

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2012-520516
(P2012-520516A)

(43) 公表日 平成24年9月6日(2012.9.6)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
G06F 3/01	(2006.01)	G06F 3/01	310A	
H02N 11/00	(2006.01)	H02N 11/00	Z	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 65 頁)

(21) 出願番号 特願2011-554152 (P2011-554152)
 (86) (22) 出願日 平成22年3月10日 (2010. 3. 10)
 (85) 翻訳文提出日 平成23年11月8日 (2011. 11. 8)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2010/026829
 (87) 国際公開番号 W02010/104953
 (87) 国際公開日 平成22年9月16日 (2010. 9. 16)
 (31) 優先権主張番号 61/158, 806
 (32) 優先日 平成21年3月10日 (2009. 3. 10)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 61/176, 417
 (32) 優先日 平成21年5月7日 (2009. 5. 7)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 511176012
 バイヤー・マテリアルサイエンス・アーゲー
 BAYER MATERIALSCIENCE AG
 ドイツ連邦共和国 レーバークーゼン,
 51368
 (74) 代理人 110000028
 特許業務法人明成国際特許事務所
 (72) 発明者 ビッグス・シルモン・ジェームス
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州950
 33 ロス・ガトス, マウンテビナ・ロード,
 18410

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 触覚フィードバックデバイスのための電気活性ポリマトランスデューサ

(57) 【要約】

【解決手段】 別個に生成された音声信号によって生成された音声と同時にユーザインターフェースデバイスにおいて触覚効果を生み出す電気活性トランスデューサおよび方法ならびにユーザインターフェースデバイスでの感覚フィードバック用途のための電気活性ポリマトランスデューサが開示されている。

【選択図】 図37C

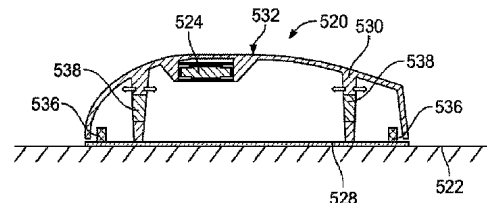


Fig. 37C

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

出力信号に応答する改善触覚効果を有し、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスであって、

支持面と係合するよう適合されたベースシャーシと、

前記ベースに結合され、前記ユーザによって操作されるよう構成されたユーザインターフェース面を有するハウジングと、

前記ユーザインターフェース面に隣接し、前記出力信号に対応づけられている触覚フィードバック力を出力するよう構成された少なくとも 1 つの電気活性ポリマアクチュエータと

を備え、

前記ハウジングは、前記電気活性ポリマアクチュエータによって生成された前記触覚フィードバック力を強化するよう構成されているユーザインターフェースデバイス。

【請求項 2】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記ハウジングは、少なくとも 1 つのコンプライアントなマウントを用いて前記ベースに結合され、前記コンプライアントなマウントは前記ハウジングを前記ベースに対して変位させるための前記触覚フィードバック力をもたらす、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 3】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記ユーザインターフェース面を含む前記ハウジングの部分は、前記触覚フィードバック力から生じる変位を改善するよう構成される、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 4】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記部分は、前記ハウジングの残り部分よりも柔らかい、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 5】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記部分は、前記ハウジングの残り部分よりも薄い、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 6】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記電気活性ポリマアクチュエータの共振は、前記ハウジングの共振と適合または最適化される、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 7】

請求項 7 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記ユーザインターフェース面は第 1 の領域および第 2 の領域を備え、前記第 1 の領域は前記触覚フィードバック力によって生成される第 1 の周波数範囲で共振する、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 8】

請求項 7 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記第 2 の領域は前記触覚フィードバック力によって生成される第 2 の周波数範囲で共振する、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 9】

請求項 8 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記第 1 および第 2 の周波数範囲は重複しない、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 10】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記ユーザインターフェース面は、前記ハウジングの変位を制限するために、前記ベースシャーシ上に少なくとも 1 つの機械的停止部を備える、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 11】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記少なくとも 1 つの電気活性ポリマアクチュエータは、前記触覚フィードバック力を生み出すための慣性マスを

10

20

30

40

50

備える、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記少なくとも 1 つの電気活性ポリマアクチュエータは、前記ユーザインターフェースデバイスの構造に結合されており、変位時に、前記構造を移動させて慣性力を生み出す、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記構造は、前記ユーザインターフェースデバイスの重り、電源、バッテリー、回路基板、および、キャパシタから選択された構造を含む、ユーザインターフェースデバイス。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、さらに、前記ハウジングと前記ベースシャーシとの間に少なくとも 1 つのベアリングを備え、前記ベアリングは前記ハウジングと前記ベースシャーシとの間の摩擦を低減して前記ユーザインターフェース面における前記触覚フィードバック力を強化する、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記少なくとも 1 つのベアリングは、ガイドレールに取り付けられた複数のベアリングを含む、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、少なくとも 2 つのガイドレールは、それぞれ、前記ユーザインターフェース面の第 1 および第 2 の側に沿って配置されている、ユーザインターフェースデバイス。

20

【請求項 1 7】

請求項 1 に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記ユーザインターフェース面は、ボタン、キー、ゲームパッド、ディスプレイスクリーン、タッチスクリーン、コンピュータマウス、キーボード、および、ゲームコントローラからなる群より選択されたインターフェースデバイスを含む、ユーザインターフェースデバイス。

【請求項 1 8】

音声信号の特性と一致する触覚効果をユーザインターフェースデバイスにおいて生成する方法であって、

30

電気活性ポリマアクチュエータが結合されたユーザインターフェース面を用意し、前記音声信号を受信して、前記電気活性ポリマの作動が前記音声信号の特性と一致するように、前記音声信号の電圧のゼロ交差時に前記電気活性ポリマアクチュエータに電力を循環させること、とを備える方法。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の方法であって、前記特性は前記音声信号の周波数を含む方法。

【請求項 2 0】

ユーザインターフェースデバイスにおいて音声信号に基づいて認識可能な触覚効果を生成する方法であって、

40

触覚効果を生み出すよう適合されたアクチュエータを有するデバイスを用意し、複数のデータを含む情報信号を受信し、前記情報信号内の前記データを音声信号に変換し、前記触覚効果を生み出すために触覚信号を前記アクチュエータに供給し、前記触覚信号は前記情報信号内の前記データが前記触覚効果から認識可能であるように前記音声信号の特性に基づくこと、を備える方法。

【請求項 2 1】

請求項 2 0 に記載の方法であって、前記触覚信号は前記音声信号の特性に基づいて触覚

50

周波数で変調される方法。

【請求項 2 2】

請求項 2 0 に記載の方法であって、前記触覚信号は前記音声信号のラウドネスまたは強度エンベロープに基づいて変調される方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

[関連出願]

本出願は、参照によって本明細書に全体を組み込まれる、発明の名称を「Haptic DEVICES (触覚デバイス) 」とする、2 0 0 9 年 3 月 1 0 日出願の米国仮特許出願第 6 1 / 1 5 8 , 8 0 6 号および 2 0 0 9 年 5 月 7 日出願の米国仮特許出願第 6 1 / 1 7 6 , 4 1 7 号の優先権の利益を主張する通常特許出願である。 10

【0 0 0 2】

本発明は、感覚フィードバックを提供するために電気活性ポリマトランスデューサを利用することに関する。

【背景技術】

【0 0 0 3】

現在利用されている多くのデバイスは、電気エネルギーを機械エネルギーに変換するために何らかのアクチュエータに依存している。一方、多くの電力生成の応用例は、機械的動作を電気エネルギーに変換することによって動作する。このように機械エネルギーを利用するために用いられる場合、同じタイプのアクチュエータをジェネレータと呼ぶことができる。同様に、構造が、測定を目的として物理的刺激 (振動または圧力など) を電気信号に変換するために用いられる場合には、センサと見なされうる。しかし、「トランスデューサ」という用語は、それらのデバイスを総称するために用いられうる。 20

【0 0 0 4】

多くの設計検討事項にとって、トランスデューサの製造のために、高度な誘電エラストマ材料 (「電気活性ポリマ」 (E A P) と呼ぶ) を選択および利用すると有利である。これらの検討事項は、ポテンシャル力、電力密度、電力変換 / 消費、サイズ、重量、コスト、応答時間、デューティサイクル、サービス要件、環境要因などを含む。したがって、多くの用途において、E A P 技術は、圧電性の形状記憶合金 (S M A) および電磁装置 (モータ、ソレノイドなど) の理想的な代替物を提供する。 30

【0 0 0 5】

E A P 装置の例と、それらの用途については、米国特許第 7 , 3 9 4 , 2 8 2 号 ; 第 7 , 3 7 8 , 7 8 3 号 ; 第 7 , 3 6 8 , 8 6 2 号 ; 第 7 , 3 6 2 , 0 3 2 号 ; 第 7 , 3 2 0 , 4 5 7 号 ; 第 7 , 2 5 9 , 5 0 3 号 ; 第 7 , 2 3 3 , 0 9 7 号 ; 第 7 , 2 2 4 , 1 0 6 号 ; 第 7 , 2 1 1 , 9 3 7 号 ; 第 7 , 1 9 9 , 5 0 1 号 ; 第 7 , 1 6 6 , 9 5 3 号 ; 第 7 , 0 6 4 , 4 7 2 号 ; 第 7 , 0 6 2 , 0 5 5 号 ; 第 7 , 0 5 2 , 5 9 4 号 ; 第 7 , 0 4 9 , 7 3 2 号 ; 第 7 , 0 3 4 , 4 3 2 号 ; 第 6 , 9 4 0 , 2 2 1 号 ; 第 6 , 9 1 1 , 7 6 4 号 ; 第 6 , 8 9 1 , 3 1 7 号 ; 第 6 , 8 8 2 , 0 8 6 号 ; 第 6 , 8 7 6 , 1 3 5 号 ; 第 6 , 8 1 2 , 6 2 4 号 ; 第 6 , 8 0 9 , 4 6 2 号 ; 第 6 , 8 0 6 , 6 2 1 号 ; 第 6 , 7 8 1 , 2 8 4 号 ; 第 6 , 7 6 8 , 2 4 6 号 ; 第 6 , 7 0 7 , 2 3 6 号 ; 第 6 , 6 6 4 , 7 1 8 号 ; 第 6 , 6 2 8 , 0 4 0 号 ; 第 6 , 5 8 6 , 8 5 9 号 ; 第 6 , 5 8 3 , 5 3 3 号 ; 第 6 , 5 4 5 , 3 8 4 号 ; 第 6 , 5 4 3 , 1 1 0 号 ; 第 6 , 3 7 6 , 9 7 1 号 ; および、第 6 , 3 4 3 , 1 2 9 号、ならびに、米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 0 0 1 8 5 5 号 ; 第 2 0 0 9 / 0 1 5 4 0 5 3 号 ; 第 2 0 0 8 / 0 1 8 0 8 7 5 号 ; 第 2 0 0 8 / 0 1 5 7 6 3 1 号 ; 第 2 0 0 8 / 0 1 1 6 7 6 4 号 ; 第 2 0 0 8 / 0 0 2 2 5 1 7 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 2 3 0 2 2 2 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 2 0 0 4 6 8 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 2 0 0 4 6 7 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 2 0 0 4 6 6 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 2 0 0 4 5 7 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 2 0 0 4 5 4 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 2 0 0 4 5 3 号 ; 第 2 0 0 7 / 0 1 7 0 8 2 2 号 ; 第 2 0 0 6 / 0 2 3 8 0 7 9 号 ; 第 2 0 0 6 / 0 2 0 8 6 1 0 号 ; 第 2 0 0 6 / 0 2 0 8 6 0 9 号 ; およ 40 50

び、第2005/0157893号、ならびに、2009年1月22日に提出された米国特許出願第12/358,142号、PCT出願番号PCT/US09/63307、PCT公開番号WO2009/067708に記載されており、これらの全体は参照により本明細書に組み込まれる。

【0006】

EAPトランスデューサは、変形可能な特性を有すると共に、薄いエラストマ誘電材料によって隔てられた2つの電極を備える。これら電極に電圧差を印加すると、逆帯電した電極が互いに引きつけ合うことによって、電極間のポリマ誘電体層を圧縮する。電極が互いに近づくように引っ張られるにつれ、誘電体ポリマ薄膜は、平面方向に（x軸およびy軸に沿って）伸張するために薄くなる（z軸成分が収縮する）。すなわち、この場合、薄膜の変位は面内変位である。EAP薄膜は、さらに、薄膜構造に直交する方向（z軸に沿った方向）の動きを生み出すよう構成されてもよい。すなわち、この場合、薄膜の変位は面外変位である。米国特許出願第2005/0157893号は、かかる面外変位（表面変形または厚みモードたわみ（thickness mode deflection））を提供するEAP薄膜構成を開示している。

10

【0007】

EAP薄膜の材料および物理特性は、トランスデューサが受ける表面変形をカスタマイズするために、変更および制御されてよい。より具体的には、ポリマ薄膜と電極材料との間の相対弾性、ポリマ薄膜と電極材料との間の相対厚さ、および/または、ポリマ薄膜および/または電極材料の様々な厚さ、（局所的な活性および非活性領域を提供するための）ポリマ薄膜および/または電極材料の物理的パターン、EAP薄膜全体に掛けられた張力または予歪み、ならびに、薄膜に印加される電圧または薄膜上で誘導される静電容量などの因子が、活性モード時の薄膜の表面特徴をカスタマイズするために制御または変更されてよい。

20

【0008】

かかるEAP薄膜によって提供される利点を楽しむ多くのトランスデューサベースの用途が存在する。かかる用途の1つは、ユーザインターフェースデバイスにおいて触覚フィードバック（ユーザの体に印加される力を通じてユーザに情報を伝えるもの）を生成するためにEAP薄膜を利用することを含む。一般的に、ユーザによって引き起こされた力に応答する、触覚フィードバックを利用する多くのユーザインターフェースデバイスが周知である。触覚フィードバックを利用できるユーザインターフェースの例としては、キーボード、キーパッド、ゲームのコントローラ、リモコン、タッチスクリーン、コンピュータマウス、トラックボール、スタイラススティック、ジョイスティックなどが挙げられる。ユーザインターフェース面は、ユーザが、デバイスからのフィードバックまたは情報に関して操作、関与、および/または、観察する任意の表面を含みうる。かかるインターフェース面の例としては、キー（例えば、キーボードのキー）、ゲームのパッドまたはボタン、ディスプレイスクリーンなどが挙げられるが、それらに限定されない。

30

【0009】

これらのタイプのインターフェースデバイスによって提供される触覚フィードバックは、ユーザが、直接的に（例えば、スクリーンに触れることにより）、間接的に（例えば、携帯電話がハンドバッグまたはバッグ内で振動する場合などの振動効果により）、または、その他の方法で（例えば、圧力かく乱を引き起こすが従来の意味での音声信号を生成しない運動体の作用により）感じる物理的感覚（振動、パルス、バネ力など）の形態である。

40

【0010】

しばしば、触覚フィードバックを備えたユーザインターフェースデバイスは、ユーザが開始した動作を「受信する」入力デバイスであると共に、動作が開始されたことを示す触覚フィードバックを提供する出力デバイスでありうる。実際には、ユーザインターフェースデバイスの接触または触れられる部分または表面（例えば、ボタン）の位置は、ユーザが印加した力によって少なくとも1の自由度に沿って変化し、その際、印加される力は、

50

接触部分が位置を変え、触覚フィードバックをもたらすために、ある最小閾値に達する必要がある。接触部分の位置変化の達成または登録の結果として、ユーザが作用を与えたデバイスの接触部分にも掛かる応答力（例えば、スプリングバック、振動、パルス）が生じ、この力はユーザの触覚を通じてユーザに伝達される。

【0011】

スプリングバックすなわち「双安定」または「二相」タイプの触覚フィードバックを用いるユーザインターフェースデバイスの一般的な一例は、マウス、キーボード、タッチスクリーン、または、その他のインターフェースデバイスのボタンである。ユーザインターフェース面は、印加される力が特定の閾値に達するまでは動かず、その閾値の時点で、ボタンは比較的容易に下方に動き、その後停止する。この時共有される感覚を、ボタンを「クリックする」感覚と定義する。あるいは、表面は、力のプロファイルが変化する（例えば、減少する）或る閾値に到達するまで、抵抗力を増しつつ移動する。ユーザが印加する力は、ユーザが感じる応答力（ただし、反対向きの力）と同様に、ボタン表面に垂直な軸に実質的に沿う。ただし、変形例では、ユーザが印加する力が、ボタン表面と水平になる、すなわち、面内で印加されてもよい。

10

【0012】

別の例では、ユーザがタッチスクリーン上で入力を行うと、スクリーンは、通常、スクリーン上のグラフィックの変化（聴覚的刺激を伴う、または、伴わない）によって、その入力を確認する。タッチスクリーンは、スクリーン上での視覚的刺激（色または形状の変化など）によってグラフィックのフィードバックを提供するタッチパッドは、スクリーン上のカーソルによって視覚的なフィードバックを提供する。上述の刺激はフィードバックを提供するが、指によって作動される入力デバイスの最も直感的かつ効果的なフィードバックは、触覚的な刺激（キーボードのキーの戻り止めまたはマウスホイールの戻り止めなど）である。したがって、タッチスクリーンに触覚フィードバックを組み込むことが好ましい。

