックアップすることは、関節転写ヘッドアセンブリに結合されたフレクシャの撓みに基づいて、キャリア基板からのマイクロデバイスアレイの除去を感知することを含むことができる。この撓みは、アクチュエータアセンブリに結合されたスペクトル干渉レーザ変位センサなどの第1の位置センサによって感知することができる。あるいは、キャリア基板からのマイクロデバイスアレイの除去は、キャリア基板ホルダに結合された力計によって測定されるように、キャリア基板ホルダに印加される荷重の変化に基づいて感知することができる。一実施形態では、力計は、少なくともマイクログラムの分解能で測定することができる。一実施形態では、キャリア基板からマイクロデバイスアレイをピックアップした後、静電転写ヘッドアレイへのマイクロデバイスアレイの付着は、例えば、静電転写ヘッド又はキャリア基板の光学的点検によって確認される。

10

【0016】

一実施形態では、大量転写ツールを動作する方法は、マイクロデバイスアレイを使用して、転写先基板ホルダに結合された転写先基板を接触させることを含む。接触は、いくつかの方法で感知することができる。例えば、接触は、アクチュエータアセンブリに結合されたスペクトル干渉レーザ変位センサなどの第1の位置センサを使用して、関節転写ヘッドアセンブリに結合されたフレクシャの撓みを感知することによって感知することができる。あるいは、接触は、転写先基板ホルダに結合された力計によって測定されるように、転写先基板ホルダに印加される荷重の変化に基づいて感知することができる。一実施形態では、力計は、少なくともマイクログラムの分解能で測定することができる。

20

【0017】

一実施形態では、電圧は、静電転写ヘッドアレイから除去することができる。静電転写ヘッドアレイは、次に、転写先基板上のマイクロデバイスアレイから除去されることができる。静電転写ヘッドのマイクロデバイスからの除去は、いくつかの方法で感知することができる。例えば、除去は、アクチュエータアセンブリに結合されたスペクトル干渉レーザ変位センサなどの第1の位置センサを使用して、関節転写ヘッドアセンブリに結合されたフレクシャの撓みを感知することによって、感知することができる。あるいは、除去は、転写先基板ホルダに結合された力計によって測定されるように、転写先基板ホルダに印加される荷重の変化に基づいて感知することができる。一実施形態では、力計は、少なくともマイクログラムの分解能で測定することができる。一実施形態では、静電転写ヘッドをマイクロデバイスから除去した後、マイクロデバイスアレイの静電転写ヘッドアレイからの解放は、例えば、静電転写ヘッド又は転写先基板の光学的点検によって確認される。

30

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の一実施形態に係る大量転写ツールの斜視図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリを有する大量転写ツールの上部アセンブリ部分の斜視図である。

【図3】本発明の一実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリを有する大量転写ツールの上部アセンブリ部分の斜視図である。

40

【図4】本発明の一実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリを有する大量転写ツールの上部アセンブリ部分を図2のA-A線について見た断面斜視図である。

【図5】本発明の一実施形態に係るフレクシャの斜視図である。

【図6A】本発明の一実施形態に係る、静電電圧源接続部を有する大量転写ツールの関節転写ヘッドアセンブリの一部の断面斜視図である。

【図6B】本発明の一実施形態に係る、取付面に取り付けられ、1つ以上の静電電圧源接続部に電気的に接続された、静電転写ヘッドアレイを支持する基板の概略側面図である。

【図7】本発明の一実施形態に係る、キャリア基板ホルダ及び転写先基板ホルダとを有する、大量転写ツールの下部アセンブリ部分の斜視図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る、キャリア基板ホルダ及び転写先基板ホルダを有する

50

大量転写ツールの下部アセンブリ部分を図 7 の B - B 線について見た断面斜視図である。

【図 9】本発明の一実施形態に係る、三脚アクチュエータ (tripod actuator) を有する、大量転写ツールの上部アセンブリ部分の斜視図である。

【図 10】本発明の一実施形態に係る、センサを有する、大量転写ツールの下部アセンブリ部分の斜視図である。

【図 11】本発明の一実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリを有する大量転写ツールの上部アセンブリの一部分の概略側面図である。

【図 12 A】本発明の一実施形態に係る、静電転写ヘッドアレイを支持する基板を基準系と位置合わせする方法を示すフローチャートである。

【図 12 B】本発明の一実施形態に係る、基準系を確立する方法を示すフローチャートである。 10

【図 12 C】本発明の一実施形態に従って示した、マイクロデバイスアレイを転写する大量転写ツールの動作方法を示すフローチャートである。

【図 13 A】本発明の一実施形態に係る、 $x - y$ 原点を設定する方法の概略側面図である。

【図 13 B】本発明の一実施形態に係る、 $x - y$ 原点を設定する方法の概略斜視図である。

【図 14 A】本発明の一実施形態に係る、 z 原点を設定する方法の側面図である。

【図 14 B】本発明の一実施形態に係る、 z 原点を設定する方法の側面図である。

【図 15 A】本発明の一実施形態に係る、基板を基準系に位置合わせする方法の概略斜視図である。 20

【図 15 B】本発明の一実施形態に係る、基板を基準系に位置合わせする方法の概略斜視図である。

【図 17】本発明の一実施形態に従って示した、マイクロデバイスアレイをピックアップする大量転写ツールの動作方法を示すフローチャートである。

【図 18】本発明の一実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリとキャリア基板ホルダとの間の空間的関係の調整の概略図である。

【図 16 A】本発明の一実施形態に係る、大量転写ツールを使用して、向きを一致させ、基板をキャリア基板に接触させる方法の概略側面図である。

【図 16 B】本発明の一実施形態に係る、大量転写ツールを使用して、向きを一致させ、基板をキャリア基板に接触させる方法の概略側面図である。 30

【図 16 C】本発明の一実施形態に係る、大量転写ツールを使用して、向きを一致させ、基板をキャリア基板に接触させる方法の概略側面図である。

【図 19 A】関節転写ヘッドアセンブリとキャリア基板ホルダとの間の空間的関係が本発明の一実施形態に応じて調整された後、キャリア基板上のマイクロデバイスアレイの上に位置する静電転写ヘッドアレイの断面側面図である。

【図 19 B】本発明の一実施形態に係る、マイクロデバイスアレイと接触した静電転写ヘッドアレイの断面側面図である。

【図 19 C】本発明の一実施形態に係る、マイクロデバイスアレイをピックアップする静電転写ヘッドアレイの断面側面図である。 40

【図 19 D】本発明の一実施形態に係る、転写先基板上に解放されたマイクロデバイスアレイの断面側面図である。

【図 20】本発明の一実施形態に従って使用することができる例示的なコンピュータシステム 150 の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0019】

本発明の実施形態は、キャリア基板からマイクロデバイス又はマイクロデバイスアレイを転写するためのシステム及び方法を説明する。いくつかの実施形態では、本明細書に記載のマイクロデバイス、又はマイクロデバイスアレイは、関連する米国特許出願第 13 / 372, 222 号、13 / 436, 260 号、及び 13 / 458, 932 号に図示及び説 50

明されたマイクロLEDデバイス構造体のいずれかとすることができる。本発明のいくつかの実施形態は、特にマイクロLEDデバイスについて説明しているが、本発明の実施形態はこれに限定されるものではなく、いくつかの実施形態は、他のマイクロLEDデバイス、並びに、ダイオード、トランジスタ、IC、及びMEMSのような他のマイクロデバイスにも適用できることを理解すべきである。

【0020】

様々な実施形態において、図面を参照して説明する。しかし、いくつかの実施形態は、これらの具体的な詳細のうちの1つ以上を伴わずに、又はその他の既知の方法及び構成との組み合わせで実施することができる。以下の説明において、本発明の完全な理解を提供するために、具体的な構成、寸法、及び工程などの数多くの具体的な詳細が明らかにされる。他の例では、本発明を不必要に曖昧とさせないために、周知のプロセスや製造技術は具体的に説明していない。本明細書を通じた「一実施形態(one embodiment)」、「一実施形態(an embodiment)」等への言及は、本実施形態と関連して述べる特定の機能、構造体、構成、又は特徴が、本発明に関する少なくとも一実施形態の中に含まれることを意味する。したがって、本明細書全体を通じて各所にある「一実施形態(one embodiment)」、「一実施形態(an embodiment)」などの記述は、必ずしも本発明の同一の実施形態を指すものではない。更に、特定の機構、構造体、構成、又は特性は、1つ以上の実施形態の中で任意の好適な方法で組み合わせることができる。

【0021】

本明細書内で使用される「マイクロ」デバイス又は「マイクロ」LED構造という言葉は、本発明の実施形態に係る特定のデバイス又は構造体の記述的大きさを指す場合がある。本明細書内で使用されるとき、「マイクロ」デバイス又は構造体という言葉は、1~100 μm の尺度を指すことが意図されている。しかし、本発明の実施形態は必ずしもこれに限定されず、これら実施形態の特定の態様はより大きな尺度、又は場合によってはより小さな尺度に適用できる場合があることを理解すべきである。一実施形態では、マイクロデバイスアレイ内の単一のマイクロデバイス、及び静電転写ヘッドアレイ内の単一の静電転写ヘッドは共に例えば、長さ又は幅が1~100 μm の最大寸法を有する。一実施形態では、各静電転写ヘッドの上部接触面は、1~100 μm の、又はより具体的には3~10 μm の最大寸法を有する。一実施形態では、マイクロデバイスアレイ及び対応する静電転写ヘッドアレイのピッチは、(1~100 μm) $\times$ (1~100 μm)、例えば、10 μm $\times$ 10 μm ピッチ、又は5 μm $\times$ 5 μm ピッチである。

【0022】

一態様において、本発明の実施形態は、静電転写ヘッドアレイを用いて既製のマイクロデバイスアレイを大量転写する方法について説明する。例えば、既製のマイクロデバイスは、発光用LED、論理及びメモリ用シリコンIC、並びに、無線(RF)通信用のガリウムヒ素(GaAs)回路などであり、かつこれらに限定されない特定の機能を有し得る。実施形態によっては、ピックアップされる状態にあるマイクロLEDデバイスアレイは、10 μm $\times$ 10 μm のピッチ又は5 μm $\times$ 5 μm などのマイクロサイズのピッチを有する。これらの密度では、例えば6インチ基板であれば、10 μm $\times$ 10 μm のピッチで約1億6千5百万個のマイクロLEDデバイス、又は5 μm $\times$ 5 μm のピッチで約6億6千万個のマイクロLEDデバイスを収容することができる。マイクロLEDデバイスアレイをピックアップして転写先基板に転写するために、対応するマイクロLEDデバイスのアレイのピッチの整数倍に一致する静電転写ヘッドアレイを含む大量転写ツールを使用することができる。このようにして、マイクロディスプレイから大面積ディスプレイに至るどのような寸法の基板でも含む、異種統合システムに、マイクロLEDデバイスを統合して組み立てることができる。しかも、高速な転写速度によりできる。例えば、1cm四方の静電転写ヘッドアレイは、10万個を超えるマイクロデバイスをピックアップして転写することができ、静電転写ヘッドアレイが更に大きければ、更に多くのマイクロデバイスを転写することができる。

【0023】

別の態様では、本発明の実施形態は、マイクロデバイスに静電気力を印加するための静電転写ヘッドアレイを支持する基板を用いたマイクロデバイスの大量転写を促進するシステム及び方法を記載する。一実施形態では、基板を除去し、そしてシステムに再度取り付ける、即ち、基板を交換可能とすることができる。基板が除去可能であるため、システムは、基板をより容易に、点検、清掃、及び修復することができる。基板が静電転写ヘッドアレイの摩耗率に対応する寿命を有することができることを考えると、基板の除去は、静電転写ヘッドアレイが壊れる前に、使用された基板の交換を可能にする。したがって、交換可能な基板を有するシステムは、システムの寿命を改善し、システムの信頼性を高めることができる。

【 0 0 2 4 】

10

別の態様では、本発明の実施形態は、室温より高い温度でのマイクロデバイスアレイを転写するシステム及び方法を記載する。いくつかの実施形態では、キャリア基板からのマイクロデバイスアレイのピックアップ及び/又は転写先基板上へのマイクロデバイスアレイの載置は、例えば、キャリア基板にマイクロデバイスアレイを接続する接着層に相変化を生成するか、又は、転写先基板上へのマイクロデバイスアレイの載置の間に接着層に相変化を生成するか若しくは接着層を合金化するために、高温で実施することができる。いくつかの実施形態では、キャリア基板から転写先基板への転写中に1つ以上の動作が高温で実施されるが、大量転写ツールの位置合わせ動作も又、熱膨張による転写ツールのずれを補償するために、高い運転温度で行われる。

【 0 0 2 5 】

20

別の態様では、本発明の実施形態は、アクチュエータアセンブリとシステム構成要素の位置に関するフィードバックを提供する様々なセンサを用いて、マイクロデバイスの大量転写を促進するシステム及び方法を記載する。アクチュエータアセンブリは、1つ以上の基準系と他のシステムコンポーネントに対するシステム構成要素の運動を生成することができる任意の数のアクチュエータを含むことができる。例えば、アクチュエータアセンブリは、静電転写ヘッドアレイを支持する基板とマイクロデバイスアレイとを、キャリア基板上で互いに対して少なくとも自由度6で移動させることができる。更に、アクチュエータアセンブリは、システム構成要素の正確な位置合わせ及び移動のために使用することができる。正確な運動制御を有効にするには、システム構成要素の場所及び位置に関連して、コンピュータシステム又はコントローラにフィードバックを提供するために、各種センサを使用することができる。例えば、センサは、約50ナノメートルの解像度で、システム構成要素の場所を検出することができ、それらの場所に応じて、アクチュエータは制御され、即ち、作動させることができる。したがって、組み合わされたアクチュエータアセンブリ及びセンサは、マイクロメートルの尺度で、システム構成要素の空間的關係を調整することができる。一例として、静電転写ヘッドアレイは、約1マイクロメートルの範囲内で、マイクロデバイスアレイの場所に平行に位置合わせできる。これにより、アクチュエータアセンブリ及びセンサを備えたシステムは、以下に説明するように、高いプロセススループット及び歩留まりで、マイクロデバイスアレイを正確にピックアップし、転写することができることを理解されたい。

30

【 0 0 2 6 】

40

更に別の態様では、本発明の実施形態は、アプリケーション又はシステム構成要素間の接触の適用又は除去を感知するセンサを使用して、マイクロデバイスの大量転写を促進するシステム及び方法を記載する。例えば、位置センサ又は力計は、静電転写ヘッドアレイとマイクロデバイスアレイとの間の接触を感知することができる。また、アクチュエータは、接触に応じて制御され、即ち、作動させることができる。位置センサ又は力計は、同様に、キャリア基板からのマイクロデバイスアレイの除去を感知することができる。したがって、システム構成要素間の接触の適用を感知するセンサを備えたシステムは、高いプロセススループット及び歩留まりで、マイクロデバイスアレイを正確にピックアップし、転写することができることを理解されたい。

【 0 0 2 7 】

50

ここで、図 1 を参照すると、本発明の実施形態に係る大量転写ツールの斜視図が示されている。大量転写ツール 100 は、上述の態様に従って動作する。そうするために、大量転写ツール 100 は、静電転写ヘッドアレイを用いてマイクロデバイスの大量転写を促進する機能を有する様々な構成要素及びサブアセンブリを有する 1 つ以上のアセンブリを含む。例えば、大量転写ツール 100 は、更に後述するように、静電転写ヘッドアレイを含む基板を受容する関節転写ヘッドアセンブリ 106 を有する上部アセンブリ 102 を含むことができる。関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、更に後述するように、基板の交換を可能にする特徴と、静電気力を用いてマイクロデバイスのピックアップを容易にするために静電転写ヘッドに電圧を提供可能にする特徴と、を含むことができる。

【0028】

大量転写ツール 100 はまた、キャリア基板ホルダ 108 及び転写先基板ホルダ 124 を有する下部アセンブリ 104 を含むことができる。キャリア基板ホルダ 108 は、マイクロデバイスアレイを支持するキャリア基板を保持するように構成することができる。また、転写先基板ホルダ 124 は、搬送されたマイクロデバイスを支持するための転写先基板を保持するように構成することができる。したがって、更に後述するように、マイクロデバイスアレイを、静電転写ヘッドアレイを使用して、キャリア基板から転写先基板に転写することができる。

