

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-321377

(P2005-321377A)

(43) 公開日 平成17年11月17日(2005.11.17)

(51) Int. Cl.⁷

G 1 2 B 5/00

F 1

G 1 2 B 5/00

A

テーマコード (参考)

2 F 0 7 8

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 37 頁)

(21) 出願番号 特願2005-43465 (P2005-43465)
 (22) 出願日 平成17年2月21日 (2005. 2. 21)
 (31) 優先権主張番号 60/546, 352
 (32) 優先日 平成16年2月20日 (2004. 2. 20)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 504464210
 ザイベックス コーポレーション
 アメリカ合衆国、75081 テキサス州
 、リチャードソン、ノース プラノ ロー
 ド 1321
 (74) 代理人 100104411
 弁理士 矢口 太郎
 (74) 代理人 100104215
 弁理士 大森 純一
 (74) 代理人 100099656
 弁理士 山口 康明
 (72) 発明者 バウア、クリストフ
 アメリカ合衆国、75252 テキサス州
 、ダラス、ナンバー 710、マッカラム
 ブールバード 7825

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 微視的移動のための位置決め装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】粗位置決めと微細位置決めが同一の装置で利用できるようにする。

【解決手段】 被駆動素子190にスライド自在に係合するように構成されたベース110と、前記ベースと前記被駆動素子との間に介在し、前記圧電素子の第1の端近傍で前記ベースに取り付けられた圧電素子150と、前記圧電素子の第2の端近傍に取り付けられ、選択的に前記被駆動素子に係合するように構成された摩擦素子170とを含む装置。圧電素子150を伸縮させ、被駆動素子190と摩擦素子170との間のスティックとスリップにより被駆動素子190を微細に移動可能とする。

【選択図】 図2

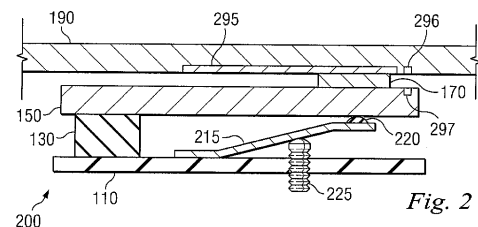


Fig. 2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

装置であって、
被駆動素子にスライド自在に係合するように構成されたベースと、
前記ベースと前記被駆動素子との間に介在する圧電素子であって、前記圧電素子の第 1 の端近傍で前記ベースに取り付けられた圧電素子と、
前記圧電素子の第 2 の端近傍に取り付けられた摩擦素子であって、前記摩擦素子の前記被駆動素子との相対速度の関数として選択的に前記被駆動素子に係合するように構成された摩擦素子と
を有する装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 の装置であって、この装置は、さらに、
前記被駆動素子に抗して前記圧電素子を付勢するように構成された付勢素子を有するものである。

【請求項 3】

請求項 2 の装置であって、この装置は、さらに、
前記付勢素子と前記圧電素子との間に介在する振動減衰素子を有するものである。

【請求項 4】

請求項 3 の装置において、前記減衰素子はバイトン有するものである。

【請求項 5】

請求項 1 の装置であって、この装置は、さらに、
前記被駆動素子に連結され、選択的に前記摩擦素子に係合されるよう構成されたウェアプレート（耐磨耗板）を有するものである。

20

【請求項 6】

請求項 5 の装置において、前記ウェアプレートは、
シリコンと、
サファイアと、
セラミックと
からなる群から選択される材料を有するものである。

【請求項 7】

請求項 1 の装置であって、この装置は、さらに、
前記圧電素子の頂面または底面の少なくとも一方の一部に隣接した低摩擦性のレストレイント（移動制約部材）を有するものである。

30

【請求項 8】

請求項 1 の装置において、前記圧電素子は、前記圧電素子の前記第 1 の端近傍に平衡錘を含むものである。

【請求項 9】

請求項 1 の装置において、前記圧電素子は、複数の圧電部材を有するものである。

【請求項 10】

請求項 9 の装置において、前記複数の圧電部材は、それぞれ実質的にリード（短冊）形状をしているものである。

40

【請求項 11】

請求項 10 の装置において、前記複数の圧電部材は、それぞれ前記複数の圧電部材の 1 つに隣接して積層されているものである。

【請求項 12】

請求項 1 の装置において、前記圧電素子は、それぞれ前記ベースに平行で互いにオフセット角を成す第 1 および第 2 の圧電部材を含み、前記摩擦素子は、前記第 1 および第 2 の圧電部材の接合部の近傍にあるものである。

【請求項 13】

請求項 1 の装置において、前記被駆動素子は、前記圧電素子が前記被駆動素子に回転運

50

動を与えるよう回転自在に前記ベースに取り付けられているものである。

【請求項 14】

請求項 13 の装置において、

前記被駆動素子は、前記ベースに連結された実質的に同軸の第 1 および第 2 の回転自在部材を含み、

前記圧電素子は、前記ベースに連結された第 1 および第 2 の圧電部材を含み、

前記摩擦素子は、前記第 1 および第 2 の圧電素子にそれぞれ連結された第 1 および第 2 の摩擦部材を含み、

前記第 1 および第 2 の摩擦部材は、それぞれ前記第 1 および第 2 の回転自在部材に摩擦により係合するものである。

10

【請求項 15】

請求項 1 の装置において、前記被駆動素子は、環状の柔軟なベルトにより平衡錘に取り付けられ、前記ベルトが少なくとも 1 つのテンションにより固定されるものである。

【請求項 16】

請求項 1 の装置において、

前記ベースは、凹部を有するスライドベッドを含み、

前記被駆動素子は、内面にウェアプレートを有するスライドテーブルを含み、

前記圧電素子は、圧電リードであって、

前記圧電リードは、前記スライドベッドの前記凹部内に載置され、前記摩擦素子を介して前記ウェアプレートに摩擦により係合するものである。

20

【請求項 17】

請求項 1 の装置において、前記摩擦素子は、

サファイアと、

水晶と、

セラミックと、

アルミニウム青銅と、

リン青銅と、

銅ベリリウムと

からなる群から選択される材料を有するものである。

【請求項 18】

請求項 1 の装置において、前記被駆動素子は、第 1 および第 2 の被駆動素子の一方であり、前記圧電素子は、前記第 1 の被駆動素子にスライド自在に係合するよう構成されており、前記第 1 および第 2 の被駆動素子は、少なくとも 1 つのローラーにより支持された連続的で柔軟なベルトで互いに連結されているものである。

30

【請求項 19】

請求項 1 の装置において、前記ベースと、前記被駆動素子と、前記圧電素子と、前記摩擦素子とのうち少なくとも 1 つは、実質的に約 1000 μm より大きい特徴的な寸法を有するものである。

【請求項 20】

請求項 1 の装置において、前記ベースと、前記被駆動素子と、前記圧電素子と、前記摩擦素子とのうち少なくとも 1 つは、実質的に約 1000 μm より小さい特徴的な寸法を有するものである。

40

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0001】

位置決め装置は、顕微鏡法（走査型プローブ顕微鏡法など）、マイクロアセンブリ、およびナノアセンブリといった様々なスケールの用途に使用される可能性がある。また、位置決め装置は、プロービング、特徴付け、画像処理、試験、そして操作およびアセンブリなど、様々な機能の用途に使用される可能性もある。

【0002】

50

このような位置決め装置は、検査または組み立ての対象物について大きいスケールで粗く位置決めを行って対象物を大まかに定位置へ移動したのち、小さいスケールで微細に位置決めを行って検査または組み立てを完了することが必要な場合に使用されうる。さらに、微細な位置決めは、小さいスケールのアセンブリ、プローブ、および走査型顕微鏡の操作および検査において非常に重要になる場合がある。例えば、非常に小さいスケールでは、伝統的な粗位置決め装置により発生しうる振動は許容されない場合がある。それにもかかわらず、多くの場合、粗位置決めと微細位置決めが同一の装置で利用できることが、望ましいとされ、あるいは必要とされている。

【0003】

本明細書において、用語「マイクロ電子装置」および「マイクロアセンブリ」は、マイクロ電子コンポーネント、マイクロ機械コンポーネント、マイクロ電子機械コンポーネント、MEMS（または、MEMS）コンポーネント、およびそれらのアセンブリを包含する目的で総称的に使用される。一般に、マイクロ電子装置は約1000 μ m未満の特徴的な寸法を有する。本開示は、約10 μ m未満の特徴的な寸法を有するナノ電子機械装置（nano-electro-mechanical devicesまたはnano-electro-mechanical system、略称NEMSまたはNEMS）を含むナノ電子装置にも関する。マクロスケールの電子装置は、微視的スケールでの移動を生じさせる際にも使用されうるため、本開示の範囲内に含まれる。一般に、マクロスケールの装置は、約1000 μ mより大きい特徴的な寸法を有する。ただし、1000 μ mはマイクロスケール装置とマクロスケール装置との絶対的な区切りではない。

10

20

【発明を実施するための最良の形態】

【0004】

以下の開示は、言うまでもなく、種々の実施形態の異なる特徴を実施するため、多数の異なる実施形態または実施例を提供している。以下では、本開示を簡略化するため構成要素および配置の特定の例を説明している。当然のことながら、これらは単なる例に過ぎず、限定を意図するものではない。また、本開示では種々の例で繰り返し参照符号を使用する場合がある。この反復は簡潔性および明瞭性のためであり、それ自体が種々の実施形態および/または開示される構成の関係を決定するものではない。さらに、以下の説明における第2の特徴より上位にある、または前記第2の特徴上にある第1の特徴の構造は、前記第1および第2の特徴が直接接触により構成される実施形態を含む場合があり、また前記第1および第2の特徴が直接接触し合わないよう前記第1および第2の特徴の間に追加特徴が介在可能な実施形態を含む場合もある。

30

【0005】

図1aは、本開示の態様に従った装置100の一実施形態の少なくとも一部の斜視図を例示したものである。この装置100は、電子機械装置、マイクロ電子機械装置（MEMS装置など）、マイクロ電子装置、または本開示の範囲内の他の装置の一部を含む、または有する場合がある。

【0006】

前記装置100は、プラスチック、金属、シリコン、および/または他の材料を有する可能性のあるベース110を含む。このベース110は、鋳造、成形、機械加工、イオンビームミリング、および/または他の方法で製造できる。前記ベース110は、厚さが約0.1mm~約1mm範囲、長さが約5mm~約20mm範囲、幅は約2.5mm~約5mm範囲である。他の実施形態では、前記ベース110は、厚さが約0.1 μ m~約5 μ m範囲、長さが約50 μ m~約200 μ m範囲、そして幅が約25 μ m~約50 μ m範囲である。上記以外の範囲も可能である。本開示は、本明細書に記載する範囲に限定されるものではない。

40

【0007】

絶縁体130は、圧電素子150の先端151を前記ベース110に取り付けるため使用する場合がある。この絶縁体130は、ガラス、酸化ケイ素、および/または他の誘電体材料を有してよい。この絶縁体130は、切削、研削、鋳造、機械加工、放電加工（E

50

lectro-discharge Machining、略称EDM)、および/または他の方法で、可能性として約0.1mm~約1mm範囲の厚さに形成できる。他の実施形態では、前記絶縁体130は、化学気相成長法(chemical vapor deposition、略称CVD)、物理気相成長法(physical vapor deposition、略称PVD)、プラズマ化学気相成長法(plasma enhanced chemical vapor deposition、略称PECVD)、原子層成長法(atomic layer deposition、略称ALD)、および/または他の工程により、可能性として約0.1μm~約5μm範囲の厚さで、前記ベース110上、またはその上位に製造または形成可能である。

【0008】

10

一部の実施形態では、前記絶縁体130の有無は任意である。例えば、前記ベース110の一部または層は、前記圧電素子150の前記先端151を前記ベース110に直接取り付け可能にするよう誘電体材料を有する場合がある。前記圧電素子150および前記ベース110は、前記絶縁体130以外の特徴により電気的および/または物理的に分離することもできる。

【0009】

前記圧電素子150は全体としてリード(短冊)形状をしている。例えば、この圧電素子150は、前記圧電素子150の任意の軸に実質的に直交する断面積が実質的に長方形となるよう、実質的に厚さを超える幅と、実質的に幅を超える長さとを有する、実質的に直線形状を有する場合がある。ただし、他の構成も可能である。例えば、この圧電素子150は、前記ベース110または近傍の他コンポーネントに対するこの圧電素子150の回転を低減するよう、円形の断面積、または場合によっては丸みを帯びてはいるが非円形の断面積を有する場合もある。この圧電素子150の断面積は、長さ方向に沿ったサイズおよび/または形状も異なる可能性がある。

20

【0010】

この圧電素子150は、圧電性材料、例えばジルコン酸チタン酸鉛(PZT)、チタン酸鉛(PbTiO₃)、メタニオブ酸鉛(PbNb₂O₆)、ポリフッ化ビニリデン(polyvinylidene-fluoride、略称PVDF)、酸化亜鉛(ZnO)、ポリフッ化ビニリデン-トリフルオロエチレン(polyvinylidene-fluoride-trifluoroethylene、略称PVDF-TrFE)、および/または他の材料を有する場合がある。この圧電素子150は、焼結、研削、および/または他の工程により形成可能である。また、この圧電素子150は偏極させてもよい。例えば(キュリー点を越えた)加熱、電場および/または磁場の印加、および/または他の方法により、前記圧電素子150を偏極させることもできる。

30

【0011】

この圧電素子150は、約0.1mm~約1mm範囲の厚さを有しうる。また長さは約0.5cm~約15cm範囲、幅は約2.5mm~約5cm範囲であってよい。他の実施形態では、前記圧電素子150は、約0.1μm~約5μm範囲の厚さと、約25μm~約50μm範囲の幅と、約50μm~約200μm範囲の長さを有する場合がある。