20

【0013】

触覚フィードバック機能は、特にデータ入力の観点で、ユーザの生産性および効率を改善することが知られている。ユーザに伝えられる触感の特性および質をさらに改善することで、かかる生産性および効率をさらに向上させることができると、本発明の発明者は考える。製造が容易でコスト効率がよく、周知の感覚フィードバックデバイスの空間、サイズ、および/または、重量の要件を増やさない（好ましくは低減させる）感覚フィードバック機構によって上記の改善を提供すれば、さらに有利である。

30

【0014】

EAPベースのトランスデューサを組み込めば、かかるユーザインターフェースデバイス上での触覚の相互作用を改善できるが、ユーザインターフェースデバイスのプロファイルを増大させることなく、かかるEAPトランスデューサを利用する必要性が残る。

【発明の概要】

【0015】

本発明は、感覚用途のための電気活性トランスデューサを備えるデバイス、システム、および、方法を含む。一変形例では、感覚フィードバックを有するユーザインターフェースデバイスが提供される。本発明の1つの利点は、ソフトウェアによって、もしくは、デバイスまたは関連構成要素によって生成された別の信号によって入力トリガされた時にいつでも、ユーザインターフェースデバイスのユーザに触覚フィードバックを提供することである。

40

【0016】

本明細書に記載の方法およびデバイスは、EAPを用いたトランスデューサシステムの構造および機能を改良しようとするものである。本開示は、様々な用途での利用に向けてカスタマイズされたトランスデューサ構成を記載する。本開示は、さらに、EAPトランスデューサを駆動するための数多くのデバイスおよび方法、ならびに、機械的作動、電力生成、および/または、検知のためのEAPトランスデューサによるデバイスおよびシス

50

テムを提供する。

【0017】

本発明のこれらおよびその他の特徴、課題、および、利点については、当業者にとっては、以下でより完全に説明する本発明の詳細を読めば明らかになる。

【0018】

これらの設計と共に利用可能なEPAMカートリッジは、平面、ダイヤフラム、厚みモード、および、パッシブ結合デバイス（ハイブリッド）を含むが、これらに限定されない。

【0019】

本開示は、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスであって、出力信号に応答する改善触覚効果を有するユーザインターフェースデバイスを含む。一例では、デバイスは、支持面と係合するよう適合されたベースシャーシと、ベースに結合され、ユーザによって操作されるよう構成されたユーザインターフェース面を有するハウジングと、ユーザインターフェース面に隣接し、出力信号に対応付けられている触覚フィードバック力を出力するよう構成された少なくとも1つの電気活性ポリマアクチュエータとを備え、ハウジングは、電気活性ポリマアクチュエータによって生成された触覚フィードバック力を強化するよう構成されている。

10

【0020】

一変形例において、ハウジングは、少なくとも1つのコンプライアントなマウントを用いてベースに結合されており、コンプライアントなマウントは、触覚フィードバック力により、ベースに対してハウジングを変位させる。

20

【0021】

代替的または追加的に、デバイスは、触覚フィードバック力から生じる変位を改善するよう構成されたユーザインターフェース面を備える。例えば、その部分は変位を改善するよう機械的に構成されてよく、例えば、ハウジングの他の部分よりも柔らかい、または、ハウジングの他の部分よりも薄い。

【0022】

別の変形例では、電気活性ポリマアクチュエータの共振は、ハウジングの共振と適合または最適化される。さらに別の変形例では、ユーザインターフェース面は、第1の領域および第2の領域を備えており、第1の領域は触覚フィードバック力によって生成された第1の周波数範囲で共振する。さらに、デバイスの変形例では、上述のユーザインターフェースについて、第2の領域は触覚フィードバック力によって生成された第2の周波数範囲で共振する。第1および第2の範囲は、排他的（すなわち、重複しない）であってもよいし、重複してもよい。

30

【0023】

請求項1に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記ユーザインターフェース面は、前記ハウジングの変位を制限するために、前記ベースシャーシ上に少なくとも1つの機械的停止部を備えるユーザインターフェースデバイス。

【0024】

請求項1に記載のユーザインターフェースデバイスであって、前記少なくとも1つの電気活性ポリマアクチュエータは、前記触覚フィードバック力を生成するための慣性マスを備えるユーザインターフェースデバイス。

40

【0025】

別の変形例において、ユーザインターフェースデバイスは、ユーザインターフェースデバイスの構造に結合された電気活性ポリマアクチュエータを備えてよく、変位時に、電気活性ポリマアクチュエータは、その構造を移動させて慣性力を生成する。この構造は、ユーザインターフェースデバイスの重りすなわちマス、電源、バッテリー、回路基板、キャパシタ、または、任意の他の要素から選択されてよい。

【0026】

デバイスは、さらに、ハウジングとベースシャーシとの間の少なくとも1つのベアリン

50

グを利用することが可能であり、ベアリングは、ハウジングとベースシャーシとの間の摩擦を低減して、ユーザインターフェース面における触覚フィードバック力を強化する。ベアリングは、ガイドレールに配置されてよく、デバイスは、1または複数のガイドレールを備えてよい。デバイスの一変形例では、少なくとも2つのガイドレールが、それぞれ、ユーザインターフェース面の第1および第2の側に沿って配置される。

【0027】

本明細書に記載のユーザインターフェースデバイスは、ボタン、キー、ゲームパッド、ディスプレイスクリーン、タッチスクリーン、コンピュータマウス、キーボード、および、ゲームコントローラを含むが、それらに限定されない。

【0028】

本開示は、さらに、音声信号の特性と一致する触覚効果をユーザインターフェースデバイスにおいて生成する方法を含む。一例では、この方法は、電気活性ポリマアクチュエータが結合されたユーザインターフェース面を用意し、音声信号を受信して、電気活性ポリマの作動が音声信号の特性と一致するように、音声信号の電圧のゼロ交差時に電気活性ポリマアクチュエータに電力を循環させることを備える。変形例は、ゼロ値以外の閾値を含む。さらなる方法は、音声信号の周波数など、音声信号の任意の特性を含みうる。

【0029】

本開示は、さらに、ユーザインターフェースデバイスにおいて音声信号に基づいて認識可能な触覚効果を生成する方法を含む。例えば、この方法は、触覚効果を生み出すよう適合されたアクチュエータを有するデバイスを用意し、複数のデータを含む情報信号を受信し、情報信号内のデータを音声信号に変換し、触覚効果を生み出すために触覚信号をアクチュエータに供給し、触覚信号は情報信号内のデータが触覚効果から認識可能であるように音声信号の特性に基づくことを備える。触覚信号は、音声信号の特性に基づいて触覚周波数で変調されうる。さらに、触覚信号は、音声信号のラウドネスまたは強度エンベロープに基づいて変調されうる。

【0030】

電気活性ポリマトランスデューサを備えるユーザインターフェースデバイスの一変形例において、デバイスは、筐体と、ユーザインターフェース面と、第1の電源と、ユーザインターフェース面に隣接し、導電面を備える少なくとも1つの電気活性ポリマトランスデューサと、を備え、ユーザインターフェース面の一部と導電面は、第1の電源を含む回路を形成し、通常状態では、導電面がユーザインターフェース面の一部から電氣的に絶縁されることで、回路が開かれて、電気活性ポリマトランスデューサが非電力供給状態に保たれ、ユーザインターフェース面は、筐体に柔軟に結合されており、それにより、電気活性ポリマトランスデューサ内にユーザインターフェース面をたわませると回路が閉じられ、電気活性ポリマトランスデューサに供給される信号がユーザインターフェース面において触感を生み出すように電気活性ポリマトランスデューサを活性化する。

【0031】

上述のようなユーザインターフェースデバイスのさらなる変形例は、複数の電気活性ポリマトランスデューサを備え、複数の電気活性ポリマトランスデューサの各々は、ユーザインターフェース面に隣接し、それぞれの導電面を有しており、導電面内に1つのユーザインターフェース面をたわませると、それに対応する電気活性ポリマトランスデューサおよび導電面が閉回路を形成し、残りの電気活性ポリマトランスデューサは、非電力供給状態のままとなる。

【0032】

別の変形例では、ユーザインターフェースデバイスは低圧電源と、スイッチに接続された高圧電源とを備えており、電気活性ポリマトランスデューサおよび導電面をたわませると、スイッチが閉じて、高圧電源が電気活性ポリマアクチュエータを活性化することを可能にする。

【0033】

別の変形例のユーザインターフェースデバイスは、上述のデバイスと同様のデバイスを

10

20

30

40

50

含み、少なくとも1つの電気活性ポリマトランスデューサがユーザインターフェース面に結合されており、電気活性ポリマトランスデューサは、さらに、導電面を備えており、導電面は第1の電源を含む回路を形成し、通常状態では、導電面が回路から電氣的に絶縁されることで回路が開かれて、電気活性ポリマトランスデューサが非電力供給状態に保たれ、電気活性ポリマトランスデューサは筐体に柔軟に結合されており、それにより、ユーザインターフェース面をたわませると、電気活性ポリマトランスデューサのたわみを引き起こして第1の電源の回路と接触させることで、回路を閉じ、電気活性ポリマトランスデューサに供給される信号がユーザインターフェース面において触感を生み出すように電気活性ポリマアクチュエータを活性化する。

【0034】

別の変形例において、ユーザインターフェースデバイスは、複数の電気活性ポリマトランスデューサを備え、複数の電気活性ポリマトランスデューサの各々は、ユーザインターフェース面に隣接し、それぞれの導電面を有しており、導電面内に1つのユーザインターフェース面をたわませると、それに対応する電気活性ポリマトランスデューサおよび導電面が閉回路を形成し、残りの電気活性ポリマトランスデューサは、非電力供給状態のままとなる。

【0035】

また、以下の開示は、双安定スイッチ効果を模倣する触覚効果をユーザインターフェースデバイスにおいて生み出す方法を含む。一例では、この方法は、少なくとも1つの電気活性ポリマ薄膜を含む電気活性ポリマトランスデューサが結合されたユーザインターフェース面を準備する工程と、電気活性ポリマ薄膜も変位させてユーザインターフェース面に対して電気活性ポリマ薄膜が印加する抵抗力を増大させるような変位量だけ、ユーザインターフェース面を変位させる工程と、電気活性ポリマ薄膜の変位中に電気活性ポリマトランスデューサの活性化を遅延させる工程と、変位量を減少させることなく抵抗力を変化させて、双安定スイッチ効果を模倣する触覚効果を生み出すように、電気活性ポリマトランスデューサを活性化する工程と、を備える。電気活性ポリマの遅延活性化は、所定の期間後に起こりうる。あるいは、電気活性ポリマの活性化の遅延は、電気活性ポリマ薄膜の所定の変位後に起きる。

【0036】

以下の開示における別の変形例の方法は、ユーザインターフェースデバイスにおいて所定の触覚効果を生み出すことを含む。その方法は、少なくとも1つの所定の触覚波形信号を生成するよう構成された波形回路を準備する工程と、信号がトリガ値に等しい時に波形回路が触覚波形信号を生成するように信号を波形回路までルーティングする工程と、電気活性ポリマトランスデューサに接続された電源が、電気活性ポリマトランスデューサを駆動して、触覚波形信号によって制御された複雑な触覚効果を生み出すように、触覚波形信号を電源に供給する工程と、を備える。

【0037】

本開示は、さらに、電気活性ポリマトランスデューサを作動させてユーザインターフェース面で触覚フィードバック感覚を提供する入力信号を駆動回路から電気活性ポリマトランスデューサに送信する工程と、所望の触覚フィードバック感覚の後にユーザインターフェース面の機械的変位を低減するために抑制信号を送信する工程とにより、ユーザインターフェース面を有するユーザインターフェースデバイスにおいて触覚フィードバック感覚を生み出す方法を含む。かかる方法は、双安定キークリック効果を含む触覚効果感覚を生み出すために利用されうる。

【0038】

本明細書に開示のさらに別の方法は、第1の相および第2の相を有する電気活性ポリマトランスデューサをユーザインターフェースデバイスに提供する工程であって、電気活性ポリマトランスデューサは、第1の相に共通の第1のリード線と、第2の相に共通の第2のリード線と、第1および第2の相に共通の第3のリード線とを備える、工程と、第1のリード線を高電圧に維持しつつ、第2のリード線を接地に維持する工程と、接地から高電

10

20

30

40

50

圧まで変化するように第3のリード線を駆動して、第1または第2の相が、それぞれの他方の相の不活性化時に活性化することを可能にする工程とにより、ユーザインターフェースデバイスにおいて触覚フィードバックを生み出す方法を含む。

【0039】

本発明は、任意のタイプのユーザインターフェースデバイスにおいて利用可能であり、かかるデバイスは、タッチパッド、コンピュータ用のタッチスクリーンまたはキーパッドまたは同様のもの、電話、PDA、ビデオゲーム機、GPSシステム、キオスク用途などを含むが、これらに限定されない。

【0040】

本発明の他の詳細について、関連技術の当業者の技術水準の範囲で、材料および別の関連する構成が利用されてもよい。一般にまたは論理的に用いられるさらなる動作に関して、本発明の方法の態様にも、同じことが当てはまりうる。さらに、本発明は、いくつかの例（随意的に様々な特徴を含む）を参照しつつ説明されているが、本発明は、本発明の各変形例に関して予期されるように、記載または示唆されたものに限定されない。記載された発明に様々な変更を加えてよく、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく、等価物（本明細書に記載のもの、または、簡単のために記載されていないもの）に置き換えてよい。図に示した個々の部品またはサブアセンブリは、任意の数だけ設計に組み込まれてよい。かかる変更などは、アセンブリの設計の原則によって実行または指導されてよい。

【0041】

本発明のこれらおよびその他の特徴、課題、および、利点については、当業者にとっては、以下でより十分に説明する本発明の詳細を読めば明らかになる。

【図面の簡単な説明】

【0042】

【図1A】ディスプレイスクリーンまたはセンサおよびデバイス本体にEAPトランスデューサを結合すれば、触覚フィードバックを利用できるユーザインターフェースの例を示す図。

【図1B】ディスプレイスクリーンまたはセンサおよびデバイス本体にEAPトランスデューサを結合すれば、触覚フィードバックを利用できるユーザインターフェースの例を示す図。

【図2A】ユーザの入力に対して触覚フィードバックで反応する表面を有するディスプレイスクリーンを備えたユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図2B】ユーザの入力に対して触覚フィードバックで反応する表面を有するディスプレイスクリーンを備えたユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図3A】アクティブガスケット内に形成された活性EAPを備えた柔軟膜によって覆われたディスプレイスクリーンを有するユーザインターフェースデバイスの別の変形例を示す断面図。

【図3B】アクティブガスケット内に形成された活性EAPを備えた柔軟膜によって覆われたディスプレイスクリーンを有する別の変形例のユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図4】ディスプレイスクリーンの縁部の周囲に位置するバネ付勢されたEAP膜を有するさらなる変形例のユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図5】ディスプレイスクリーンが複数のコンプライアントなガスケットを用いてフレームに結合され、ディスプレイのための駆動力は複数のEAPアクチュエータダイヤフラムであるユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図6A】ディスプレイに結合された波形のEAP膜または薄膜を有するユーザインターフェース230を示す断面図。

【図6B】ディスプレイに結合された波形のEAP膜または薄膜を有するユーザインターフェース230を示す断面図。

【図7A】本発明の一実施形態に従って、電圧印加前のトランスデューサを示す上面斜視

図。

【図 7 B】本発明の一実施形態に従って、電圧印加後のトランスデューサを示す上面斜視図。

【図 8 A】ユーザインターフェースデバイスで利用する感覚フィードバックデバイスの分解上面斜視図。

【図 8 B】ユーザインターフェースデバイスで利用する感覚フィードバックデバイスの分解底面斜視図。

【図 9 A】本発明の組立済み電気活性ポリマアクチュエータを示す上面図。

【図 9 B】図 8 A のアクチュエータの薄膜部分を示す上面図であって、特にアクチュエータの二相構成を示す図。

【図 9 C】図 8 A のアクチュエータの薄膜部分を示す底面図であって、特にアクチュエータの二相構成を示す図。

【図 9 D】デバイスのフレームから離間されたディスプレイスクリーンの表面にわたって配置するための電気活性ポリマトランスデューサの配列の一例を示す図。

【図 9 E】デバイスのフレームから離間されたディスプレイスクリーンの表面にわたって配置するための電気活性ポリマトランスデューサの配列の一例を示す図。

【図 9 F】本明細書で開示したようなユーザインターフェースデバイスで用いるためのアクチュエータの配列を示す分解図。

【図 9 G】本明細書で開示したようなユーザインターフェースデバイスで用いるためのアクチュエータの配列を示す組立図。

【図 10】デバイスの接触面に有効に接触するヒトの指と共にユーザインターフェースデバイスを示す側面図。

【図 11 A】単相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータに関する力とストロークとの関係を示すグラフ。

【図 11 B】単相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータの電圧応答曲線を示すグラフ。

【図 11 C】二相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータに関する力とストロークとの関係を示すグラフ。