【0029】

上部アセンブリ 102 及び下部アセンブリ 104 への言及は、いずれも説明を簡単にするためにのみ行われ、大量転写ツール 100 の構成要素とサブアセンブリは、上部アセンブリ 102 及び下部アセンブリ 104 のいずれか又は両方の一部份であってもよいことを理解されたい。例えば、上部アセンブリ 102 及び下部アセンブリ 104 は共に、アクチュエータアセンブリ 110 の構成要素を含むことができる。アクチュエータアセンブリ 110 は、大量転写ツール 100 の様々な構成要素を移動し、より具体的には、基板上の静電転写ヘッドアレイを用いて、マイクロデバイスの転写を容易にするために、構成要素間の空間的関係を調整することができる。例えば、関節転写ヘッドアセンブリ 106 及びキャリア基板ホルダ 108 及び転写先基板ホルダ 124 は、関節転写ヘッドアセンブリに取り付けられた基板によって支持された静電転写ヘッドアレイが、キャリア基板ホルダに保持されたキャリア基板、又は転写先基板ホルダに保持された転写先基板に密接に適合するように調整することができる。これらの種類の調整は、多自由度での正確な動きを必要とする。例えば、関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、少なくとも自由度 4 を有するアクチュエータアセンブリ 110 の三脚アクチュエータ 111 によって移動させることができる。同様に、キャリア基板ホルダ 108 は、少なくとも自由度 2 を有するアクチュエータアセンブリ 110 の x - y ステージ 112 によって移動させることができる。したがって、関節転写ヘッドアセンブリに取り付けられた基板に支持された静電転写ヘッドアレイと、キャリア基板ホルダに保持されたキャリア基板によって支持されたマイクロデバイスアレイ、並びに転写先基板ホルダに保持された転写先基板は、自由度 6 で互いに対して正確に移動させることができる。アクチュエータアセンブリ 110 は、多くの可能な構成のうちの 1 つであり、任意の数の構成要素を含むことができることを理解されたい。例えば、図 1 に説明された特定の実施形態は、下部アセンブリ 104 内だけに x - y ステージ 112 を説明しているが、上部アセンブリ 102 の関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、x - y ステージ 112 に加えて、又はその代わりに、x - y ステージ上に取り付けできることが想到される。したがって、本発明の実施形態に係る、構成要素間の空間的関係を少なくとも自由度 6 で調整することが可能な種々の構成が想到される。

【0030】

アクチュエータアセンブリ 110 の構成要素を共有することに加えて、上部アセンブリ 102 及び下部アセンブリ 104 はまた、例えば、システム構成要素間の接触などの空間的関係を検知すること、及び、システム構成要素の位置合わせを容易にするためにアクチュエータアセンブリ 110 と連携して動作すること、を意図されている様々なセンサを含むことができる。例えば、下向き撮像装置 126 及び上向き撮像装置 128 は、構成要素

10

20

30

40

50

がその範囲内で調整することができる基準系を確立するために、位置合わせツール 130 を使用して相互に位置合わせできる。同様に、位置センサ（図示せず）は、大量転写ツール 100 内に統合され、構成要素がその範囲内で調整され得る基準系を確立するために、キャリアッジ 120 及び関節転写ヘッドアセンブリ 106 に対して取り付けることができる。各種センサは、基準系内の構成要素の位置を検出し、それに応じてシステム構成要素を制御する目的で、入力を受信し処理することができるコンピュータシステム 150 にフィードバックを提供するために使用することができる。これら及び他のセンサは、以下でより詳細に説明する。

【0031】

様々な構成要素及びサブアセンブリは、例えば、ガントリ 113、ベース 114、側面支柱 116、ブラケット 118、及び他の構造の接合具の使用を介して、様々な方法で結合することができる。したがって、図 1 に示される大量転写ツール 100 は、本発明の範囲に係るシステムの一部となり得る全ての構成要素を網羅するものではなく、また説明はこの点において限定的であると考慮すべきではないことを理解されたい。上位のレベルで大量転写ツール 100 を説明してきたが、大量転写ツール 100 の構成要素及び構造体についてより具体的に詳細に論じる。

【0032】

図 2 を参照すると、本発明の実施形態に係る関節転写ヘッドアセンブリを含む大量転写ツールの上部アセンブリ部の底部斜視図が、示されている。上述のように、大量転写ツール 100 は、静電転写ヘッドアレイ 204 を受容する交換可能な基板 200 を支える関節転写ヘッドアセンブリ 106 を含むことができる。基板 200 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 に取り付けられて示されている。より具体的には、基板 200 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の取付面 202 に取り付けられている。基板 200 は、構造的な支持を提供することができるシリコン、セラミックス、及びポリマーなどの様々な材料から形成することができる。一実施形態において、基板 200 は、更に、静電転写ヘッドアレイ 204 と接続する配線又はビアを含む。各転写ヘッドは、更に、メサ構造体及びメサ構造体上に形成されるか又はメサ構造体と一体的に形成することができる電極、並びに電極を覆う誘電体層を含むことができる。以下に説明するように、静電転写ヘッドアレイ 204 は、キャリア基板（図示せず）上に配置されたマイクロデバイスのピッチの整数倍に一致するように選択されたピッチで形成することができる。一実施形態では、静電転写ヘッドアレイ 204 は、関連する米国特許出願第 13/372,277 号、13/466,966 号、13/481,592 号、13/543,675 号、及び 13/543,684 号に記載された転写ヘッドアレイのいずれかであり、これらはそれぞれ参照により本明細書に組み込まれる。基板 200 はまた、以下に説明するように、基板 200 の正確な位置決め及び位置合わせを可能にするために 1 つ以上の基準マーク 206 を含むことができる。

【0033】

関節転写ヘッドアセンブリは、筐体 210 に包含されることができる。筐体 210 は、外部の物体から関節転写ヘッドアセンブリ 106 を分離することによって、それを保護することができる。また、筐体 210 は、以下に更に説明するような、フレクシャ及び軸アクチュエータ等のアクチュエータアセンブリ 110 の構成要素を支持することができる。これらのアクチュエータアセンブリ 110 の構成要素は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の移動を容易にし得る。少なくとも一実施形態では、筐体 210 及び関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、相互に移動することができる。各種アクチュエータによって関節転写ヘッドアセンブリ 106 に結合されることに加えて、筐体 210 はまた、他のアクチュエータアセンブリ 110 の構成要素の一部であるか、又はそれに結合されるか、のいずれかである取付板 212 に結合することができる。例えば、取付板 212 は、筐体 210 及び関節転写ヘッドアセンブリ 106 の作動を可能にするために三脚 111 に結合することができる。

【0034】

上述のように、大量転写ツール１００は、距離を測定して検出し、したがって、アクチュエータアセンブリ１１０の調整を支援する制御フィードバックを提供するための様々なセンサを含むことができる。図２は、関節転写ヘッドアセンブリ１０６に含まれるそのような一つのセンサ、即ち、位置センサ２０８を示している。位置センサ２０８は、コンピュータシステム１５０と直接的又は間接的に通信するための位置センサリード２１４を有し得る。位置センサ２０８は、取付面２０２とほぼ同一平面である先端部で終了することができる。また、位置センサ２０８の先端部は、取付面２０２に対して固定することができる。結果として、位置センサ２０８は、取付面２０２に対して面までの距離を検出することができる。例えば、関節転写ヘッドアセンブリ１０６とキャリア基板ホルダ１０８との間の空間的關係が、アクチュエータアセンブリ１１０によって調整される際に、位置センサ２０８は、関節転写ヘッドアセンブリ１０６の取付面２０２とキャリア基板ホルダ１０８との間の距離に関するフィードバックを提供することができる。このフィードバックは、例えば、大量転写ツールの状態のユーザへの視覚的表示を提供するために情報であってもよいし又は、アクチュエータアセンブリ１１０の動きを制御するためのポジティブフィードバックループの一部であってもよい。

10

【００３５】

関節転写ヘッドアセンブリ１０６とキャリア基板ホルダ１０８との間の空間的關係の感知に加えて、位置センサ２０８は、他の構成要素間の空間的關係を感知するために使用することができる。例えば、位置センサ２０８は、取付面２０２に取り付けられた基板２００によって支持された静電転写ヘッドアレイ２０４と、キャリア基板ホルダ１０８に保持されたキャリア基板との間の距離を、直接的又は間接的に感知するために、使用することができる。

20

【００３６】

一実施形態では、位置センサ２０８は、日本の大阪のキーエンス社製マイクロヘッドスペクトル干渉レーザ変位計などの分光干渉レーザ変位計を含むことができる。スペクトル干渉レーザ変位計の使用は、計器の較正を必要とすることなく、絶対的な変位測定の利点を提供する。例えば、基板２００が動作中に交換される際、そのような機能は、大量転写ツールの位置合わせに要する時間がより少ないため、本明細書に記載の用途において効率が増大する利点を提供することができる。更に、スペクトル干渉レーザ変位計は、感知場所間の再校正を必要とせず、複数の表面を感知することができる。それにもかかわらず、位置センサ２０８は、近接センサ、光センサ、及び超音波センサを含む、他のタイプのセンサを含むことができることを当業者は理解されたい。

30

【００３７】

図３を参照すると、本発明の実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリを有する大量転写ツールの上部アセンブリ部分の斜視図が、示されている。この図では、基板２００は、取付面２０２に取り付けられていない。したがって、上述のように、少なくとも一実施形態において、基板２００は、取付面２０２から着脱自在に取り付けられ、かつ取り外すことができる。一実施形態では、取付面２０２は、取付面２０２に対して配置された対象を吸引するための真空源（図示せず）と連結された少なくとも一つの真空ポート３０２を含むことができる。より具体的には、基板２００は、取付面２０２に対して配置されたとき、一つ以上の真空チャネル３０４内の負圧を生成するために、真空ポート３０２を通じて吸引がなされる。図示のように、真空チャネル３０４は、吸引領域を生成するために、交差するラインのパターンに形成することができる。したがって、基板２００は、真空チャネル３０４と周囲の大気との圧力差によって、取付面２０２に押し付けられる。その結果、基板２００は、取付面２０２に取り付けられる。真空源が切断され、又は、真空チャネル３０４内の負圧が基板２００を保持するには不十分であるとき、取り付けが解放され、基板２００を除去することができる。

40

【００３８】

図３に示すように、取付面２０２は通常平坦とすることができるが、そうではなくて、取付面２０２は様々な輪郭を有してもよいことを理解されたい。例えば、一実施形態では

50

、取付面 202 は、基板 200 が載ることができる基準の外観を提供するために、楔形か、又は他の輪郭としてもよい。即ち、楔形の取付面 202 及び楔形の基板 200 のとき、基板 200 は、楔形の輪郭内に着脱するたびに、同じ角度向きに向き付けられていることが分かることになる。

【0039】

図 4 を参照すると、本発明の実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリを有する大量転写ツールの上部アセンブリの一部を図 2 の A - A 線について見た断面斜視図が、示されている。基板 200 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の取付面 202 に取り付けられて示されている。一実施形態では、取付面 202 は、ヒータ 400 に熱的に結合されている。例えば、ヒータ 400 は、電流の印加に応答して熱を発生させるヒータ棒のような 1 つ以上の加熱要素 402 を含むことができる。加熱素子 402 は、基板 200 に熱を伝達するために、温度を増加させることができる。例えば、熱は、金属ブロック（図示せず）を介して伝導させることができる。あるいは、熱は、介在する空隙を横切る対流又は放射の加熱によって基板 200 に伝達することができる。一態様では、ヒータ 400 は、取付面 202 の温度を約 50 ~ 500 の範囲に上昇させるように構成することができる。より具体的には、ヒータ 400 は、取付面 202 の温度を約 100 ~ 350 の範囲に上昇させるように構成することができる。他の温度及び温度範囲が、本開示の範囲内で想到され得ることを理解されたい。

【0040】

取付面 202 の加熱が、基板 200 によって支持された静電転写ヘッドアレイ 204 への熱伝達をもたらし、それ故に、静電転写ヘッドアレイが接触するマイクロデバイスアレイに熱が伝達されることを理解されたい。更に後述するように、この熱は、キャリア基板からのマイクロデバイスの除去、及び/又は転写先基板へのマイクロデバイスの載置を促進することができる。

【0041】

上述のように、関節転写ヘッドアセンブリ 106 又はその一部は、アクチュエータアセンブリ 110 の 1 つ以上の構成要素を介して、筐体 210 などの大量転写ツール 100 の周囲の構造体に結合してもよい。例えば、関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、フレクシャ 404 により、大量転写ツール 100 の筐体 210 に結合することができる。フレクシャ 404 は、フレクシャの内縁に沿って関節転写ヘッドアセンブリ 106 に固定することができる。同様に、フレクシャ 404 は、外側の縁に沿って、又は締結具の穴を通して、のいずれかによって、大量転写ツール 100 の筐体 210 に固定してもよい。したがって、関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、フレクシャ 404 の撓みを介して筐体 210 に対して移動可能である。例えば、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の上面を画定することができるプレート 416 は、筐体 210 に取り付けられた位置センサ 414 に対して移動することができる。更に、以下に説明するように、転写ヘッドアセンブリ 106 の移動は、少なくとも一実施形態において、取付面 202 が屈曲面に平行であり得るため、取付面 202 に直交する方向に拘束することができる。しかし、いくつかの実施形態では、取付面 202 は非平面状表面を形成することができる。したがって、少なくとも一実施形態では、フレクシャ 404 は、取付面 202 と平行か又は平行でない静電転写ヘッドアレイ 204 の接触面 205 のアレイ（図 6 B 参照）と直交する方向に転写ヘッドアセンブリ 106 の移動を制限することができる。

【0042】

一実施形態では、第 2 のフレクシャ 404' は、以下のように、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の移動を更に制限するために使用することができる。フレクシャ 404' は、フレクシャ 404' と同様の形状及び構成を含むことができる。更に、フレクシャ 404' は、フレクシャ 404 と同じ又は異なる構造体に結合することができる。一実施形態では、フレクシャ 404' の屈曲面は、フレクシャ 404 の屈曲面に実質的に平行に向き付けることができる。その結果、フレクシャ 404 及びフレクシャ 404' は、取付面 202 の動きを同じ方向に制約することができる。

【 0 0 4 3 】

転写ヘッドアセンブリ 1 0 6 の動きは、少なくとも 2 つの方法で行うことができることを理解されたい。まず、取り付けられた基板 2 0 0 によって支持された静電転写ヘッドアレイが、駆動されて別の物体又は表面、例えば、キャリア基板に支持されたマイクロデバイスアレイに追突するように、関節転写ヘッドアセンブリ 1 0 6 が駆動される際、衝突の反力は取付面 2 0 2 にバイアス荷重をかけ、それがフレクシャ 4 0 4 の撓みに変わり得る。第 2 に、取付面 2 0 2 を有する関節転写ヘッドアセンブリ 1 0 6 は、アクチュエータアセンブリ 1 1 0 の軸方向アクチュエータ 4 0 6 の構成要素などの、他のアクチュエータ構成要素によって駆動することができる。一実施形態では、軸方向アクチュエータ 4 0 6 は、リニアアクチュエータを含むことができる。例えば、軸方向アクチュエータ 4 0 6 は、ボイスコイルアクチュエータを含むことができる。ボイスコイルアクチュエータでは、電流は軸方向アクチュエータ 4 0 6 のボイスコイルを通過して、軸方向アクチュエータが直線的に延びるように永久磁石を駆動する磁場を発生させることができる。リニアモータ、油圧ピストン、及び軸方向運動を発生させる他のアクチュエータなどの他のアクチュエータを使用することができることを理解されたい。一態様では、フレクシャ 4 0 4 は、転写ヘッドアセンブリに大きな横荷重を付与するアクチュエータであっても、軸方向アクチュエータ 4 0 6 の機能を実行するために使用することができるように、単一の方法に沿って転写ヘッドアセンブリ 1 0 6 の移動を拘束する。