【0012】

40

この圧電素子150は電気信号に応答して伸縮する。周期的な、あるいは変動する電気信号または電波をこの圧電素子150に与えると、前記装置100で粗位置決めをもたらすことができる一方、非変動電気信号を使用すると、同一の圧電素子を使って微細な位置決めをもたらすことができる。一部の実施形態では、前記圧電素子150は、曲げおよび伸縮による電気信号か、または伸縮の代わり曲げによる電気信号かの、どちらかに応答する。

【0013】

前記圧電素子150の前記絶縁体130から遠位にある先端156に摩擦素子170を連結して、前記圧電素子150の運動を最大限に活用することもできる。前記摩擦素子170は、アルミニウム青銅、リン青銅、銅ベリリウム、銅合金、サファイア、および/ま

50

たは他の材料を有してよく、電解加工 (electro-chemical machining、略称ECM)、放電加工 (electrical discharge machining、略称EDM)、フライス加工、および/または他の方法により形成可能である。一実施形態では、この摩擦素子170は、前記圧電素子150から延出したボスであってよく、このような延出は、前記圧電素子150と一体化または連結が可能である。

【0014】

一実施形態では、前記摩擦素子170は、厚さが約0.1mm~約1mm範囲、直径が約0.8mm~約5mm範囲に成り得る。直径は、約8 μ m~約50 μ m範囲に成り得る。他の実施形態では、この摩擦素子170の厚さが約0.1 μ m~約5 μ m範囲になる場合もある。

10

【0015】

この摩擦素子170の形状は、実質的に円柱型であってよい。他の実施形態では、この摩擦素子170は、多面体形状など他の形状または構成を有する場合もある。この摩擦素子170は、前記圧電素子150に対し、実質的に正方形または長方形の底面を有する場合もある。この摩擦素子170は、前記圧電素子150上に種々の構成で配置された複数の摩擦部材を有する場合もある。例えば、図1bは本開示の態様に従った前記摩擦素子170の異なる別の実施形態に参照番号170aを割り当てたものの斜視図を例示している。前記摩擦素子170aは、圧電素子150(図1a)への取り付け手段(固定穴172など)を有する中央部171を含む。支持部材174a~dはバネ、それ以外の場合は弾性のある部材および/または柔軟な部材であってよく、摩擦部材175a~dをそれぞれ支持する。前記摩擦部材175a~d、および可能性として前記摩擦素子170aの要部は、組成および製造上その他、前記摩擦素子170に実質的に類似するものであってもよい(図1a)。

20

【0016】

図1aに示したように、この摩擦素子170は選択的に摩擦により被駆動素子190に係合する。前記被駆動素子190は、前記ベース110により、1若しくはそれ以上の自由度(移動平面上)で誘導される、または移動を制約される場合がある。例えば前記ベース110は、摩擦滑り素子か、滑り構成を伴った転動体かを使用して、平行移動について所定の自由度または方向、および/または前記被駆動素子190の回転を制約できる。これにより、前記被駆動素子190の運動は1自由度に制限される。ただし、他の実施形態ではより大きい自由度が許される場合もある。前記被駆動素子190は、前記装置100により移動される物体または試験片199を把持または運搬する。例えば、この試験片199は、組み立て中のマイクロコンポーネントまたはナノ装置、または走査型電子顕微鏡(scanning electron microscope、略称SEM)、他の荷電粒子装置、または他タイプの顕微鏡で走査中の試料などであり得る。一実施形態では、前記装置100は、前記試験片199を前記被駆動素子190の表面上に掛け留める取り付け手段を含む。例えば、この被駆動素子190は、前記試験片199を受容するように構成された凹部または溝を含む場合があり、あるいはスナップ式または摩擦式の連結部材で前記試験片199を前記被駆動素子190に固定する場合もある。

30

40

【0017】

前記被駆動素子190の移動は、前記圧電素子150に電気信号を与えて前記圧電素子150を伸縮させることにより、もたらすことができる。前記摩擦素子170、または前記圧電素子150自体は、前記電気信号の周波数、振幅、および/または形状に基づき、このような移動の一部または全部を前記被駆動素子190に伝達する。例えば、前記装置150で粗位置決めをもたらすには、前記圧電素子150に対する電圧波形を変化させる。電圧波形の例としては、(これに限定はされないが)方形波、のこぎり波、サイクロイド、放物線波、および/またはこれらの重ね合わせまたは組み合わせなどがある。

【0018】

例えば、のこぎり波の電圧波形を使用する実施形態の場合、前記圧電素子150は、バ

50

イアスまたは極性に従って伸縮する。波形の勾配が比較的緩やかな位相中は、この位相の大部分の間、前記圧電素子150（または前記摩擦素子170）が前記被駆動素子190に「スティック」する（貼り付く）ため、前記圧電素子の動きの大部分または全部が前記被駆動素子190へ伝わり得る。ただし、波形が比較的急勾配な位相中は、前記圧電素子150の伸縮が対応して急激になり、この急勾配な位相の大部分の間、前記圧電素子150（または前記摩擦素子170）は前記被駆動素子190との静止摩擦力を上回って「スリップ」する（滑る）ため、前記圧電素子190の動きはほとんど、または全く前記被駆動素子190へ伝わらない場合がある。波形の勾配が緩やかな位相に戻ると、前記圧電素子150の伸縮は、再びその動きを前記被駆動素子190に伝達するようになる。このように、前記摩擦素子170は、前記被駆動素子190に対する前記摩擦素子170の速度、加速度、および/または摩擦係数の関数として、選択的におよび摩擦により前記被駆動素子190に係合する。これは、「スリップ-スティック」運動または「スティック-スリップ」運動と呼ばれている。

10

【0019】

波形の周波数は場合により異なり、一部の実施形態では約1Hz～約1kHzの範囲になる。波形の振幅も場合により異なり、一部の実施形態では約2V～約500Vの範囲になる。前記スリップ-スティック移動による粗位置決め後は、直流電圧を印加して前記被駆動素子190、ひいてはその上に配置された前記物体または試験片199を微細に位置決めする。この直流電圧は、約10mV～約1kV範囲に成り得る。

【0020】

他の実施形態では、周波数、振幅、および直流電圧は場合により異なる。例えば、波形は、前記圧電素子150または可能性として前記試験片199の機械的共鳴の励起を回避または最小化するように形成される。ただし、例えば何らかの事情により前記被駆動素子190が前記摩擦素子170に連結されてしまった（「スタックした」）場合は、前記被駆動素子190を前記摩擦素子170から開放するため、秩序ある共鳴により前記圧電素子に作用するように、波形を意図的に選択する場合もある。前記圧電素子150の共鳴周波数が未知の場合は、波形の周波数掃引を行うこともある。

20

【0021】

図1aを参照しつつ図2を参照すると、本開示の態様に従った前記装置100の別の実施形態に参照番号200を割り当てたものの断面図が例示されている。図2の実施形態は、図1aに示した実施形態の前述した特徴を多数有している。ただし、この装置200は付勢素子215も有し、さらにこの付勢素子215に連結されたスペーサー220を含む場合もある。例示した実施形態のとおり、前記付勢素子215は、前記圧電素子150（またはそれに取り付けられた前記摩擦素子170）を前記被駆動素子190に抗して付勢するように構成された板パネまたは他タイプのパネであってよい。ただし、前記付勢素子215は、本開示の範囲内で、非択一的または択一的に他の機械的、電気的、および/または磁気的な付勢手段であってよく、またはこれらを含んでよい。前記付勢素子215の付勢力は、例えばネジ式固定部材225、静電場、磁場、および/または他の手段により、調整自在であってよい。ただし、一部の実施形態では調整を行わないか、調整が不要な場合もある。

30

40

【0022】

前記装置200は、前記被駆動素子190に連結された、あるいは前記被駆動素子190と前記摩擦素子170との間に介在するウェアプレート295を含む場合もある。このウェアプレート295は、シリコン、サファイア、セラミック、アルミニウムセラミック、またはこれらの合金、および/または他の材料を有する場合があり、前記被駆動素子190に連結または一体化される場合がある。一実施形態では、前記ウェアプレート295は、スクライビング、切断、研磨、および/または他の工程により、可能性として約0.1mm～約1mm範囲の厚さに形成できる。他の実施形態では、前記ウェアプレート295は、化学気相成長法（CVD）、物理気相成長法（PVD）、プラズマ化学気相成長法（PECVD）、原子層成長法（ALD）、および/または他の工程により、可能性とし

50

て約 0.1 μm ~ 約 5 μm 範囲の厚さに形成できる。

【0023】

前記摩擦素子 170 により前記ウェアプレート 295 に抗して印加される力（負荷力など）は、前記圧電阻止 150 上の前記摩擦素子 170 の位置、前記摩擦素子が「スリップ」位相または「スティック」位相にある時間長、および/または前記ウェアプレート 295 に対する前記圧電素子 150 の角度の関数として変調または調整可能である。前記ウェアプレート 295 に抗する前記摩擦素子 170 の力の機械的調整手段も、設ける場合がある（ネジ 225 など）。前記ウェアプレート 295 に抗する前記摩擦素子 170 の力の変調の調整も、1 若しくはそれ以上の追加圧電素子を介して行う場合があり、前記追加圧電素子は、例えば前記圧電素子 150 と前記ベース 110 との間に載置できる。ただし一部の実施形態では、上記の付勢力と同様、調整を行わないか、調整が不要な場合がある。

【0024】

前記スペーサー 220 は、実質的に半球形状のバイトン素子であってよい。ただし、このスペーサー 220 は、本開示の範囲内で他の材料および形状を有する場合もある。このスペーサー 220 は、前記付勢素子 215 による前記スペーサー 220 の付勢先となる前記圧電素子 150 に抗する磨耗および振動を低減し得る。

【0025】

前記装置 200 は、前記被駆動素子 190 の位置を検出するセンサ 296 およびセンサ 297 のシステムを備えている場合がある。これらのセンサ 196、297 は、フィードバック機構（図示せず）、あるいは別のシステムまたはサブシステムの一部にも成り得る。前記センサ 296、297 は、容量性または誘導性の電気センサであってもよい。また、前記センサ 296、297 は、熱的、光学的、磁氣的、および/または他タイプのセンサであってもよい。前記センサ 296 は、単一のセンサ素子として示しているが、複数の素子またはセンサアレイを有する場合もある。同様に、前記センサ 297 は複数のセンサ素子を含むものとして示しているが、単一のセンサ素子を有する場合もあり、また図示とは異なる数のセンサ素子を有する場合もある。これらの前記センサ 296、297 は、前記作動部材 190 および前記圧電素子 150 とそれぞれ一体化して、またはこれに埋め込んで形成してもよい。また、前記センサ 296、297 は、例えば接着剤で取り付けられた別個のコンポーネントであってもよい。前記センサ 296、297 の位置は、場合により図と異なり、前記装置 200 の他のコンポーネントに関するフィードバックおよび/または位置の情報を提供する他のセンサ（図示せず）があってもよい。一部の実施形態では、単一のセンサのみ設けられる。電子機器ベースのフィードバックまたはセンサシステムに加えて、機械的システムを使ってもよい。例えば、前記圧電素子 150 により印加される力は、機械的に増幅でき、前記ウェアプレート 295 に抗する前記摩擦素子 170 の負荷力を調整するために使用できる。

【0026】

図 2 を参照しつつ図 3 を参照すると、本開示の態様に従った、図 2 に示した前記装置 200 の別の実施形態に参照番号 300 を割り当てたものの断面図が例示されている。上記のいくつかのコンポーネントのほか、前記装置 300 は、載置部材 362、264 によりそれぞれ前記ベース 110 に連結されたレストレイント（移動制約部材）352、354 を含む。ただし実施形態では、これらのレストレイントは前記装置 300 内に固定され得る。例えば、前記レストレイント 352 は、前記載置部材が不要になるよう前記摩擦素子 170 または前記被駆動素子 190 に連結する場合もある。

【0027】

前記レストレイント 362、364 は、前記圧電素子 150 の運動が実質的に縦方向の伸縮だけに制限されるよう、この圧電素子 150 の曲げ、回転、または他の面外運動を制限し得る。直線運動用に設計された特定の形状および組成の圧電素子は、一定の周波数および一定の負荷下で曲がる動きを呈することが知られている。前記レストレイント 352、354 は、前記圧電素子 150 の少なくとも一部に表面接触し続けることにより、このような曲がりを防ぐ。一実施形態では、前記レストレイント 352、354 は、ガラス、

金属、合金、および/または、マイクロスケールの実施形態の材料に類似する、または類似しない他の材料を有する場合があります、約0.1mm~約1mm範囲の厚さを有し得る。他の実施形態では、前記レストレイント352およびレストレイント354は、シリコン、サファイア、セラミック、アルミニウムセラミック、これらの合金、および/または他の材料を有する場合があります、約0.1μm~約5μm範囲の厚さを有し得る。一実施形態では、前記レストレイント352は、前記摩擦素子170の厚さにほぼ等しい厚さを有する。

【0028】

前記レストレイント352、354の長さは、前記圧電素子150の長さの約10%~約95%範囲になり得る。例えば、前記レストレイント352、354の長さを最大化するとき、前記圧電素子150が付勢されない、非作動配置であり得る配置にある場合、可能性として前記圧電素子150の前記先端に前記摩擦素子170を取り付けるための十分な空間を残しつつ、実質的に前記圧電素子150の長さに及ぶ。一実施形態では、前記レストレイント352、354の長さは、前記圧電素子150の長さの約40%~約60%範囲に成り得る。前記レストレイント352、354の長さは、形状、サイズ、組成、電気接続などに関して互いに異なる場合もある。