【図 11 D】二相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータの電圧応答曲線を示すグラフ。

【図 12 A】別の変形例の二相トランスデューサを示す図。

【図 12 B】別の変形例の二相トランスデューサを示す図。

【図 12 C】別の変形例の二相トランスデューサを示す図。

【図 12 D】図 12 A ~ 図 12 C の二相トランスデューサの変位対時間のグラフ。

【図 13】感覚フィードバックデバイスを作動させるための電源および制御電子回路を備える電子回路のブロック図。

【図 14 A】ユーザ入力デバイスに結合された平面配列の E A P アクチュエータの一例を示す部分断面図。

【図 14 B】ユーザ入力デバイスに結合された平面配列の E A P アクチュエータの一例を示す部分断面図。

【図 15 A】トランスデューサが活性化された時に作業出力を提供するためにポリマ表面形状を利用するアクチュエータとして用いられる表面変形 E A P トランスデューサを示す概略図。

【図 15 B】トランスデューサが活性化された時に作業出力を提供するためにポリマ表面形状を利用するアクチュエータとして用いられる表面変形 E A P トランスデューサを示す概略図。

【図 16 A】本発明のアクチュエータの構成例を示す断面図。

【図 16 B】本発明のアクチュエータの構成例を示す断面図。

【図 17 A】プリント回路基板 (P C B) またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

10

20

30

40

50

【図 17B】プリント回路基板（PCB）またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 17C】プリント回路基板（PCB）またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 17D】プリント回路基板（PCB）またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18A】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18B】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18C】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18D】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 19】穿孔タイプの電気接点を有する本発明のトランスデューサを示す断面図。

【図 20A】ボタン型アクチュエータで用いる厚みモードトランスデューサを示す上面図。

【図 20B】ボタン型アクチュエータで用いる電極パターンを示す上面図。

【図 21】図 6A および図 6B のボタン型アクチュエータの配列を利用したキーパッドを示す上面切断図。

【図 22】ヒトの手の形態の新規のアクチュエータで用いる厚みモードトランスデューサを示す上面図。

【図 23】連続ストリップ構成の厚みモードトランスデューサを示す上面図。

【図 24】ガスケット型アクチュエータで用いる厚みモードトランスデューサを示す上面図。

【図 25A】様々なタイプのガスケット型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 25B】様々なタイプのガスケット型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 25C】様々なタイプのガスケット型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 25D】様々なタイプのガスケット型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 26A】トランスデューサの活性および不活性領域の相対位置が上述の実施形態と逆になった本発明の厚みモードトランスデューサの別の実施形態を示す断面図。

【図 26B】トランスデューサの活性および不活性領域の相対位置が上述の実施形態と逆になった本発明の厚みモードトランスデューサの別の実施形態を示す断面図。

【図 27A】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 27B】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 27C】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 27D】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 28A】電気活性ポリマアクチュエータに最適な触覚周波数の範囲で機能するように音声信号を調整するための回路の一例を示す図。

【図 28B】図 28A の回路によってフィルタリングされた変調触覚信号の一例を示す図。

【図 28C】単相および二相の電気活性トランスデューサのための信号を生成するさらなる回路を示す図。

【図 28D】単相および二相の電気活性トランスデューサのための信号を生成するさらなる回路を示す図。

【図 28E】デバイス本体内に収容され慣性マスに結合された 1 または複数の電気活性ポ

10

20

30

40

50

リマアクチュエータを有するデバイスの一例を示す図。

【図 2 8 F】デバイス本体内に収容され慣性マスに結合された 1 または複数の電気活性ポリマアクチュエータを有するデバイスの一例を示す図。

【図 2 9 A】トランスデューサの一部および / またはユーザインターフェース面がスイッチを閉じてトランスデューサに電力を供給するユーザインターフェースデバイスで用いられた場合の電気活性ポリマトランスデューサの一例を示す図。

【図 2 9 B】トランスデューサの一部および / またはユーザインターフェース面がスイッチを閉じてトランスデューサに電力を供給するユーザインターフェースデバイスで用いられた場合の電気活性ポリマトランスデューサの一例を示す図。

【図 2 9 C】トランスデューサの一部および / またはユーザインターフェース面がスイッチを閉じてトランスデューサに電力を供給するユーザインターフェースデバイスで用いられた場合の電気活性ポリマトランスデューサの一例を示す図。

【図 3 0 A】トランスデューサへの電力供給のための 2 つのスイッチを形成するよう構成された電気活性ポリマトランスデューサの別の例を示す図。

【図 3 0 B】トランスデューサへの電力供給のための 2 つのスイッチを形成するよう構成された電気活性ポリマトランスデューサの別の例を示す図。

【図 3 1 A】機械スイッチ効果を模倣する触覚効果を生み出すための電気活性ポリマトランスデューサの活性化遅延を示す際のグラフ。

【図 3 1 B】機械スイッチ効果を模倣する触覚効果を生み出すための電気活性ポリマトランスデューサの活性化遅延を示すグラフ。

【図 3 2】トリガ信号（音声信号など）を用いて所望の触覚効果を生み出す格納波形を供給することで電気活性ポリマトランスデューサを駆動するための回路の一例を示す図。

【図 3 3 A】単一の駆動回路で二相の活性化を提供することによって電気活性ポリマトランスデューサを駆動するための別の変形例を示す図。

【図 3 3 B】単一の駆動回路で二相の活性化を提供することによって電気活性ポリマトランスデューサを駆動するための別の変形例を示す図。

【図 3 4 A】図 3 4 B の信号によってトリガされた触覚効果の後の残留運動を示す変位曲線の一例を示す図。

【図 3 4 C】図 3 4 D に示す触覚効果および抑制信号により、電子的な抑制技術を用いて残留運動を低減した場合の変位曲線の一例を示す図。

【図 3 5】電気活性ポリマトランスデューサに電力供給するためのエネルギー生成回路の一例を示す図。

【図 3 6 A】ゼロ交差構成を用いて音声信号から触覚信号を駆動する一例を示す図。

【図 3 6 B】ゼロ交差構成を用いて音声信号から触覚信号を駆動する一例を示す図。

【図 3 6 C】情報信号内のデータが触覚効果から認識可能であるように、情報信号に基づいて触覚信号を駆動する一例を示す図。

【図 3 7 A】出力信号に応答する改善触覚効果を有する、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスの一例を示す図。

【図 3 7 B】出力信号に応答する改善触覚効果を有する、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスの一例を示す図。

【図 3 7 C】出力信号に応答する改善触覚効果を有する、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスの一例を示す図。

【図 3 8 A】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図 3 8 B】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図 3 8 C】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図 3 8 D】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

10

20

30

40

50

【図 3 8 E】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0043】

以下、添付の図面を参照しつつ、本発明のデバイス、システム、および、方法について詳細に説明する。

【0044】

上述のように、ユーザインターフェースを必要とするデバイスは、デバイスのユーザスクリーン上で触覚フィードバックを利用することによって改良できる。図 1 A および図 1 B は、かかるデバイス 190 の簡単な例を示す。各デバイスは、ユーザがデータを入力または閲覧するためのディスプレイスクリーン 232 を備える。ディスプレイスクリーンは、デバイスの本体またはフレーム 234 に結合される。携帯型（例えば、携帯電話、コンピュータ、製造機器等）であるか、もしくは、他の非携帯型の構造（例えば、情報表示パネルのスクリーン、現金自動預払機のスクリーンなど）に固定されているかにかかわらず、明らかに、任意の数のデバイスが本開示の範囲内に含まれる。本開示において、ディスプレイスクリーンは、ユーザ入力または相互作用が、モニタ上、または、実際のタッチパッド（例えば、ラップトップコンピュータのタッチパッド）から離れた位置で行われるタッチパッド型のデバイスも含みうる。

10

【0045】

多くの設計検討事項にとって、特にディスプレイスクリーン 232 の触覚フィードバックが求められる場合には、トランスデューサの製造のために、高度な誘電エラストマ材料（「電気活性ポリマ」（EAP）とも呼ぶ）を選択し、利用すると有利である。これらの検討事項は、ポテンシャル力、電力密度、電力変換 / 消費、サイズ、重量、コスト、応答時間、デューティサイクル、サービス要件、環境要素などを含む。したがって、多くの用途において、EAP 技術は、圧電性の形状記憶合金（SMA）および電磁装置（モータ、ソレノイドなど）の理想的な代替物を提供する。

20

【0046】

EAP トランスデューサは、弾性特性を有すると共に、薄いエラストマ誘電材料によって隔てられた 2 つの薄膜電極を備える。いくつかの変形例では、EAP トランスデューサは、非弾性の誘電材料を含んでよい。いずれの場合でも、それらの電極に電圧差を印加すると、逆帯電した電極が互いに引きつけ合うことによって、それらの間のポリマ誘電体層を圧縮する。電極が互いに近づくように引っ張られるにつれ、誘電体ポリマ薄膜は、平面方向に伸張する（ x 軸および y 軸成分が伸張する）ため薄くなる（ z 軸成分が収縮する）。

30

【0047】

図 2 A ~ 図 2 B は、ディスプレイスクリーン上の情報、制御、または、刺激にตอบสนองしてユーザが物理的に触れる表面を有するディスプレイスクリーン 232 を備えたユーザインターフェースデバイス 230 の一部分を示す。ディスプレイスクリーン 234 は、液晶ディスプレイ（LCD）、有機発光ダイオード（OLED）など、任意の種類タッチパッドまたはスクリーンパネルであってよい。さらに、インターフェースデバイス 230 の変形例は、画像がスクリーン上に投影される「ダミー」スクリーン（例えば、プロジェクタまたはグラフィックカバーリング（*graphical covering*））のようなディスプレイスクリーン 232 を含む。スクリーンは、従来のモニタ、または、一般的なサインまたは表示などの固定情報を有するスクリーンも含みうる。

40

【0048】

いずれの場合でも、ディスプレイスクリーン 232 は、フレーム 234（もしくは、筐体、もしくは、直接接続または 1 以上の接地素子を介してデバイスにスクリーンを機械的に結合する任意の他の構造）と、スクリーン 232 をフレームまたは筐体 234 に結合する電気活性ポリマ（EAP）トランスデューサ 236 と、を含む。本明細書に記載されるように、EAP トランスデューサは、スクリーン 232 の縁部に沿って配置されてよく、

50

また、EAPトランスデューサのレイは、フレームまたは筐体234から離間したスクリーン232の部分に接触するように配置されてよい。

【0049】

図2Aおよび図2Bは、封入されたEAPトランスデューサ236がアクティブガasketを形成する基本的なユーザインターフェースデバイスを示す。タッチスクリーン232とフレーム234との間に、任意の数のアクティブガasketEAP236が結合されてよい。通例、所望の触感をもたらすために、十分なアクティブガasketEAP236が設けられる。ただし、その数は、しばしば、特定の用途に応じて変化する。デバイスの変形例において、タッチスクリーン232は、ディスプレイスクリーンまたはセンサプレート of the いずれかを備えうる（ここで、ディスプレイスクリーンはセンサプレートの裏側になる）。

10

【0050】

これらの図は、タッチスクリーン232を活性（アクティブな）状態と不活性（パッシブな）状態との間で循環させるユーザインターフェースデバイス230を示している。図2Aは、タッチスクリーン232が不活性状態の時のユーザインターフェースデバイス230を示している。かかる状態では、電場はEAPトランスデューサ236に印加されず、トランスデューサを休止状態にすることができる。図2Bは、ユーザ入力EAPトランスデューサ236をトリガして活性状態にした後のユーザインターフェースデバイス230を示しており、活性状態では、トランスデューサ236は、ディスプレイスクリーン232を矢印238で示す方向に移動させる。あるいは、1または複数のEAPトランスデューサ236の変位が異なることにより、ディスプレイスクリーン232の方向を変化させることもできる（例えば、ディスプレイスクリーン232全体が一様に移動するのではなく、スクリーン232の或る領域が別の領域よりも大きく移動しうる）。明らかに、ユーザインターフェースデバイス230に接続された制御システムは、複数のEAP236を望ましい頻度で循環させるよう、および/または、EAP236のたわみ量を変えるよう構成されてよい。

20

【0051】

図3Aおよび図3Bは、ディスプレイスクリーン232を保護するよう機能する柔軟性膜240で覆われたディスプレイスクリーン232を有する別の変形例のユーザインターフェースデバイス230を示す。この場合にも、デバイスは、ディスプレイスクリーン232をベースまたはフレーム234に結合する複数のアクティブガasketEAP236を備えうる。ユーザ入力に 응답して、デバイス230が活性状態になるように電場EAP236に印加されて変位を引き起こすと、スクリーン232は膜240と共に変位する。

30

【0052】

図4は、ディスプレイスクリーン232の縁部の周囲に位置するバネ付勢されたEAP膜244を有するさらなる変形例のユーザインターフェースデバイス230を示す。EAP膜244は、スクリーンの周囲に配置されてもよいし、スクリーンが触覚フィードバックをユーザにもたらしうることを可能にする位置にのみ配置されてもよい。この変形例において、パッシブなコンプライアントガasketまたはバネ244は、スクリーン232に対して力を供給することにより、EAP膜242を引張状態にする。（再び、ユーザ入力によって生成された信号に 응답して）電場242を膜に印加すると、EAP膜242が弛緩してスクリーン232の変位を引き起こす。矢印246によって示されるように、ユーザ入力デバイス230は、ガasket244によって提供されるバイアスに対して任意の方向にスクリーン232の移動を生じるように構成されうる。さらに、一部のEAP膜242を作動させれば、スクリーン232の非一様な移動が引き起こされる。

40

【0053】

図5は、さらに別の変形例のユーザインターフェースデバイス230を示す。この実施例では、ディスプレイスクリーン232は、複数のコンプライアント（柔軟）なガasket244を用いてフレーム234に結合されており、ディスプレイ232の駆動力は、複

50

数の E A P アクチュエータダイヤフラム 2 4 8 である。E A P アクチュエータダイヤフラム 2 4 8 はバネ付勢されており、電場の印加時に、ディスプレイスクリーンを駆動することができる。図に示すように、E A P アクチュエータダイヤフラム 2 4 8 は、バネの両側に対向する E A P 膜を有する。かかる構成において、E A P アクチュエータダイヤフラム 2 4 8 の両側を作動させると、アセンブリは中立点に固定される。E A P アクチュエータダイヤフラム 2 4 8 は、ヒトの腕の動きを制御する、対向する二頭筋および三頭筋のように機能する。図示されていないが、米国特許出願第 1 1 / 0 8 5 , 7 9 8 号および第 1 1 / 0 8 5 , 8 0 4 号に記載されているように、アクチュエータダイヤフラム 2 4 8 を積層することにより、二相の出力動作を提供すること、および / または、よりロバスタな用途で使用するために出力を増幅することができる。

10

【 0 0 5 4 】

図 6 A および図 6 B は、E A P 薄膜 2 4 2 の波形または折り目を形成するために、ディスプレイ 2 3 2 とフレーム 2 3 4 との間で複数の点または接地要素 2 5 2 に結合された E A P 膜または薄膜 2 4 2 を有する別の変形例のユーザインターフェース 2 3 0 を示す。図 6 B に示すように、E A P 薄膜 2 4 2 に電場を印加すると、波形の方向に変位が起こり、フレーム 2 3 4 に対してディスプレイスクリーン 2 3 2 がたわむ。ユーザインターフェース 2 3 2 は、ディスプレイ 2 3 2 とフレーム 2 3 4 との間に結合された付勢バネ 2 5 0、および / または、ディスプレイスクリーン 2 3 2 の一部（または全部）を覆う柔軟な保護膜 2 4 0 を随意的に備えうる。

【 0 0 5 5 】

20

上述の図面は、E A P 薄膜またはトランスデューサを用いた触覚フィードバックデバイスの代表的な構成を概略的に示していることに注意されたい。多くの変形例が本開示の範囲内に含まれ、例えば、デバイスの変形例において、スクリーンまたはパッドアセンブリ全体ではなく、センサプレートまたは素子（例えば、ユーザ入力でトリガされ、E A P トランスデューサに信号を供給するもの）のみを移動させるように、E A P トランスデューサを実装することもできる。

【 0 0 5 6 】

任意の用途において、E A P 部材によるディスプレイスクリーンまたはセンサプレートのフィードバック変位は、横移動として感知される面内変位のみであってもよいし、（垂直変位として感知される）面外変位であってもよい。あるいは、プレート素子の角変位または他の種類の変位の組み合わせを提供するように、独立的に対応可能 / 移動可能な部分を提供するために、E A P トランスデューサ材料を分割してもよい。さらに、任意の数の E A P トランスデューサまたは薄膜（上記の出願および特許で開示されているようなもの）が、本明細書に記載のユーザインターフェースデバイスに組み込まれてよい。

30

【 0 0 5 7 】

本明細書に記載のデバイスの変形例は、デバイスのセンサプレート（または、ディスプレイスクリーン）全体が触覚フィードバック素子として機能することを可能にする。これにより、非常に多様な用途が実現される。例えば、スクリーンは、仮想キーストロークに応答して一回反発してもよいし、スクリーン上のスライドバーなどのスクロール素子に応答して連続的に反発し、スクロールホイールの機械的な戻り止めを効果的にシミュレートしてもよい。制御システムを用いれば、スクリーン上のユーザの指の正確な位置を読み取り、それに応じてスクリーンパネルを移動させて 3 D 構造をシミュレートすることによって、三次元の外形を合成することができる。十分なスクリーン変位と十分なスクリーンの重量があるとすると、スクリーンの振動を繰り返せば、携帯電話のバイブレーション機能の代わりにもなりうる。かかる機能は、テキストのブラウズに適用されてもよく、テキストの 1 行を（垂直に）スクロールすることを触覚「バンプ」によって表現し、戻り止めをシミュレートする。ビデオゲームの分野において、本発明は、従来技術のビデオゲームシステムで利用されている振動モータよりも高い双方向性および繊細な運動制御を提供する。タッチパッドの場合には、物理的刺激を提供することによって、特に視覚障害者に対して、ユーザの双方向性およびアクセス可能性を向上させることができる。