10

【 0 0 4 4 】

図 5 を参照すると、本発明の実施形態に係る、フレクシャの斜視図が、示されている。この実施形態では、フレクシャ 4 0 4 は、外縁 5 0 2、内縁 5 0 4、及びその間に挟まれた屈曲面 5 0 6 を含むディスク形状を有している。屈曲面 5 0 6 に沿って、スロット付き領域の局所的な柔軟性を増大させるために、一つ以上のスロット 5 0 8 を形成することができる。例えば、内縁 5 0 4 と外縁 5 0 2 との間の環状領域に配置された複数の同心円状に形成されたスロット 5 0 8 は、屈曲面 5 1 0 を生成することができる。屈曲面 5 1 0 は、フレクシャの撓みを一つの方向に制約することができる。より具体的には、屈曲面 5 1 0 は、外縁 5 0 2 に対する内縁 5 0 4 の動きを、内縁 5 0 4 及び外縁 5 0 2 の双方が同心円上に配置されている軸に沿った方向に制限することができる。

20

【 0 0 4 5 】

図 6 A に示すように、本発明の実施形態に係る、静電電圧源接続部を有する大量転写ツールの関節転写ヘッドアセンブリ部の一部の断面図が、示されている。静電電圧源接続部 4 1 0 は、静電転写ヘッドアレイ 2 0 4 を用いて静電気力を生成するために使用することができる。一実施形態では、静電電圧源接続部 4 1 0 は、コンタクト 6 0 4、膝部 6 0 6、及びベースクリップ 6 0 8 を有する弾性導体 6 0 2 を含むことができる。ベースクリップ 6 0 8 は、接点 6 0 4 に電圧を伝達するために、大量転写ツール 1 0 0 の配線に取り付けることができる。ベースクリップ 6 0 8 及び接点 6 0 4 は、弾性導体 6 0 2 の末端に配置することができる。膝部 6 0 6 によって分かれている。膝部 6 0 6 は、弾性導体 6 0 2 用の屈曲面を提供することができる。膝部 6 0 6 の形状及び静電電圧源接続部 4 1 0 を構成するために使用される材料の選択により、膝部 6 0 6 は弾性的に圧縮できるものとする。つまり、基板 2 0 0 は、取付面 2 0 2 に取り付けられ、接点 6 0 4 を押圧したとき、膝部 6 0 6 は撓むことができる。上述のように、基板 2 0 0 は、取付面 2 0 2 に形成された真空ポート 3 0 2 を介して、基板 2 0 0 を吸引することによって、取付面 2 0 2 に取り付けことができ、この吸引は、基板 2 0 0 に印加される保持力並びに弾性導体 6 0 2 上の圧縮荷重の両方を提供することができる。したがって、基板 2 0 0 に印加される保持力は、接点 6 0 4 で弾性導体 6 0 2 に伝達され、膝部 6 0 6 で材料の変形と撓みを引き起こすのに十分な荷重を発生させるために、膝部 6 0 6 が撓むのである。基板 2 0 0 を除去すると、膝部 6 0 6 が緩み、接点 6 0 4 は、取付面 2 0 2 を越えて伸長し、ベースクリップ 6 0 8 から離れることができる。したがって、膝部 6 0 6 は、大量転写ツール 1 0 0 の動作中に、接点 6 0 4 が電気的接触を維持するのに十分な力で基板 2 0 0 を押圧することを可能にするエネルギーを格納する。結果として、少なくとも一実施形態において、膝部 6 0 6

30

40

50

はまた、真空ポート 302 を介した真空状態を中止することによって吸引が除去されたとき、基板 200 を除去するための排出機構として、機能することができる。

【0046】

膝部 606 は、弾性導体 602 が基板 200 に適切に接触することを確実にするために、弾性構造体を提供する一つの方法を表すだけであることを理解されたい。弾力性のある構造体を提供する他のとりうる形状は、構造体全体の弾性変形を助長する螺旋状、弓状、ジグザグ及びその他の形状を含む。更に、パネ仕掛けの接触ピンなどの他の構造体が、適切な電氣的接触が静電電圧源と基板との間になされることを確実にするために、弾性構造体の代わりに使用することができる。

【0047】

一実施形態では、静電電圧源接続部 410 は、導電性材料から部分的に又は全体的に形成することができる。たとえば、静電電圧源接続部 410 は、ベリリウム銅合金から形成することができる。材料は、弾性導体 602 の弾性構造体を生成するために、型打ちされたり、曲げられたり、巻かれたり、又は他の処理をされてもよい。

【0048】

図 6B は、本発明の一実施形態に係る、取付面 202 に取り付けられ、一つ以上の静電電圧源接続部 410 と電氣的に接続された静電転写ヘッドアレイ 204 の支持基板 200 の概略側面図である。電圧源接続部 410 は、単一の電圧源又は別々の電圧源に接続されてもよい。一つ以上の電圧源は、定電流電圧又は交流電圧を印加することができる。一実施形態では、交流電圧が各静電転写ヘッド内の双極電極構造体に印加される。図示のように、一つ以上の静電電圧源接続部 410 の静電転写ヘッドアレイ 204 への電氣的結合は、例えば、ビア構造体 207 を経由して、又は、接点 604 のポイントから基板 200 の中を通して静電転写ヘッドアレイ 204 に至る配線を介して、なされることができる。あるいは、電氣的結合は、接点 604 のポイントから基板 200 の上を通して、静電転写ヘッドアレイ 204 に至る配線によって、なされることができる。

【0049】

図 7 を参照すると、本発明の実施形態に係る、キャリア基板ホルダ及び転写先基板ホルダを有する大量転写ツールの下部アセンブリの斜視上面図が、示されている。下部アセンブリ 104 の部分は、大量転写ツール 100 のキャリアリッジ 120 に連結されて、マイクロデバイスアレイを支持するキャリア基板 706 を保持するように構成することができるキャリア基板ホルダ 108 を含む。一実施形態では、キャリア基板 706 は、キャリア基板ホルダ 108 の凹部内に載置される。例えば、キャリア基板ホルダ 108 は、上面に形成された座ぐりを含むことができ、この座ぐりは、キャリア基板 706 の輪郭に適合し、それよりわずかに大きい輪郭を有する。

【0050】

別の実施形態では、キャリア基板 706 は、能動的にキャリア基板ホルダ 108 内に保持されることができる。例えば、キャリア基板 706 は、更に後述するように、真空源に結合された真空ポートを含む保持面上に載置することができる。キャリア基板 706 が保持面上に載置されたときに、真空ポートによって、キャリア基板 706 に吸引を適用することができる。能動的にキャリア基板 706 を保持する別の方法が、本開示の範囲内で想到され得ることを理解されたい。例えば、キャリア基板ホルダ 108 は、キャリア基板ホルダ 108 内にキャリア基板 706 を保持するために、キャリア基板 706 の表面を押圧する把持部を有する万力のようなチャックを含むことができる。これらの代替実施形態のそれぞれは、キャリア基板ホルダ 108 内にキャリア基板 706 の位置を保持し、安定化させる機能を果たすことができる。

【0051】

一実施形態では、キャリア基板ホルダ 108 に結合された力計 704 がある。例えば、キャリア基板ホルダ 108 は、様々な留め具を使用して、力計 704 のプレートに固定することができる。その結果、力計 704 は、キャリア基板ホルダ 108 に印加される力を測定することができる。荷重がキャリア基板ホルダ 108 に印加されていないとき、力計

10

20

30

40

50

704は、キャリア基板ホルダ108の重量を測定することになる。キャリア基板706がキャリア基板ホルダ108上に載置されると、力計704は、ひいては、キャリア基板706とキャリア基板ホルダ108の累積重量を測定することになる。更に、関節転写ヘッドアセンブリ106の静電転写ヘッドアレイ204が、軸方向アクチュエータ406によって駆動されて、キャリア基板706に追突するなどの追加の力が印加されたとした場合、次に、力計704は、累積重量及び関節転写ヘッドアセンブリ106によってキャリア基板ホルダ108に印加された力を測定することになる。様々な仕様の力ゲージは、本開示の範囲内で使用することができるが、少なくとも1つの実施形態では、力計704は、少なくともマイクログラムの分解能で測定することができることを理解されたい。

【0052】

キャリア基板ホルダ108は、本明細書の範囲内で、追加の特徴を含むことができることを理解されたい。例えば、キャリア基板ホルダ108は、キャリア基板ホルダ108に保持されたキャリア基板706を傾斜させるか、そうでなければ、キャリア基板の向きを調整することができるジャックねじ（図示せず）を含むことができる。この特徴及び他の特徴は、本開示の範囲内で当業者によって想到されるであろう。

【0053】

更に図7を参照すると、下部アセンブリ104の部分は、大量転写ツール100のキャリアリッジ120に結合された転写先基板ホルダ124を含むことができる。一実施形態では、転写先基板714は、転写先基板ホルダ124の凹部内に載置される。例えば、転写先基板ホルダ124は、上面に形成された座ぐりを含むことができ、この座ぐりは、転写先基板714の輪郭に適合し、それよりわずかに大きい輪郭を有する。

【0054】

別の実施形態では、転写先基板714は、能動的に転写先基板ホルダ124内に保持することができる。例えば、保持面は、更に後述するように、真空源に結合された真空ポートを含む。転写先基板714が保持面上に載置されたときに、真空ポートによって、転写先基板714に吸引を適用することができる。能動的に転写先基板を保持する別の方法が、本開示の範囲内で想到され得ることを理解されたい。例えば、転写先基板ホルダ124は、転写先基板ホルダ124内の転写先基板を保持するために、転写先基板714の表面を押圧する把持部を有する万力のようなチャックを含むことができる。これらの代替実施形態のそれぞれは、転写先基板ホルダ124内の転写先基板714の位置を保持し、安定化させる機能を果たすことができる。

【0055】

一実施形態では、転写先基板ホルダ124に結合された力計712がある。例えば、転写先基板ホルダ124は、様々な留め具を使用して、力計712のプレートに固定することができる。その結果、力計712は、転写先基板ホルダ124に印加される力を測定することができる。荷重が転写先基板ホルダ124に印加されていないとき、力計712は、転写先基板ホルダ124の重量を測定することになる。したがって、転写先基板714が転写先基板ホルダ124上に載置されると、力計712は、転写先基板714と転写先基板ホルダ124の累積重量を測定することになる。更に、関節転写ヘッドアセンブリ106の静電転写ヘッドアレイ204が、軸方向アクチュエータ406によって駆動されて、転写先基板714に追突するなどの追加の力が印加されたとした場合、力計は、累積重量及び関節転写ヘッドアセンブリ106によって転写先基板ホルダ124に印加された力を測定することができる。様々な仕様の力ゲージは、本開示の範囲内で使用することができるが、少なくとも1つの実施形態では、力計712は、少なくともマイクログラムの分解能で測定することができることを理解されたい。

【0056】

転写先基板ホルダ124は、本明細書の範囲内で追加の特徴を含むことができることを理解されたい。例えば、転写先基板ホルダ124は、転写先基板ホルダ124に保持された転写先基板714を傾斜させるか、そうでなければ、転写先基板の向きを調整することができるジャックねじ（図示せず）を含むことができる。この特徴及び他の特徴は、本開

10

20

30

40

50

示の範囲内で当業者によって想到されるであろう。

【 0 0 5 7 】

図 8 を参照すると、本発明の実施形態に係る、キャリア基板ホルダと転写先基板ホルダとを有する大量転写ツールの下部アセンブリ部分を図 7 の B - B 線について見た断面斜視図が示されている。一実施形態では、キャリア基板ホルダ 1 0 8 は、保持面 8 0 2 上のキャリア基板 7 0 6 を受容する。保持面 8 0 2 は、溝であっても、又は他の形状又は形状の組み合わせであってもよい。例えば、保持面 8 0 2 は、平坦な表面であってもよい。また、上述のように、保持面 8 0 2 は、能動的にキャリア基板 7 0 6 を保持する真空を適用するための真空ポート（図示せず）を含むことができる。

【 0 0 5 8 】

キャリア基板ホルダ 1 0 8 によって保持されるときに、キャリア基板 7 0 6 は、熱分配プレート 8 0 4 の近くに置くことができる。熱分配プレート 8 0 4 は、熱伝導のために、例えばアルミニウム又はシリコンカーバイドなどの金属から、形成されてもよい。したがって、熱分配プレート 8 0 4 を介してヒータ 8 0 6 からキャリア基板 7 0 6 に熱を容易に伝達できることにより、キャリア基板 7 0 6 から静電転写ヘッドアレイ 2 0 4 へのマイクロデバイスの転写が容易になる。ヒータ 8 0 6 は、多数の異なる構成を有する加熱要素とすることができる。例えば、ヒータ 8 0 6 は、電気ディスクヒータ（electric disc heater）とすることができる。あるいは、ヒータ 8 0 6 は、放射加熱器とすることができる。一実施形態では、ヒータ 8 0 6 からキャリア基板 7 0 6 に伝達された熱は、約 1 0 0 ~ 2 0 0 の温度範囲にキャリア基板 7 0 6 の温度を上昇させることができる。別の実施形態では、キャリア基板 7 0 6 の温度は、約 1 4 0 ~ 1 8 0 の温度範囲に増加させることができる。更に別の実施形態では、転写先基板 7 1 4 の温度は約 1 5 0 の温度に増加させることができる。

【 0 0 5 9 】

一実施形態では、転写先基板ホルダ 1 2 4 は、保持面 8 1 0 上に転写先基板 7 1 4 を受容する。保持面 8 1 0 は、溝であっても、又は他の形状又は形状の組み合わせであってもよい。例えば、保持面 8 1 0 は、平坦な表面であってもよい。更に、上述のように、保持面 8 1 0 は、能動的にキャリア基板 7 0 6 を保持する真空を適用するための真空ポート（図示せず）を含むことができる。

【 0 0 6 0 】

転写先基板ホルダ 1 2 4 によって保持されるときに、転写先基板 7 1 4 は、熱分配プレート 8 1 2 の近くに置くことができる。熱分配プレート 8 1 2 は、良好な熱伝導特性を有する、例えばアルミニウム又はシリコンカーバイドなどの金属から形成されてもよい。したがって、ヒータ 8 1 4 から転写先基板 7 1 4 に熱を容易に伝達できることにより、静電転写ヘッドアレイ 2 0 4 から転写先基板 7 1 4 へのマイクロデバイスの転写が容易になる。ヒータ 8 1 4 は、多数の異なる構成を有する加熱要素とすることができる。例えば、ヒータ 8 1 4 は、電気ディスクヒータとすることができる。あるいは、ヒータ 8 1 4 は、放射加熱器とすることができる。一実施形態では、ヒータ 8 1 4 から転写先基板 7 1 4 に伝達された熱は、転写先基板 7 1 4 の温度を、室温と約 2 5 0 との間の温度範囲に上昇させることができる。別の実施形態では、転写先基板 7 1 4 の温度は約 1 0 0 ~ 2 0 0 の温度範囲に増加させることができる。別の実施形態では、転写先基板 7 1 4 の温度は約 1 5 0 の温度に増加させることができる。

【 0 0 6 1 】

上述の説明に照らして、関節転写ヘッドアセンブリ 1 0 6 に取り付けられた基板 2 0 0 によって支持された静電転写ヘッドアレイ 2 0 4 を用いて、マイクロデバイスアレイを、キャリア基板ホルダ 1 0 8 に保持されたキャリア基板 7 0 6 から、転写先基板ホルダ 1 2 4 に保持された転写先基板 7 1 4 に転写するために、関節転写ヘッドアセンブリ 1 0 6 が基板ホルダに対して移動できることは明らかである。より具体的には、様々な大量転写ツール 1 0 0 の構成要素間の相対運動及び空間的關係は、マイクロデバイスアレイの転写が容易になるように調整することができる。より具体的には、関節転写ヘッドアセンブリ 1

10

20

30

40

50

06とキャリア基板ホルダ108との間の空間的關係は自由度6で調整することができ、これによって、これらの構成要素に固定又は結合された任意の構成要素との間の完全な空間上の関節動作（articulation）を可能にする。空間的關係の調整は、様々なアクチュエータアセンブリ110の構成要素によって行うことができる。