10

【0029】

前記レストレイント352、354が導電性の実施形態では、前記載置部材362、364は絶縁体としての役割を果たし、前記圧電素子150および前記ベース110の短絡を防止する。一部の実施形態では、これらのレストレイントは導電性だが絶縁層で覆われ、前記圧電素子150および前記ベース110の短絡を防いでいる。前記圧電素子150も、エラストマー層であって、運動を可能にしつつ前記圧電素子150および他のいかなるコンポーネント(前記ベース110など)との短絡も防ぐエラストマー層で覆われる場合がある。また他の実施形態では、図3より多数または少数のレストレイントおよび載置部材が設けられる。

20

【0030】

図2を参照しつつ図4を参照すると、図2に示した前記マイクロ電子装置200の別の実施形態に参照番号400を割り当てたものの断面図が例示されている。上記のコンポーネントに加え、前記装置400は平衡錘465を含む。この平衡錘465は前記圧電素子150の前記先端151に取り付けられる。他の実施形態では、前記平衡錘465の配置は場合により異なり、前記圧電素子150の種々の位置に複数の平衡錘が配置される場合もある。

30

【0031】

この平衡錘465は、ステンレス鋼、鉛、および/または他の材料を有してよく、重量は前記圧電素子150の重量の約50%~約150%範囲である。この平衡錘465は、鋳造、機械加工、電解加工(ECM)、放電加工(EDM)、フライス加工、および/または他の方法で製造できる。前記平衡錘は、前記圧電素子150と一体型にしても、接着剤、固定部材、および/または他の手段で前記圧電素子150に取り付けてもよい。前記平衡錘465の1若しくはそれ以上の横方向寸法は、前記圧電素子150の長さの約10%~約20%範囲になり得る。前記平衡錘465とその態様とに関し挙げる例は、例示的なものであり、他の実施形態は異なる特性を有する場合もある。

40

【0032】

図5は、本開示の態様に従った圧電素子500の一実施形態の斜視図を例示したものである。この圧電素子500は、図1~図4に示した前記圧電素子150の実施形態の態様の一部を具体化したは、これら圧電部材550a~dにそれぞれ印加される実質的に類似した電気信号が各前記部材で実質的に類似した伸縮運動を生じるよう、互いに実質的に類似し得る。これらの圧電部材550a~dは、これらをベースまたは基板(図示せず)に連結する部材としても機能する絶縁体530a~dにより共通端で結合できる。他の実施形態では、これらの圧電部材をクランプ、接着剤、または積層により互いに一体化する場合もある。これらの圧電部材550a~dは、摩擦素子570a~dを介し、調和して運

50

動を被駆動素子に伝達することができ、各前記摩擦素子 570 a ~ d は、組成および製造上、図 1 a に示した前記摩擦素子 170 に実質的に類似したものであってよい。

【0033】

図 6 では、図 5 に示した前記圧電素子 500 のさらに異なる実施形態に参照番号 600 を割り当てたものの斜視図を例示している。この圧電素子 600 は、それぞれ図 5 に示した前記圧電部材 550 a ~ d に実質的に類似し得る複数の圧電部材 650 a ~ d を有するが、他の構成は本開示の範囲内である。スペーサー 630 a ~ c が介在し、前記圧電部材 650 a ~ d を連結する場合もある。これらスペーサー 630 a ~ c のうち、前記圧電部材 650 a ~ d の反対端近傍に位置するものもある。例えば例示した実施形態では、前記スペーサー 630 a は、前記圧電部材 650 b の前記スペーサー 630 b に対する反対側（反対面）の反対端近傍にある。

10

【0034】

各圧電部材 650 a ~ d は、それぞれ隣り合う圧電部材と反対方向へ付勢され得る。例えば、前記圧電部材 650 a および 650 c は、前記圧電部材 650 b および 650 d を伸長させ得る電気信号に応答して収縮し得る。摩擦素子 670 は、前記圧電部材 650 a ~ d のうち最も外側の 1 若しくはそれ以上の作動端付近に位置付けてよく、例えば図 1 a ~ 図 4 に示した被駆動素子の係合に使用できる。

【0035】

図 7 は、本開示の態様に従った装置 700 の一実施形態の斜視図を例示したものである。この装置 700 は、2つの独立した移動平面または移動方向をもたらす、圧電素子 750 に取り付けられたベース 710 を含む。

20

【0036】

このベース 710 は、組成および製造上、図 1 a に示した前記ベース 110 と実質的に類似したものであってよい。一実施形態では、前記ベース 110 の長さおよび幅は、双方とも約 5 mm ~ 約 20 mm 範囲に成り得る。他の実施形態では、このベース 110 の長さおよび幅が双方約 50 μ m ~ 約 200 μ m 範囲になる場合もある。

【0037】

前記圧電素子 750 は、全体として角を成す部材として成形され、可能性として連結または一体化して形成された 2 つ以上のセグメントを含む。この圧電素子 750 の成す角度は、約 45 度 ~ 約 135 度の範囲に成り得る。この圧電素子 750 は、上記の圧電素子に類似した材料を有してよく、類似原理に従って製造してよい。一実施形態では、前記圧電素子 750 の長さおよび幅は、約 0.5 cm ~ 約 1.5 cm 範囲に成り得る。他の実施形態では、この圧電素子 750 の長さおよび幅は、約 50 μ m ~ 約 200 μ m 範囲になる場合もある。

30

【0038】

前記装置 700 は、前記圧電素子 750 の 2 つ以上のセグメントの頂点または接合部の付近に取り付けられた摩擦素子 770 を含む場合もある。この摩擦素子 770 は、組成および製造上、図 1 a に示した前記摩擦素子 170 と実質的に類似したものであってよい。

【0039】

この装置 700 は、2つの被駆動素子 790 a および 790 b も含む。前記被駆動素子 790 a は、前記ベース 710 に対し第 1 の方向 705 へスライドするように構成されており、前記被駆動素子 790 b は、前記被駆動素子 790 a（従って前記ベース 710）に対し第 2 の方向 707 へスライドするように構成されている。一実施形態では、前記第 1 の方向 705 および第 2 の方向 707 は、実質的に直交し合うが、他の相対配向も本開示の範囲内である。

40

【0040】

前記圧電素子 750 は、それぞれ前記摩擦素子 770 の取り付け点から遠位にある 2 端で前記ベース 710 に取り付けてよい。これにより、前記圧電素子 750 に電気信号を与えて、少なくとも 2 つの移動平面または移動方向に沿って前記圧電素子 750 を作動させることが可能になる。この 2 つの移動方向は、上記のように前記被駆動素子 790 b の表

50

面を2次元移動するように構成された、2つの別個の部材である前記被駆動素子790a、790bの移動に対応し得る。これらの被駆動素子790a、790bは、それぞれ組成および製造上、図1aに示した前記被駆動素子190と実質的に類似したものであってよい。粗位置決めは、例えば変動する電気信号を適用して、前記被駆動素子790a、790bの一方または双方のスリップ-スティック移動を生ずることにより、もたらすことができる。微細な位置決めは、例えば非変動電気信号を前記圧電素子750に適用することによりもたらすことができる。

【0041】

図8は、本開示の態様に従った装置800の一実施形態の破断図を例示したものである。この装置800は、被駆動素子890に回転運動を生じるように構成できる。この装置800は、ベース810および絶縁体830を含み、前記絶縁体830は、圧電素子850を前記ベース810に取り付けている。前記ベース810と、前記絶縁体830と、前記圧電素子850との組成および製造は、上記の実施形態のものに類似したものであってよい。前記圧電素子850は、スライド自在に摩擦により前記被駆動素子890に係合する摩擦素子870が取り付けられている場合がある。この被駆動素子890は、組成および製造上、図1aに示した前記被駆動素子190に実質的に類似したものであってよく、実質的に円盤形状で、可能性として約0.5cm~約1.5cm範囲の直径を有してよい。他の実施形態では、この被駆動素子890の直径は約50 μ m~約200 μ m範囲になり得る。

【0042】

この被駆動素子890は、回転自在に前記ベース810に取り付けてよい。前記被駆動素子890の回転は、第1の変動電気信号を前記圧電素子850に適用することにより、もたらすことができる。変動する電気信号は、前記被駆動素子890のスリップ-スティック移動を生じ得る。スリップ-スティック移動を使うと粗位置決めを実現でき、他方、微細な位置決めは、非変動の電気信号の適用により可能となる。前記被駆動素子890は、前記第1の変動電気信号と異なる形態の変動電気信号を適用すると、反対方向に回転させることができる。

【0043】

図9は、本開示の態様に従った装置900の一実施形態の斜視図を例示したものである。この装置900は、被駆動素子990a、990bの回転移動を生じることができ、前述の装置800に類似している。この装置900は、ベース910と、圧電素子950a、950bの取り付け用ブラケット912とを有する。前記ブラケット912は、酸化アルミニウム、セラミック、ベリリウム、真ちゅう、金、および/または他の材料を有し得る。例示した実施形態では、圧電素子950a、950bにそれぞれ電気信号を与えるため、電極955a、955bを採用している。この構成では、前記圧電素子950a、950bに、それぞれ摩擦素子970a、970bを取り付けてよい。これら摩擦素子970a、970bは、被駆動素子990aまたは990b、もしくはその双方に独立に係合し得る（これら摩擦素子970aおよび/または970bは、前記圧電素子950aおよび/または950bの各反対面上に配置できる）。図9の実施形態において、前記装置900は、2つの圧電素子950a、950bと、2つの被駆動素子990a、990bとを含むが、本開示の範囲内で、任意数の圧電素子により係合される任意数の被駆動素子を含んでよい。

【0044】

前記被駆動素子990a、990bは、同軸回転するよう中心軸に沿って取り付けられている。これらの被駆動素子990a、990bは、固定ユニットとして回転するように、または互いに独立して回転するするように構成できる。前記被駆動素子990a、990bの粗い回転運動は、前記電極955a、955bを介して前記圧電素子950a、950bに変動電気信号を適用する結果生じるスリップ-スティック運動により制御可能である。この信号は、一方の圧電素子（圧電素子950aなど）が「スリップ」位相になり、他方の圧電素子（圧電素子950bなど）が「スティック」位相になるように与えられ

10

20

30

40

50

る。前記圧電素子 950 a、950 b の一方または双方に非変動電気信号を与えて微細な位置決めを制御することもできる。

【0045】

図 10 は、本開示の態様に従ったマイクロ電子装置 1000 の別の実施形態の側面図を例示したものである。この装置 1000 は、被駆動素子 1090、1091 に、それぞれ基板 1011 に対し実質的に直交する運動を生じ得る。この装置 1000 は、前記基板 1011 上に、またはその上位に載置されたベース 1010 を有する。前記ベース 1010、1011 の材料および製造方法は、前述の実施形態のベースについて説明したものに実質的に類似したものであってよい。前記ベース 1010、1011 は、接着剤および/または他の手段により取り付けられた別個のコンポーネントであっても、互いに一体化したものであってよい。

10

【0046】

付勢素子 1015 は前記ベース 1010 に載置され、材料および製造上、上記で説明した付勢素子に対応したものであってよく、場合によってはスパーサー 1020 が取り付けられており、材料および製造上、上記で説明したスパーサーに対応したものであってよい。前記付勢素子 1015 の張力は、例えばネジ式固定部材 1025 および/または他の手段により調整可能である。前記付勢素子 1015 は、前記圧電素子 1050 および/またはそれに取り付けられた摩擦素子 1070 をウェアプレート 1095 に抗して付勢する。この摩擦素子 1070 およびウェアプレート 1095 は、組成および製造上、前述の摩擦素子およびウェアプレートにそれぞれ実質的に類似したものであってよい。一部の実施形態では、前記ウェアプレート 1095 の有無は任意である。

20

【0047】

圧電素子 1050 は、変動電気信号を適用した結果生じるスリップ - スティック運動による粗位置決め用に前記被駆動素子 1090 を移動するよう作用する。微細な位置決めをもたらすには、非変動電気信号を前記圧電素子 1050 に適用する。この圧電素子 1050 は、組成および製造上、上記で説明した圧電素子と実質的に類似したものであってよい。例示した実施形態では、前記被駆動素子 1090 は、環状のベルト 1092 を介して前記被駆動素子 1091 に取り付けられる。前記被駆動素子 1090、1091 は、組成および製造上、前述の被駆動素子に実質的に類似したものであってよい。ただし、第 2 の被駆動素子である前記被駆動素子 1091 は、第 1 の被駆動素子である前記被駆動素子 1090 に類似したものであってよい。

30

【0048】

前記被駆動素子 1090、1091 を連結する前記ベルト 1092 は、シリコン、ゴム、ステンレス鋼、および/または他の材料から成るものであってよい。このベルト 1092 は、長さが約 1.5 cm ~ 約 4.5 cm の範囲、厚さは約 100 μm ~ 約 250 μm の範囲であり得る。このベルト 1092 は、実質的に円柱型のローラーまたはテンシヨナ 1093 および 1094 により支持できる。これらのテンシヨナ 1093、1094 は、シリコン、金属、および/または他の材料を有してよい。これらのテンシヨナの寸法は、前記ベルト 1092 および前記圧電素子 1050 の寸法に従って設定される。これらのテンシヨナ 1093、1094 は、軸受けやポストなどを含む支持構造 1099 により前記基板 1094 に回転自在に取り付けることができる。前記ベルト 1092 は、第 1 の被駆動素子である前記被駆動素子 1090 の移動を第 2 の被駆動素子である前記被駆動素子 1091 に伝達する。上記で示した寸法は、マクロスケールの実施形態を参照したものであるが、可能性としてマイクロスケールの実施形態を含む、より小さいサイズに前記装置 1000 をスケールアップすることも可能である。

40

【0049】

図 11 は、本開示の態様に従った装置 1100 の一実施形態の斜視図を例示したものである。この装置 1100 は、材料、構造、および寸法について、前記装置 100 (図 1a) に実質的に類似したものであってよい。例えば、ベース 1110 および被駆動素子 1190 は、材料、構造、および寸法について、前記装置 100 の前記ベース 110 および前