40

50

【0058】

EAPトランスデューサは、印加電圧に比例して変位するように構成されてよく、そうすれば、本願の触覚フィードバックデバイスと共に用いられる制御システムのプログラミングが容易になる。例えば、ソフトウェアアルゴリズムは、画素グレースケールをEAPトランスデューサの変位に変換してよく、それによって、スクリーンカーソル先端の下にある画素のグレースケール値が連続的に測定され、EAPトランスデューサによる比例的な変位に変換される。タッチパッド上で指を移動させることによって、粗い3Dテクスチャを感じる、すなわち、感知することができる。同様のアルゴリズムがウェブページに適用されてもよく、例えば、アイコン上で指を移動させると、アイコンの境界が、ページのテクスチャにおけるパンプとして、または、プザーボタンとしてフィードバックされる。通常の利用者に対しては、ネットサーフィン中に全く新しい感覚の経験を提供することになり、視覚障害者に対しては、不可欠なフィードバックを加えることになる。

10

【0059】

EAPトランスデューサは、多くの理由から、かかる用途に理想的である。例えば、軽量で構成要素が最小限であるため、EAPトランスデューサは、非常に薄型のプロファイルを提供し、したがって、感覚/触覚フィードバック用途での利用に理想的である。

【0060】

図7Aおよび図7Bは、EAP薄膜または膜10の構造の一例を示す。コンプライアントすなわち伸縮可能な電極板または層14と16との間に、薄いエラストマ誘電体薄膜または層12を挟むことにより、容量性の構造または薄膜を形成する。誘電体層の長さ「 l 」および幅「 w 」は、複合構造と同様、厚さ「 t 」よりもはるかに大きい。通例、誘電体層は、約 $10\mu\text{m}$ ~約 $100\mu\text{m}$ の範囲の厚さを有しており、構造全体の厚さは、約 $15\mu\text{m}$ ~約 10cm の範囲である。さらに、電極がアクチュエータに寄与する追加の剛性が誘電体層12の剛性よりも一般に小さくなるように、電極14、16の弾性率、厚さ、および/または、微小形状を選択することが望ましく、誘電体層12は、比較的低い弾性率、すなわち、約 100MPa 未満およびより典型的には約 10MPa 未満の弾性率を有するが、電極の各々よりも厚い可能性がある。これらのコンプライアントな容量性構造での利用に適した電極は、機械的疲労による障害なしに、約1%を超える繰り返し歪みに耐える電極である。

20

【0061】

図7Bからわかるように、電圧が両電極に印加されると、2つの電極14、16の異なる電荷が互いに引きつけられ、これらの静電引力が、誘電体薄膜12を(Z軸に沿って)圧縮する。それにより、誘電体薄膜12は、電場の変化に伴って歪められる。電極14、16はコンプライアントであるため、誘電体層12と共に形状を変える。一般に、歪みとは、誘電体薄膜12の一部の任意の変位、拡張、収縮、ねじれ、線形歪みまたは面歪み、もしくは、任意の他の変形を指す。容量性構造10(集合的に「トランスデューサ」と呼ばれる)が用いられているアーキテクチャ(例えば、フレーム)によっては、機械的作用をもたらすために、この歪みを利用できる。上記の特許参照文献において、様々な異なるトランスデューサアーキテクチャが開示および説明されている。

30

【0062】

電圧が印加されると、トランスデューサ薄膜10は、歪みを駆動する静電力と機械力が釣り合うまで、歪み続ける。機械力は、誘電体層12の弾性復元力、電極14、16のコンプライアンスまたは伸縮力、ならびに、トランスデューサ10に結合されたデバイスおよび/または負荷によって提供される任意の外部抵抗を含む。印加電圧の結果として生じるトランスデューサ10の歪みは、弾性材料の誘電率、サイズ、および、剛性など、複数の他の因子にも依存しうる。電圧差および誘導電荷を取り除けば、逆の効果が得られる。

40

【0063】

いくつかの例において、電極14および16は、薄膜の総面積に比べて限られた誘電体薄膜12の部分を被覆してもよい。これは、誘電体の縁部の周囲の電気絶縁破壊を防止するため、または、誘電体の特定の部分において歪みをカスタマイズするために行われてよ

50

い。活性領域外の誘電材料（活性領域とは、歪むのに十分な静電力を有する誘電材料の部分である）は、歪んでいる間に活性領域への外部バネ力として作用しうる。より具体的には、活性領域外の材料は、収縮または拡張によって、活性領域の歪みに抵抗しうるか、または、歪みを強化しうる。

【 0 0 6 4 】

誘電体薄膜 1 2 は、予歪みを与えられてもよい。予歪みは、電気エネルギーと機械エネルギーとの間の変換を改善する、すなわち、誘電体薄膜 1 2 が、より大きく歪み、より大きい機械的作用を提供することを可能にする。薄膜の予歪みは、予歪みを与える前の或る方向の寸法に対する、予歪みを与えた後のその方向の寸法の変化として説明されうる。予歪みは、誘電体薄膜の弾性変形を含み、例えば、薄膜を引っ張り伸張させて、伸張中に縁部の内の 1 または複数を固定することによって形成されうる。予歪みは、薄膜の境界または薄膜の一部のみに付与されてもよく、剛性フレームを用いるか、または、薄膜の一部を硬化させることによって実現されてよい。

10

【 0 0 6 5 】

図 7 A および図 7 B のトランスデューサ構造、および、その他の同様のコンプライアントな構造、ならびに、それらの構成の詳細については、本明細書に開示された参照特許および公報の多くでさらに十分に説明されている。

【 0 0 6 6 】

上述の E A P 薄膜に加えて、感覚または触覚フィードバックユーザインターフェースデバイスは、横移動を生じるように設計された E A P トランスデューサを備えてもよい。例えば、図 8 A および図 8 B の最上部から最下部までに示した様々な構成要素は、（上述のように）電気エネルギーを機械エネルギーに変換する弾性薄膜の形態の電気活性ポリマ（E A P）トランスデューサ 1 0 を有するアクチュエータ 3 0 を含む。結果として生じる機械エネルギーは、出力部材（ここではディスク 2 8 の形態）の物理的な「変位」の形態である。

20

【 0 0 6 7 】

図 9 A ~ 図 9 C によると、E A P トランスデューサ薄膜 1 0 は、薄い弾性電極の 2 つの作用対 3 2 a、3 2 b および 3 4 a、3 4 b を含み、各作用対は、エラストマ誘電体ポリマ 2 6（例えば、アクリレート、シリコン、ウレタン、熱可塑性エラストマ、炭化水素ゴム、フルオロエラストマなどで形成される）の薄層によって分離されている。電圧差が各作用対の逆帯電した電極にわたって（すなわち、電極 3 2 a および 3 2 b にわたって、電極 3 4 a および 3 4 b にわたって）印加されると、対向する電極が互いに引きつけ合うことによって、それらの間の誘電体ポリマ層 2 6 を圧縮する。電極が互いに近づくように引っ張られるにつれ、誘電体ポリマ 2 6 は、平面方向に伸張する（すなわち、x 軸および y 軸成分が伸張する）ため薄くなる（すなわち、z 軸成分が収縮する）（軸の基準については、図 9 B および図 9 C を参照）。さらに、各電極にわたって分布する同じ電荷は、その電極内に埋め込まれた導電性粒子を互いに反発させ、それによって、弾性電極および誘電体薄膜の伸張に寄与する。それにより、誘電体層 2 6 は、電場の変化に伴って歪められる。電極材料もコンプライアントであるため、電極層は、誘電体層 2 6 と共に形状を変化させる。一般に、歪みとは、誘電体層 2 6 の一部の任意の変位、拡張、収縮、ねじれ、直線形歪みまたは面歪み、もしくは、任意の他の変形を指す。この歪みは、機械的作用を生み出すために利用されうる。

30

40

【 0 0 6 8 】

トランスデューサ 2 0 の製造において、弾性薄膜は伸張され、2 以上の対向する剛性フレームの辺 8 a、8 b によって予歪み状態に保持される。4 辺フレームを用いるこれらの変形例では、薄膜は、2 軸方向に伸張される。予歪みが、ポリマ層 2 6 の絶縁耐力を向上させることによって電気エネルギーと機械エネルギーとの間の変換を向上させること、すなわち、予歪みが薄膜をより大きく歪ませ、より大きい機械作用を提供することが観察されている。通例、電極材料は、ポリマ層に予歪みを与えた後に貼り付けられるが、予歪みを与える前に貼り付けられてもよい。層 2 6 の同一側に提供された 2 つの電極、すなわち、誘電体層 2 6 の上面側 2 6 a の電極 3 2 a および 3 4 a（図 9 B 参照）、誘電層 2 6 の底面

50

側 2 6 b の電極 3 2 b および 3 4 b (図 9 C を参照) は、本明細書では同側電極対と称され、不活性領域またはギャップ 2 5 によって互いから電氣的に絶縁される。ポリマ層の両側で対向する電極は、2 組の作用電極対を形成している。すなわち、電極 3 2 a および 3 2 b が 1 つの作用電極対を形成し、電極 3 4 a および 3 4 b が別の作用電極対を形成する。同側電極対の各々は、同一の極性を有することが好ましいが、各作用電極対の電極の極性は、互いに逆である。すなわち、電極 3 2 a および 3 2 b は逆に帯電され、電極 3 4 a および 3 4 b も逆に帯電される。各電極は、電圧源 (図示せず) への電氣的な接続のために構成された電気接触部分 3 5 を有する。

【 0 0 6 9 】

図の実施形態において、電極の各々は、半円形構成を有し、同側電極対は、中央に配置された剛性の出力ディスク 2 0 a、2 0 b を誘電体層 2 6 の各側に收容するために、実質的に円形のパターンを規定する。ディスク 2 0 a、2 0 b (機能については後述する) は、ポリマ層 2 6 の外面 2 6 a、2 6 b における中央で露出された部分に固定されることにより、間に層 2 6 を挟む。ディスクと薄膜との間の結合は、機械的な結合であってもよいし、接着剤によって実現されてもよい。一般に、ディスク 2 0 a、2 0 b は、トランスデューサフレーム 2 2 a、2 2 b に対してサイズを構成される。より具体的には、フレームの内径に対するディスク直径の比は、トランスデューサ薄膜 1 0 に掛かる応力を十分に分布させるような比となる。フレーム直径に対するディスク直径の比が大きいほど、フィードバック信号または移動の力は大きくなるが、ディスクの直線変位は小さい。逆に、比が小さいほど、出力される力は小さくなり、直線変位は大きくなる。

【 0 0 7 0 】

電極構成に応じて、トランスデューサ 1 0 は、単相または二相モードのいずれかで機能することができる。構成されている通り、上述の本発明の感覚フィードバックデバイスの出力構成要素 (すなわち、2 つの結合されたディスク 2 0 a および 2 0 b) の機械的変位は、垂直方向ではなく横方向である。換言すると、感覚フィードバック信号は、ユーザーインターフェースのディスプレイ表面 2 3 2 に垂直で、ユーザの指 3 8 によって印加される入力力 (図 1 0 に矢印 6 0 a で示されている) に平行な方向 (ただし、反対向きすなわち上向き) の力ではなく、本発明の感覚 / 触覚フィードバックデバイスで感知されるフィードバックすなわち出力される力 (図 1 0 に両矢印で示されている) は、ディスプレイ表面 2 3 2 に平行で入力力 6 0 a に垂直な方向である。トランスデューサ 1 0 の平面に垂直な軸の周りに、トランスデューサが作動されるディスプレイ表面 2 3 2 のモードの位置 (すなわち、単相または二相) に対して設けられた電極対の回転配列によっては、この横方向移動は、任意の方向、すなわち 3 6 0 ° 範囲の方向の移動でありうる。例えば、横方向フィードバック移動は、ユーザの指 (または、手のひら、グリップなど) の前進方向に対して左右方向または上下方向でありうる (いずれも二相作動である) 。当業者は、触覚フィードバックデバイスの接触表面に水平または垂直なフィードバック変位を提供するいくつかの他のアクチュエータ構成を認めるが、そのように構成されたデバイスの全体外形は、上述の設計よりも大きいものになりうる。

【 0 0 7 1 】

図 9 D ~ 図 9 G は、デバイスのディスプレイスクリーンにわたって配置できる電気活性ポリマの配列の一例を示す。この例では、本発明の触覚フィードバックデバイスで用いられる E A P アクチュエータの配列に利用する E A P 薄膜配列 2 0 0 (図 9 F 参照) の電圧側 2 0 0 a および接地側 2 0 0 b が、それぞれ示されている。薄膜配列 2 0 0 は、空間および電力効率を向上させると共に制御回路を簡略化するために、マトリクス構成で提供された電極配列を備える。E A P 薄膜配列の高電圧側 2 0 0 a は、誘電体薄膜 2 0 8 の材料上を (図 9 D の視点によると) 垂直に走る電極パターン 2 0 2 を提供する。各パターン 2 0 2 は、一对の高電圧ライン 2 0 2 a、2 0 2 b を含む。E A P 薄膜配列の反対側すなわち接地側 2 0 0 b は、高電圧電極に対して横向き、すなわち、水平に走る電極パターン 2 0 6 を提供する。

【 0 0 7 2 】

10

20

30

40

50

各パターン 206 は、一对の接地ライン 206 a、206 b を含む。対向する高電圧ラインおよび接地ラインの各対 (202 a、206 a および 202 b、206 b) は、対向する電極対の活性化が、矢印 212 で示した方向に二相出力運動を提供するように、別個に活性化可能な電極対を提供する。組み立てられた EAP 薄膜配列 200 (誘電体薄膜 208 の上面および底面上の電極の交差パターンを示す) が、図 9 F に示す EAP トランスデューサ 222 の配列 204 の分解図で提供されており、配列 204 は、図 9 G に組み立て済みの形態で示されている。EAP 薄膜配列 200 は、対向するフレーム配列 214 a、214 b の間に挟まれ、2 つの配列の各々に含まれる個々のフレームセグメント 216 は、開放領域内の中心に位置する出力ディスク 218 によって規定される。フレーム/ディスクセグメント 216 と電極構成との各組み合わせが、EAP トランスデューサ 222 を形成する。所望のアクチュエータの用途およびタイプに応じて、構成要素のさらなる層をトランスデューサ配列 204 に追加してもよい。トランスデューサ配列 220 は、ユーザインターフェース配列、例えば、ディスプレイスクリーン、センサ面、または、タッチパッドなどに全体が組み込まれうる。

【0073】

感覚/触覚フィードバックデバイス 2 を単相モードで作動させる場合、アクチュエータ 30 の 1 つの作用電極対のみが、任意の時点で活性化される。アクチュエータ 30 の単相作動は、単一の高電圧電源を用いて制御されてよい。単一の選択された作用電極対に印加される電圧が増大するにつれて、トランスデューサ薄膜の活性部分 (半分) が拡大し、これにより、出力ディスク 20 は、面内でトランスデューサ薄膜の不活性部分の方向に移動される。図 11 A は、2 つの作用電極対を単相モードで交互に活性化する場合に、中立位置に対するアクチュエータ 30 の感覚フィードバック信号 (すなわち、出力ディスク変位) の力とストロークとの関係を示す。図に示すように、出力ディスクのそれぞれの力および変位は、互いに等しいが反対方向である。図 11 B は、この単相モードで作動された場合のアクチュエータの出力変位に対する印加電圧の非線形の関係を示す。共有の誘電体薄膜による 2 つの電極対の「機械的」な結合は、例えば、出力ディスクを反対方向に移動させるようなものであってよい。したがって、両方の電極対が作動される場合、互いに独立的にはあるが、第 1 の作用電極対への電圧の印加 (相 1) が、出力ディスク 20 を或る方向に移動させ、第 2 の作用電極対への電圧の印加 (相 2) が、出力ディスク 20 を反対方向に移動させる。図 11 B の様々なプロットが反映するように、電圧が線形的に変化する時に、アクチュエータの変位は非線形になる。触覚フィードバック効果を強化するために、変位中の出力ディスクの加速が、二相の同期動作を通して制御されてもよい。アクチュエータは、独立的に活性化されて出力ディスクのより複雑な動きを可能にする三相以上に分割されてもよい。

【0074】

出力部材または構成要素のより大きい変位をもたらす、ひいては、より大きい感覚フィードバック信号をユーザに提供するために、アクチュエータ 30 は、二相モードで作動され、すなわち、アクチュエータの両方の部分が同時に活性化される。図 11 C は、アクチュエータが二相モードで作動された場合の出力ディスクの感覚フィードバック信号の力とストロークとの関係を示す。図に示すように、このモードのアクチュエータの 2 つの部分 32、34 の力およびストロークは両方とも、同一方向であり、単相モードで作動された場合のアクチュエータの力およびストロークの 2 倍の大きさを有する。図 11 D は、この二相モードで作動された場合のアクチュエータの出力変位に対する印加電圧の線形の関係を示す。アクチュエータの機械的に結合された部分 32、34 を直列に電気接続し、それらの共通ノード 55 を、例えば、図 13 のブロック図 40 に示すように制御することによって、共通ノード 55 の電圧と出力部材 (いかなる構成でも) の変位 (または、阻まれた力) との間関係は、線形相関に近くなる。この動作モードにおいて、アクチュエータ 30 の 2 つの部分 32、34 の非線形の電圧応答は、互いを効果的に打ち消し合い、線形の電圧応答を生じる。制御回路 44 と、アクチュエータの各部分に対して 1 つずつ設けられたスイッチアセンブリ 46 a、46 b とを利用すれば、この線形関係は、制御回路がスイ