【0062】

上述のように、下部アセンブリ104は、ガントリ113、ベース114、又は側面支柱116などの基準点に対するキャリア基板ホルダ108の調整をするために、キャリア基板ホルダ108に結合されたアクチュエータアセンブリ110の構成要素を含むことができる。例えば、下部アセンブリ104は、2つの軸に沿って直線的に移動するアクチュエータを有するアクチュエータアセンブリ110の構成要素を含むことができる。これらのアクチュエータは、キャリッジ120に結合されたx-yステージ112とすることができる。これによって、キャリッジ120に搭載されたキャリア基板ホルダ108に保持されたキャリア基板200は、自由度2の完全な制御下で、単一の平面内で平行移動することができる。ステージは、このようにして、キャリッジ及びこれに結合された構成要素に対して並進運動を付与することができる。このようなアクチュエータは、単独で、静電転写ヘッドアレイ204とキャリア基板706との間の調整を自由度2で可能にする。

【0063】

図9を参照すると、本発明の実施形態に係る、三脚のアクチュエータを有する大量転写ツールの上部アセンブリ部分の斜視図が、示されている。一実施形態において、上部アセンブリ102は、ガントリ113、ベース114、又はサイドビーム116などの基準点に対する関節転写ヘッドアセンブリ106の調整をするために、関節転写ヘッドアセンブリ106に結合されたアクチュエータアセンブリ110の構成要素を含むことができる。上部アセンブリ102の部分は、少なくとも一つの自由軸を提供する1つ以上のアクチュエータを含むことができる。例えば、アクチュエータは、3つのリニアアクチュエータ902を有する三脚アクチュエータ111の一部であってもよい。3つの線形アクチュエータの場合には、各リニアアクチュエータ902が後退又は伸長して、ベースプレート906に対する軸周りに取付板212を回転させることができる。同様に、全てのアクチュエータ902は、ベースプレート906に直交する軸に沿って取付板212の直線運動を引き起こすために連携して動くことができる。

【0064】

直線運動の軸を追加することにより、取付板212はベースプレート906に対して、前後及び左右の傾斜（tilt, tip）、伸長、又は後退する方向に運動することができるだけではないことを理解されたい。例えば、6つのリニアアクチュエータ（図示せず）を有する六脚アクチュエータの場合には、回転運動は、ベースプレート906と直交する軸の周りに取付板212を回転させるように実現することができる。もちろん、この回転運動は、ベースプレート906と大量転写ツール100の別の部分との間に、ステッピングモータなどの回転アクチュエータ（図示せず）を付加することによっても達成することができる。したがって、当業者であれば、任意の数のアクチュエータが、取付板212とベースプレート906との間の自由度を増加するために追加することができることを理解するであろう。

【0065】

リニアアクチュエータ902は、直線運動を発生させることができるリニアモータ、油圧ピストン、及び他のアクチュエータを含むことができる。軸に沿った点の移動が軸上の位置に関して画定することができる、即ち、その軸方向の位置が自由度1を有するので、自由度の一つの軸は自由度1を提供することを当業者は理解するであろう。リニアアクチュエータ902は、また、取付板212と連結する端部と、ベースプレート906と連結する端部とを含むことができる。ベースプレート906は、ブラケット118を介してガントリ113に三脚アクチュエータ111を固定するために用いることができ、それによって、取付板212の移動のための基準点を生成する。リニアアクチュエータ902は、留め具、ヒンジ、又は他の結合を介してプレートに結合することができる。したがって、

それぞれの軸に沿ったリニアアクチュエータ 902 の作動は、取付板 212 上の点と、ベースプレート 906 上の点との間の相対位置の変化を発生する。このように、各リニアアクチュエータ 902 は、ベースプレート 906 に対して取り付け板 212 に少なくとも自由度 1 を提供する。上述のように、関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、取り付け板 212 に固定することができるので、三脚のアクチュエータ 111 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 をベースプレート 906、ガントリ 113、又は他のシステム構成要素に対して移動するために使用することができる。

【0066】

アクチュエータアセンブリ 110 は、本開示の範囲内で、上述したものとは異なるアクチュエータを含むことを理解されたい。例えば、上述の説明は、例えばフレクシャ 404 などのパッシブアクチュエータ、及び、例えば三脚アクチュエータ 111、軸方向アクチュエータ 406、x-y ステージ 112 などのアクティブなアクチュエータについて触れた。しかし、関節転写ヘッドアセンブリ 106 とキャリア基板ホルダ 108 との間の空間的關係の更なる制御を提供するために、他のアクチュエータがアクチュエータアセンブリ 110 に含まれ得ることを、当業者は理解するであろう。限定ではなく例として、アクチュエータアセンブリ 110 は、電気モーター、空気圧アクチュエータ、油圧ピストン、リレー、歯輪ドライブ、圧電アクチュエータ、熱バイモルフを含むことができる。

【0067】

前述の説明から、システム構成要素間の運動、より具体的には、関節転写ヘッドアセンブリ 106 とキャリア基板ホルダ 108 と転写先基板ホルダ 124 との間の運動は、アクチュエータアセンブリ 110 によって提供できることは分かるであろう。アクチュエータアセンブリ 110 によって提供される正確な動作は、大量転写ツール 100 を通じた各種センサからのフィードバック入力に基づいて、コンピュータシステム 150 によって制御することができる。これらの各種センサやその動作モードは以下で更に説明される。

【0068】

図 10 を参照すると、本発明の実施形態に係る、センサを有する大量転写ツールの下部アセンブリの斜視図が、示されている。大量転写ツールは、1 つ以上の撮像装置 126、128 を含むことができる。例えば、撮像装置 126 は、上部アセンブリ 102 に結合され、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の近くに位置することができる。一実施形態では、撮像装置 126 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 に対して固定することができる。更に、撮像装置 128 は、下部アセンブリ 104 に結合することができ、キャリア基板ホルダ 108 の近くに位置することができる。一実施形態では、撮像装置 128 は、キャリア基板ホルダ 108 に対して固定することができる。したがって、一実施形態においては、関心のある新しい場所を検視するためのいずれかの撮像装置の動きは、関連する関節転写ヘッドアセンブリ 106 又はキャリア基板ホルダ 108 の対応する動きを生じる。このように、関節転写ヘッドアセンブリ 106 とキャリア基板ホルダ 108 との間の相対運動は、撮像装置 126、128 の動きに基づいて決定することができる。

【0069】

撮像装置 128 は、基板 200 によって支持された静電転写ヘッドアレイ 204 内の単一の静電転写ヘッドを検視するために、十分な解像度及び焦点範囲を有するカメラを含むことができる。例えば、カメラは 1 マイクロメートル未満の寸法の解像度を可能にする画像の解像度を有することができる。撮像装置 126 は、キャリア基板 704 によって支持される単一のマイクロデバイスを検視するために十分な解像度と焦点範囲を有するカメラを含むことができる。

【0070】

別の実施形態では、上部及び下部アセンブリ 102、104 のそれぞれに配置された複数の撮像装置があってもよい。例えば、各サブアセンブリは、高倍率カメラ 126、128 と、低倍率カメラ 1002、1004 とを含むことができる。限定ではなく一例として、低倍率カメラの 1102、1004 は、アクチュエータアセンブリ 110 の大まかな調整及び移動を制御するためにコンピュータシステム 150 へフィードバック入力を提供す

る目的で使用する事ができる一方で、高倍率カメラの126、128は、アクチュエータアセンブリ110の精細な調整及び移動を制御するためにコンピュータシステム150にフィードバック入力を提供する目的で使用する事ができる。

【0071】

また、撮像装置126、128は、上下のサブアセンブリ102、104又はそれに付属した構成要素の位置に関するフィードバックを提供するための一つの代替手段表すのに過ぎないことを理解されたい。他のデバイスが本開示の範囲内で想到され得る。例えば、大量転写ツール100は、撮像装置の利用よりもむしろ、関節転写ヘッドアセンブリ106及びキャリア基板ホルダ108を位置合わせするための容量性近接センサを含むことができる。他の代案は、大量転写ツール100の機能に関する以下の説明から明らかになるであろう。

10

【0072】

撮像装置126、128は、アクチュエータアセンブリ110のための基準点を確立しアクチュエータアセンブリ110の動作を制御するために使用できるデータを生成するために、システム構成要素上の関心のある特徴と場所、例えば、基板200上の基準マーク206の識別を容易にし得る。一実施形態では、撮像装置126、128との間の基準点の確立する容易にするために、大量転写ツール100は、位置合わせツール130を含むことができる。一実施形態では、位置合わせツールは、基準マーク1006を含む。例えば、基準マーク1006は、位置合わせブラケット1010によって支持される透明板1008（例えば、ガラス）の一部とすることができる。より具体的には、基準マーク1006を有する板1008は、上方視野撮像装置（upward-viewing imaging device）128と下方視野撮像装置（downward-viewing imaging device）126との間に位置することができる。一実施形態では、板1008は2つの平面の間に配置することができ、1つの面は、ほぼ上方視野撮像装置128の撮像面とほぼ合致し、他の面は、下方視野撮像装置126の撮像面とほぼ合致する。撮像面は、デジタルカメラの電荷結合素子（CCD）画像センサ面と同一平面上にあるものとして画定することができる。したがって、基準マーク1006は、上方視野撮像装置128と下方視野撮像装置126両方により、同時又は異なる時点で検視することができる。

20

【0073】

基準マーク1006は、いくつかの異なる方法を用いて形成することができることを理解されたい。例えば、基準マーク1006は、インク又はレーザ印刷プロセスを用いて板1008に印刷することができる。あるいは、基準マーク1006は、例えば、フッ化物化合物などの酸性エッチング液を用いて、プレート1008内にエッチングすることができる。また、苛性又は研磨エッチング剤が、基準マーク1006を形成するために用いることができる。

30

【0074】

一実施形態では、基準マーク1006は非対称パターンを含む。例えば、基準マーク1006は、数字の直立状態から左に曲がり右には曲がっていない番号「1」の上部に類似してもよい。また、基準マーク1006は、垂直方向と水平方向のラインの midpoint 以外の点で交差する十字パターンであってもよい。したがって、高倍率で検視するときに、基準マーク1006はその向きに関連する情報を提供する。例えば、カメラで検視するとき、数字「1」の曲がり大量転写ツール100の前方に向くことが知られている場合、基準マーク1006は、大量転写ツールの向きに対する画像の向きに関する情報を提供するであろう。

40

【0075】

以下に更に説明するように、撮像センサ126、128が、構成部品を位置合わせするために、基準系を確立し、アクチュエータアセンブリ110の移動を可能にする目的で、基準マークの認識を容易にし得ることを以下で更に説明するが、大量転写ツールの構成要素の相対位置に関するフィードバックを提供するために、大量転写ツール100の中に追加の位置センサが含まれ得ることを理解されたい。一つのそのような位置センサ208は

50

既に上述である。別の実施形態では、位置センサ 1011 は、アクチュエータアセンブリ 110 の調整に役立つフィードバック入力を提供するために、キャリア基板ホルダ 108 の近くに取り付けることができる。例えば、位置センサ 1011 は、保持面 802 (図 8) 即ちキャリア基板ホルダ 108 の表面とほぼ同一平面上にある先端部で終端することができる。したがって、位置センサは、キャリア基板ホルダ 108 に対する表面までの距離を検出することができる。例えば、位置センサは、これらの構成要素が相互に調整されるときに、キャリア基板ホルダ 108 に保持されたキャリア基板 706 と、関節転写ヘッドアセンブリ 106 に取り付けられた基板 200 との間の距離に関するフィードバックを提供することができる。

【0076】

システム構成要素の相対位置を検出することに加えて、大量転写ツールの各種センサは、システム構成要素の撓み及び接触を感知するために使用することもできる。図 11 によれば、本発明の実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリを有する大量転写ツールの上部アセンブリ部分の概略側面図が、示されている。この図は、以前上記図 4 に示した大量転写ツール部分の概略図を示す。基板 200 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の取付面 202 に取り付けられている。関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、1 つ以上のフレクシャ 404、404' により大量転写ツールの筐体 210 に連結されたプレート 416 を含む。関節転写ヘッドアセンブリ 106 の両方の部分が移動できるが、フレクシャ 404、404' は、以下のようにして、それらを遮断することを理解されたい。即ち、基板 200 との接触は、移動プレート 416 を移動させるが、フレクシャ 404、404' は、撓んで筐体 210 に伝達されるいかなる力も弱める。したがって、プレート 416 は、筐体 210 に対して移動することができる。更に、位置センサ 414 は、筐体 210 と結合することができる。位置センサ 414 は、検出光がプレート 416 を感知し、板とその周辺部との間の距離 1102 の変化に関するフィードバックを提供するように、筐体 210 に対して固定することができる。位置センサ 414 によって検出された距離 1102 が変化するとき、フレクシャ 404、404' が撓んだことにより、基板 200 と他の構造体、例えば、キャリア基板 706 又は転写先基板 714 などとの間で接触がなされたか又は解除されたことを示すものと判断できる。一実施形態では、位置センサ 414 は、50 ナノメートルのフレクシャ 404 の撓み、即ちプレート 416 と筐体 210 との間の 50 ナノメートルの相対運動を検出することが可能な分光干渉レーザ変位センサとすることができる。

【0077】

上述のように、別の実施形態では、キャリア基板ホルダ 108 と結合された力計 704 (図 7) は、キャリア基板ホルダ 108 に印加された荷重を感知し、アクチュエータアセンブリ 110 を制御するために、これらの荷重に関するフィードバックを提供できる。例えば、キャリア基板ホルダ 108 に印加された荷重は、静電転写ヘッドアレイ 204 がキャリア基板 706 に接触するとき増加するであろう。この荷重の増加は、力計 704 によって測定することができ、力計 704 は、アクチュエータアセンブリ 110 を制御するために、コンピュータシステム 150 にフィードバック入力を提供できる。上述のように、力計 704 は、例えば、キャリア基板ホルダ 108 が搭載されているキャリッジ 210 と統合することができる。荷重がキャリア基板ホルダ 108 に保持されたキャリア基板 706 に印加されたときに感知する他の方法及び他の場所に力計 704 を取り付けることができることを当業者は認識するであろう。同様に、転写先基板ホルダ 124 に結合された力計 712 は、転写先基板ホルダ 124 に印加された荷重を感知し、アクチュエータアセンブリ 110 を制御するために、これらの荷重に関するフィードバックを提供することができる。

【0078】

大量転写ツール 100 の構成要素及び構造体のいくつかの態様を説明してきたが、大量転写ツール 100 を動作させる方法のいくつかの実施形態について以下に説明する。より具体的には、大量転写ツール構成要素を位置合わせする方法、及び大量転写ツールを使用

10

20

30

40

50

してマイクロデバイスを転写する方法が記載されている。本明細書の範囲内で、以下の方法が組み合わされて、任意の順序で実行され得ることを理解されたい。更に、すべての動作を行う必要はない。例えば、転写方法は、マイクロデバイスが転写されるたびに発生し得るが、位置合わせ方法は、それよりも少ない頻度で実行できる。

【0079】

更に、大量転写ツールを動作させる次の方法の実施形態は、ハードウェア（例えば回路、専用ロジック、プログラム可能ロジック、マイクロコード等）、ソフトウェア（処理装置上で実行される命令等）、又はそれらの組み合わせを含む処理論理により、実行してもよい。一実施形態では、この方法は、大量転写ツール100及びコンピュータシステム150を含む、大量転写ツールシステムによって実行される。コンピュータシステム150は、大量転写ツール100の外部にあるか、又は大量転写ツールに統合されていてもよい。

【0080】

次に、図17を参照すると、本発明の実施形態に係る、マイクロデバイスアレイをピックアップする大量転写ツールの動作方法を示すフローチャートが、示されている。例示目的のために、図17の以下の説明はまた、図18～19Dに示す実施形態を参照して説明する。動作1701で、基板200と結合された関節転写ヘッドアセンブリ106と、キャリア基板706を保持するキャリア基板ホルダ108との間の空間的關係を調整することができる。関節転写ヘッドアセンブリ106とキャリア基板ホルダ108との間の空間的關係は、アクチュエータアセンブリ110を用いて調整することができる。空間的關係の調整は、線形又は回転アクチュエータなどの、関節転写ヘッドアセンブリ106及びキャリア基板ホルダ108に結合された1つ以上のアクチュエータの動作又は移動によって行うことができる。更に、この文脈での空間的關係は、キャリア基板ホルダ108に対する関節転写ヘッドアセンブリ106の場所のみならず、キャリア基板ホルダ108に対する関節転写ヘッドアセンブリ106の姿勢又は向きもさすことができる。より具体的には、空間的關係は、大量転写ツール構成要素間の自由度によって画定することができる。