50

記被駆動素子 190 にそれぞれ類似したものであってよい。この装置 1100 は、両端で前記ベース 1110 に固定できる圧電素子 1150 を特徴として備えている。この圧電素子 1150 は、2 つ以上の部分 1151、1152 を含む部分に区分または分割することもでき、それらの各部は互いに電氣的に絶縁できる。絶縁体 1130 a、1130 b は、前記圧電素子 1150 を前記ベース 1110 に固定する役割を果たす。これらの絶縁体 1130 a、1130 b は、前記装置 100 の前記絶縁体 130 に実質的に類似したものであってよい。前記圧電素子 1150 は、実質的にリード形状であってよく、それ以外の場合には前記装置 100 の前記圧電素子 150 に類似したものであってよい。摩擦素子 1170 は、実質的中心点で前記圧電素子 1150 に取り付け可能である。この摩擦素子 1170 は、前記装置 100 の前記摩擦素子 170 に実質的に類似したものであってよい。作動時、前記装置 1100 は、異なる極性の作動信号を前記圧電素子 1150 の異なるセクション 1151、1152 に適用することにより作用する。このような場合、前記圧電素子 1150 の 1 セクション (セクション 1151) の収縮と、異なる別のセクション (セクション 1152) における対応する伸長との結果、前記スライドテーブル 1190 に抗した前記摩擦素子のスリップ - スティック移動が生じる。

【0050】

図 12 は、本開示の態様に従った圧電素子 1250 用の電極構成 1200 の一実施形態の斜視図を例示したものである。圧電素子 1250 は、前記圧電素子 150 (図 1 a) など、前述の圧電素子に実質的に類似したものであってよい。主要電極 1231 は、前記圧電素子 1250 上に、実質的にその全長にわたり配置される。一部の実施形態では、この主要電極 1231 は複数の電極である。この主要電極 1231 の配置は図面と異なる場合もある。この主要電極 1231 は、銅、金、および / または他の材料を有してよく、これらの材料は前記圧電素子 1250 上に成膜するか、前記圧電素子 1250 と一体的に形成し得る。補正電極 1232、1233 は、前記圧電素子 1250 上に、実質的にその全長にわたり、可能性として前記主要電極 1231 の両側辺に配置できる。これらの補正電極 1232、1233 の数および配置は、場合により図面と異なる。これらの補正電極 1232、1233 は、銅、金、および / または他の材料を有してよく、これらの材料は前記圧電素子 1250 上に成膜するか、前記圧電素子 1250 と一体的に形成し得る。

【0051】

前記摩擦素子 170 (図 1 a) などの摩擦素子 (図示せず) は、前記圧電素子 1250 に取り付けて被駆動素子 (図示せず) の移動を伝達することができる。作動時、前記主要電極 1231 は、作動信号を前記圧電素子 1250 に提供するために使用できる。この作動信号は、前述の実施形態に関する説明のとおりであってよい (波形または非変動電圧など)。前記補正電極 1232、1233 は、前記圧電素子 1250 の湾曲または移動に補正を加えるため、前記主要電極 1231 の代わりに、または前記主要電極 1231 に加えて使用できる。前記主要電極 1231 と同様、前記補正電極 1232、1233 からは、前記主要電極 1231 からの供給電圧より小さい、前記供給電圧より大きい、または前記供給電圧に等しい波形の電圧または非変動電圧を供給してよい。

【0052】

図 13 は、本開示の態様に従った圧電素子 1300 の別の実施形態の斜視図を例示したものである。この圧電素子 1300 は、1 若しくはそれ以上の前述の装置 (前記装置 100 など)、または他の装置において利用し得る。この装置 1300 は、例えば載置部材 1330 a、1330 b により、ベース (図 1 a の前記ベース 110 など) に載置してよい。一部の実施形態では、この載置部材の配置は図示した配置と異なる場合がある。前記圧電素子 1300 は、材料および構造上、上記で説明した圧電素子に類似したものであってよい。この圧電素子 1300 は、1 若しくはそれ以上の圧電部材 1350 a ~ c を有する場合がある。これらの部材 1350 a ~ c は、一体的に形成しても、別個に形成したのち活着し合ってもよい。電極 1331 a、1331 b、1331 c は、前記部材 1350 a、1350 b、1350 c との実質的長さ方向に沿ってそれぞれ取り付けてよい。これらの電極 1331 a、1331 b、電極 1331 c は、前記電極 1231 (図 12) に実質

的に類似したものであってよい。

【0053】

作動時、これらの電極1331a~cは、前記部材1350a~cにそれぞれ作動信号を適用するため使用できる。前述のとおり、この作動信号は波形の電圧であっても非変動電圧であってもよい。前記電極1331bを介して前記部材1350bに送る信号の極性は、前記電極1331a、1331cを介してそれぞれ前記部材1350a、1350cに送る信号の極性と反対である場合がある。これにより、前記部材1350bの伸長は、前記部材1350a、1350cの収縮に対応し、その逆も言える。摩擦素子1370は、前記圧電素子1300に取り付けてスライドベッド190(図1a)などの被駆動素子(図示せず)と連動させることができる。前記摩擦素子1370は、材料および構造上、前述の摩擦素子(図1aの前記摩擦素子170など)に類似したものであってよい。前記圧電素子1300の熱膨張は、前記摩擦素子1370の望ましくない変位の原因と成り得るが、前記部材1350aと反対方向への前記部材1350bの膨張により回避可能である。

10

【0054】

図14は、本開示の装置1400のさらに異なる他の実施形態の斜視図を例示したものである。この装置1400は、材料、構造、および寸法について、前記装置700(図7)に類似したものであってよい。前記装置700同様、この装置1400は、2つの独立な移動平面をもたらし得る(1405および1407など)。この装置1400は、複数の圧電素子1450a~hを有する場合がある。一部の実施形態では、2つ以上の前記圧電素子1450a~hを併せる、または角を成した単一の圧電素子750などの(図7)圧電素子として製造することができる。この装置1400は、複数の摩擦素子1470と1471と1472と1473とを有し得る。これら摩擦素子1470と1471と1472と1473とは、摩擦素子770(図7)に実質的に類似したものであってよい。前記圧電素子1450a~hは、前述の波形に応答して伸縮し、粗位置決め用にスリップスティック運動をもたらし得る。微細な位置決めは、前述のとおり前記圧電素子1450a~hのうち1若しくはそれ以上に非変動電圧の適用によりもたらし得る。

20

【0055】

本開示は、一実施形態において、被駆動素子にスライド自在に係合するように構成されたベースを含む装置を提供する。圧電素子は、前記ベースと前記被駆動素子との間に介在し、前記圧電素子の第1の端近傍で前記ベースに取り付けられている。摩擦素子は、前記圧電素子の第2の端近傍に取り付けられ、選択的に前記被駆動素子に係合するように構成されている。

30

【0056】

また、本開示では、一実施形態において、凹部を有するスライドベッドを含む装置と、内面にウェアプレートを含むスライドテーブルと、摩擦素子を取り付けられた圧電リードとを導入している。前記リードは、前記スライドベッドの前記凹部内に載置され、前記摩擦素子を介して前記ウェアプレートに摩擦により係合する。

【0057】

本開示の態様に従って構成された装置の別の実施形態は、被駆動素子にスライド自在に係合するように構成されたベースと、それぞれ前記ベースに平行な第1および第2の圧電素子とを含む。摩擦素子は、前記第1および第2の圧電素子の接合部近傍にあり、第1の方向および第2の方向に延長する。

40

【0058】

本開示の態様に従った装置の別の実施形態は、回転自在に基板に連結された回転自在な素子を含む。このような実施形態では、圧電素子は前記基板に連結されており、摩擦素子は前記圧電素子に連結されている。この摩擦素子は、前記回転自在な素子に摩擦により係合して、前記回転自在な素子に回転運動を与えるよう構成されている。

【0059】

また、本開示の態様に従って構成された装置は、第1および第2の被駆動素子と、前記

50

第1の被駆動素子にスライド自在に係合する圧電素子とを含む場合もある。前記第1および第2の被駆動素子は、少なくとも1つのローラーに支持された連続的で柔軟なベルトを介して互いに連結されている場合がある。

【0060】

以上、本開示の実施形態を詳述したが、当業者であれば、本開示の要旨を変更しない範囲で種々の変形形態、置換形態、および修正形態が可能であることが理解されることは言うまでもない。

【図面の簡単な説明】

【0061】

本開示は、添付の図面と併せて以下の詳細な説明を読むことにより最もよく理解される。本分野の標準的慣行に基づき、種々の特徴は実際の縮尺どおりに描画されていないことをここに特筆する。例えば、種々の特徴の寸法は、説明を明瞭にするため適宜拡大または縮小している場合がある。

【図1a】図1aは、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図1b】図1bは、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図2】図2は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の断面図である。

【図3】図3は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の断面図である。

【図4】図4は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の断面図である。

【図5】図5は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図6】図6は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図7】図7は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図8】図8は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の破断斜視図である。

【図9】図9は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図10】図10は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の側面図である。

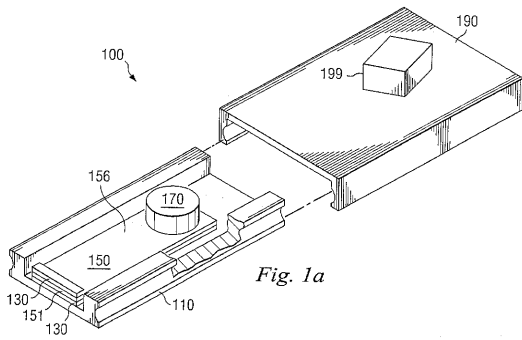
【図11】図11は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図12】図12は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

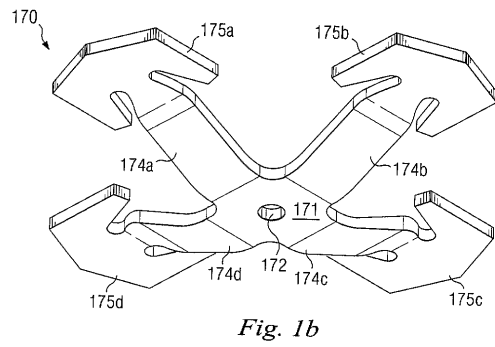
【図13】図13は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