10

20

30

40

50

ッチアセンブリに供給する様々な種類の波形を用いることによってアクチュエータの性能を微調整および調節することを可能にする。回路40を利用することの他の利点は、感覚フィードバックデバイスの作動に必要なスイッチ回路および電源の数を削減できることである。回路40を利用しなければ、2つの独立した電源および4つのスイッチアセンブリが必要になる。したがって、回路の複雑性およびコストが低減されると共に、制御電圧とアクチュエータ変位との間の関係が改善され、すなわち、より線形になる。別の利点は、二相動作中に、アクチュエータが同期 (s y n c h r o n i c i t y) を得られることであり、それにより、性能を低下させうる遅延が防止される。

【0075】

図12A~図12Cは、別の変形例の二相電気活性ポリマトランスデューサを示す。この変形例では、トランスデューサ10は、誘電体薄膜96に囲まれた第1の電極対90と、誘電体薄膜96に囲まれた第2の電極対92とを備えており、2つの電極対90および92は、運動を伝達するために別の構造に結合することを容易にするパーすなわち機械部材94の両側に配置されている。図12Aに示すように、両電極90および92は同じ電圧である(例えば、両方ともゼロ電圧である)。第1の相では、図12Bに示すように、一方の電極対92が、電圧を印加され、薄膜を伸張させて、パー94を距離Dだけ移動させる。第2の電極対90は、薄膜に結合されているために圧縮されるが、ゼロ電圧である。図12Cは、第1の電極対92の電圧が低減またはオフにされると共に、第2の電極対90に電圧が印加される第2の相を示す。この第2の相は、変位がDの2倍になるように、第1の相と同期される。図12Dは、図12A~図12Cのトランスデューサ10の変位を経時的に示す図である。図に示すように、相1は、第1の電極92が相1に向けて電圧を与えられ、パー94が量Dだけ変位されると起きる。時間T1において、相2が開始され、反対側の電極90は、第1の電極92の電圧の低下と同期して電圧を印加される。2つの相が切り替わる際のパー94の正味の変位は、 $2 \times D$ である。

【0076】

ユーザからの入力力60aを伝達して、所望の感覚フィードバック60bをもたらすために、様々な種類の機構を利用することができる(図10参照)。例えば、ユーザによって入力されたユーザ接触表面への機械的な力を感知するために、容量性または抵抗性センサ50(図13参照)が、ユーザインターフェースパッド4内に収容されてよい。センサ50からの電気出力52は、制御回路44に供給され、次いで、制御回路44は、制御回路によって提供されるモードおよび波形に従って感覚フィードバックデバイスのそれぞれのトランスデューサ部分32、34に電源42から電圧を印加するように、スイッチアセンブリ46a、46bをトリガする。

【0077】

本発明の別の変形例は、EAPアクチュエータを密封して、EAP薄膜上で生じうる湿気または結露の任意の影響を最小限に抑える。後述する様々な実施形態において、EAPアクチュエータは、触覚フィードバックデバイスの他の構成要素から実質的に分離されてバリア薄膜内に密封される。バリア薄膜またはケーシングは、ホイルなどで形成されてよく、好ましくは、ヒートシールされて、密封された薄膜内への水分の漏れを最小限に抑える。バリア薄膜またはケーシングの部分は、ケーシング外の点に対するケーシング内のアクチュエータの機械的結合の改善を可能にするために、コンプライアントな材料で形成されてもよい。これらのデバイスの実施形態の各々は、ユーザ入力面(例えば、キーボード)の接触表面に対するアクチュエータの出力部材のフィードバック動作の結合を可能にしつつ、密封されたアクチュエータパッケージ内での任意の障害を最小限に抑える。アクチュエータの動きをユーザインターフェースの接触表面に結合するための様々な例示の手段も提供される。方法に関して、本願の方法は、上述のデバイスの利用に関連する機構および/または動作の各々を含みうる。したがって、上述のデバイスの利用に暗示される方法は、本発明の一部を形成する。他の方法は、かかるデバイスの製造に関するものであってもよい。

【0078】

10

20

30

40

50

図14Aは、ユーザ入力デバイス190に結合されたEAPアクチュエータ204の平面配列の一例を示す。図に示すように、EAPアクチュエータ204の配列は、スクリーン232の一部に広がり、スタンドオフ256を介してデバイス190のフレーム234に結合されている。この変形例において、スタンドオフ256は、アクチュエータ204およびスクリーン232の移動のための間隙を確保する。デバイス190の一変形例において、アクチュエータ204の配列は、所望の用途に応じて、ユーザインターフェースの表面すなわちスクリーン232の背後に設けられた複数の個別のアクチュエータであってもよいしアクチュエータのアレイであってもよい。図14Bは、図14Aのデバイス190の底面図を示す。矢印254で示すように、EAPアクチュエータ204は、スクリーン232に垂直な方向の移動の代替として、または、それに組み合わせて、軸に沿ったスクリーン232の移動を可能にする。

10

【0079】

上述のトランスデューサ/アクチュエータの実施形態は、EAPトランスデューサ薄膜の活性領域(すなわち、重複する電極を含む領域)および不活性領域の両方に結合された1または複数のパッシブ層を有する。トランスデューサ/アクチュエータが、さらに、剛性の出力構造を用いる場合には、その構造を、活性領域の上方に位置するパッシブ層の領域上に配置した。さらに、これらの実施形態の活性/活性化可能領域を、不活性領域に対して中心に配置した。本発明は、さらに、他のトランスデューサ/アクチュエータ構成を含む。例えば、1または複数のパッシブ層は、活性領域のみ、または、不活性領域のみを覆ってもよい。さらに、EAP薄膜の不活性領域は、活性領域に対して中心に配置されてよい。

20

【0080】

図15Aおよび図15Bによると、本発明の一実施形態に従って、電気エネルギーを機械エネルギーに変換するための表面変形EAPアクチュエータ10の概略図が示されている。アクチュエータ10は、薄いエラストマ誘電体ポリマ層14と、誘電体14の上面および底面の一部にそれぞれ取り付けられた上部電極16aおよび底部電極16bとを有するEAPトランスデューサ12を備える。トランスデューサ12の一部は誘電体を含んでおり、ここでは、少なくとも2つの電極を活性領域と呼ぶ。本発明のトランスデューサのいずれも、1または複数の活性領域を有してよい。

【0081】

重複する逆帯電した電極16a、16b(活性領域)にわたって電圧差が印加されると、対向する電極が互いに引き合うことによって、それらの間の誘電体ポリマ層14の一部が圧縮される。電極16a、16bが、(z軸に沿って)互いの近くに引き寄せられるにつれ、それらの間の誘電体層14の一部は、平面方向に(z軸およびy軸に沿って)伸張するので薄くなる。非圧縮性のポリマ、すなわち、応力下で実質的に一定の体積を有するポリマについて、または、圧縮可能であるがフレームなどの中に収容されたポリマについては、この動作により、活性領域(すなわち、電極で覆われた領域)の外側のコンプライアントな誘電材料、特に、活性領域の縁部の周囲(すなわち、活性領域のすぐ周り)の誘電材料は、(トランスデューサ薄膜によって規定される平面に直交する)厚さ方向に面外に向かって変位または隆起する。この隆起は、誘電体の表面形状24a~dを生み出す。面外の表面形状24は、活性領域に対して比較的局所的に図示されているが、面外とは、図のように必ずしも局所的とは限らない。一部の例では、ポリマが予歪みを与えられている場合に、表面形状24a~bは、誘電材料の不活性部分の表面領域にわたって分布する。

30

40

【0082】

本発明のトランスデューサの表面形状の垂直プロファイルおよび/または可視性を増幅するために、トランスデューサ薄膜構造の一方または両方の側に、随意的なパッシブ層が追加されてもよく、パッシブ層は、EAP薄膜の表面領域の全体または一部を覆う。図15Aおよび図15Bのアクチュエータの実施形態では、EAP薄膜12の上面および底面に、それぞれ、上部パッシブ層および底部パッシブ層18aおよび18bが取り付けられ

50

ている。アクチュエータの活性化と、結果として生じる誘電体層 12 の表面形状 17 a ~ d は、図 15 B の符号 26 a ~ d で示すように、パッシブ層 18 a、18 b で追加された厚さによって増幅される。

【0083】

ポリマ/パッシブ層の表面形状 26 a ~ d の隆起に加えて、EAP 薄膜 12 は、電極 16 a、16 b の一方または両方が、誘電体層の厚さよりも下に押し下げられるよう構成されてもよい。そして、押し下げられた電極またはその一部は、EAP 薄膜 12 の作動時に電極表面形状と、その結果として生じる誘電体材料 14 の歪みとを提供する。電極 16 a、16 b は、ポリマ表面形状、電極表面形状、および/または、パッシブ層表面形状を含みうるカスタマイズされたトランスデューサ薄膜表面形状を生み出すように、パターン化または設計されてよい。

10

【0084】

図 15 A および図 15 B のアクチュエータ実施形態 10 において、コンプライアントなパッシブスラブと剛性の機械的構造との間の作用を結合してアクチュエータの作用出力を方向付けることを容易にするために、1 または複数の構造 20 a、20 b が提供される。ここで、上部の構造 20 a (プラットフォーム、パー、レバー、ロッドなどの形態であってよい) は、出力部材として機能し、下部の構造 20 b は、アクチュエータ 10 を固定または剛性構造 22 (地面など) に結合するよう機能する。これらの出力構造は、個別の構成要素である必要はなく、むしろ、アクチュエータが駆動しようとする構造と統合または一体化されてもよい。構造 20 a、20 b は、さらに、パッシブ層 18 a、18 b によって形成される表面形状 26 a ~ d の周囲または形状を規定するよう機能する。図の実施形態において、集合的なアクチュエータスタックは、図 15 B に示すように、アクチュエータの不活性部分の厚さの増大を引き起こすが、作動時にアクチュエータが受ける高さの正味の変化 h は、負の変化である。

20

【0085】

本発明の EAP トランスデューサは、所望の厚みモード作動を提供するために任意の適切な構成を有してよい。例えば、より複雑な用途、例えば、さらなる EAP 薄膜層が容量性センサとして利用されうる検知機能を組み込まれたキーボードのキーなどで利用するためにトランスデューサを製造するために、2 以上の EAP 薄膜層が用いられてもよい。

【0086】

図 16 A は、本発明に従って、二層の EAP 薄膜層 34 を有する積層トランスデューサ 32 を用いたアクチュエータ 30 を示す。二層になった層は、2 つの誘電体エラストマ薄膜を備えており、上側の薄膜 34 a は、上側電極 34 b および下側電極 34 c の間に挟まれており、下側の薄膜 36 a は、それぞれ上側電極 36 b および下側電極 36 c の間に挟まれている。電源 (図示せず) の高電圧側および接地側に電極を接続するために、導電線または層の対 (一般に、「バス・パー」と呼ばれる) が提供される。バス・パーは、それぞれの EAP 薄膜の「不活性」部分 (すなわち、上側および下側の電極が重複しない部分) 上に配置される。上側および下側バス・パー 42 a、42 b は、誘電体層 34 a の上側および下側にそれぞれ配置され、上側および下側バス・パー 44 a、44 b は、誘電体層 36 a の上側および下側にそれぞれ配置される。誘電体 34 a の上側電極 34 b および誘電体 36 a の下側電極 36 c (すなわち、2 つの外向きの電極) は、導電性エラストマビア 68 a (図 16 B 参照) を通してのバス・パー 42 a および 44 a の相互接続によって共通に分極される。なお、導電性エラストマビア 68 a の形成については、図 17 A ~ 図 17 D を参照して後に詳述する。誘電体 34 a の下側電極 34 c および誘電体 36 a の上側電極 36 b (すなわち、2 つの内向きの電極) も、導電性エラストマビア 68 b (図 16 B 参照) を通してのバス・パー 42 b および 44 b の相互接続によって共通に分極される。ビア 68 a、68 b を密封するために、ポッティング材料 66 a、66 b が用いられる。アクチュエータを作動させると、各電極対の対向する電極は、電圧が印加された時に引きつけられる。安全の目的で、接地電極は、高電圧電極に到達する前に任意の穿孔対象物を接地して、感電の危険を排除するために、スタックの外側に配置されてよい。2 つの

30

40

50

E A P 薄膜層は、薄膜間の接着剤 4 0 b によって互いに接着されてよい。接着層は、性能を向上させるために、任意に、パッシブ層またはスラブ層を備えてもよい。上側パッシブ層またはスラブ 5 0 a、および、下側パッシブ層 5 2 b が、接着層 4 0 a および接着層 4 0 c によってトランスデューサ構造に接着される。出力バー 4 6 a、4 6 b が、それぞれ、接着層 4 8 a、4 8 b によって、上側パッシブ層および下側パッシブ層に結合されてよい。

【0087】

本発明のアクチュエータは、任意の適切な数のトランスデューサ層を用いてよく、層の数は、偶数でも奇数でもよい。後者の構成では、1または複数の共通接地電極とバス・バーが用いられてよい。さらに、安全性がそれほど問題にならない場合、高電圧電極は、特定の用途に対してよりよく対応するために、トランスデューサスタックの外側に配置されてもよい。

10

【0088】

動作可能になるために、アクチュエータ 3 0 は、電源および制御電子回路（いずれも図示せず）に電気接続される必要がある。これは、アクチュエータ上または P C B（プリント基板）上の電気配線またはワイヤ、もしくは、高電圧および接地ビア 6 8 a、6 8 b を電源または中間接続に結合するフレックスコネクタ 6 2 によって実現されうる。アクチュエータ 3 0 は、湿気および環境中の汚染物質から密封するために、保護バリア材料内にパッケージングされてよい。ここで、保護バリアは、外部の力および張力および/または環境への露出からアクチュエータを保護するために、P C B / フレックスコネクタ 6 2 の周りを密封することが好ましい上側および下側カバー 6 0、6 4 を備える。いくつかの実施形態では、保護バリアは、密封を実現するために不透過性であってよい。カバーは、アクチュエータ 3 0 を物理的損傷から保護するために、やや剛性の形態であってよいし、アクチュエータ 3 0 の作動変位のための余地を確保するために、コンプライアントであってよい。具体的な一実施形態では、上側カバー 6 0 が成形ホイルで形成されると共に下側カバー 6 4 がコンプライアントなホイルで形成されるか、もしくは、その逆であり、次いで、2つのカバーは、基板 / コネクタ 6 2 にヒートシールされる。金属化ポリマ薄膜、P V D C、アクリル、スチレンまたはオレフィン・コポリマ、ポリエステル、および、ポリオレフィンなど、多くの他のパッケージング材料が用いられてもよい。アクチュエータの出力を伝達する 1 または複数の出力構造（ここでは、バー 4 6 b）を覆うために、コンプライアント材料が用いられる。

20

30

【0089】

本発明の積層アクチュエータ / トランスデューサ構造（上述のアクチュエータ 3 0 など）の導電性の構成要素 / 層は、積層構造を貫通して形成された電気ビア（図 1 6 B の 6 8 a および 6 8 b）によって共通結合される。図 1 7 A ~ 図 1 9 は、ビアを形成するための本発明の様々な方法を示す。

【0090】

図 1 6 B のアクチュエータ 3 0 で利用されるタイプの導電性ビアの形成について、図 1 7 A ~ 図 1 7 D を参照しつつ説明する。アクチュエータ 7 0（ここでは、誘電体層 7 4 の不活性部分の反対側にバス・バー 7 6 a、7 6 b を直径方向に配置し、それら全体をパッシブ層 7 8 a、7 8 b の間に挟んだ単一薄膜トランスデューサから構成される）を P C B / フレックスコネクタ 7 2 に積層する前または後のいずれかに、積層トランスデューサ / アクチュエータ構造 7 0 は、図 1 7 B に示すように、ビアホール 8 2 a、8 2 b を形成するために、P C B 7 2 まで厚さ全体を貫通するようにレーザドリル 8 0 によって穿孔される。機械式ドリル加工、打ち抜き、鋳造、穿孔、および、コアリングなど、ビアホールを形成するための他の方法が用いられてもよい。次いで、ビアホールは、図 1 7 C に示すように、任意の適切な注入方法（射出注入など）によって、導電材料（例えば、シリコン内に含まれた炭素粒子など）で満たされる。次に、図 1 7 D に示すように、導電材料で満たされたビア 8 4 a、8 4 b は、随意的に、ビアの露出端を電氣的に絶縁するために、任意の適合する非導電材料（例えば、シリコン）でポッティング 8 6 a、8 6 b される。