【0081】

図18は、本発明の実施形態に従って示された、関節転写ヘッドアセンブリとキャリア基板ホルダとの間の空間的關係の調整の概略図である。これは、図17の動作1701の一態様を示す図である。関節転写ヘッドアセンブリ106は、自由度4で移動可能であるとして示されている。具体的には、関節転写ヘッドアセンブリ106は、z軸1802上に直線的に移動することができ、又は、x軸1804及びy軸1806、並びにz軸1802の周りのx軸回転、y軸回転、及びz回転を行うことができる。同様に、キャリア基板ホルダ108は、自由度2で移動可能であるように示されている。具体的には、キャリア基板ホルダ108は、x'軸1808及びy'軸1810に沿って直線的に移動することができる。少なくとも一実施形態において、x軸はx'軸と位置合わせでき、y軸はy'軸と位置合わせできる。したがって、関節転写ヘッドアセンブリ106とキャリア基板ホルダ108との間の相対的な位置は、各構成要素の位置が示された自由度6内で知られている場合に、記述することができることを考慮して、関節転写ヘッドアセンブリ106とキャリア基板ホルダ108との間の空間的關係は、自由度6を有するものとして示されている。したがって、この空間的關係は、いずれかの構成要素をそれぞれの自由度で移動させることによって、調整することができる。例えば、キャリア基板ホルダ108は、キャリア基板ホルダ108が接続されているx-yステージ112を移動させることにより、x'軸1808に沿った1つの自由度で移動させることができる。このように、空間的關係は、大量転写ツール100のアクチュエータアセンブリ110の様々なアクチュエータのいずれかによって調整することができる。この調整により、関節転写ヘッドアセンブリ106と、キャリア基板ホルダ108と、それらに結合された基板200及びキャリア基板706などの構成要素との間の空間的關係が調整されるであろうことを理解されたい。更に、図18に記載された特定の実施形態は、本発明の実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリ106の自由度4及びキャリア基板ホルダ108の自由度2を示すが、構

成要素間の空間的關係を少なくとも自由度 6 で調整するための他の構成が、想到されることが理解される。例えば、関節転写ヘッドアセンブリ 106 も又、 $x - y$ ステージ上に取り付けることができる。

【0082】

図 19 は、本発明の一実施形態に係る、関節転写ヘッドアセンブリとキャリア基板ホルダとの間の空間的關係が、調整された後、キャリア基板 706 上のマイクロデバイスアレイ 708 の上に位置する静電転写ヘッドアレイ 204 の側面断面図である。再び図 17 を参照すると、動作 1705 で、基板 200 によって支持された静電ヘッドアレイ 204 が、キャリア基板 706 上のマイクロデバイスアレイと接触させられる。図 19 B は、本発明の実施形態に係る、マイクロデバイスアレイ 708 と接触している静電転写ヘッドアレイ 204 の側面断面図である。図示のように、静電転写ヘッドアレイ 204 のピッチは、マイクロデバイスアレイ 708 のピッチの整数倍である。接触は、アクチュエータアセンブリ 110 の一つ以上のアクチュエータを用いて、キャリア基板ホルダ 108 に向かって関節転写ヘッドアセンブリ 106 を移動させることによって達成できる。基板 200 とキャリア基板 706 の正確な位置合わせによって、基板 200 とキャリア基板 706 が互いに実質的に平行に向き付けられている間に、接触がなされることを理解されたい。したがって、接触点において、対向面での横荷重又は撓みは最小限である。これは、静電ヘッドアレイ 204 と、キャリア基板の表面上に載置された 1 つ以上のマイクロデバイスとの間の不一致を防ぐことができるので、有益である。それは、また、静電ヘッドアレイ 204 及び 1 つ以上のマイクロデバイスへの損傷の危険性を低減する。

【0083】

静電転写ヘッドアレイ 204 の小さなサイズ及び構造的特徴を考慮すると、静電転写ヘッドアレイ 204 とキャリア基板 706 上のマイクロデバイスアレイとの間で接触がいつ行われたかを正確に感知することが重要であり得る。接触は、多数の方法で制御することができる。例えば、関節転写ヘッドアセンブリ 106 を、それらの構成要素間の計算された位置の差に基づいて、所定の距離だけ、キャリア基板 706 に向かって移動させるような接触駆動の手順を使用することができる。一実施形態では、接触がいつ行われるかを感知し、アクチュエータアセンブリ 110 の動きを制御するための関連する信号を提供するために、アクティブフィードバック制御を使用することができる。フレクシャの撓み又は関節転写ヘッドアセンブリの移動などの感知、及びキャリア基板ホルダに結合された力計によって測定された荷重の変化の感知などの、接触を感知するための種々の実施形態が上述されている。

【0084】

動作 1710 で、静電転写ヘッドアレイ 204 は、静電電圧源接続部 410 を介して電圧を静電転写ヘッドアレイ 204 に印加されることによって活性化することができる。キャリア基板 706 に接触する前、最中、又は後に、静電転写ヘッド 204 の電極に電圧を印加できる。一実施形態では、電圧は、定電流電圧又は交流電圧とすることができる。電圧の印加は、マイクロデバイス上での把持圧力を生成してマイクロデバイスのピックアップを可能にする。一実施形態では、約 25 V と 300 V の間の動作電圧を印加することによって、マイクロデバイスをピックアップするために、1 気圧より高い十分な把持圧力（例えば、2 ~ 20 気圧）を生成することができる。

【0085】

一実施形態では、熱は、必要に応じて、例えば、キャリア基板にマイクロデバイスアレイを保持する接着層に相変化を生成するために、キャリア基板上のマイクロデバイスアレイに印加することができる。例えば、熱は、関節転写ヘッド 106 内のヒータ 400、及び/又はキャリア基板ホルダ 108 に接続されたヒータ 806 から印加することができる。

【0086】

更に図 17 を参照すると、動作 1715 で、マイクロデバイスアレイをキャリア基板 706 からピックアップすることができる。図 19 C は、本発明の実施形態に係る、マイク

ロデバイスアレイ 708 をピックアップする静電転写ヘッドアレイの断面側面図である。一実施形態では、軸方向アクチュエータ 406 などのアクチュエータが、関節転写ヘッドアセンブリ 106 をキャリア基板 706 から離すために使用され、それ故に、取付面 202 に取り付けられた静電転写ヘッドアレイ 204 によって把持されたマイクロデバイスアレイのピックアップを生じさせる。あるいは、例えば、軸方向アクチュエータ 406 などの別のアクチュエータを非通電にしたときに後退力を印加するフレクシャ 404 などのパッシブアクチュエータを用いて、ピックアップを達成できる。このような実施形態では、非通電は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 に印加される伸長力を除去し、したがって、関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、フレクシャ 404 の固有のばね力に基づいて、キャリア基板表面 806 から後退する。

10

【0087】

マイクロデバイスアレイのピックアップは、接触動作の感知について説明した上述と同様の方法で感知することができる。一実施形態では、アクチュエータアセンブリ 110 又は筐体 210 に結合された位置センサ 414 は、フレクシャ 404 の撓み、又は関節転写ヘッドアセンブリ 106 の移動を検出することができる。一実施形態では、キャリア基板ホルダに結合された力計によって測定された荷重の変化は、マイクロデバイスアレイのピックアップを示すことができる。

【0088】

図 19D は、本発明の実施形態に係る、転写先基板 714 上に解放されたマイクロデバイスアレイ 708 の側面断面図である。マイクロデバイスアレイ 708 は、マイクロデバイスアレイ 708 が解放される前に、転写先基板に接触するまで転写先基板 714 の上におろすことができる。転写先基板 714 とマイクロデバイスアレイ 708 との間の接触は、大量転写ツールの作動を介して行うことができる。更に、動作 1705 に関して上述のように、接触は、位置センサ又は力計を使用して感知できる。

20

【0089】

転写先基板上へのマイクロデバイスアレイの載置は、高温で実施することができる。それは、例えば、マイクロデバイスアレイ 708 上及び/又は転写先基板 706 上の接着層に相変化を生成したり、又は転写先基板上へのマイクロデバイスアレイの載置中に接着層の相変化を生成したり、又は接着層を合金化したりするためである。

【0090】

マイクロデバイスアレイが転写先基板 714 に接触した後、静電電圧源接続部 410 を介して静電転写ヘッドアレイ 204 に印加された電圧を除去するか又は変更することにより、マイクロデバイスアレイを転写先基板 714 上に解放することができる。

30

【0091】

関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、次に、転写先基板 714 から離すことができる。マイクロデバイスアレイからの静電転写ヘッドアレイの除去は、転写先基板から離れて移動するときに、ピックアップ感知について上述したのと同様の方法で、感知することができる。更に、マイクロデバイスアレイからの静電転写ヘッドアレイの除去は、動作 1715 に関して上述のように、位置センサ又は力計を使用して感知することができる。

【0092】

上方視野撮像装置 128 は、マイクロデバイスの存在について静電転写ヘッドアレイ 204 を点検するために、使用することができる。より具体的には、ピックアップの後、マイクロデバイスの存在は、アクチュエータアセンブリ 110 を用いて、撮像装置 128 の上の場所に関節転写ヘッドアセンブリ 106 及び基板 200 を移動させることにより、上方視野撮像装置 128 によって検視することができる。この検視する動作は、当技術分野で知られているように、高及び低倍率の両方で行うことができる。

40

【0093】

図 12A は、本発明の一実施形態に係る、静電転写ヘッドアレイを支持する基板を基準系に位置合わせする方法を示すフローチャートである。動作 1201 で、x 軸及び x-y 平面を含む基準系が確立される。基準系は、大量転写ツール 100 内の様々な構成要素の

50

位置合わせを可能にするために有用となり得る。具体的には、基準系は、基準の幾何形状に関する、及び互いに関する、システム構成要素の移動を可能にする。これらの構成要素の移動は監視され、アクチュエータアセンブリ 110 を制御するコンピュータシステム 150 に入力できる。動作 1220 において、静電転写ヘッドアレイ 204 を支持する基板 200 は、大量転写ツール 100 の様々なセンサを用いて、確立された基準系と位置合わせされる。一実施形態では、静電転写ヘッドアレイ 204 を支持する基板 200 は、基板を基準系と位置合わせする前に、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の取付面 202 に着脱自在に取り付けられ、1 つ以上の静電電圧源接続部 410 と接続される。

【0094】

図 12B は、本発明の実施形態に係る、基準系を確立する方法を示すフローチャートである。動作 1203 では、 $x - y$ 原点は、第 1 の撮像装置及び第 2 の撮像装置を、第 1 の撮像装置と第 2 の撮像装置との間の基準マークに位置合わせすることにより、設定される。動作 1205 で、 z 原点は、第 1 の位置センサと第 2 の位置センサとの間にあって $x - y$ 原点を有する $x - y$ 平面に平行な同一平面上の第 1 の面及び第 2 の面をセンシングすることによって、設定される。一実施形態では、 $x - y$ 原点及び z 原点は、基準系を画定するために使用される。

【0095】

図 12C は、本発明の実施形態に従って示した、マイクロデバイスアレイを転写する大量転写ツールの動作方法を示すフローチャートである。動作 1230 で、キャリア基板ホルダ 108 上のキャリア基板 706 の向きは、大量転写ツール 100 の様々なセンサを使用して決定される。動作 1240 で、転写先基板ホルダ 124 上の転写先基板 714 の向きが決定される。動作 1245 で、基板 200 の向きは、キャリア基板 706 に一致される。動作 1250 において、マイクロデバイスアレイは、キャリア基板 706 からピックアップされる。動作 1255 で、基板 200 の向きは、転写先基板 714 に一致される。動作 1260 で、マイクロデバイスアレイが転写先基板上に解放される。図 12C に記載された動作は、更に細分化、又は別の順序で実行できることを理解されたい。

【0096】

以下の説明は、図 12A ~ 図 12B に示した位置合わせ処理及び図 12C に示した転写処理の動作に関するさらなる詳細を提供する。説明は、時々、図 12A ~ 図 12C に戻って、追加の詳細がこれから提供される特定の動作を明確にする。しかし、以下の詳細は、この説明の範囲内で位置合わせと動作の別の方法に適用することができ、上述の動作の全体的な方法とは独立して行うことができることを理解されたい。

【0097】

図 13A によれば、本発明の実施形態に係る、 $x - y$ 原点を設定する方法の概略側面図が、示されている。この図は、図 12B の動作 1203 の態様を記載している。図に示された大量転写ツールの部分は、下向き撮像装置 1302 及び上向き撮像装置 1304 を含み、共に例えばカメラを含むことができる。プレート 1008 は、上向き撮像装置 1304 と下向きの撮像装置 1302 との間に配置することができる。より具体的には、板 1008 は上向き撮像装置 1304 の撮像面 1308 と下向き撮像装置 1302 の撮像面 1316 との間に向き付けることができる。上述のように、板 1008 は、基準マーク 1006 を含み、上向き撮像装置 1304 及び下向き撮像装置 1302 は、アクチュエータアセンブリ 110 の一つ以上のアクチュエータの作動によって、同時に基準マーク 1006 を検視するために移動させることができる。

【0098】

上向き撮像装置 1304 及び下向き撮像装置 1302 は、同時に基準マーク 1006 を検視し、基準マーク 1006 は撮像装置からの各画像内で中央に位置され、集光されると、撮像装置は位置合わせされることになる。したがって、その位置で、基準マーク 1006 は、撮像面に平行な面内で撮像装置の相対位置を決定するために、上向きカメラ 1304 又は下向きカメラ 1302 のいずれかの動きを比較することが可能な基準点となる。一実施形態では、上向き撮像装置 1304 は、キャリア基板ホルダ 108 に対して固定され

、下向き撮像装置 1302 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 に対して固定されると、基準マーク 1006 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 又はキャリア基板ホルダ 108 の移動が比較されて x 軸及び y 軸方向のこれらの構成要素の相対的な位置を決定するための基準点となる。

【0099】

図 13B を参照すると、本発明の実施形態に係る、x - y 原点を設定する方法の概略斜視図が示されている。この図はまた、図 12B の動作 1203 の態様を説明している。上向き撮像装置 1304 及び下向き撮像装置 1302 は、図 13A に関して説明したように、それらの両方が、板 1008 上の基準マーク 1006 を検視するような位置に移動させることができる。図 13B において、基準マーク 1006 は、撮像装置 1302、1304 によって中心に置かれて焦点を合わせると、x - y 原点 1320 を確立する。更に、x 軸 1322 及び y 軸 1324 は、x - y 原点 1320 を介して交差すると決定される。一実施形態では、x 軸 1322 及び y 軸 1324 は、上向き撮像装置が結合される x - y ステージの運動軸に対応する。更に、x 軸 1322 及び y 軸 1324 は、x 軸 1322、y 軸 1324、及び x - y 原点 1320 を通る x - y 平面 1326 を画定する。したがって、x 軸 1322 及び x - y 平面 1326 を有する基準系は、上述の方法に従って確立できる。上述のように、いくつかの実施形態は、下部アセンブリ 104 だけに x - y ステージ 112 を含むものとして記載され、説明されているが、上部アセンブリ 102 の関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、x - y ステージ 112 に追加された、又はその代わりに、x - y ステージ上に取り付けできることが想到される。このような実施形態では、x 軸 1322 及び y 軸 1324 は、下向き撮像装置が結合されている x - y ステージの運動軸に対応することができる。

【0100】

図 14A を参照すると、本発明の実施形態に係る、z 原点を設定する方法の側面図が示されている。この図は、図 12B の動作 1205 の態様を説明している。下向き位置センサ (downward-looking position sensor) 1402 は、基準系の x - y 平面 1326 に向けて下方向 1404 を検視している。同時に、上向き位置センサ (upward-looking position sensor) 1406 は、下方向とは逆の上方向 1408 を検視している。したがって、上向きセンサ 1402 及び下向き位置センサ 1406 の方向は、互いにほぼ平行であり、x - y 平面 1326 とほぼ直交し得る。上述のように、位置センサは、対象の絶対距離を求めることができる分光干渉レーザ変位センサとすることができる。