【図14】図14は、本開示の態様に従った装置の一実施形態の少なくとも一部の斜視図である。

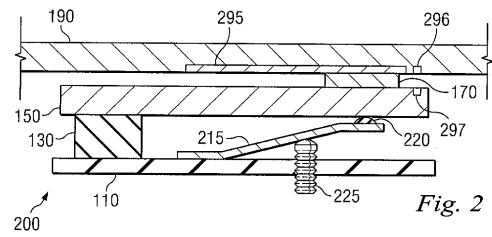
【 図 1 a 】



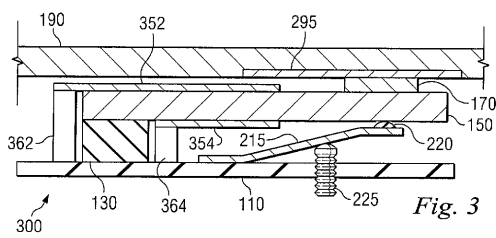
【 図 1 b 】



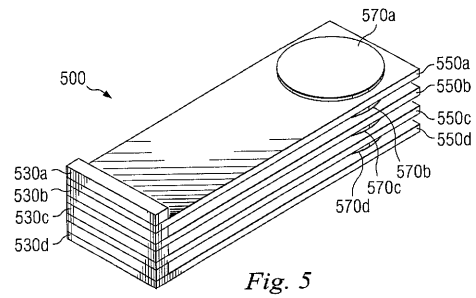
【 図 2 】



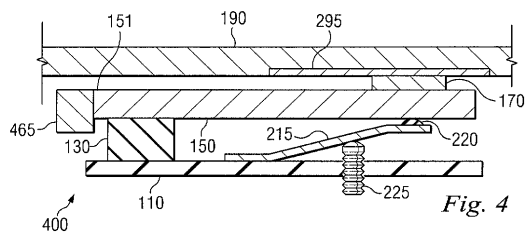
【 図 3 】



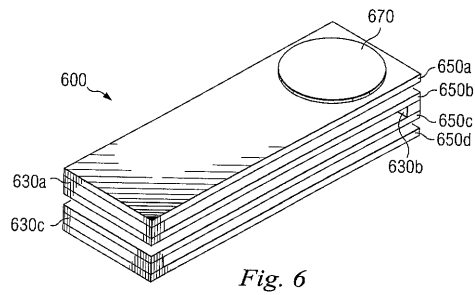
【 図 5 】



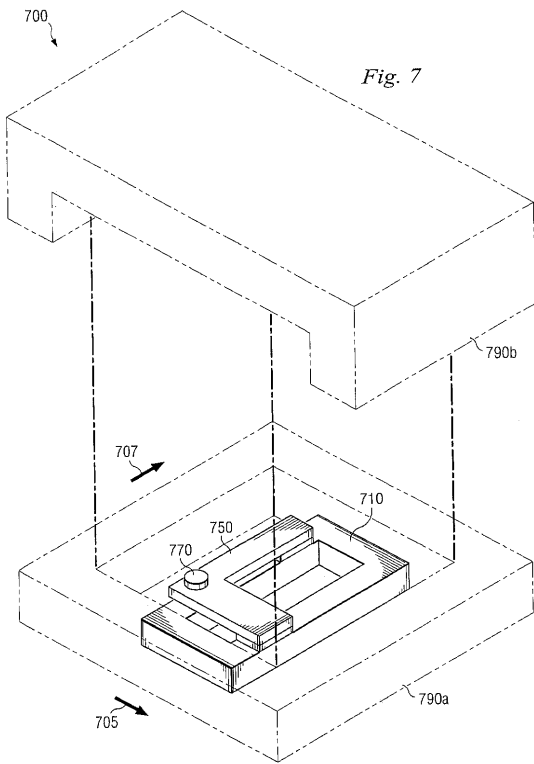
【 図 4 】



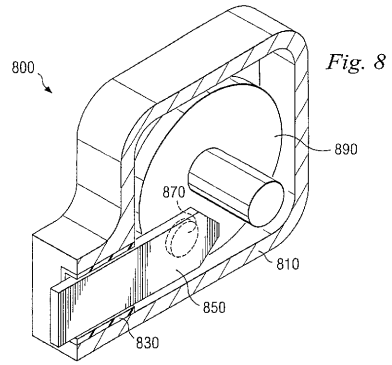
【 図 6 】



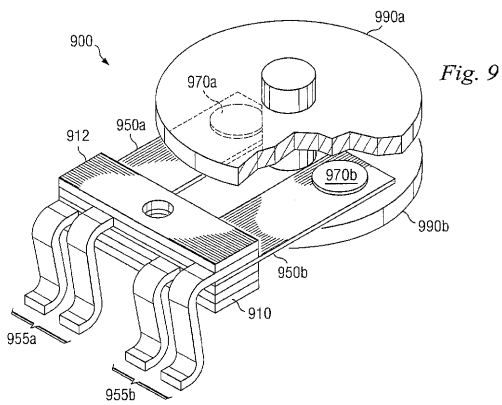
【 図 7 】



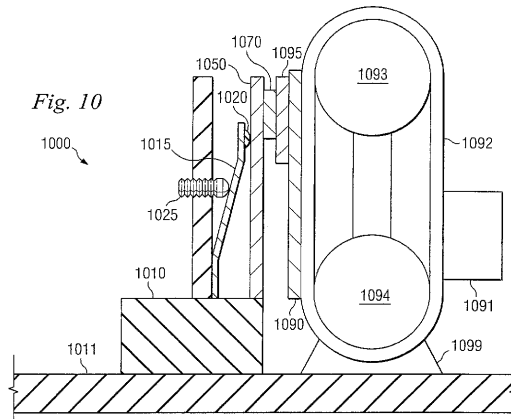
【 図 8 】



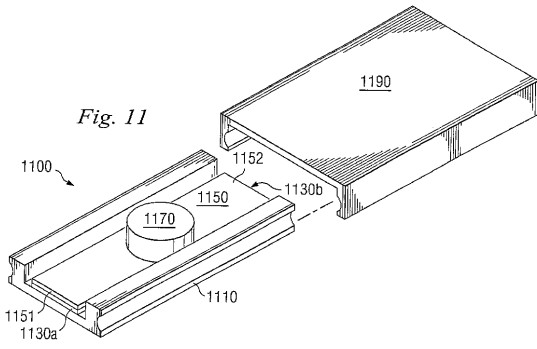
【 図 9 】



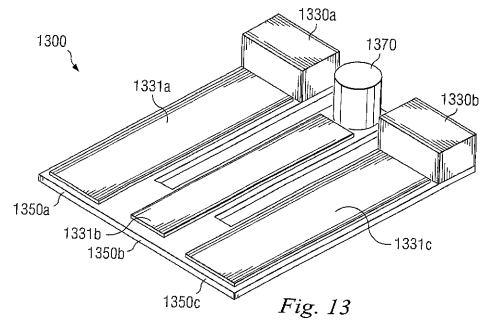
【 図 10 】



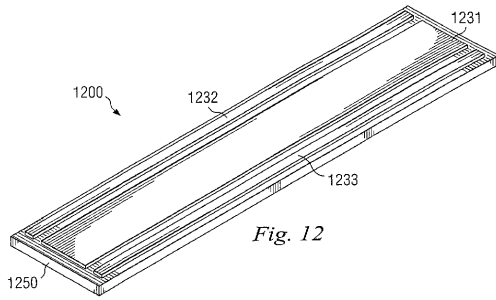
【 図 1 1 】



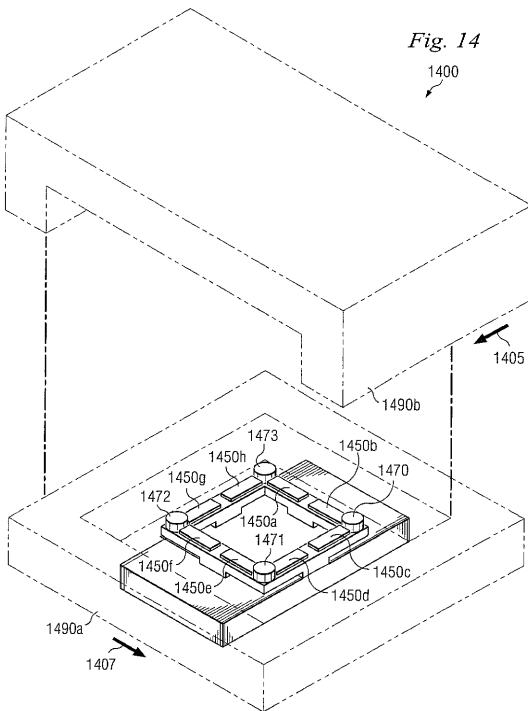
【 図 1 3 】



【 図 1 2 】



【 図 1 4 】



フロントページの続き

(72)発明者 ブレイ、ケン

アメリカ合衆国、75040 テキサス州、ガーランド、ドブ ドライブ 1110

Fターム(参考) 2F078 CA04 CB02 CB14 CC02

【 外国語明細書 】

POSITIONING DEVICE FOR MICROSCOPIC MOTION

BACKGROUND

Positioning devices may be employed in applications of varying scale, such as in microscopy (e.g., scanning probe microscopy), micro-assembly, and nano-assembly. Positioning devices may also be employed in applications of varying function, such as for probing, characterization, imaging and testing, as well as for manipulation and assembly.

Such positioning devices may be employed where it is necessary for a subject piece being examined or assembled to be coarsely positioned on a larger scale, such as to move the subject generally into place, and then finely positioned on a smaller scale to complete examination or assembly. Moreover, fine positioning can be critical to manipulation and examination of small-scale assemblers, probes, and scanning microscopes. For example, on very small scales, vibrations that may be caused by traditional coarse positioning devices can become intolerable. Nonetheless, it is often desirable or necessary for coarse positioning and fine positioning to be available on the same device.

The terms "micro-electronic device" and "micro-assembly" are employed generically herein to encompass micro-electronic components, micro-mechanical components, micro-electro-mechanical components, MEMS components and assemblies thereof. Generally, micro-electronic devices have feature dimensions that are less than about 1000 microns. The present disclosure also relates to nano-electronic devices, including nano-electro-mechanical devices (NEMs), which may have feature dimensions that are less than about 10 microns. Macro-scale electronic devices may also be used to generate movements on a microscopic scale and are also within the scope of the present disclosure. Macro-scale devices generally have feature dimensions that are larger than about 1000 microns, although 1000 microns is not an absolute demarcation between micro-scale and macro-scale devices.

BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

The present disclosure is best understood from the following detailed description when read with the accompanying figures. It is emphasized that, in accordance with the standard practice in the industry, various features are not drawn to scale. In fact, the dimensions of the various features may be arbitrarily increased or reduced for clarity of discussion.

Fig. 1a is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 1b is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 2 is a sectional view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 3 is a sectional view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 4 is a sectional view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 5 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 6 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 7 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 8 is a cutaway perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 9 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 10 is a side view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 11 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 12 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 13 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

Fig. 14 is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure.

DETAILED DESCRIPTION

It is to be understood that the following disclosure provides many different embodiments, or examples, for implementing different features of various embodiments. Specific examples of components and arrangements are described below to simplify the present disclosure. These are, of course, merely examples and are not intended to be limiting. In addition, the present disclosure may repeat reference numerals and/or letters in the various examples. This repetition is for the purpose of simplicity and clarity and does not, in itself, dictate a relationship between the various embodiments and/or configurations discussed. Moreover, the formation of a first feature over or on a second feature in the description that follows may include embodiments in which the first and second features are formed in direct contact, and may also include embodiments in which additional features may be formed interposing the first and second features, such that the first and second features may not be in direct contact.

Referring to Fig. 1a, illustrated is a perspective view of at least a portion of one embodiment of an apparatus 100 according to aspects of the present disclosure. The apparatus 100 may be, include, or comprise a portion of an electro-mechanical device, a micro-electro-mechanical device (e.g., a MEMS device), a microelectronic device or other device within the scope of the present disclosure.

The apparatus 100 includes a base 110, which may comprise plastic, metal, silicon, and/or other materials. The base 110 may be manufactured by casting, molding, machining, ion beam milling, and/or other methods. The thickness of the base 110 may range from about 0.1 millimeters to about 1 millimeter, the length of the base 110 may range from about 5 millimeters to about 20 millimeters, and the width may range from about 2.5 millimeters to about 5 millimeters. In other embodiments, thickness of the base 110 may range between about 0.1 microns and about 5 microns, the length may range between about 50 microns and about 200 microns, and the width may range between about 25 microns and about 50 microns. Other ranges are possible that may be outside of those given. The present disclosure is not meant to be limited by ranges given herein.

An insulator 130 may be employed to attach an end 151 of a piezoelectric element

150 to the base 110. The insulator 130 may comprise glass, silicon oxide, and/or other dielectric materials. The insulator 130 may be formed by cutting, grinding, casting, machining, electro-discharge machining (EDM), and/or other methods, possibly to a thickness ranging from about 0.1 millimeter to about 1 millimeter. In other embodiments, the insulator 130 may be manufactured or otherwise formed on or over the base 110 by chemical vapor deposition (CVD), physical vapor deposition (PVD), plasma enhanced CVD (PECVD), atomic layer deposition (ALD), and/or other processes, possibly to a thickness ranging between about 0.1 microns and about 5 microns.

In some embodiments, the insulator 130 may be optional. For example, a portion or layer of the base 110 may comprise a dielectric material, such that the end 151 of the piezoelectric element 150 may be attached directly to the base 110. The piezoelectric element 150 and the base 110 may also be electrically and/or physically separated by features other than the insulator 130.

The piezoelectric element 150 may be generally reed-shaped. For example, the piezoelectric element 150 may have a substantially rectilinear shape having a width substantially greater than a thickness and a length substantially greater than the width, such that a cross-section substantially orthogonal to any axis of the piezoelectric element 150 may be substantially rectangular. However, other configurations are possible. For example, the piezoelectric element 150 may also have a circular cross-section, or perhaps a rounded but non-circular cross-section such as that which would reduce rotation of the piezoelectric element 150 relative to the base 110 or other proximate component. The cross-section of the piezoelectric element 150 may also vary in size and/or shape along its length.

The piezoelectric element 150 may comprise piezoelectric materials such as, for example, lead zirconate titanate (PZT), lead titanate (PbTiO_3), lead metaniobate (PbNb_2O_6), polyvinylidene-fluoride (PVDF), zinc oxide (ZnO), polyvinylidene-fluoride-trifluoroethylene (PVDF-TrFE), and/or other materials. The piezoelectric element 150 may be formed by sintering, grinding, and/or other processes. The piezoelectric element 150 may also be polarized. For example, the piezoelectric element 150 may be polarized by being heated (e.g., to above the Curie point) and having an electric and/or magnetic field applied, and/or by other methods.

The piezoelectric element 150 may have thickness ranging between about 0.1 millimeters and about 1 millimeter. The length may range between about 0.5 centimeters and about 15 centimeters and the width may range between about 2.5 millimeters and about 5 centimeters. In other embodiments, the piezoelectric element 150 may have a thickness ranging from about 0.1 microns to about 5 microns, a width ranging from about 25 microns to about 50 microns, and a length ranging from about 50 microns to about 200 microns.

The piezoelectric element 150 may respond to an electrical signal by elongating and/or constricting. A periodic or otherwise fluctuating electrical signal or wave may be applied to the piezoelectric element 150 to achieve coarse positioning with the apparatus 100, while a non-fluctuating electrical signal may be employed to achieve fine positioning using the same piezoelectric element. In some embodiments, the piezoelectric element 150 may respond to either electrical signal by bending, in addition to or in the alternative to elongation and/or constricting.

A friction element 170 may be coupled to an end 156 of the piezoelectric element 150 distal from the insulator 130, such as to take full advantage of the motion of the piezoelectric element 150. The friction element 170 may comprise alumin

um-bronze, phosphor-bronze, copper-beryllium, copper alloys, sapphire, and/or other materials, and may be formed by electro-chemical machining (ECM), electrical discharge machining (EDM), milling, and/or other methods. In one embodiment, the friction element 170 may be a boss extending from the piezoelectric element 150 wherein such an extension may be integrated with, or coupled to, the piezoelectric element 150.

In one embodiment, the thickness of the friction element 170 may range between about 0.1 millimeters and about 1 millimeter, and the diameter may range between about 0.8 millimeters and about 5 millimeters. The diameter may range between about 8 microns and about 50 microns. In other embodiments, the thickness of the friction element 170 may range between about 0.1 microns and about 5 microns. The shape of the friction element 170 may be substantially cylindrical. In other embodiments, the friction element 170 may have other shapes or configurations, such as polyhedral shapes. The friction element 170 may also have a substantially square or rectangular footprint relative to the piezoelectric element 150. The friction element 170 may also comprise multiple friction members arranged in various configurations on the piezoelectric element 150. For example, Fig. 1b illustrates a perspective view of another embodiment of the friction element 170, designated by reference number 170a, according to aspects of the present disclosure. The friction element 170a includes a central section 171 which may have means (e.g., a fastener hole 172) for attachment to a piezoelectric element 150 (Fig. 1a). Supports 174a-d, which may be springs or otherwise resilient and/or flexible members or portions, support friction members 175a-d, respectively. The friction members 175a-d, and possibly a substantial portion of the entire friction element 170a, may be substantially similar to the friction element 170 (Fig. 1a) in composition, manufacture, and/or otherwise.