40

50

あるいは、露出されたビアの上に、非導電性のテープが配置されてもよい。

【0091】

アクチュエータを電源および電子機器に接続するために、PCBまたはフレックスコネクタの代わりに、標準的な電気配線を用いてもよい。かかる実施形態において電気ビアを形成して電源への電気接続を行う様々な工程が、図18A～図18Dに示されており、図17A～図17Dと同じ構成要素および工程については、同じ符号が用いられている。ここで、図18Aに示すように、ビアホール82a、82bは、アクチュエータの厚さ内でバス・バー84a、84bに達する程度の深さまでドリル穿孔されればよい。次いで、ビアホールは、図18Bに示すように導電材料で満たされ、その後、図18Cに示すように、蒸着された導電材料内にリード線88a、88bが挿入される。次いで、導電材料を満

10

【0092】

図19は、本発明のトランスデューサ内に導電性のビアを提供する別の方法を示す。トランスデューサ100は、電極106a、106bの間に挟まれた部分を有する誘電体層104を備えた誘電体薄膜を有しており、これらは、パッシブポリマ層110a、110bの間に挟まれている。EAP薄膜の不活性領域上には、導電性のバス・バー108が提供されている。穿孔構成を有する導電性の接点114は、トランスデューサの片側を通してバス・バー材料108を貫通する深さまで、手動またはその他の方法で形成される。導電性の配線116が、穿孔接点114の露出端からPCB/フレックスコネクタ112に沿って伸びている。このビア形成方法は、ビアホールをドリル加工する工程、ビアホール

20

【0093】

本発明のEAPトランスデューサは、任意の適切な構成および表面形状の提供により、様々なアクチュエータ用途で利用可能である。図20A～図24は、厚みモードトランスデューサ/アクチュエータの用途の例を示す。

【0094】

図20Aは、ユーザがデバイス（例えば、キーボード、タッチスクリーン、電話など）に物理的に接触する触覚フィードバック用途で用いるボタンアクチュエータに理想的な円形構成を有する厚みモードトランスデューサ120を示す。トランスデューサ120は、薄いエラストマ誘電体ポリマ層122と、図20Bの分解図に示すような上側および下側の電極パターン124a、124b（下側電極パターンは点線で示されている）とで形成される。電極パターン124の各々は、両側に伸びて同心パターンを形成する複数のフィンガ部分127をステム部分125に提供する。2つの電極のステムは、円形の誘電体層122の両側の互いに反対側に配置されており、それらのフィンガ部分は、図20Aに示したパターンを形成するために互いに並列に配置される。この実施形態の対向電極パターンは、互いに同一で対称であるが、対向電極パターンが、形状および/またはパターンが占める表面積に関して非対称である別の実施形態も可能である。2つの電極材料が重複していないトランスデューサ材料の部分は、トランスデューサの不活性部分128a、128bを規定する。トランスデューサを電源および制御電子回路（いずれも図示せず）に電

30

40

【0095】

ボタンアクチュエータは、単一の入力面または接触面の形態であってもよいし、複数の接触面を有するアレイフォーマットで提供されてもよい。アレイの形態で構成される場合、図20Aのボタントランスデューサは、様々なユーザインターフェースデバイス（例えば、コンピュータキーボード、電話、計算機など）のためのキーパッドアクチュエータ1

50

30 (図21に示すようなもの)での利用に理想的である。トランスデューサレイ132は、相互接続された電極パターンの上部レイ136aと、電極パターンの底部レイ136b(点線で示す)とを備えており、2つのレイは、上述のような活性および不活性部分を備えた図20Aの同心トランスデューサパターンを形成するように互いに対向している。キーボード構造は、トランスデューサレイ132の上のパッシブ層134の形態であってよい。パッシブ層134は、自身の表面形状(キーの境界138など)を有してよく、その表面形状は、ユーザが触覚によって個々のキーパッドに指を合わせることを可能にするため、および/または、作動時にそれぞれのボタンの周囲の隆起をさらに増幅するために、パッシブ状態で隆起してよい。キーが押されると、キーの下の個別のトランスデューサが活性化され、上述のように厚みモードの隆起を引き起こし、触感をユーザにフィードバックする。任意の数のトランスデューサが、利用するキーパッド134のタイプおよび種類に対応するように離間されて、上述のように提供されてよい。かかるトランスデューサレイの加工技術の例については、2008年6月27日出願の米国特許出願第12/163,554号、「ELECTROACTIVE POLYMER TRANSDUCERS FOR SENSORY FEEDBACK APPLICATIONS」に開示されており、この出願は、参照によって全体が本明細書に組み込まれる。

10

20

30

40

50

【0096】

当業者であれば分かるように、本発明の厚みモードトランスデューサは、対称である必要がなく、任意の構成および形状を有してよい。本願のトランスデューサは、図22に示す新規のハンドデバイス140など、任意の想像できる新規の用途で用いられてよい。人間の手の形態の誘電材料141が提供されており、それは、同様に手の形状を持った上側および下側の電極パターン144a、144bを有する(下側のパターンを点線で示す)。電極パターンの各々は、バス・バー146a、146bにそれぞれ電気接続されており、バス・バーは、電源および制御電子回路(いずれも図示せず)に電気接続されている。ここで、対向する電極パターンは、互い違いになるのではなく、上下に互いに整列されており、それにより、交互の活性および不活性領域が形成される。したがって、パターン全体の内縁および外縁のみで隆起表面を形成する代わりに、手の輪郭全体(すなわち、不活性領域)で隆起表面形状が提供される。この応用例の表面形状は、触覚フィードバックよりもむしろ、視覚フィードバックを提供しうる。視覚フィードバックが、着色、反射材などによって強化されうることも想定される。

【0097】

本発明のトランスデューサ薄膜は、特に、トランスデューサ電極パターンが一様または繰り返しパターンである場合、一般に利用されるウェブベースの製造技術によって、効率的に量産されうる。図23に示すように、トランスデューサ薄膜150は、誘電材料152のストリップ上に蒸着または形成された連続的な上側および下側電気バス156a、156bを有する連続的なストリップフォーマットに提供されうる。最も典型的には、厚みモード形状は、それぞれのバス・バー156a、156bに電気接続された上側および下側電極パターン154a、154bによって形成された離散的(すなわち、非連続的)であるが繰り返しの活性領域158によって規定される。電極のサイズ、長さ、形状、および、パターンは、特定の用途に向けてカスタマイズされてよい。ただし、活性領域が連続的なパターンで提供されうることも想定される。電極およびバスのパターンは、周知のウェブベースの製造技術によって形成されてよく、次いで、個々のトランスデューサは、選択された分離ライン155に沿ってストリップ150を切断するなど、周知の技術によって分離(シングュレーション)される。活性領域がストリップに沿って連続的に提供される場合、ストリップは、電極の短絡を避けるために高い精度で切断される必要があることに注意されたい。これらの電極の切断端は、トラッキングの問題を避けるために、ポッティングされてもよいし、エッチバックされてもよい。次いで、バス156a、156bの切断端は、結果として形成されるアクチュエータの作動を可能にするために、電源/制御部に接続される。

【0098】

分離の前または後に、ストリップまたは分離済みのストリップ部分は、多層構造を提供するために、任意の数の他のトランスデューサ薄膜ストリップ/ストリップ部分と共に積み重ねられてよい。次いで、積み重ねた構造は、積層され、所望であれば、アクチュエータの剛性的な機械要素（出力バーなど）に機械的に結合されてよい。

【0099】

図24は、本願のトランスデューサの別の変形例を示しており、トランスデューサ160は、誘電材料162のストリップによって形成され、ストリップの両側に上側および下側の電極164a、164bは、長方形パターンで配列されることにより、開放領域165を縁取っている。電極の各々は、それぞれ、電源および制御電子回路（いずれも図示せず）に接続するための電気接点168a、168bを有する電気バス166a、166bに終端されている。環境からの保護および出力バー（図示せず）への機械的結合の両方のために、トランスデューサ薄膜のいずれかの側に、囲まれた領域165にわたって広がるパッシブ層（図示せず）を用いて、ガスケット構成を形成してもよい。この構成によると、トランスデューサを作動させると、トランスデューサストリップの内周および外周169に沿って表面形状が形成され、活性領域164a、164bの厚さが低減される。ガスケットアクチュエータは、連続的な単一のアクチュエータである必要がないことに注意されたい。非活性のコンプライアントなガスケット材料で任意に密封されてよい領域の周囲を裏打ちするために、1または複数の離散的なアクチュエータが用いられてもよい。

【0100】

他のガスケットタイプのアクチュエータは、上記引用した米国特許出願第12/163,554号に開示されている。これらのタイプのアクチュエータは、携帯型マルチメディアデバイス、医療機器、キオスクまたは自動車計器パネル、玩具、および、その他の新規製品などで用いるためのタッチセンサプレート、タッチパッド、および、タッチスクリーンなど、感覚（例えば、触覚または振動）フィードバック用途に適している。

【0101】

図25A～図25Dは、本発明の厚みモードアクチュエータの様々な実施形態を用いたタッチスクリーンの断面図であり、これら4つの図では、同様の構成要素には同じ符号が付されている。図25Aによると、タッチスクリーンデバイス170は、タッチセンサプレート174（通常は、ガラスまたはプラスチック材料で形成される）と、任意に、液晶ディスプレイ（LCD）172を備えてよい。これら2つの構成要素は、共に積層され、EAP厚みモードアクチュエータ180によって離間されて、それらの間に空間176を規定する。集合体の積層構造は、フレーム178によって共に保持される。アクチュエータ180は、電極対184a、184bの中央に挟まれた誘電体薄膜層182によって形成されたトランスデューサ薄膜を備える。次いで、トランスデューサ薄膜は、上側および下側のパッシブ層186a、186bの間に挟まれ、さらに、タッチプレート174およびLCD172にそれぞれ機械的に結合された一对の出力構造188a、188bの間に保持される。図25Aの右側は、アクチュエータが不活性状態の場合のLCDおよびタッチプレートの相対位置を示しており、図25Aの左側は、アクチュエータが活性状態の時、すなわち、ユーザが矢印175の方向にタッチプレート174を押下した時の構成要素の相対位置を示している。図の左側から明らかなように、アクチュエータ180が活性化されると、電極184a、184bは、互いに引き寄せられ、それにより、間の誘電体薄膜182の一部を圧縮しつつ、活性領域外の誘電材料およびパッシブ層186a、186bに表面形状を形成する。それらの表面形状は、出力ブロック188a、188bが引き起こす圧縮力によってさらに強化される。したがって、表面形状は、タッチプレートを押下することに応答してユーザに触覚を与える小さい力を矢印175と逆方向にタッチプレート174に供給する。

【0102】

図25Bのタッチスクリーンデバイス190は、LCD172が、長方形（または、正方形など）の形状の厚みモードアクチュエータ180によって規定された内部領域の中に完全に収容されていること以外は、図25Aのデバイスと同様の構成を有する。したがっ

て、デバイスが（図の右側に示すように）不活性状態である時のLCD 172とタッチプレート174との間の空間176は、図25Aの実施形態よりも大幅に小さく、それによって、より薄型の設計が実現される。さらに、アクチュエータの下側出力構造188bは、フレーム178の後壁178'上に直接載っている。2つの実施形態の構造的な違いに関わらず、デバイス190は、アクチュエータの表面形状が、タッチプレートの押下に応答して矢印185と逆方向の小さい触覚力を提供する点で、デバイス170と同様に機能する。

【0103】

上記の2つのタッチスクリーンデバイスは、一方向に機能するため、単相デバイスである。図25Cに示すように、二相（二方向）タッチスクリーンデバイス200を構成するために、本発明のガasketタイプのアクチュエータを2つ（または3つ以上）縦に並べて利用してもよい。デバイス200の構成は、タッチプレート174の上に位置する第2の厚みモードアクチュエータ180'の追加を除けば、図25Bのデバイスの構成と同様である。2つのアクチュエータおよびタッチプレート174は、内向きに伸びる上部ショルダ178''を追加したフレーム178によって積層の関係で保持される。したがって、タッチプレート174は、それぞれアクチュエータ180、180'の最内の出力ブロック188a、188b'の間に直接挟まれており、それぞれアクチュエータ180'の最外の出力ブロック188b、188a'は、それぞれ、フレーム部材178'および178''を支持する。この囲まれたガasketの構成は、空間176内の光路にちりおよび破片が入らないようにする。ここで、図の左側は、活性状態の下側アクチュエータ180および不活性状態の上側アクチュエータ180'を示しており、この場合、センサプレート174は、矢印195の方向にLCD 172に向かって移動される。逆に、図の右側は、不活性状態の下側アクチュエータ180および活性状態の上側アクチュエータ180'を示しており、この場合、センサプレート174は、矢印195'の方向にLCD 172から離れるように移動される。

【0104】

図25Dは、別の二相タッチセンサデバイス210を示しており、一对の厚みモードストリップアクチュエータ180は、電極がタッチセンサプレートと直交するように配置されている。ここで、タッチプレート174の二相すなわち二方向の移動は、矢印205で示すように面内での移動である。かかる面内移動を可能にするために、アクチュエータ180は、EAP薄膜の平面がLCD 172およびタッチプレート174の平面と直交するように配置される。かかる位置を維持するために、アクチュエータ180は、フレーム178の側壁202と、タッチプレート174を支持する内側フレーム部材206との間に保持される。内側フレーム部材206は、アクチュエータ180の出力ブロック188aに取り付けられているが、内側フレーム部材206およびタッチプレート174が外側フレーム178に対して「浮動」することにより、面内すなわち横方向の移動が可能になっている。この構成は、タッチプレート174の面外への移動に必要な追加の間隙を必要としないため、比較的小型かつ薄型の設計を実現する。2つのアクチュエータは、二相の移動のために逆の動作を行う。プレート174およびブラケット206を組み合わせたアセンブリは、アクチュエータストリップ180をフレーム178の側壁202に向かって少し圧迫した状態に維持する。一方のアクチュエータが活性状態の時、そのアクチュエータは、圧縮、すなわち、さらに薄くなり、他方のアクチュエータは、蓄えられた圧縮力によって拡張する。これにより、プレートアセンブリが活性アクチュエータに向かって移動される。第1のアクチュエータを不活性化すると共に第2のアクチュエータを活性化することにより、プレートは逆方向に動く。

【0105】

図26Aおよび図26Bは、トランスデューサの不活性領域が1または複数の活性領域の内側または中央に配置された、すなわち、EAP薄膜の中央部分が、重複する電極を持たない変形例を示す。厚みモードアクチュエータ360は、電極層364a、354bの間に挟まれた誘電体層362を備えたEAPトランスデューサ薄膜を備えており、薄膜の

中央部分 365 はパッシブであり、電極材料を持たない。EAP 薄膜は、集散的にカートリッジ構成を提供する上側および下側フレーム部材 366 a、366 b の少なくとも一方によって緊張すなわち伸張状態に保持される。薄膜のパッシブ部分 365 の上側および下側の少なくとも一方は、パッシブ層 368 a、368 b で覆われており、それらパッシブ層の上には、それぞれ、随意的な剛性の拘束部 (constraint) または出力部材 370 a、370 b が取り付けられる。カートリッジフレーム 366 によって周囲を拘束された EAP 薄膜では、活性化されると (図 26B 参照)、EAP 薄膜の圧縮により、薄膜材料は、上述のアクチュエータの実施形態のように外側ではなく、矢印 367 a、367 b で示すように、内側に引っ込む。圧縮された EAP 薄膜は、パッシブ材料 368 a、368 b に作用して、パッシブ材料の直径を低減させて高さを増大させる。この構造の変化は、出力部材 370 a、370 b にそれぞれ外向きの力を印加する。前述のアクチュエータの実施形態と同様に、受動的に結合された薄膜アクチュエータは、多相の作動を提供するため、および / または、出力される力および / またはアクチュエータのストロークを増大させるために、積層または平面の関係で複数設けられてもよい。

10

20

30

40

50

【0106】

誘電体薄膜および / またはパッシブ材料に予歪みを与えることにより、性能を向上させることができる。アクチュエータは、キーまたはボタンデバイスとして用いられてもよいし、センサデバイス (薄膜スイッチなど) に積層または統合されてもよい。下側出力部材または下側電極は、回路を閉じるのに十分な圧力を薄膜スイッチに供給するために利用可能であり、また、下側出力部材が導電層を有する場合には回路を直接閉じることができる。キーパッドまたはキーボードなどの用途では、複数のアクチュエータを配列して利用することができる。

【0107】

米国特許出願公開第 2005 / 0157893 号に開示された様々な誘電体エラストマおよび電極材料は、本発明の厚みモードトランスデューサでの利用に適している。一般に、誘電体エラストマは、静電力に応答して変形する、または、変形の結果として電場の変化を引き起こす任意の実質的に絶縁性のコンプライアントポリマ (シリコーンゴム、アクリルなど) を含む。適切なポリマを設計または選択する際には、最適な材料特性、物理特性、および、化学特性を検討してよい。かかる特性は、モノマ (任意の側鎖を含む)、添加剤、架橋結合の程度、結晶化度、分子量などを慎重に選択することによって調整することができる。

【0108】

ここに記載する利用に適した電極は、金属配線および電荷分布層を備えた構造化電極、テクスチャ電極、炭素グリースまたは銀グリースなどの導電グリース、コロイド懸濁液、導電カーボンブラック、炭素繊維、カーボンナノチューブ、グラフェンおよび金属ナノワイヤなどの高アスペクト比の導電材料、ならびに、イオン伝導性材料の混合物を含む。電極は、炭素またはその他の導電粒子を含むエラストママトリクスなどのコンプライアントな材料で形成されてもよい。本発明は、金属で準非柔軟性の電極を用いてもよい。