【0101】

ゲージ 1410 は、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の取付面 202 に着脱自在に取り付けられており、上向きセンサ 1402 と下向き位置センサ 1406 との間に位置することができる。ゲージ 1410 は、基準系内での z 原点を確立するために使用されるので、「z ゲージ」と呼ぶことができる。z ゲージ 1410 の取り付けは、取付面 202 への基板 200 の取付けと同様な方法で達成することができる。例えば、吸引は、取付面 202 の真空ポートを介して、z ゲージ 1410 に対して行うことができる。

【0102】

図 14A に示すように、z ゲージ 1410 は、x - y 平面 1326 と平行でないとき、即ち、z ゲージ 1410 が基準系内で傾いているときには、上向き位置センサ 1406 は第 1 の面 1412 までの距離を感知し、下向き位置センサ 1402 は第 2 の面 1414 までの距離を感知することができる。これらの表面は、例えば、z ゲージ 1410 の外面に形成された 2 つの座ぐりの底面とすることができる。座ぐり面 1412、1414 は、互いに同一平面とすることができる。一実施形態では、座ぐりはそれぞれが z ゲージ 1410 の厚さの半分まで延びているので、表面は同一平面上にある。

【0103】

一実施形態では、第 1 の面 1412 及び第 2 の面 1414 は、基準面 (surface plane) 1416 と同一平面上にある。例えば、一実施形態では、z ゲージ 1410 は貫通孔を有する 2 枚のシリコンウェーハから形成することができる。2 枚のシリコンウェーハは、

スルーホールの開口部が他方のウェーハの表面に隣接するように接合されている。したがって、貫通孔の底部は、他のウェーハの表面となり、ウェーハが互いに並置されているので、それらの接合面は同一平面上にある。したがって、貫通孔の底面も同一平面上にあり、 z ゲージ 1410 のための座ぐりとして使用することができる。別の実施形態では、第 1 の表面 1412 及び第 2 の表面 1414 は同一平面上にない。例えば、表面 1412 及び 1414 は、均一で既知の厚さの層によって分離することができる。

【0104】

z ゲージ 1410 が $x-y$ 平面 1326 と平行でないとき、それぞれの上向き位置センサ 1406 及び下向き位置センサ 1402 からの第 1 の面 1412 及び第 2 の面 1414 までの距離は、それらが非平行面上の異なる点に存在するため、 z に沿った異なる場所に対する距離になる。その結果、上向き位置センサ 1406 と下向き位置センサ 1402 との間には共通の z 原点がない。

【0105】

したがって、 z ゲージ 1410 を取り付ける前か後のいずれかの時点に、基準系の z 原点の確立を容易にするために、関節ヘッドアセンブリ 106 の取付面 202 を $x-y$ 平面 1326 に対して平行にすることができる。これを行うには、上方向きの位置センサ 1406 は、取付面 202、 z ゲージ 1410、又は取付面 202 に対して平行であることが知られている任意の他の構造体、の 2 つ以上の点までの距離を検出することができる。種々の測定点までの距離が上向き位置センサ 1406 から同じ距離になるまで、関節転写ヘッドアセンブリ 106 をアクチュエータアセンブリ 110 によって前後及び左右に傾斜させることができる。これが発生すると、取付面 202 は上向き位置センサ 1406 の検出方向に直交することができ、したがって、取付面 202 は $x-y$ 平面 1326 にほぼ平行となる。取付面が $x-y$ 平面 1326 に対して平行に向き付けられると、 z 原点を確立することができる。

【0106】

図 14B を参照すると、本発明の実施形態に係る、大量転写ツールの一部の側面図が示されている。この図は、図 12B の動作 1205 の態様を説明している。ここでは、上述のように、関節転写ヘッドアセンブリ 106 を上向き位置センサ 1406 に対して移動させることにより、取付面 202 又は z ゲージ 1410 のいずれかが $x-y$ 平面 1326 に対して平行に位置合わせされたので、基準面は $x-y$ 平面 1326 に対して平行であることが知られている。したがって、基準面 1416 が $x-y$ 平面 1326 に対して平行であると、上向き位置センサ 1406 から第 1 表面 1412 までの距離、及び下向き位置センサ 1402 から第 2 の表面 1414 までの距離は、基準面 1416 までの既知の距離として登録できる。第 1 の表面 1412 及び第 2 の表面 1414 が同一平面であることを考慮すると、基準面 1416 はこの向きの z 原点 1420 として確立することができ、上向き位置センサ 1406 又は下向き位置センサ 1402 のいずれかをを用いて、次に z 原点 1420 までの距離を測定することができる。

【0107】

x 軸 1322 と $x-y$ 平面 1326 と共に z 原点 1420 が確立されると、基準系は既知となり、大量転写ツール 100 の構成要素を移動できる。例えば、 z ゲージ 1410 は、次に取付面から除去され、転写ヘッドアレイ 204 を支持する基板 200 に取り換えることができる。基板 200 は、上述した方法のいずれかを使用して、関節転写ヘッドアセンブリ 106 の取付面 602 に取り付けることができる。一実施形態では、真空は、取付面 202 に基板 200 を保持し、1 つ以上の電圧源接続部 410 及び基板 200 を接続する接点 604 の膝部 606 を圧縮するために使用される。実施形態において、 z ゲージ 1410 は、基準面 1416 が、基板 200 に支持された静電転写ヘッドアレイ 204 の接触面 205 (図 6B) と合致する場所から約 100 マイクロメートル以内にあるように、形成することができる。したがって、 z ゲージ 1410 を基板 200 に取り替えると、 z 原点 1420 は静電転写ヘッドアレイ 204 とほぼ合致し、上向きセンサ 1402 及び下向きセンサ 1406 を使用したその後の調整を実質的に容易にする。

【0108】

図15を参照すると、本発明の実施形態に係る、基板を基準系に位置合わせする方法の概略斜視図が示されている。これは、図12Aの動作1220の態様を示している。基準系が確立された後、基板200は基準系に位置合わせできる。一実施形態において、基準系を確立した後、関節転写ヘッドアセンブリ106の取付面202に基板200を取り付けることに続いて、基板200は位置合わせされる。基準系は、上述した方法に基づいて知ることができる。より具体的には、基準系は、x軸1322、y軸1324、及びx-y平面1326の識別又は割り当てに基づいて確立される。更に、基板200の基準系1502に対する位置は、大量転写ツール100の様々なセンサに基づいて決定できる。例えば、上向き撮像装置1406は、基板200の第1の位置合わせマーカ1504を検視することができ、第1の位置合わせマーカ1504を検視する間と、x-y原点1320に合致する基準マーク1006を検視する間の上向き撮像装置1406の位置の差に基づいて、x軸1322及びy軸1324に沿っての第1の位置合わせマーカ1504の相対位置を決定することができる。このような位置の差は、例えば、アクチュエータサブアセンブリ110のエンコーダによって提供されるデータから、決定され得ることを理解されたい。より具体的には、上向き撮像装置1406、又は撮像装置が結合されているキャリッジ120を移動させるために使用されるx-yステージ112は、x-yステージ112の位置、したがって、上向き撮像装置1406の位置に関するデータを提供するためのロータリーエンコーダを含むことができる。同様に、第2の位置合わせマーカ1506の位置は、x-y原点1320に対して決定できる。

10

20

【0109】

基板表面上に少なくとも2つの位置合わせマーカ1504、1506を識別することにより、第1の位置合わせマーカ1504及び第2の位置合わせマーカ1506を通るように、位置合わせの軸1508を計算することができる。更に、位置合わせ軸1508と基準系の軸、例えば、x軸1322との間を比較することにより、z軸1510についての基準系1502に対する基板200の向きを決定することができる。

【0110】

これは、第1の位置合わせマーカ1504及び第2の位置合わせマーカ1506は、基板200上に配置された任意の既知のマーカであり得ることを理解されたい。例えば、一実施形態では、位置合わせマーカは、インク若しくはレーザー印刷、又はエッチングを用いて基板200に付加することができる。あるいは、位置合わせマーカは、静電転写ヘッドアレイ204からの2以上の静電転写ヘッドとすることができる。例えば、アレイ204の外縁に沿った2つの静電転写ヘッドは、アレイ204の外縁に合致しかつその基準とすることができる位置合わせの軸1508を生成できる。

30

【0111】

基板200とx-y平面1326との間の角度関係はまた、上向き位置センサ1406を用いて決定できる。基板200の表面上の2以上の点は、上向き位置センサ1406によって検出できる。例えば、一実施形態では、基板200の表面上の4つの点が上向き位置センサ1406によって検出できる。これらの点までの距離は、その点を通る平面、即ち、基板200の表面と合致する平面を計算するために使用することができる。この表面は、例えば、電極のアレイ上の誘電体層などの、静電転写ヘッドアレイ204上の接触面205とすることができる。したがって基板表面と基準系1502のx-y平面1326との間で比較を行い、x軸1322及びy軸1324についての基準系1502に対する基板200の向きを決定することができる。

40

【0112】

図15Bを参照すると、本発明の実施形態に係る、基板と基準系を位置合わせする方法を示す概略斜視図が示されている。これは、図12Aの動作1220の態様を示している。基準系1502と基板200との間の関係に基づいて、基板200は基準系1502に位置合わせできる。より詳細には、基板200の位置合わせの軸1508をx軸1322と平行に位置合わせし、基板表面をx-y平面1326と平行に位置合わせするために、

50

関節転写ヘッドアセンブリ 106 をいくつかの自由度の範囲内で調整することができる。これは、アクチュエータアセンブリ 110 の様々なアクチュエータを用いて、関節転写ヘッドアセンブリ 106 を前後及び左右に傾斜させ、回転させることによって達成できる。

【0113】

別の実施形態では、基板 200 と基準系 1502 の位置合わせは、基板 200 上の 2 つ以上のポイント、例えば、位置合わせマーカ 1504、1506 を検視して、基板 200 が撮像装置の撮像面に平行であるか判断することを含むことができる。具体的には、上方視野撮像装置は、基板 200 上の少なくとも 2 点を検視して、それらの点を検出するための焦点距離を決定できる。例えば、撮像装置は、第 1 の静電ヘッド、又は位置合わせマーカ 1504 を検視して、焦点を合わせることができる。第 1 の静電ヘッドに焦点が合うと、画像は第 1 の焦点長さを有する。撮像装置は、次に、同じ平面内の新しい場所に撮像装置を移動させることにより、第 2 の静電ヘッド又は位置合わせマーカ 1506 を検視するために、使用できる。静電ヘッド又は位置合わせマーカ 1504、1506 は、撮像面から同じ距離にある場合、それぞれについて焦点距離が同じため、再び焦点を合わせる必要がないことになる。しかし、撮像装置は、第 2 の静電ヘッドに焦点を合わせるために、再び焦点を合わせる必要がある場合は、焦点距離が異なるので、静電ヘッドのアレイを支持する基板面は撮像面と平行でないことになる。したがって、撮像装置が、基板 200 上の基準点を検視する場所との間で移動するときに、再び焦点を合わせる必要がなくなるまで、関節転写ヘッドアセンブリ 106 を前後及び左右に傾斜させることができる。これが起こると、再び焦点を合わせる必要がなく、したがって、基板 200 は、基準系の対応する平面に平行であることになる。

【0114】

今基板 200 を基準系 1502 と位置合わせする方法を説明したので、基準系が、大量転写ツール 100 内の様々な構成要素の位置合わせを可能にするのに有用であることが理解されるであろう。より具体的には、基準系は、基準の幾何形状に関する、及び互いに関する、システム構成要素の移動を可能にする。これらの構成要素の移動は監視され、アクチュエータアセンブリ 110 を制御するコンピュータシステム 150 に入力できる。一例として、基準系を確立した後、x - y ステージ 112 に取り付けられたキャリッジ 120 に搭載されたキャリア基板ホルダ 108 の運動は、x - y ステージ 112 のエンコーダによって決定できる。したがって、x - y ステージ 112 が y 軸に沿って 3 インチ移動する場合、エンコーダは、キャリア基板ホルダ 108 が y 軸方向に 3 インチだけ位置を変更したと判断することになる。同様に、キャリア基板ホルダ 108 と関節転写ヘッドアセンブリ 106 との間の位置の変化は、移動中に関節転写ヘッドアセンブリ 106 が静止したままである場合、y 軸方向に 3 インチであることが分かる。これは、基準系を確立することの重要性の基本的な説明であり、基準系は、システムの多くの異なる構成要素間の相対位置を決定するために使用できることを示す。このように、以下の説明は、図 12C に示される方法の態様に関してより詳細に渡り、マイクロデバイスアレイをキャリア基板から転写先基板に転写するために、互いに対して部品を移動させる能力を利用している。

【0115】

再び図 12C に示すように、動作 1230 で、キャリア基板 706 の向きを決定できる。例えば、キャリア基板は、キャリア基板 706 を保持し、安定化させるために真空を適用する保持面 802 上に保持できる。あるいは、キャリア基板 706 を保持するために、機械的な把持機構又は摩擦嵌合 (friction fits) を使用できる。キャリア基板 706 の向きは、取付面 202 に取り付けられた基板 200 の向きを決定するための上述の方法と同様の方法を用いて、決定できる。例えば、下方視野撮像装置は、基準系の x - y 原点 1320 に対するマーカの相対距離を決定するために、キャリア基板 706 上のいくつかのマーカを検視できる。この決定は、基準系の z 軸周についてのキャリア基板 706 の向きを決定するために使用できる。また、下向き視野位置センサ 1402 は、基準系の x 軸と y 軸についてのキャリア基板 706 の向きを決定する目的で、キャリア基板 706 の表面上の複数の点を検出するために使用できる。例えば、下向き視野位置センサ 1402 は、

キャリア基板 706 の表面上の 4 つの点を検出するために使用できる。したがって、基準系内のキャリア基板 706 の関係を決定するために、キャリア基板 706 の位置合わせ軸及び面の向きを決定できる。

【0116】

動作 1240 で、転写先基板 714 の向きは、図 12C の動作 1230 に関して上述したのと同様の方法で決定できる。例えば、転写先基板 714 は、キャリア基板 706 に関して上述したのと同様の方法で、転写先基板ホルダ上に保持できる。

【0117】

キャリア基板 706 及び転写先基板 124 の向きを決定した後、キャリア基板 706 から転写先基板 124 へのマイクロデバイスの転写を行うことができる。いくつかの実施形態では、キャリア基板から転写先基板へのマイクロデバイスアレイの移動は、例えば、キャリア基板にマイクロデバイスアレイを接続する接着層に相変化を生成するか、又は、転写先基板上へのマイクロデバイスアレイの載置の間に接着層に相変化を生成するか若しくは接着層を合金化するために、高温で実施することができる。

【0118】

図 16A ~ 図 16C は、本発明の実施形態に係る、大量転写ツールを使用して、向きを一致させ、基板をキャリア基板に接触させる方法の概略側面図である。これらは、図 12C の動作 1240 及び 1245 の追加の態様を例示する。例示目的のために、基板 200 又はキャリア基板ホルダ 108 の保持面に関するキャリア基板 706 の向きの差が誇張されている。

【0119】

次に図 16A を参照すると、基板 200 が関節転写ヘッドアセンブリ 106 に取り付けられて示されている。基板 200 の向きは、すでに基準系に位置合わせされて示されている。より具体的には、基準系の x 軸及び $x-y$ 平面とそれぞれ位置合わせされた位置合わせの軸及び表面を有する基板が示されている。少なくとも 1 つの実施形態において、基板は、基準系の他の基準幾何形状に位置合わせできることを理解されたい。

【0120】

キャリア基板 706 が、キャリア基板ホルダ 108 に取り付けられて示されている。キャリア基板 706 の向きは、基板 200 と異なり、基準系と位置合わせされていない。したがって、基板 200 とキャリア基板 706 の向きは位置合わせされていない。しかし、これらの向きの不一致は解決できる。例えば、上述のように、基板 200 とキャリア基板 706 の向きは、基準系との位置合わせに基づいて分かっている。したがって、キャリア基板 706 と基板 200 との間の向きのオフセットを決定するための比較を行うことができる。