As shown in Fig. 1a, the friction element 170 selectively frictionally engages a driven element 190. The driven element 190 may be guided or restricted in one or more degrees of freedom (e.g., its planes of movement) by the base 110. For example, the base 110 may restrict predetermined degrees or directions of translation and/or rotation of the driven element 190 by employing a friction slide or a rolling element bearing slide configuration. Accordingly, motion of the driven element 190 may be limited to one degree of freedom, although other embodiments may allow more degrees of freedom. The driven element 190 may hold or convey an object or specimen 199 that is being moved by the apparatus 100. For example, the object 199 may be a micro-component or nano-device being assembled, or a specimen being scanned by a scanning electron microscope (SEM), other charged particle apparatus, or other types of microscopes. In some embodiments, the apparatus 100 includes attachment means for retaining the specimen 199 on the surface of the driven element 190. For example, the driven element 190 may include a recess or groove configured to receive the specimen 199, or a snap-type or friction connector may secure the test specimen 199 to the driven element 190.

The movement of the driven element 190 may be achieved by applying an electrical signal to the piezoelectric element 150, which may cause the piezoelectric element to elongate or contract. The friction element 170, or the piezoelectric element 150 itself, may transfer some, all, or a portion of, such movement to the driven element 190 based on the frequency, amplitude, and/or shape of the electrical signal. For example, to achieve coarse positioning with the apparatus 100, a voltage waveform may be applied to the piezoelectric element 150. Examples of voltage waveforms may include, but are not limited to, square waves, saw-tooth

waves, cycloidal waves, parabolic waves, and/or superimpositions or combinations thereof.

For example, in embodiments in which a saw-tooth voltage waveform is applied, the piezoelectric element 150 may elongate or contract according to its bias or polarity. During the relatively shallow phase of the waveform, the piezoelectric element 150 (or the friction element 170) may "stick" to the driven element 190 for a substantial portion of the shallow phase such that most or all of the movement of the piezoelectric element is transferred to the driven element 190. However, during the relatively steep phase of the waveform, the elongation/contraction of the piezoelectric element 150 will be correspondingly faster and may cause the piezoelectric element 150 (or friction element 170) to overcome the static friction against the driven element 190 and "slip" during a substantial portion of the steep phase such that little or no movement of the piezoelectric element 190 may be transferred to the driven element 190. When the shallower phase of the waveform returns, the elongation/contraction of the piezoelectric element 150 may once again impart movement to the driven element 190. Thus the friction element 170 may selectively and frictionally engages the driven element 190 as a function of velocity, acceleration and/or friction coefficient of the friction element 170 relative to the driven element 190. This may be referred to as "slip-stick" or "stick-slip" motion.

The frequency of the waveform may vary and, in some embodiments, ranges between about 1 Hz and about 1 kHz. The amplitude of the waveform may also vary and, in some embodiments, ranges between about 2 V and about 500 V. Following the coarse positioning by slip-stick movement, a direct voltage may be applied to finely position the driven element 190 and, in turn, the object or specimen 199 positioned thereto. The direct voltage may range between about 10 mV and about 1 kV. In other embodiments, the frequency, amplitude, and direct voltage may vary. For example, the waveform may be shaped to avoid or minimize exciting mechanical resonances of the piezoelectric element 150 or possibly the specimen 199. However, a waveform may be purposefully chosen which will operate the piezoelectric element 150 in resonance in order, for example, to free the driven element 190 from the friction element 170 if it were to become inadvertently coupled to the friction element 170 ("stuck"). In a case where the resonant frequency of the piezoelectric element 150 is not known, a waveform frequency sweep may be used.

Referring to Fig. 2 with continued reference to Fig. 1a, illustrated is a sectional view of another embodiment of the apparatus 100 according to aspects of the present disclosure, herein designated by the reference numeral 200. The embodiment of Fig. 2 comprises many of the above-described features of the embodiments shown in Fig. 1a. However, the apparatus 200 also comprises a biasing element 215, and may also include a spacer 220 coupled to the biasing element 215. As shown in the illustrated embodiment, the biasing element 215 may be a leaf spring or other type of spring configured to bias the piezoelectric element 150 (or an attached friction element 170) against the driven element 190. However, the biasing element 215 may also or alternatively be or include other mechanical, electrical, and/or magnetic biasing means within the scope of the present disclosure.

The biasing force of the biasing element 215 may be adjustable, such as by a threaded fastener 225, an electrostatic or magnetic field, and/or by other means.

However, in some embodiments, no adjustment may be employed or needed.

The apparatus 200 may also include a wear plate 295 coupled to the driven element 190 or otherwise interposing the driven element 190 and the friction element 1

70. The wear plate 295 may comprise silicon, sapphire, ceramic, aluminum ceramic or alloys thereof, and/or other materials and may be coupled with, or integral to, the driven element 190. In one embodiment the wear plate 295 may be formed by scribing, cleaving, polishing, and/or other processes, possibly to a thickness ranging between about 0.1 millimeter and about 1 millimeter. In other embodiments, the wear plate 295 may be formed by chemical vapor deposition (CVD), physical vapor deposition (PVD), plasma enhanced CVD (PECVD), atomic layer deposition (ALD), and/or other processes, possibly to a thickness ranging between about 0.1 microns and about 5 microns.

The force exerted by the friction element 170 against the wear plate 295 (e.g., the load force) may also be modulated or adjusted as a function of location of the friction element 170 on the piezoelectric element 150, the amount of time that the friction element is in a "slip" or "stick" phase, and/or the angle of the piezoelectric element 150 relative to the wear plate 295. Mechanical adjustment means of the force of the friction element 170 against the wear plate 295 may also be provided (e.g., screw 225). Adjustment of modulation of the force of the friction element 170 against the wear plate 295 may also occur via one or more additional piezoelectric elements that may be mounted, for example, between the piezoelectric element 150 and the base 110. However, in some embodiments, as with the biasing force discussed above, no adjustment may be employed or needed.

The spacer 220 may be a substantially hemispherical-shaped viton element. However, the spacer 220 may have other materials and shapes within the scope of the present disclosure. The spacer 220 may decrease wear and vibration against the piezoelectric element 150 against which the spacer 220 is biased by the biasing element 215.

The apparatus 200 may also be equipped with a system of sensors 296, 297 that may be employed to detect the position of the driven element 190. The sensors 296, 297 may also be part of a feedback mechanism (not shown) or another system or subsystem. The sensors 296, 297 may be electric sensors, which may be capacitive or inductive. The sensors 296, 297 may also be thermal, optical, magnetic, and/or other types of sensors. Sensor 296 is shown as a single sensing element but may comprise multiple elements or a sensory array. Similarly, sensor 297 is shown as containing multiple sensing elements but may only comprise a single sensing element, or may have a different number of sensing elements than shown. Sensors 296, 297 may be formed integrally with, or imbedded into, the actuating member 190 and the piezoelectric element 150, respectively. The sensors 296, 297 may also be separate components that are attached with an adhesive, for example.

The location of the sensors 296, 297 may vary from that shown and there may also be other sensors (not shown) which may provide feedback and/or location information regarding other components of the apparatus 200. In some embodiments, only a single sensor may be provided. In addition to using a feedback or sensor system based on electronics, a mechanical system may be used. For example, a force exerted by the piezoelectric element 150 could be mechanically amplified and used to adjust the load force of the friction element 170 against the wear plate 295.

Referring to Fig. 3 with continued reference to Fig. 2, illustrated is a sectional view of another embodiment of the apparatus 200 shown in Fig. 2, herein designated by the reference numeral 300, according to aspects of the present disclosure. In addition to several of the components described above, the apparatus 300 includes restraints 352, 354 coupled to the base 110 by mounts 362, 264, respec

tively. In one embodiment, however, the restraints may be secured within the apparatus 300 in other manners. For example, the restraint 352 may be coupled to the friction element 170 or the driven element 190, such that the mount 362 may not be necessary.

The restraints 362, 364 may limit bending, rotation or other out-of-plane motion of the piezoelectric element 150 such that motion of the piezoelectric element 150 may be substantially limited to longitudinal extension and contraction. Piezoelectric elements of specific shapes and compositions that are designed for linear motion are known to exhibit bending motions at certain frequencies and under certain loads. The restraints 352, 354 may remain in surface contact with at least a portion of the piezoelectric element 150, thereby preventing such bending. In one embodiment, the restraints 352, 354 may comprise glass, metal, alloys, and/or other materials that may or may not be similar to the materials of a micro-scale embodiment, and may have a thickness ranging between about 0.1 millimeters and about 1 millimeter. In other embodiments, the restraints 352, 354 may comprise silicon, sapphire, ceramic, aluminum ceramic or alloys thereof, and/or other materials, and may have a thickness ranging between about 0.1 microns and about 5 microns. In one embodiment, the restraint 352 has a thickness about equal to the thickness of the friction element 170.

The length of the restraints 352, 354 may range between about 10% and about 95% of the length of the piezoelectric element 150. For example, the length of the restraints 352, 354 may be maximized to substantially span the length of the piezoelectric element 150 when the piezoelectric element 150 is in an unbiased configuration, which may be a non-actuated configuration, possibly permitting sufficient space at the end of the piezoelectric element 150 to affix the friction element 170. In one embodiment, the length of the restraints 352, 354 may range between about 40% and about 60% of the length of the piezoelectric element 150. The lengths of the restraints 352, 354 may also be dissimilar relative to each other, such as with respect to shape, size, composition, electrical connectivity, and/or otherwise.

In embodiments in which the restraints 352, 354 are conductive, the mounts 362, 364 may serve as insulators to prevent shorting between the piezoelectric element 150 and the base 110. In some embodiments, the restraints may be conductive but covered by an insulative layer to prevent shorting between the piezoelectric element 150 and the base 110. The piezoelectric element 150 may also be covered by an elastomeric layer, which may allow movement but prevent shorting between the piezoelectric element 150 and any other component (e.g., the base 110). Additionally, in other embodiments, there may be more or fewer restraints and mounts than shown in Fig. 3.

Referring to Fig. 4 with continued reference to Fig. 2, illustrated is a sectional view of another embodiment of the microelectronic apparatus 200 shown in Fig. 2, herein designated by the reference numeral 400. In addition to several of the components described above, the apparatus 400 includes a counterbalance 465.

The counterbalance 465 may attach to the end 151 of the piezoelectric element 150. In other embodiments, the placement of the counterbalance 465 may vary, or there may be multiple counterbalances with varying placements on the piezoelectric element 150.

The counterbalance 465 may comprise stainless steel, lead, and/or other materials, and the weight of the counterbalance 465 may range between about 50% and about 150% of the weight of the piezoelectric element 150. The counterbalance 465

may be manufactured by casting, machining, electro-chemical machining (ECM), electrical discharge machining (EDM), milling, and/or other methods. The counterbalance may be integral to the piezoelectric element 150 or may be attached by an adhesive, fastener, and/or other means. One or more lateral dimensions of the counterbalance 465 may range from about 10% to about 20% of the length of the piezoelectric element 150. The examples given with regard to the counterbalance 465 and aspects thereof are exemplary - other embodiments may have different properties.

Referring to Fig. 5, a perspective view of one embodiment of a piezoelectric element 500 according to aspects of the present disclosure is illustrated. The piezoelectric element 500 embodies some of the aspects of the embodiments of the piezoelectric element 150 shown in Figs. 1-4. The piezoelectric element 500 comprises multiple piezoelectric members 550a-d. The piezoelectric members 550a-d may be substantially reed-shaped, as described above with reference to Fig. 1a, although other configurations are within the scope of the present disclosure. The piezoelectric members 550a-d may be substantially similar to one another such that a substantially similar electrical signal applied to each of the piezoelectric members 550a-d will create a substantially similar elongation or contraction motion in each of the members. The piezoelectric members 550a-d may be bound at a common end by insulators 530a-d, which may also serve to connect them to a base or substrate (not shown). In other embodiments, the piezoelectric members may be clamped, glued, or laminated together, or may be integral to one another. The piezoelectric elements 550a-d may impart motion in unison to a driven element via friction elements 570a-d, wherein the friction elements 570a-d may each be substantially similar in composition and manufacture to the friction element 170 shown in Fig. 1a.

Referring to Fig. 6, illustrated is a perspective view of another embodiment of the piezoelectric element 500 shown in Fig. 5, herein designated by reference numeral 600. The piezoelectric element 600 comprises multiple piezoelectric members 650a-d, which may each be substantially similar to the members 550a-d shown in Fig. 5, although other configurations are within the scope of the present disclosure. Spacers 630a-c may interpose and connect the piezoelectric members 650a-d. One of the spacers 630a-c located on opposing sides of one of the piezoelectric members 650a-d may be located proximate opposing ends of the piezoelectric member. For example, in the illustrated embodiment, the spacer 630a is proximate an opposing end and opposing side (surface) of the piezoelectric member 650b relative to the spacer 630b.

Each piezoelectric member 650a-d may be biased opposite the member next to it. For example, piezoelectric members 650a and 650c may contract in response to an electrical signal that may cause piezoelectric members 650b and 650d to elongate. A friction element 670 may be positioned near an actuating end of an outermost one or more of the piezoelectric members 650a-d, and may be employed to engage a driven element, such as those shown in Figs. 1a-4.

Referring to Fig. 7, illustrated is a perspective view of an embodiment of an apparatus 700 according to aspects of the present disclosure is illustrated. The apparatus 700 achieves two independent planes or directions of movement, and includes a base 710 attached to a piezoelectric element 750.