【0109】

本願のトランスデューサで用いるパッシブ層材料の例としては、例えば、シリコーン、スチレンまたはオレフィン・コポリマ、ポリウレタン、アクリレート、ゴム、柔らかいポリマ、柔らかいエラストマ (ゲル)、柔らかいポリマ発泡体、または、ポリマ / ゲルのハイブリッドが挙げられるが、これらに限定されない。1 または複数のパッシブ層および誘電体層の相対的な弾性および厚さは、所望の出力 (意図された表面形状の正味の厚さまたは薄さ) を実現するよう選択され、その出力応答は、線形 (例えば、作動時に、パッシブ層の厚さが、誘電体層の厚さに比例して増幅される)、または、非線形 (例えば、パッシブ層および誘電体層が、異なる率で薄くまたは厚くなる) になるように設計されてよい。

【0110】

方法に関して、本願の方法は、上述のデバイスの利用に関連する機構および / または動作の各々を含みうる。したがって、上述のデバイスの利用に暗示される方法は、本発明の

一部を形成する。他の方法は、かかるデバイスの製造に関するものであってもよい。

【0111】

本発明の他の詳細について、関連技術の当業者の技術水準の範囲で、材料および別の関連する構成が利用されてもよい。一般にまたは論理的に用いられるさらなる動作に関して、本発明の方法の態様にも、同じことが当てはまりうる。さらに、本発明は、いくつかの例（随意的に様々な特徴を含む）を参照しつつ説明されているが、本発明は、本発明の各変形例に関して予期されるように、記載または示唆されたものに限定されない。記載された発明に様々な変更を加えてよく、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく、等価物（本明細書に記載のもの、または、簡単のために記載されていないもの）に置き換えてよい。図に示した個々の部品またはサブアセンブリは、任意の数だけ設計に組み込まれてよい。かかる変更などは、アセンブリの設計の原則によって実行または指導されてよい。

10

【0112】

別の変形例では、カートリッジアセンブリまたはアクチュエータ360は、振動するボタン、キー、タッチパッド、マウス、または、その他のインターフェースにおいて触覚応答を提供するための利用に適合されうる。かかる例では、アクチュエータ360の結合は、非圧縮性の出力形状を利用する。この変形例は、出力形状に成型された非圧縮性の材料を用いることにより、電気活性ポリマダイヤフラムカートリッジの接着された中央拘束部の代替物を提供する。

【0113】

中央ディスクを持たない電気活性ポリマアクチュエータでは、作動により、電極形状の中央におけるパッシブ薄膜の状態が変化し、応力および歪み（力および変位）の両方が低減される。この低減は、一方向だけではなく、薄膜平面の全方向で起きる。電気活性ポリマの放電後、パッシブ薄膜は、元の応力および歪みエネルギーの状態に戻る。電気活性ポリマアクチュエータは、非圧縮性の材料（応力下で実質的に一定の体積を有する材料）で構成されてもよい。アクチュエータ360は、中央ディスクの代わりに、不活性領域365のアクチュエータ360の中央においてパッシブ薄膜領域に接着された非圧縮性の出力パッド368a、368bを備えるよう構成される。この構成は、パッシブ部分365との接合部分において出力パッドを圧縮することにより、エネルギーを伝達するために利用可能である。これは、出力パッド368a、368bを膨張させて、平坦な薄膜に垂直な方向の作動を実現する。非圧縮性の形状は、作動中の変化の方向を制御するために様々な表面に拘束部を追加することによって、さらに強化されうる。上述の例では、出力パッドの上面を拘束するために非コンプライアントな補強材を追加して、その表面の寸法の変化を防止し、形状変化を出力パッドの所望の寸法に集中させる。

20

30

【0114】

上述の変形例は、さらに、作動時に電気活性ポリマの誘電体エラストマの二軸応力および歪み状態の変化の結合と、作動方向に直交する作動への変換と、性能を最適化するための非圧縮性形状の設計とを可能にしうる。上述の変形例は、任意の触覚フィードバック（マウス、コントローラ、スクリーン、パッド、ボタン、キーボードなど）のために、ダイヤフラム、平面、慣性駆動、厚みモード、ハイブリッド（添付の開示に記載の平面および厚みモードの組み合わせ）、および、回転など、様々なトランスデューサプラットフォームを含みうる。これらの変形例は、ユーザ接触面（例えば、タッチスクリーン、キーパッド、ボタン、または、キーキャップ）の特定の部分を動かしてもよいし、デバイス全体を動かしてもよい。

40

【0115】

異なるデバイスの実装例は、異なるEAPプラットフォームを必要としうる。例えば、一例において、厚みモードアクチュエータのストリップが、タッチスクリーンのために外の動きを提供し、ハイブリッドまたは平面アクチュエータが、キーボード上のボタンのためにキークリック感を提供し、慣性駆動設計が、マウスおよびコントローラで振動フィードバックを提供してよい。

50

【 0 1 1 6 】

図 2 7 A は、様々なインターフェースデバイスで触覚フィードバックを提供するための別の変形例のトランスデューサを示す。この変形例では、電気活性ポリマアクチュエータに、マスすなわち重り 2 6 2 が結合される。図のポリマアクチュエータは、薄膜カートリッジアクチュエータを含むが、デバイスの別の変形例において、上述の E A P の特許および出願に記載されているようなパネ付勢アクチュエータを用いてもよい。

【 0 1 1 7 】

図 2 7 B は、図 2 7 A のトランスデューサアセンブリの分解図を示す。図に示すように、慣性トランスデューサアセンブリ 2 6 0 は、2 つのアクチュエータ 3 0 に挟まれたマス 2 6 2 を備える。ただし、このデバイスの変形例は、所望の用途に応じてマスの両側に 1 または複数のアクチュエータを備える。図に示すように、1 または複数のアクチュエータが、慣性マス 2 6 2 に結合され、ベースプレートまたはフランジに固定される。アクチュエータ 3 0 の作動により、アクチュエータに対して $x - y$ 方向のマスの移動が起きる。さらなる変形例では、アクチュエータは、マス 2 6 2 の垂直すなわち z 軸方向の移動を実現するよう構成されてもよい。

10

【 0 1 1 8 】

図 2 7 C は、図 2 7 A の慣性トランスデューサアセンブリ 2 6 0 の側面図を示す。この図に示すように、アセンブリは、アクチュエータ 3 0 および慣性マス 2 6 2 を収容する中央ハウジング 2 6 6 および上部ハウジング 2 6 8 を備える。また、図によると、アセンブリ 2 6 0 は、ハウジングおよびアクチュエータ内の開口部すなわちピア 2 4 を通して伸びる固定手段すなわちファスナ 2 7 0 を備える。ピア 2 4 は、複数の機能を提供しうる。例えば、ピアは、取り付けのみを目的とするものであってよい。代替的、または、追加的に、ピアは、アクチュエータを回路基板、フレックス回路、または、機械的接地に電気接続してもよい。図 2 7 D は、図 2 7 C の慣性トランスデューサアセンブリ 2 6 0 の斜視図を示しており、慣性マス（図示せず）は、ハウジングアセンブリ 2 6 4、2 6 6、および、2 6 8 内に位置している。ハウジングアセンブリの部品は、複数の機能を提供しうる。例えば、機械的支持、取り付け、および、連結の特徴を提供するのに加えて、 x 、 y 、および / または、 z 方向への慣性マスの過度の移動を防止してアクチュエータカートリッジへの損傷を防ぐための機械的なハードストップとして機能する特徴を有してもよい。例えば、ハウジングは、慣性マスの過度の移動を制限するための隆起面を備えてよい。図の例では、隆起面は、ピア 2 4 を含むハウジングの部分を含みうる。あるいは、ピア 2 4 は、ピアを通して配置された任意のファスナ 2 7 0 が、慣性マスの移動を制限するのに効果的なハードストップとして機能するように、選択的に配置されてもよい。

20

30

【 0 1 1 9 】

ハウジングアセンブリ 2 6 4 および 2 6 6 は、さらに、取り扱い時の感電を防止するためにアクチュエータの縁部を覆うリップすなわち延長部を一体化されるよう設計されてもよい。これらの部品はいずれも、より大きいアセンブリのハウジング（家庭用電子機器のハウジング）の一部として一体化されてもよい。例えば、図のハウジングは、ユーザインターフェースデバイス内に固定される別個の構成要素として図示されているが、トランスデューサの別の変形例は、実際のユーザインターフェースデバイスのハウジングに一体化されるか、または、その一部であるハウジングアセンブリを備える。例えば、コンピュータマウスの本体が、慣性トランスデューサアセンブリのハウジングとして機能するよう構成されてもよい。

40

【 0 1 2 0 】

慣性マス 2 6 2 も、複数の機能を提供しうる。図 2 7 A および図 2 7 B には円形のもの図示されているが、慣性マスの変形例は、 x 、 y 、および / または、 z 方向の慣性マスの動きを制限する機械的なハードストップとして機能する特徴を組み込まれるように、より複雑な形状を有するよう加工されてもよい。例えば、図 2 7 E は、ハウジング 2 6 4 のストップまたはその他の形状と係合する成形面 2 6 3 を有する慣性マス 2 6 2 を備えた変形例の慣性トランスデューサアセンブリを示す。図の変形例では、慣性マス 2 6 2 の表面

50

263は、ファスナ270に係合する。したがって、慣性マス262の変位は、成形面263とストップすなわちファスナ270との間のギャップに限定される。重りの質量は、アセンブリ全体の共振周波数を調整するように選択されてよく、構成材料は、任意の高密度材料であってよいが、必要な体積およびコストを最小限に抑えるように選択されることが好ましい。適切な材料としては、銅、鋼鉄、タングステン、アルミニウム、ニッケル、クロム、および、真鍮などの金属および金属合金、ポリマ/金属複合材料、樹脂、流体、ゲル、または、その他の材料が挙げられる。

【0121】

電気活性ポリマ触覚技術のためのフィルタ音声駆動波形

【0122】

本明細書に記載の本発明の方法およびデバイスの別の変形例は、フィードバックを改善するようにアクチュエータを駆動することを含む。かかる例では、触覚アクチュエータは、音声信号によって駆動される。かかる構成は、別個のプロセッサが、異なるタイプの触感を生み出すための波形を生成する必要性を排除する。代わりに、触覚デバイスは、1または複数の回路を用いて、既存の音声信号を変調触覚信号に変調する（例えば、周波数スペクトルの異なる部分をフィルタリングまたは増幅する）ことができる。したがって、変調触覚信号は、その後、アクチュエータを駆動する。一例では、変調触覚信号は、異なる感覚効果を実現するようにアクチュエータを動作させるために、電源を駆動する。この方法は、触覚デバイス（ゲームコントローラまたは携帯型ゲーム機など）において音楽または音声効果からのフィードバックを強化できる任意の音声信号と自動的に相関および同期されるといふ利点を有する。

10

20

【0123】

図28Aは、電気活性ポリマアクチュエータに最適な触覚周波数の範囲で機能するように音声信号を調整するための回路の一例を示す。図の回路は、振幅カットオフ、DCオフセット調整、および、AC波形最大振幅の大きさの調整によって音声信号を変調して、図28Bに示すのと同様の信号を生成する。いくつかの変形例では、電気活性ポリマアクチュエータは、二相電気活性ポリマアクチュエータを含み、音声信号を修正する工程は、電気活性ポリマトランスデューサの第1の相を駆動するために音声信号の音声波形の正の部分をフィルタリングする工程と、電気活性ポリマトランスデューサの第2の相を駆動するために音声信号の音声波形の負の部分を反転させる工程とを備え、電気活性ポリマトランスデューサの性能を改善する。例えば、正弦波の形態のソース音声信号を矩形波に変換することが可能であり、その結果、触覚信号は、アクチュエータの力の最大出力を引き起こす矩形波となる。

30

【0124】

別の例では、回路は、音声信号の音声波形の全部または一部を用いて触覚効果を駆動するために音声信号の周波数をフィルタリングする1または複数の整流器を備えてもよい。図28Cは、音声信号の音声波形の正部分をフィルタリングするよう設計された回路の一変形例を示す。この回路は、別の変形例において、二相を有するアクチュエータのための図28Dに示す回路と併用されてもよい。図に示すように、図28Cの回路は、アクチュエータの一方の相を駆動するために音声波形の正部分をフィルタリングすることが可能であり、図28Dの回路は、二相触覚アクチュエータの他方の相を駆動するために音声波形の負部分を反転させることができる。その結果、二相アクチュエータは、より高いアクチュエータ性能を有することになる。

40

【0125】

別の実装例において、音声信号の閾値を用いて、アクチュエータを駆動する二次回路の動作をトリガすることもできる。閾値は、音声信号の振幅、周波数、または、特定のパターンによって規定されうる。二次回路は、特定の周波数を出力するよう設定された発振回路など、一定の応答を有するものでもよいし、複数の規定されたトリガに基づく複数の応答を有してもよい。いくつかの変形例では、応答は、特定のトリガに基づいて予め定められてよい。かかる場合、格納された応答信号が、特定のトリガ時に供給されうる。このよ

50

うに、ソース信号を変調する代わりに、回路は、ソース信号の1または複数の特性に応じて予め定められた応答をトリガする。二次回路は、さらに、限られた期間だけ応答を出力するためにタイマを備えてもよい。

【0126】

多くのシステムに、音声の機能を有する触覚技術の実装が有効でありうる（例えば、コンピュータ、スマートフォン、PDA、電子ゲーム）。この変形例では、フィルタリングされた音声は、電気活性ポリマ触覚技術の駆動波形として機能する。これらのシステムで通常利用される音声ファイルは、触覚フィードバックアクチュエータ設計にとって最適な周波数範囲のみを含むようにフィルタリングされうる。図28Eおよび図28Fは、かかる一例のデバイス400（この例では、コンピュータマウス）を示しており、マウスは、マウス本体400内に収容され慣性マス404に結合された1または複数の電気活性ポリマアクチュエータ402を有する。

10

【0127】

現行のシステムは、 $< 200\text{ Hz}$ の最適周波数で動作する。音声波形（ショットガンの爆音の音声またはドアの閉まる音声など）をローパスフィルタリングすることで、 $< 200\text{ Hz}$ の周波数のみをこれらの音声から利用することを可能にすることができる。次いで、このフィルタリングされた波形は、触覚フィードバックアクチュエータを駆動するEPAM電源に入力波形として供給される。これらの例がゲームコントローラで利用される場合、ショットガンの爆音および閉まるドアの音は、触覚フィードバックと同時に鳴って、豊かな体験をゲームユーザに与える。

20

【0128】

一変形例では、既存の音声信号を用いて、別個に生成された音声信号によって生成された音声と同時にユーザインターフェースデバイスで触覚効果を生み出す方法を実行することができる。例えば、その方法は、音声信号をフィルタリング回路にルーティングする工程と、所定の周波数未満の周波数範囲をフィルタリングすることにより、音声信号を修正して触覚駆動信号を生成する工程と、電気活性ポリマトランスデューサに接続された電源に触覚駆動信号を供給することで、音声信号によって生成された音声と同時に触覚効果を駆動するように電源が電気活性ポリマトランスデューサを作動させる工程と、を含みうる。

【0129】

その方法は、さらに、音声効果および触覚効果の両方を同時に生成するように、電気活性ポリマトランスデューサを駆動する工程を備えてもよい。

30

【0130】

図29A～図30Bは、通常（活性化前）状態ではトランスデューサが電力供給されないように、トランスデューサの構造を用いてトランスデューサに電力供給することによって、1または複数のトランスデューサを駆動する別の変形例を示す。以下の記載は、本明細書に記載の任意の設計に取り入れることが可能である。トランスデューサを駆動するためのデバイスおよび方法は、ユーザインターフェースの本体または筐体のプロファイルを小さくしようとする場合に、特に有用である。

【0131】

第1の例では、ユーザインターフェースデバイス400は、複雑なスイッチ機構を必要とせずユーザインターフェース402において触覚効果を生成するように駆動されうる1または複数の電気活性ポリマトランスデューサまたはアクチュエータ360を備える。むしろ、複数のトランスデューサ360は、1または複数の電源380によって電力供給される。図の例では、トランスデューサ360は、上述のような厚みモードトランスデューサ、および、参照によって組み込まれた出願における厚みモードトランスデューサである。ただし、この変形例のために提示する概念は、多くの異なるトランスデューサ設計に適用できる。

40

【0132】

図に示すように、アクチュエータ360は、各トランスデューサ360への接続部とし

50

て機能する 1 または複数の接地バスライン 382 を伴った高圧電源 380 を備える開回路を含む層内に積層されるただし、デバイス 400 は、電源 380 を形成する回路が開状態のままであるために、スタンバイ状態において各アクチュエータ 360 が電力供給されないように構成される。

【0133】

図 29B は、図 29A に示したトランスデューサ 360 を備える単一のユーザインターフェース面 420 を示す。バスライン 382 と電源 380 との間の接続を実現するために、ユーザインターフェース面 402 は、1 または複数の導電面 404 を備える。この変形例では、導電面 404 は、ユーザインターフェースのボタン面 402 を含む。トランスデューサ 360 も、トランスデューサ 360 の出力部材 370 またはその他の部分上に導電面を備える。