【0121】

キャリア基板 706 の向きよりも、むしろキャリア基板ホルダ 108 の向きも決定できることを理解されたい。具体的には、キャリア基板 706 の表面にほぼ平行なキャリア基板ホルダ 108 上の表面点は、キャリア基板ホルダ 108 の向きを画定するために検出できる。キャリア基板ホルダ 108 と基板 200 との間の向きのオフセットを決定するための比較を行うことができる。

【0122】

16B 図を参照すると、関節転写ヘッドアセンブリ 106 とキャリア基板ホルダ 108 との間の空間的關係は、基板 200 とキャリア基板 706 を位置合わせするために調整できる。これは、図 12C の動作 1245 の態様を示している。より具体的には、図 16A に示すように、キャリア基板 706 の向きを決定した後、関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、基板 200 の向きが、キャリア基板 706 の向きに一致するように変換されるまで、1 つ以上のアクチュエータによって移動させることができる。その結果、基板 200 とキャリア基板 706 は互いに近接し、それらの対向する表面は平行となる。

【0123】

図 16C に示すように、基板 200 によって支持された静電転写ヘッドアレイ 204 は

10

20

30

40

50

、キャリア基板 706 上のマイクロデバイスアレイと接触させられる。これは、図 12C のピックアップ動作 1250 の態様を示している。これは、アクチュエータアセンブリ 110 の 1 つ以上のアクチュエータを用いて、キャリア基板ホルダ 108 に向かって、関節転写ヘッドアセンブリ 106 を移動させることによって達成できる。基板 200 とキャリア基板 706 の正確な位置合わせによって、基板 200 とキャリア基板 706 が互いに実質的に平行に向き付けられる間に、接触がなされることを理解されたい。したがって、接触点において、対向面での横荷重又は撓みは最小限である。これは、静電ヘッドアレイ 204 と、キャリア基板の表面上に載置された 1 つ以上のマイクロデバイスとの間の不一致を防ぐことができるので、有益である。それは、また、静電ヘッドアレイ 204 及び 1 つ以上のマイクロデバイスへの損傷の危険性を低減する。ピックアップ動作 1250 は、様々な方法で、様々なセンサを用いて測定できる。例えば、ピックアップ動作 1250 は、図 17 に関して上述したピックアップ動作と同様に行うことができる。

10

【0124】

図 12C を参照すると、動作 1255 及び 1260 は、ピックアップしたマイクロデバイスを転写先基板 714 に転写するために行うことができる。これらの動作は、上述の動作 1245 及び 1250、並びに図 17 と同様の方法で行うことができる。より具体的には、動作 1255 で、関節転写ヘッドアセンブリ 106 と転写先基板ホルダ 124 との間の空間的關係は、静電転写ヘッドアレイ 204 によってピックアップされたマイクロデバイスアレイを転写先基板 714 の表面に近接させるように調整することができる。また、転写先基板 714 とマイクロデバイスアレイとの間の接触は、大量転写ツール 100 のさらなる動作を通して行うことができる。マイクロデバイスアレイ 708 及び転写先基板 714 との間の接触は、上述のものと同様の方法で、位置センサ、力計、及び他のセンサを用いて感知できる。いくつかの実施形態では、転写先基板上へのマイクロデバイスアレイの載置は、例えば、転写先基板上へのマイクロデバイスアレイの載置中に接着層に相変化を生成したり、又は接着層を合金化したりするために、高温で実施してもよい。

20

【0125】

動作 1260 において、マイクロデバイスアレイが転写先基板 714 と接触するとき、静電電圧源接続部 410 を介して静電転写ヘッドアレイ 204 に印加された電圧を除去できる。このような除去は、また、把持圧力を除去するため、転写先基板 714 上にマイクロデバイスアレイを解放できる。

30

【0126】

マイクロデバイスアレイを解放した後、キャリア基板 706 から転写先基板 714 へのマイクロデバイスの転写が達成される。その後、関節転写ヘッドアセンブリ 106 は、転写先基板 714 から離れることができる。マイクロデバイスアレイからの移動と、その除去の感知は共に、上述と同様の方法で達成できる。更に、静電転写ヘッドアレイ 204 は、上述と同様の方法で、マイクロデバイスアレイの解放を確認するために、上方視野撮像装置 128 によって点検できる。

【0127】

大量転写ツールの様々な構成要素は、上述の動作中に加熱できることを理解されたい。例えば、一実施形態では、静電転写ヘッドアレイ 204 を支持する基板 200 及び / 又は取付面 202 は、動作 1201 から 1260 までのいずれかで、約 100 ~ 350 の温度範囲に加熱できる。例えば、感知、位置合わせ、一致動作のいずれも、キャリア基板から転写先基板にマイクロデバイスを転写するために使用される作動温度で行うことができる。一実施形態では、動作温度は、接着層の相変化又は合金化を生成するための高温である。一実施形態では、動作 1203 及び 1205 での x - y 原点及び z 原点を設定する際、取付面 202 は約 100 ~ 350 の温度範囲に加熱される。一実施形態では、基板を基準系に位置合わせする際、取付面 202 及び基板 200 は約 100 ~ 350 の温度範囲に加熱される。一実施形態では、キャリア基板又は転写先基板の向きを決定し、基板の向きをキャリア又は転写先基板の向きに一致させる際、取付面 202 及び基板 200 は約 100 ~ 350 の温度範囲に加熱される。一実施形態では、マイクロデバイスアレイに

40

50

接触し、ピックアップし、又は解放する際、取付面 202 及び基板 200 は、約 100 ~ 350 の温度範囲に加熱される。一実施形態では、動作 1203 及び 1205 において、 $x-y$ 原点及び x 軸原点を設定する際、キャリア基板は室温から約 200 までの温度範囲に加熱される。一実施形態では、キャリア基板又は転写先基板の向きを決定し、基板の向きをキャリア又は転写先基板の向きに一致させる際、キャリア基板又は転写先基板は、室温から約 200 までの温度範囲に加熱される。一実施形態では、静電転写ヘッドアレイ 204 がキャリア基板 706 上のマイクロデバイスアレイに接触している間に、キャリア基板 706 は室温から約 200 までの温度範囲に加熱できる。一実施形態では、静電転写ヘッドアレイ 204 が転写先基板 714 に接触している間に、転写先基板 714 は約 100 から約 200 までの温度範囲に加熱できる。これらは単なる例であり、大量転写ツール 100 のこれらの又は他の構成要素は、上述の方法の範囲内で、これらの又は異なる温度範囲に加熱することができることを理解されたい。

10

【0128】

次に図 20 を参照すると、本発明の実施形態の部分は、例えば、コンピュータ制御システムの機械使用可能媒体内に存在する、永続的な機械可読及び機械実行可能な命令から構成されるか又は制御される。図 20 は、本発明の実施形態に従って使用できる例示的なコンピュータシステム 150 の概略図である。コンピュータシステム 150 は例示的であり、本発明の実施形態は、汎用ネットワークコンピュータシステム、埋め込みコンピュータシステム、ルータ、スイッチ、サーバ装置、クライアント装置、様々な中間デバイス/ノード、スタンドアロンコンピュータシステムなど、を含む多数の異なるコンピュータシステムの上で若しくは中で動作するか、又はそれらによって制御することができることを理解すべきである。

20

【0129】

図 20 のコンピュータシステム 150 は、情報を通信するためのアドレス/データバス 2010 と、情報及び命令を処理するための、バス 2010 に結合された中央処理装置 (central processor unit) 2001 と、を含む。システム 150 はまた、中央処理装置 2001 のための情報及び命令を記憶するためにバス 1210 に結合された、例えば、ランダムアクセスメモリ (RAM) のようなコンピュータ使用可能な揮発性メモリ 2002 と、中央処理装置 2001 のための静的な情報及び命令を記憶するためにバス 2010 に結合された、例えば、読み取り専用メモリ (ROM) のようなコンピュータ使用可能な不揮発性メモリ 2003 と、情報及び命令を記憶するためにバス 2010 に結合されたデータ記憶装置 2004 (例えば、磁気ディスク又は光ディスク、及びそのディスクドライブ)、などのデータ記憶装置を含む。本実施形態のシステム 2012 は、また、中央処理装置 2001 に情報及びコマンド選択を通信するためにバス 2010 に結合された英数字及びファンクションキーを含むオプションの英数字入力装置 1206 を含む。システム 150 はまた、選択によって、中央処理装置 1201 にユーザ入力情報及びコマンド選択を通信するためにバス 2010 に結合されたオプションのカーソル制御装置 2007 を含む。本実施形態のシステム 2012 はまた、情報を表示するための、バス 210 に結合されたオプションの表示装置 2005 を含む。

30

【0130】

データ記憶装置 2004 は、本明細書で説明される方法又は動作の中のいずれか 1 つ以上を具現化する命令 (例えばソフトウェア 2009) の 1 つ以上のセットを記憶した永続的な機械可読記憶媒体 2008 を含むことができる。ソフトウェア 2009 はまた、揮発性メモリ 2002、不揮発性メモリ 2003、及び/又はコンピュータシステム 150 によって実行されるときにプロセッサ 2001、の中に完全に、又は少なくとも部分的に存在することができる、揮発性メモリ 2002 と、不揮発性メモリ 2003 と、プロセッサ 2001 とは、また、永続的な機械可読記憶媒体を構成できる。

40

【0131】

上述の明細書では、本発明は、その特定の例示的な実施形態を参照して説明されている。以下の請求項に明記されているような本発明のより広い趣旨及び範囲から逸脱することな

50

く、それらに対して種々の変更がなされてもよいことは明らかであろう。したがって、本明細書及び図面は、制限的な意味ではなく、例示的な意味で考慮されるべきである。

【図 1】

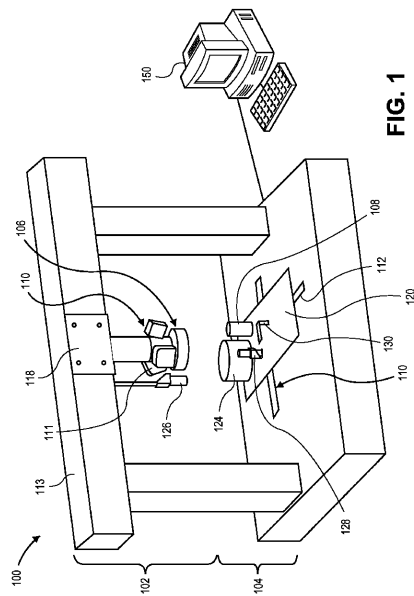


FIG. 1

【図 2】

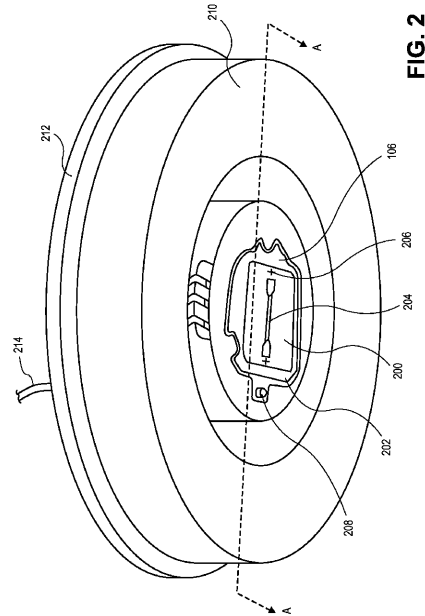


FIG. 2

【図 3】

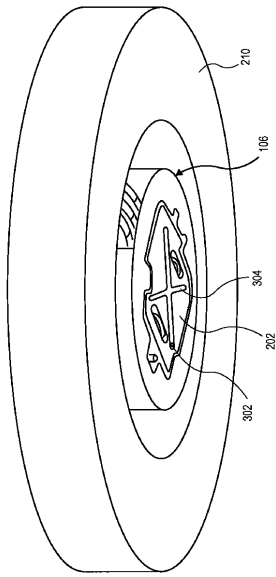
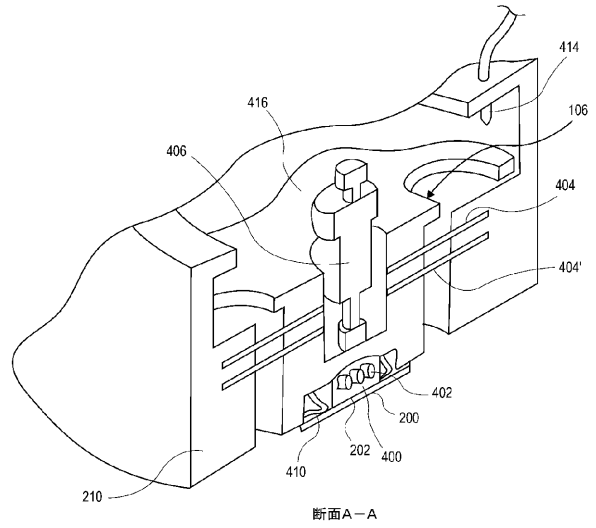


FIG. 3

【図 4】



断面A-A

【図 5】

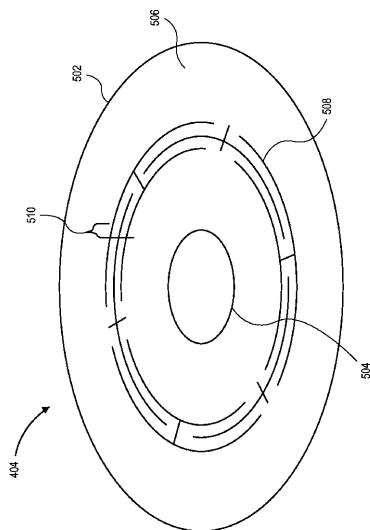


FIG. 5

【図 6 A】

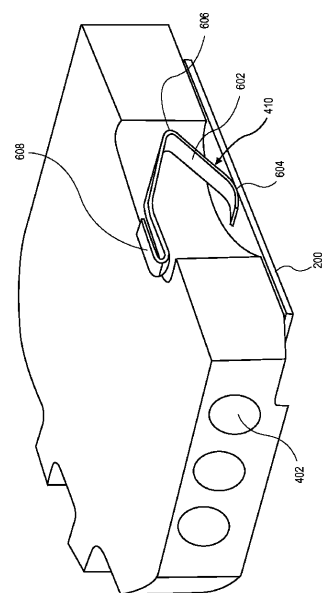


FIG. 6A

【図 6 B】

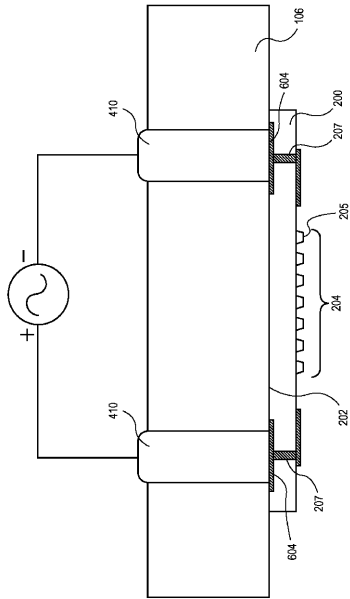


FIG. 6B

【図 7】

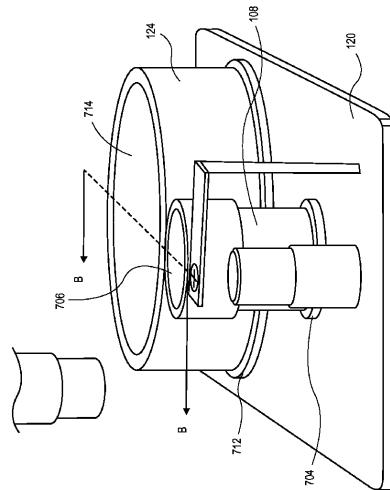
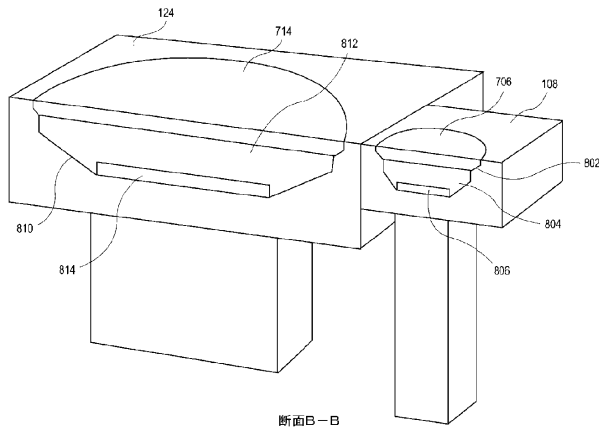