The base 710 may be substantially similar in composition and manufacture to the base 110 shown in Fig. 1a. In one embodiment, the length and width of the base 110 may both range from about 5 millimeters to about 20 millimeters. In other e

embodiments, the base 110 may have a length and width both ranging between about 50 microns and about 200 microns.

The piezoelectric element 750 is generally shaped as an angled member, possibly including two or more segments coupled or integrally formed together. The angle of the piezoelectric element 750 may range between about 45 degrees and about 135 degrees. The piezoelectric element 750 may comprise similar materials as the piezoelectric elements described above, and may be manufactured according to similar principles. In one embodiment, the piezoelectric element 750 may range from about 0.5 centimeters to about 15 centimeters in length and width. In other embodiments, the piezoelectric element 750 may range between about 50 microns and about 200 microns in length and width.

The apparatus 700 may also include a friction element 770 attached near a vertex or junction of two or more segments of the piezoelectric element 750. The friction element 770 may be substantially similar in composition and manufacture to the friction element 170 shown in Fig. 1a.

The apparatus 700 also includes two driven elements 790a, 790b. The driven element 790a is configured to slide relative to the base 710 in a first direction 705, and the driven element 790b is configured to slide relative to the driven element 790a (and, hence, the base 710) in a second direction 707. In one embodiment, the first and second directions 705, 707 are substantially orthogonal, although other relative orientations of the first and second directions 705, 707 are within the scope of the present disclosure.

The piezoelectric element 750 may attach to the base 710 at two ends each distal from the attachment point of the friction element 770. In this manner, an electrical signal may be applied to the piezoelectric element 750 to produce actuation of the piezoelectric element 750 along at least two planes or directions of movement. The two directions of movement may correspond to movement of the two separate pieces of the driven element 790a, 790b, which are configured to manipulate the surface of the driven element 790b in two dimensions, as described above. The driven element components 790a-b may each be substantially similar in composition and manufacture as the driven element 190 shown in Fig. 1a. Coarse positioning may be achieved, for example, by application of a fluctuating electrical signal to produce slip-stick movement of one or both of the driven elements 790a, 790b. Fine positioning may be achieved, for example, by application of a non-fluctuating electrical signal to the piezoelectric element 750.

Referring to Fig. 8, a cutaway view of an embodiment of an apparatus 800 according to aspects of the present disclosure is illustrated. The apparatus 800 may be configured to produce rotary motion in a driven element 890. The apparatus 800 includes a base 810 and an insulator 830, wherein the insulator 830 attaches a piezoelectric element 850 to the base 810. The composition and manufacture of the base 810, insulator 830, and piezoelectric element 850 may be similar to those in embodiments previously described. The piezoelectric element 850 may have an attached friction element 870, which slidably frictionally engages the driven element 890. The driven element 890 may be substantially similar in composition and manufacture to the driven element 190 shown in Fig. 1a, and may be substantially disc-shaped, possibly having a diameter ranging between about 0.5 cm and about 15 cm. In other embodiments, the driven element 890 may have a diameter ranging from about 50 microns to about 200 microns.

The driven element 890 may be rotatably attached to the base 810. Rotation of the driven element 890 may be achieved by applying a first fluctuating electrical

signal to the piezoelectric element 850. A fluctuating electrical signal may generate a slip-stick movement of the driven element 890. Slip-stick movement may be employed to achieve coarse positioning, while fine positioning may be achieved by application of a non-fluctuating electrical signal. Rotation of the driven element 890 in an opposite direction may be achieved by application of a fluctuating electrical signal of a different form than the first.

Referring to Fig. 9, a perspective view of an embodiment of an apparatus 900 according to aspects of the present disclosure is illustrated. The apparatus 900 may produce rotational movement in driven elements 990a-b and is similar to previously described apparatus 800. The apparatus 900 comprises a base 910 and a bracket 912 for attachment of piezoelectric elements 950a, 950b. The bracket 912 may comprise aluminum oxide, ceramic, beryllium, brass, gold, and/or other materials. Electrodes 955a, 955b are employed in the illustrated embodiment to apply electrical signals to piezoelectric elements 950a and 950b, respectively. In this configuration, the piezoelectric elements 950a, 950b may have attached friction elements 970a, 970b, respectively. The friction elements 970a, 970b may independently engage driven element 990a, driven element 990b, or both (e.g., friction elements 970a and/or 970b may be positioned on each of opposing surfaces of elements 950a and/or 950b). In the embodiment of Fig. 9, the apparatus 900 includes two piezoelectric elements 950a, 950b and two driven elements 990a, 990b, but the apparatus 900 may include any number of driven elements engaged by any number of piezoelectric elements within the scope of the present disclosure.

The driven elements 990a, 990b may be rotationally and coaxially attached along a central axis. The driven elements 990a, 990b may be configured to rotate only as a fixed unit, or may be configured to rotate independently. Coarse rotational motion of the driven elements 990a, 990b may be controlled by slip-stick motion resulting from fluctuating electrical signals, which may be applied to the piezoelectric elements 950a, 950b, via electrodes 955a, 955b. The signal may be applied such that one piezoelectric element (for example, element 950a) is in a "slip" phase, while the other piezoelectric element (for example, element 950b) is in a "stick" phase. Non-fluctuating electrical signals may also be applied to either, or both, of the piezoelectric elements 950a, 950b to control fine positioning.

Referring to Fig. 10, a side view of another embodiment of a microelectronic apparatus 1000 according to aspects of the present disclosure is illustrated. The apparatus 1000 may produce substantially orthogonal motion of driven elements 1090, 1091 each relative to a substrate 1011. The apparatus 1000 comprises a base 1010 mounted on or over the substrate 1011. The materials and method of manufacture for the base 1010 and substrate 1011 may be substantially similar to those described regarding the bases of previously described embodiments. The base 1010 and substrate 1011 may be separate components attached by adhesive and/or other means, or they may be integral to one another.

A biasing element 1015, which may correspond in materials and manufacture to biasing elements heretofore described, possibly with an attached spacer 1020, also corresponding in materials and manufacture to spacers heretofore described, is mounted to the base 1010. The tension of the biasing element 1015 may be adjustable, such as via a threaded fastener 1025 and/or other means. The biasing element 1015 biases the piezoelectric element 1050 and/or an attached friction element 1070 against a wear plate 1095, which is attached to driven element 1090. The friction element 1070 and wear plate 1095 may be substantially similar in compo

sition and manufacture to friction elements and wear plates previously described, respectively. In some embodiments, the wear plate 1095 may be optional.

A piezoelectric element 1050 operates to move the driven element 1090 for coarse positioning via slip-stick motion resulting from the application of a fluctuating electrical signal. To achieve fine positioning, a non-fluctuating electrical signal may be applied to the piezoelectric element 1050. The piezoelectric element 1050 may be similar in composition and manufacture and piezoelectric elements heretofore described. In the illustrated embodiment, the driven element 1090 is attached to the driven element 1091 via a looped band 1092. The driven elements 1090, 1091 may be substantially similar in composition and manufacture to driven elements previously described. However, the second driven element 1091 may be similar to, or different from, the first driven element 1090.

The band 1092 connecting the driven elements 1090, 1091 may be silicon, rubber, stainless steel, and/or other materials. The length of the band 1092 may range between about 1.5 centimeters and about 45 centimeters, and the band 1092 may have a thickness ranging between about 100 microns and about 250 microns. The band 1092 may be supported by rollers or tensioners 1093, 1094, which may be substantially cylindrical. The tensioners 1093, 1094 may comprise silicon, metal, and/or other materials. The dimensions of the tensioners may be set according to the dimension of the band 1092 and piezoelectric element 1050. The tensioners 1093, 1094 may be rotatably attached to the substrate 1011 by support structure 1099, which may include bearings, posts, etc. The band 1092 may translate movement of the first driven element 1090 to the second driven element 1091. The dimensions given above reference a macro-scale embodiment, but it may be possible to scale the apparatus 1000 to smaller sizes, possibly including a micro-scale embodiment.

Referring to Fig. 11, a perspective view of an embodiment of an apparatus 1100 according to aspects of the present disclosure is illustrated. The apparatus 1100 may be substantially similar in materials, construction, and dimension as apparatus 100 (Fig. 1a). For example, base 1110 and driven element 1190 may be similar in materials, construction, and dimension to base 110 and driven element 190 of apparatus 100, respectively. The apparatus 1100 features a piezoelectric element 1150 that may be anchored at both ends to the base 1110. The element 1150 may also be sectioned or partitioned, including two or more portions 1151, 1152, which may be electrically isolated from one another. Insulators 1130a, 1130b may serve to anchor the piezoelectric element 1150 to the base 1110. The insulators 1130a, 1130b may be substantially similar to insulator 130 of apparatus 100. The piezoelectric element 1150 may be substantially reed-shaped and may otherwise be similar to piezoelectric element 150 of apparatus 100. A friction element 1170 may be attached at a substantially central point on the piezoelectric element 1150. The friction element 1170 may be substantially similar to friction element 170 of apparatus 100. In operation, the apparatus 1100 may operate by a application of actuating signals of differing polarities to different sections 1151, 1152 of the piezoelectric element 1150. In such case, a slip-stick movement of the friction element against the slide table 1190 may result from a contraction in one section (e.g., section 1151) of the piezoelectric element 1150 with a corresponding elongation in another section (e.g., section 1152).

Referring to Fig. 12, a perspective view an embodiment of an electrode configuration 1200 for a piezoelectric element 1250 according to aspects of the present disclosure is illustrated. Piezoelectric element 1250 may be substantially similar

as to piezoelectric elements previously discussed, such as piezoelectric element 150 (Fig. 1a). A main electrode 1231 may be placed on substantially the full length of piezoelectric element 1250. In some embodiments, the main electrode 1231 may be a plurality of electrodes. The placement of the main electrode 1231 may also vary from that shown. The main electrode 1231 may comprise copper, gold, and/or other materials which may be deposited onto piezoelectric element 1250 or formed integrally therewith. Correction electrodes 1232, 1233 may be placed on substantially the full length of the piezoelectric element 1250, possibly on either side of the main electrode 1231. The correction electrodes 1232, 1233 may vary in number and placement from that shown. The correction electrodes 1232, 1233 may comprise copper, gold, and/or other materials, which may be deposited onto piezoelectric element 1250, or formed integrally therewith.

A friction element (not shown) such as friction element 170 (Fig. 1a) may be attached to the piezoelectric element 1250 to transfer movement to a driven element (not shown). In operation, the main electrode 1231 may be used to provide an actuating signal to the piezoelectric element 1250. The actuating signal may be as previously described with respect to previous embodiments (e.g., a waveform or a non-fluctuating voltage). The correction electrodes 1232, 1233 may be used instead of, or in addition to, the main electrode 1231 to provide corrections in the deflection or movement of the piezoelectric element 1250. Similar to the main electrode 1231, the correction electrodes 1231, 1232 may be provided with waveform voltage or a non-fluctuating voltage, which may be smaller, larger, or the same as the voltage provided to the main electrode 1231.

Referring to Fig. 13, a perspective view of another embodiment of a piezoelectric element 1300 according to aspects of the present disclosure is illustrated. The piezoelectric element 1300 may be utilized in one or more of the apparatus previously discussed (e.g., apparatus 100) or some other device. The apparatus 1300 may be mounted to a base (e.g. base 110 of Fig. 1a) by mounts 1330a, 1330b, for example. In some embodiments, the placement of the mounts will vary from the placement shown. The piezoelectric element 1300 may be similar in materials and construction as previously described piezoelectric elements. The piezoelectric element 1300 may have one or more piezoelectric members 1350a-c. The members 1350a-c may be formed integrally or formed separately and subsequently attached together. Electrodes 1331a, 1331b, 1331c may be attached along substantially the length of the members 1350a, 1350b, 1350c, respectively. The electrodes 1331a, 1331b, 1331c may be substantially similar to electrode 1231 (Fig. 12).

In operation, the electrodes 1331a-c may be used to apply an actuating signal to the respective members 1350a-c. As previously described the actuating signal may be a waveform or a non-fluctuating voltage. The polarity of the signal applied to members 1350b via electrode 1331b may be opposite to the polarity of the signal applied to members 1350a, 1350c via electrodes 1331a, 1331c, respectively.

Thus, an elongation of member 1350b may correspond to a contraction of members 1350a, 1350c, and vice-versa. A friction element 1370 may be attached to the piezoelectric element 1300 to interface with a driven element (not shown) such as a slide bed 190 (Fig. 1a). The friction element 1370 may be similar in materials and construction to friction elements previously described (e.g. friction element 170 of Fig. 1a). Thermal expansion in the piezoelectric element 1300, which could lead to an unwanted displacement of the friction element 1370, may be alleviated by expansion in an opposite direction of member 1350b relative to members 1350a, 1350c.

Referring to Fig. 14, a perspective view of another embodiment of an apparatus 1400 of the present disclosure is illustrated. The apparatus 1400 may be similar in materials, construction, and dimension to apparatus 700 (Fig. 7). Like apparatus 700, the apparatus 1400 may achieve two independent planes of movement (e.g., 1405, 1407). The apparatus 1400 may have multiple piezoelectric elements 1450a-h. In some embodiments, two or more of the piezoelectric elements 1450a-h may be combined or manufactured as a single angled piezoelectric element such as piezoelectric element 750 (Fig. 7). The apparatus 1400 may have a plurality of friction elements 1470, 1471, 1472, 1473. The friction elements 1470, 1471, 1472, 1473 may be substantially similar to friction element 770 (Fig. 7). The piezoelectric elements 1450a-h may elongate or contract as in response to a waveform previously described in order to achieve slip stick motion for coarse positioning. Fine positioning may be achieved by application of a non-fluctuating voltage, as previously described, to one or more of the piezoelectric elements 1450a-h. The present disclosure provides an apparatus including, in one embodiment, a base configured to slidably engage a driven element. A piezoelectric element interposes the base and the driven element and is attached to the base proximate a first piezoelectric element end. A friction element is attached proximate a second piezoelectric element end and is configured to selectively engage the driven element.