FIG. 7

【図 8】



断面B-B

【図 10】

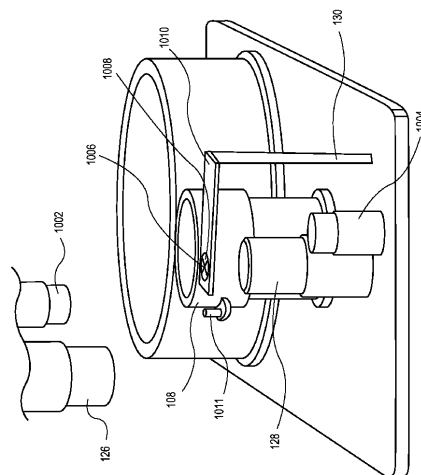


FIG. 10

【図 9】

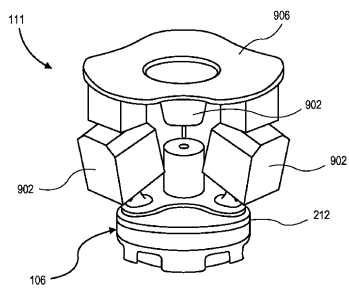


FIG. 9

【図 11】

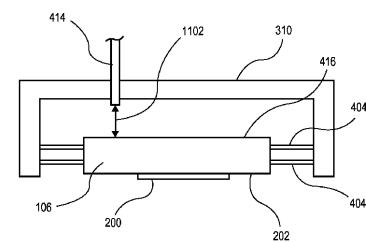
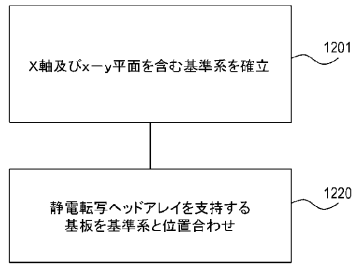
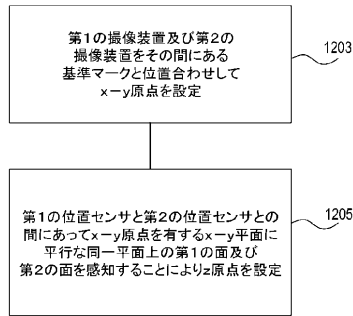


FIG. 11

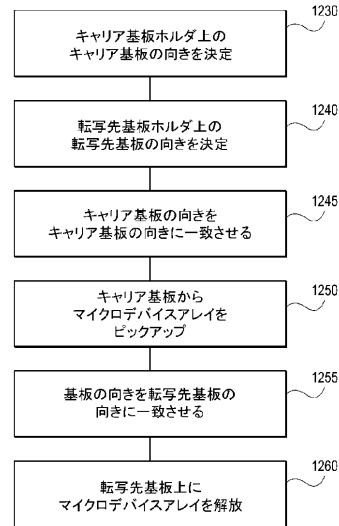
【図 1 2 A】



【図 1 2 B】



【図 1 2 C】



【図 1 3 A】

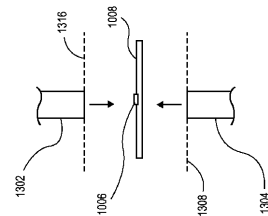


FIG. 13A

【図 1 3 B】

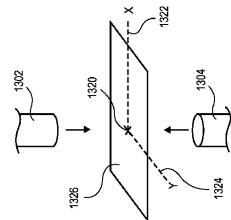


FIG. 13B

【図 1 4 B】

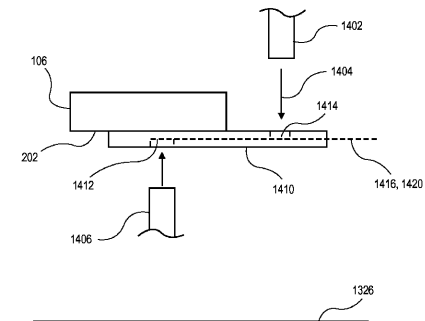


FIG. 14B

【図 1 4 A】

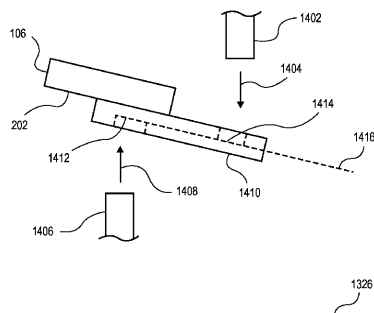


FIG. 14A

【図 15 A】

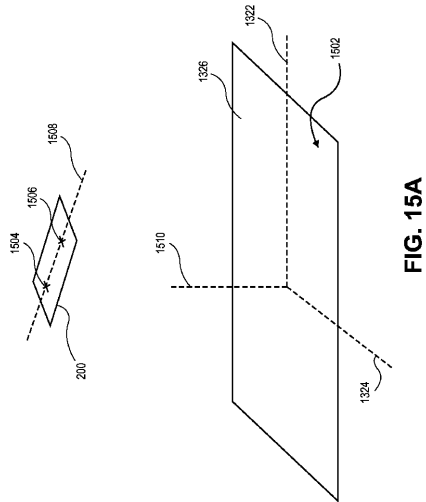


FIG. 15A

【図 15 B】

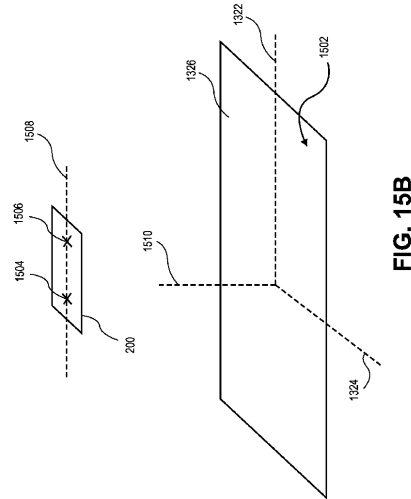


FIG. 15B

【図 16 A】

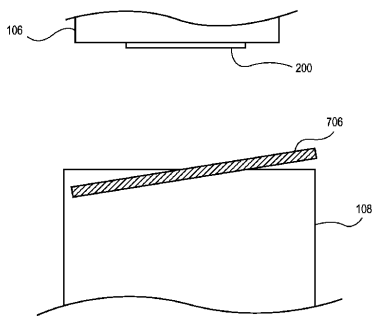


FIG. 16A

【図 16 C】

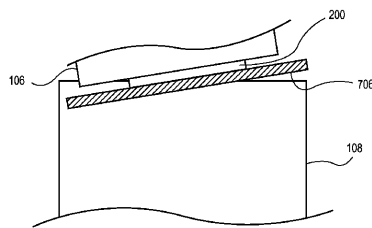


FIG. 16C

【図 16 B】

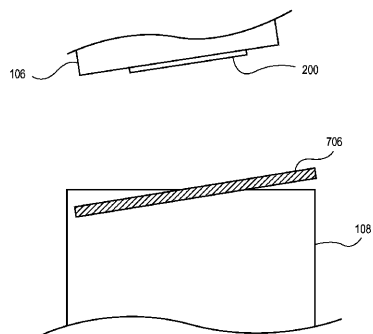
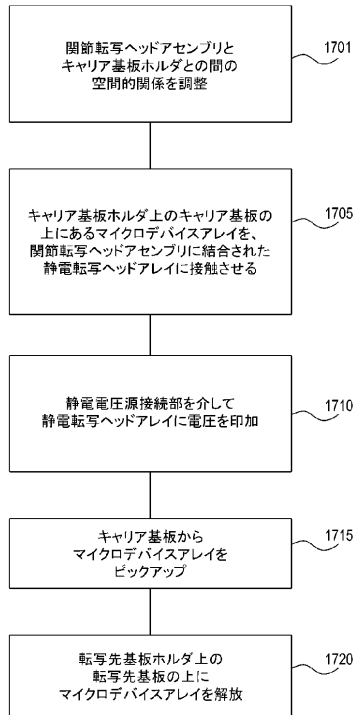


FIG. 16B

【図 17】



【図 18】

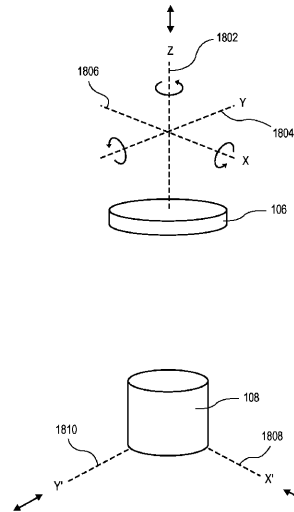


FIG. 18

【図 19 A】

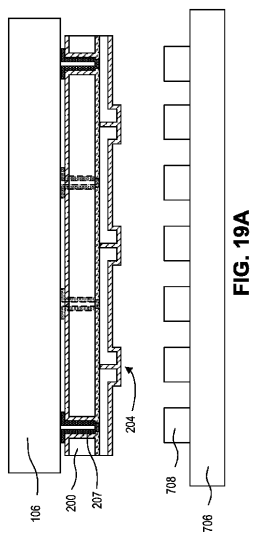


FIG. 19A

【図 19 B】

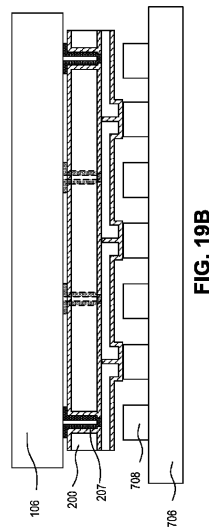
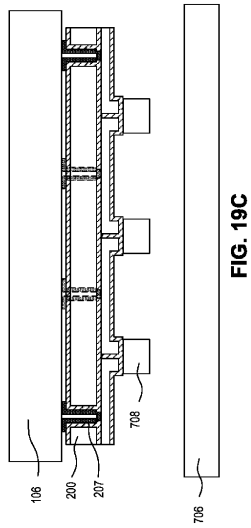
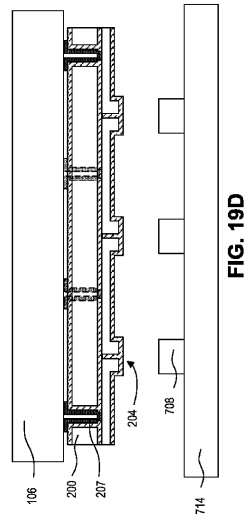


FIG. 19B

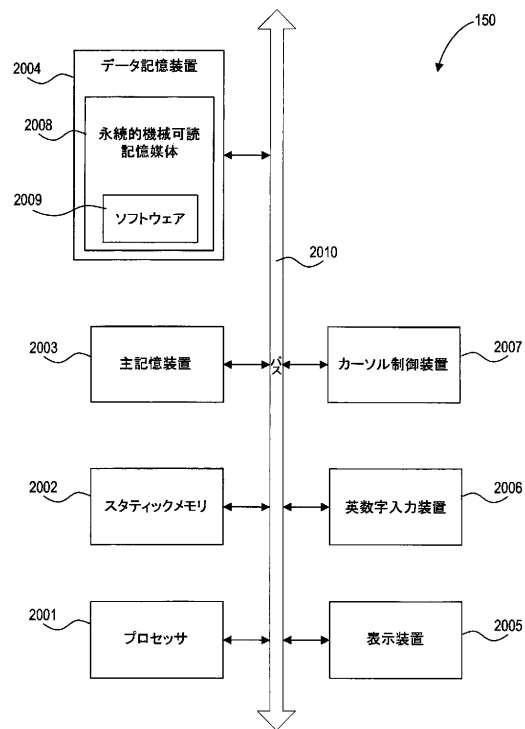
【図 19C】



【図 19D】



【図 20】



フロントページの続き

- (72)発明者 ヒギンソン ジョン エイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 4 サンタ クララ ワイヤット ドライブ 1 7
0 5
- (72)発明者 ビブル アンドレアス
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 4 サンタ クララ ワイヤット ドライブ 1 7
0 5
- (72)発明者 アルベルタッリ ディヴィッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 4 サンタ クララ ワイヤット ドライブ 1 7
0 5

審査官 工藤 一光

- (56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 9 4 8 2 4 (J P , A)
特開 2 0 0 3 - 5 1 4 6 6 (J P , A)
特開 2 0 0 8 - 1 3 5 7 3 6 (J P , A)
特開平 7 - 6 0 6 7 5 (J P , A)

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L 2 1 / 6 0 - 2 1 / 6 0 7
H 0 1 L 2 1 / 6 7 - 2 1 / 6 8 7
H 0 5 K 1 3 / 0 4
B 2 5 J 1 5 / 0 0 - 1 5 / 1 2

专利名称(译)	大规模转录工具		
公开(公告)号	JP6194002B2	公开(公告)日	2017-09-06
申请号	JP2015531125	申请日	2013-08-27
[标]申请(专利权)人(译)	カシ视图技术公司		
申请(专利权)人(译)	カシ视图技术公司		
当前申请(专利权)人(译)	苹果公司		
[标]发明人	ヒギンソンジョンエイ ビブルアンドレアス アルベルタツリディヴィッド		
发明人	ヒギンソン ジョン エイ ビブル アンドレアス アルベルタツリ ディヴィッド		
IPC分类号	H01L21/60		
CPC分类号	B25J15/0085 B81C99/002 H01L21/67132 H01L21/67144 H01L21/67259 H01L24/75 H01L24/95 H01L2224/75251 H01L2224/75252 H01L2224/75753 H01L2224/7598 H02N13/00		
FI分类号	H01L21/60.311.T		
代理人(译)	西岛隆义 田中真一郎 岩崎良信		
优先权	13/607031 2012-09-07 US		
其他公开文献	JP2015529400A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

公开了用于从载体基板转移微器件的系统和方法。在一个实施例中，质量转移工具包括铰接转移头组件，载体基板保持器和致动器组件，以调节铰接转移头组件和载体基板保持器之间的空间关系。铰接式转移头组件可包括静电电压源连接和支撑静电转移头阵列的基板。

(19) 日本国特許庁 (JP)		(12) 特 許 公 報 (B2)	(11) 特許番号 特許第6194002号 (P6194002)
(45) 発行日 平成29年9月6日 (2017.9.6)		(24) 登録日 平成29年8月18日 (2017.8.18)	
(51) Int. Cl. H O 1 L 21/60 (2006.01)		F I H O 1 L 21/60 3 1 1 T	
請求項の数 19 (全 40 頁)			
(21) 出願番号 特願2015-531125 (P2015-531125)		(73) 特許権者 503260918	
(86) (22) 出願日 平成25年8月27日 (2013.8.27)		アップル インコーポレイテッド	
(65) 公表番号 特表2015-529400 (P2015-529400A)		アメリカ合衆国 9 5 0 1 4 カリフォル	
(43) 公表日 平成27年10月5日 (2015.10.5)		ニア州 クバチーノ インフィニット ル	
(86) 国際出願番号 PCT/US2013/056912		ープ 1	
(87) 国際公開番号 W02014/039335		(74) 代理人 100086771	
(87) 国際公開日 平成26年3月13日 (2014.3.13)		弁理士 西島 孝喜	
審査請求日 平成27年4月27日 (2015.4.27)		(74) 代理人 100089584	
(31) 優先権主張番号 13/607,031		弁理士 希子丸 健	
(32) 優先日 平成24年9月7日 (2012.9.7)		(74) 代理人 100094569	
(33) 優先権主張国 米国 (US)		弁理士 田中 伸一郎	
		(74) 代理人 100067013	
		弁理士 大塚 文昭	
		(74) 代理人 100121979	
		弁理士 岩崎 吉信	
		最終頁に続く	
(54) 【発明の名称】 大量転写ツール			