The present disclosure also introduces an apparatus including, in one embodiment, a slide bed having a recess therein, a slide table having a wear plate on an inner surface, and a piezoelectric reed with attached friction element. The reed is mounted in the slide bed recess and frictionally engages the wear plate via the friction element.

Another embodiment of an apparatus constructed according to aspects of the present disclosure includes a base configured to slidably engage a driven element, and first and second piezoelectric elements, each parallel to the base. A friction element is proximate a junction of the first and second piezoelectric elements and extends in first and second directions.

Another embodiment of an apparatus according to aspects of the present disclosure includes a rotatable element rotatably coupled to a substrate. In such an embodiment, a piezoelectric element is coupled to the substrate and a friction element is coupled to the piezoelectric element. The friction element is configured to frictionally engage the rotatable element to impart rotary motion thereto.

An apparatus constructed according to aspects of the present disclosure may also include first and second driven elements and a piezoelectric element, which slidably engages the first driven element. The first and second driven elements may each be coupled to one another via a continuous flexible band supported by at least one roller.

Although embodiments of the present disclosure have been described in detail, those skilled in the art should understand that they can make various changes, substitutions and alterations herein without departing from the spirit and scope of the present disclosure.

WHAT IS CLAIMED IS:

1. An apparatus, comprising:

a base configured to slidably engage a driven element;

a piezoelectric element interposing the base and the driven element and attached

to the base proximate a first end of the piezoelectric element; and a friction element attached proximate a second end of the piezoelectric element and configured to selectively engage the driven element as a function of velocity of the friction element relative to the driven element.

2. The apparatus of claim 1 further comprising a biasing element configured to bias the piezoelectric element against the driven element.

3. The apparatus of claim 2 further comprising a vibration dampening element interposing the biasing element and the piezoelectric element.

4. The apparatus of claim 3 wherein the dampening element comprises viton.

5. The apparatus of claim 1 further comprising a wear plate coupled to the driven element and configured to be selectively engaged by the friction element.

6. The apparatus of claim 5 wherein the wear plate comprises a material selected from the group consisting of:

silicon;

sapphire; and

ceramic.

7. The apparatus of claim 1 further comprising a low friction restraint adjacent a portion of at least one of a top or bottom surface of the piezoelectric element.

8. The apparatus of claim 1 wherein the piezoelectric element includes a counterweight proximate the first piezoelectric element end.

9. The apparatus of claim 1 wherein the piezoelectric element comprises a plurality of piezoelectric members.

10. The apparatus of claim 9 wherein each of the plurality of piezoelectric members are substantially reed-shaped.

11. The apparatus of claim 10 wherein each of the plurality of piezoelectric members are laminated to an adjacent one of the plurality of piezoelectric members.

12. The apparatus of claim 1 wherein the piezoelectric element includes first and second piezoelectric members each parallel to the base and angularly offset relative to each other, wherein the friction element is proximate a junction of the first and second piezoelectric members.

13. The apparatus of claim 1 wherein the driven element is rotatably attached to the base such that the piezoelectric element imparts rotational motion to the driven element.

14. The apparatus of claim 13 wherein:

the driven element includes first and second substantially coaxial rotatable members coupled to the base;

the piezoelectric element includes first and second piezoelectric members coupled to the base;

the friction element includes first and second friction members coupled to the first and second piezoelectric elements, respectively; and

the first and second friction members frictionally engage the first and second rotatable elements, respectively.

15. The apparatus of claim 1 wherein the driven element is attached to a counter weight by a looped flexible band, the band being stabilized by at least one tensioner.

16. The apparatus of claim 1 wherein:

the base includes a slide bed having a recess therein;

the driven element includes a slide table having a wear plate on an inner surface; and

the piezoelectric element is a piezoelectric reed;

wherein the piezoelectric reed is mounted in the slide bed recess and frictionally engages the wear plate via the friction element.

17. The apparatus of claim 1 wherein the friction element comprises a material selected from the group consisting of:

sapphire;

quartz;

ceramic;

aluminum-bronze;

phosphor-bronze; and

copper-beryllium.

18. The apparatus of claim 1 wherein the driven element is one of first and second driven elements, wherein the piezoelectric element is configured to slidably engage the first driven element, and wherein the first and second driven elements are each coupled to one another via a continuous flexible band supported by at least one roller.

19. The apparatus of claim 1 wherein at least one of the base, the driven element, the piezoelectric element and the friction element substantially has feature dimensions that are greater than about 1000 microns.

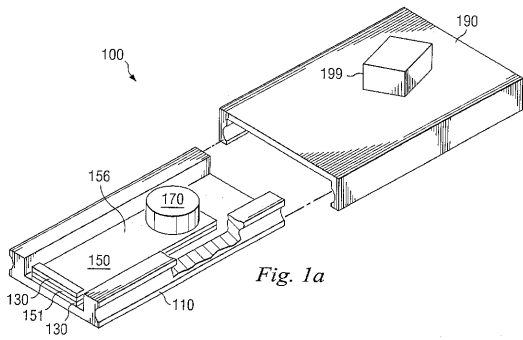
20. The apparatus of claim 1 wherein at least one of the base, the driven element, the piezoelectric element and the friction element substantially has feature dimensions that are less than about 1000 microns.

1. Abstract

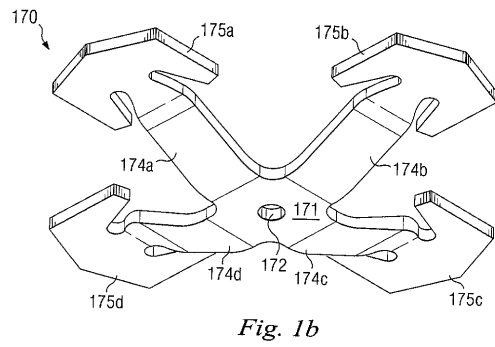
An apparatus including a base configured to slidably engage a driven element, a piezoelectric element interposing the base and the driven element and attached to the base proximate a first piezoelectric element end, and a friction element attached proximate a second piezoelectric element end and configured to selectively engage the driven element.

2. Representative Drawing

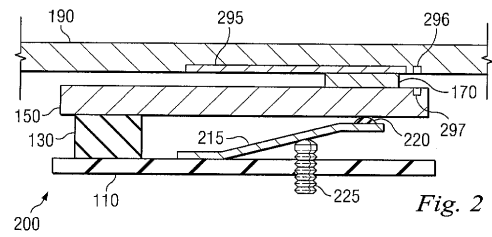
【 図 1 a 】



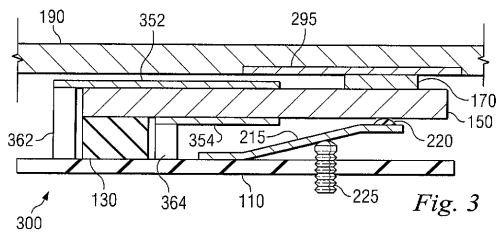
【 図 1 b 】



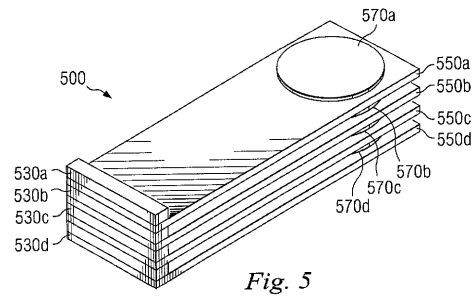
【 図 2 】



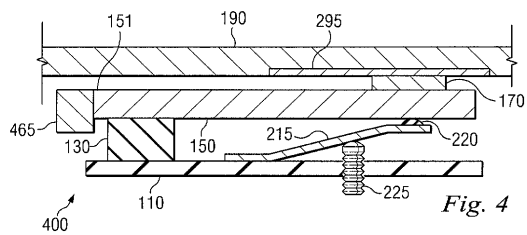
【 図 3 】



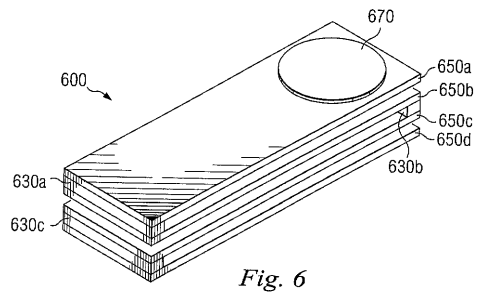
【 図 5 】



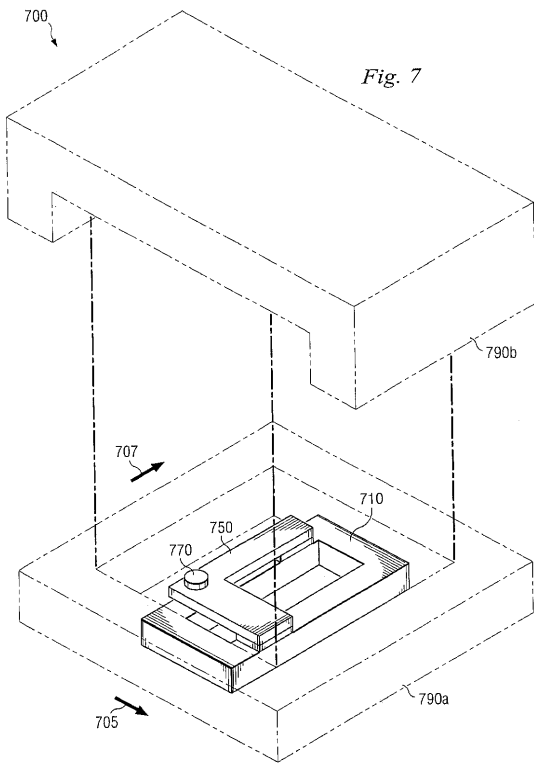
【 図 4 】



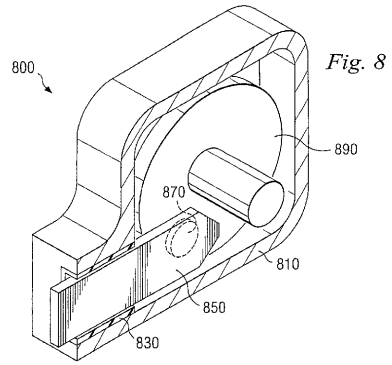
【 図 6 】



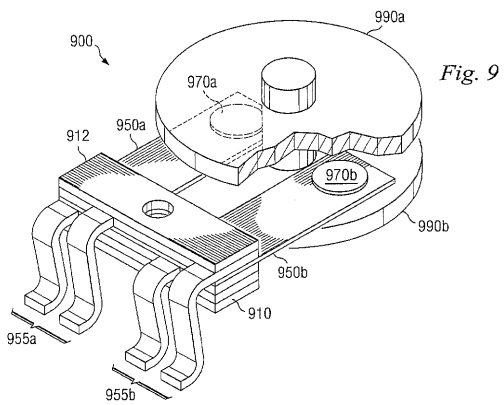
【 図 7 】



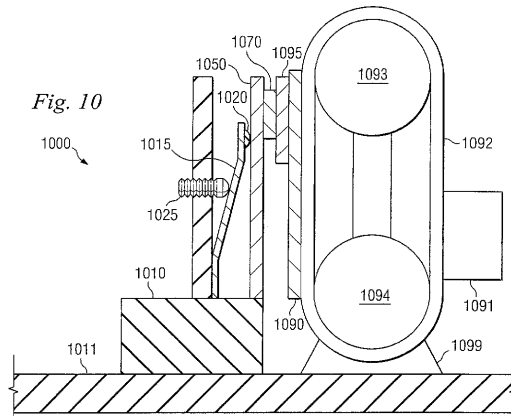
【 図 8 】



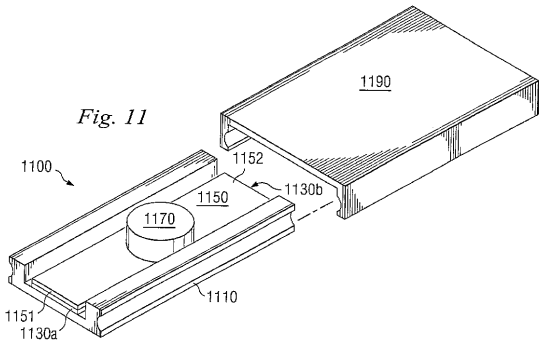
【 図 9 】



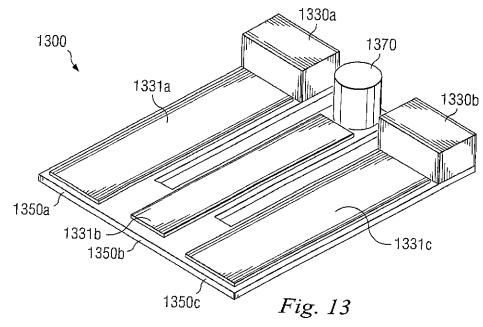
【 図 10 】



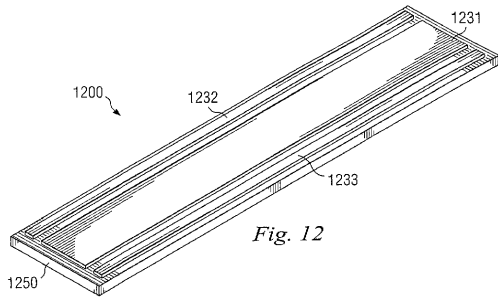
【 図 1 1 】



【 図 1 3 】



【 図 1 2 】



【 図 1 4 】