10

【0134】

図 29C に示すように、トランスデューサ 360 を作動させるために、ユーザインターフェース面 402 がトランスデューサ 360 内部へたわんだ時に、2 つの導電部分が電気接続されて回路を閉じる。この動作が、電源 380 の回路を閉じる。さらに、ユーザインターフェース面 402 を押下することは、トランスデューサ 360 とのギャップを埋めるだけでなく、面 402 が作動されたことをデバイス 400 が認識するようにデバイス 400 とのスイッチを閉じるためにも利用されうる。

【0135】

この構成の 1 つの利点は、トランスデューサすべてが電力供給されるわけではないことである。むしろ、それぞれのユーザインターフェース面が回路を閉じたトランスデューサのみが電力供給される。この構成は、電力消費を最小限に抑え、アレイ内のアクチュエータ 360 間のクロストークを防止できる。この構成は、かかるデバイスで一般に利用される金属または弾性ドーム型のスイッチを必要としないため、非常に薄いキーボードおよびキーボードを実現可能にする。

20

【0136】

図 30A および図 30B は、埋め込みスイッチとして構成された電気活性ポリマトランスデューサ 360 を有するユーザインターフェース 400 の別の変形例を示す。図 30A に示す変形例では、トランスデューサ 360 とユーザインターフェース面 402 との間に第 1 のギャップ 406 があり、トランスデューサ 360 と筐体 404 との間に第 2 のギャップ 408 がある。この変形例では、図 30B に示すように、ユーザインターフェース面 402 を押下することにより、第 1 のスイッチを閉じる、すなわち、ユーザインターフェース面 402 とトランスデューサ 360 との間に閉回路を確立する。この回路を閉じることにより、高圧電源（図 30A では図示せず）から電気活性ポリマトランスデューサ 360 に電力を送ることが可能になる。ユーザインターフェース面 402 を継続的に押下することにより、デバイス 400 の筐体 404 上に配置されたさらなるスイッチにトランスデューサ 360 を接触させる。後者の接続は、高圧電源がトランスデューサ 360 を作動させてユーザインターフェース面 402 で触感すなわち触覚フィードバックを生み出すことを可能にするデバイス 400 への入力を可能にする。解放すると、トランスデューサ 350 と筐体 404 との間の接続が開く（ギャップ 408 が確立する）。この動作は、デバイス 400 への信号を遮断して、効果的に高圧電源をオフにし、アクチュエータが任意の触覚効果を生み出すことを防止する。ユーザインターフェース面 402 を継続的に解放することにより、ユーザインターフェース面 402 がトランスデューサ 360 から分離され、ギャップ 406 が確立される。この後者のスイッチを開くことにより、効果的にトランスデューサ 360 が電源から切断される。

30

40

【0137】

上述の変形例では、ユーザインターフェース面は、キーボード（QWERTY キーボード、もしくは、他のタイプの入力キーボードまたはパッド）の 1 または複数のキーを含む。EPAM の作動は、現行のドームキーのキー押下に代わるボタンクリック触覚フィードバックを提供する。ただし、この構成は、キーボード、タッチスクリーン、コンピュ

50

ータマウス、トラックボール、スタイラス、コントロールパネル、または、触覚フィードバック感覚が有用である任意の他のデバイスを含むがこれらに限定されない任意のユーザインターフェースデバイスで利用可能である。

【0138】

上述の構成の別の変形例では、1または複数のギャップを閉じると、開いた低圧回路を閉じることができる。次いで、低圧回路は、高圧回路に電力を供給するようにスイッチを動作させる。このように、高圧電力は、トランスデューサを用いて回路が閉じられた時のみ、高圧回路を介してトランスデューサに供給される。低圧回路が開いたままである限りは、高圧電源は接続されず、トランスデューサは電力供給されない。

【0139】

カートリッジを利用することにより、ユーザインターフェース面の設計全体に電気スイッチを組み込むことを可能にし、インターフェースデバイスのための入力信号をアクティブ化するため（すなわち、そのようにしてデバイスはキーの入力を認識する）、および、キーのための触覚信号をアクティブ化するため（すなわち、キーの選択に関連する触感を生成するため）に従来のドームスイッチを用いる必要性を排除することができる。かかる構成が設計の制約内でカスタマイズ可能である場合、各キー押下により、任意の数のスイッチを閉じることができる。

【0140】

組み込まれたアクチュエータスイッチは、アクチュエータに電力供給する電源を備えた回路が各押下によって閉じられるようにキーを構成することにより、各触覚イベントをルーティングすることができる。この構成は、キーボードのための電子機器の要件を簡略にする。各キーのための触感を駆動するために必要な高圧電力は、キーボード全体のための単一の高圧電源によって供給できる。ただし、任意の数の電源が、設計に組み込まれてよい。

【0141】

これらの設計と共に利用可能なEPAMカートリッジは、平面、ダイヤフラム、厚みモード、および、パッシブ結合デバイス（ハイブリッド）を含む。

【0142】

別の変形例では、組み込みスイッチ設計は、さらに、従来のドーム型スイッチ（例えば、ラバードームまたは金属屈曲スイッチ（metal flexure switch））のような双安定スイッチを模倣することを可能にする。一変形例では、ユーザインターフェース面は、上述のように電気活性ポリマトランスデューサをたわませる。ただし、電気活性ポリマトランスデューサの活性化は遅延される。したがって、電気活性ポリマトランスデューサを継続的にたわませることにより、ユーザインターフェース面でユーザが感じる抵抗力が増大する。抵抗は、トランスデューサ内の電気活性ポリマ薄膜の変形によって引き起こされる。次いで、トランスデューサがたわんだ後の所定のたわみまたは持続時間の後に、電気活性ポリマトランスデューサは、ユーザインターフェース面でユーザが感じる抵抗が変化する（通例は、低減する）ように活性化される。ただし、ユーザインターフェース面の変位は継続しうる。電気活性ポリマトランスデューサの活性化におけるかかる遅延は、双安定動作の従来のドームまたは屈曲スイッチを模倣している。

【0143】

図31Aは、双安定効果を生み出すための電気活性ポリマトランスデューサの遅延活性化を示すグラフである。図に示すように、線101は、電気活性ポリマトランスデューサがたわんでトランスデューサの活性化が遅延されている時の電気活性ポリマの不活性時硬さ曲線を示す。線102は、活性化された電気活性ポリマトランスデューサの活性時硬さ曲線を示す。線103は、不活性時硬さ曲線に沿って上昇し、その後、作動された時に、硬さが活性時硬さ曲線102に向かって落ち込むような電気活性ポリマトランスデューサの力のプロファイルを示す。一例では、電気活性ポリマトランスデューサは、ストロークの中間のどこかで活性化される。

【0144】

10

20

30

40

50

線 103 のプロファイルは、ラバードームまたは金属屈曲式の双安定機構の硬さをたどった同様のプロファイルに非常に近い。図に示すように、EAPアクチュエータは、ラバードームの力のプロファイルをシミュレートするのに適している。不活性時および活性時の曲線の間差が、感触に対して主に寄与するものであり、すなわち、ギャップが大きいほど、可能性が高くなり、より強い感覚が得られる。

【0145】

曲線の形状と、所望の曲線すなわち応答を実現するための機構は、アクチュエータのタイプとは無関係でありうる。さらに、任意のタイプのアクチュエータ（ダイヤフラムアクチュエータ、厚みモード、ハイブリッドなど）の活性化の応答は、所望の触覚効果を提供するために遅延されうる。かかる場合、電気活性ポリマトランスデューサは、電圧を印加することによって出力される反力を変化させる可変パネとして機能する。図 31B は、電気活性ポリマトランスデューサの活性化の遅延を用いた上述のアクチュエータの変形例に基づいたさらなるグラフを示す。

10

【0146】

電気活性ポリマトランスデューサを駆動するための別の変形例は、閾値入力信号を与えられた格納された波形を用いることを含む。入力信号は、音声またはその他のトリガ信号を含みうる。例えば、図 32 に示す回路は、オーディオ信号が格納波形のトリガとして機能することを示している。ここでも、システムは、音声信号の代わりにトリガ信号またはその他の信号を用いることができる。この方法は、音声信号から直接的にアクチュエータを単に駆動するのではなく、1または複数の所定の波形で電気活性ポリマトランスデューサを駆動する。このアクチュエータ駆動方法の1つの利点は、格納波形を利用することにより、最小限のメモリおよび複雑さで、複雑な波形およびアクチュエータ動作を実現できることである。アクチュエータ動作は、アナログ音声信号を用いるのではなく、アクチュエータに最適化された駆動パルスを用いることによって強化されうる。アクチュエータの応答は、入力信号と同期してもよいし、遅延されてもよい。一例では、0.25Vのトリガ閾値が、トリガとして用いられてよい。次いで、この低レベル信号は、1または複数のパルス波形を生成しうる。別の変形例では、この駆動技術は、任意の数の条件（例えば、ユーザインターフェースデバイスの位置、ユーザインターフェースデバイスの状態、デバイス上で実行されているプログラムなど）に基づいて異なる出力信号を有するために同じ入力信号またはトリガ信号を利用することを潜在的に可能にしうる。

20

30

【0147】

図 33A および図 33B は、単一の駆動回路で二相の活性化を提供することによって電気活性ポリマトランスデューサを駆動するためのさらに別の変形例を示す。図に示すように、二相トランスデューサの三本の電力リード線の内、一方の相に関する1つのリード線は高電圧で一定に保たれ、他方の相に関する1つのリード線は接地され、両方の相に共通の第3のリード線は、接地から高電圧まで電圧が変化するように駆動される。これにより、一方の相の活性化が、第2の相の不活性化と同時に起きることが可能になり、二相アクチュエータの飛び移り現象の性能が強化される。

【0148】

別の変形例では、ユーザインターフェース面の機械的挙動に合わせて調整を行うことにより、本明細書に記載したようなユーザインターフェース面上での触覚効果が改善されうる。例えば、電気活性ポリマトランスデューサタッチスクリーンを駆動する変形例では、触覚信号は、触覚効果後のユーザインターフェース面の望ましくない動きを防止しうる。デバイスがタッチスクリーンを含む場合、通例、スクリーン（すなわち、ユーザインターフェース面）の動きは、タッチスクリーン面内または面外（例えば、z軸方向）で起きる。いずれの場合でも、電気活性ポリマトランスデューサは、図 34B に概略的に示すように、触覚応答を生み出すためにインパルス 502 によって駆動される。ただし、結果として生じる動きには、ユーザインターフェース面（例えば、タッチスクリーン）の変位を示す図 34A のグラフに示すように、遅れた機械的な共鳴または振動 500 が続く。触覚効果を改善するために、触覚効果を駆動する方法は、複雑な波形を用いて、現実的な触

40

50

覚効果を生み出すために電氣的な抑制を提供することを含みうる。かかる波形は、触覚駆動部分 502 と、抑制部分 504 とを含む。触覚効果が上述のように「キークリック」を含む場合、電氣的抑制波形は、より現実的な感覚を生み出すために、遅れた効果を排除または低減することができる。例えば、図 34 A および図 34 C の変位の曲線は、キークリックを模倣しようとする場合の変位曲線である。ただし、感覚の電氣的な抑制を用いて、任意の数の触感を改善できる。

【0149】

図 35 は、電気活性ポリマトランスデューサに電力供給するためのエネルギー生成回路の一例を示す。多くの電気活性ポリマトランスデューサは、電力を生み出すための高電圧電子機器を必要とする。機能および保護を提供する単純な高電圧電子機器が必要である。基本的なトランスデューサ回路は、低電圧プライミング電源 (low voltage priming supply)、接続ダイオード、電気活性ポリマトランスデューサ、第 2 の接続ダイオード、および、高電圧コレクタ電源からなる。ただし、かかる回路は、所望の量のサイクル当たりエネルギーを得るのに効果的でない場合があり、比較的高い電圧のプライミング電源を必要とする。

10

【0150】

図 35 は、単純な電力発生回路設計を示す。この回路の 1 つの利点は、設計の単純さである。(機械力が印加されていると仮定すれば) 発電機を稼働するのに必要なのは小さい始動電圧(約 9 ボルト)のみである。電気活性ポリマに対する高電圧の伝達を制御するために、制御レベル電子機器を必要としない。回路の出力側にあるツェナーダイオードによって、受動的な電圧調整が実現される。この回路は、高電圧 DC を生み出すことが可能であり、約 0.04 ~ 0.06 ジュール/グラムのエネルギー密度レベルで電気活性ポリマトランスデューサを動作させることができる。この回路は、適度な電力を発生させること、および、電気活性ポリマトランスデューサの実現可能性を明らかにすることに適している。図の回路は、電気活性ポリマトランスデューサの機械的サイクル当たりのエネルギー伝達を最大化するために電荷移動技術を利用しつつ、簡略さを維持している。さらなる利点には以下の利点が含まれる。非常に低い電圧(例えば、9 ボルト)でのセルフプライミング (self priming) を可能にする。可変周波数と可変ストローク動作の両方を実現する。単純な電子機器(すなわち、制御シーケンスを必要としない電子機器)でサイクル当たりのエネルギー伝達を最大化する。可変周波数および可変ストローク用途の両方で動作する。トランスデューサに過電圧保護を提供する。

20

30

【0151】

駆動方式

【0152】

一変形例では、駆動方式(例えば、アナログ(音声信号など)またはデジタル・パーストもしくはそれらの組み合わせ)を選択することによって、触覚応答または効果を調整することができる。

【0153】

多くの場合、システムは、例えば高周波数で、電流引き込みが高すぎる場合に、電圧を遮断または低減する回路を用いて、電力消費を制限することができる。第 1 の例では、第 2 の段は、コンバータの入力段が所定の電圧を超えない限りは動作できない。第 2 の段が初期化すると、回路は、入力電力が限られている場合には、第 1 の段の電圧を降下させた後に、第 2 の段を停止する (drop out of)。低周波数では、触覚応答が、入力信号に続いて起きる。しかしながら、高周波数ではより大きい電力が必要であるため、応答は、入力電力に応じて短縮される。電力消費は、サブアセンブリおよび駆動設計を最適化するために必要な評価基準の 1 つである。このように応答を短縮すると、電力が節約される。

40

【0154】

別の変形例では、駆動方式は、振幅変調を利用することができる。例えば、アクチュエータ電圧は、信号振幅が、入力信号振幅に基づいて増減される場合に、共振周波数で駆動

50

されうる。このレベルは、入力信号によって決定され、周波数は、アクチュエータの設計によって決定される。

【0155】

フィルタまたは増幅器を用いて、アクチュエータの最高性能をもたらす入力駆動信号の周波数を高めることができる。これにより、ユーザによる触覚応答の感度を向上させること、および/または、ユーザが望む効果を強調することが可能になる。例えば、サブアセンブリ/システムの周波数応答は、駆動入力信号として用いられる音声効果の高速フーリエ変換を一致/重複させるよう設計されてよい。

【0156】

触覚効果を生み出すための別の変形例は、ロールオフフィルタの利用を含む。かかるフィルタは、高い電力引き込みを必要とする高周波数の減衰を可能にする。この減衰を補償するために、サブアセンブリは、より高い周波数にて共振を有するよう設計されうる。サブアセンブリの共振周波数は、例えば、アクチュエータの剛性を変更する（例えば、誘電材料を変更する、誘電体薄膜の厚さを変える、電極材料の種類または厚さを変更する、アクチュエータの寸法を変更することによる変更）、アクチュエータスタック内のカートリッジの数を変更する、アクチュエータへの負荷すなわち慣性マスを変更することによって調整されうる。薄膜を薄く、材料を柔らかくすると、電流/電力の制限に達するのに必要な遮断周波数を、より高い周波数にすることができる。共振周波数の調整が様々な方法で実行されうることは明らかである。周波数応答は、複数のアクチュエータの種類を組み合わせることで調整されてもよい。

【0157】

単純なフォロワ回路を用いるのではなく、入力駆動信号の閾値を用いて、電力要求の少ない任意の波形を有するパーストをトリガすることができる。この波形は、より低い周波数を有しうる、および/または、応答を強化するために、システム（サブアセンブリおよびハウジング）の共振周波数に関して最適化されうる。さらに、電力負荷を制御するために、トリガの間の遅延時間を利用してよい。

【0158】

ゼロ交差電力制御

【0159】

別の変形例では、制御回路が、入力音声波形を監視して、高圧回路を制御することができる。かかる場合、図36Aに示すように、ゼロ電圧値512をまたぐ各移行について、音声波形510が監視される。これらのゼロ交差512により、制御回路は、交差時間値および電圧条件を示すことができる。

【0160】

この制御回路は、ゼロ公差時間および電圧スイング方向に基づいて高電圧を変化させる。図36Bに示すように、ゼロ交差に関して、正のスイングの高電圧駆動が、514において0Vから1kV（高電圧レール値）まで変化する。ゼロ交差に関して、負のスイングの高電圧駆動が、516において1kVから0V（低電圧レール値）まで変化する。

【0161】

このような制御回路は、作動イベントが、音声信号510の周波数と一致することを可能にする。さらに、制御回路は、より高い周波数のアクチュエータイベントを取り除いて40~200Hzのアクチュエータ応答範囲を維持するためのフィルタリングを可能にする。矩形波は、慣性駆動設計に最高の作動応答を提供し、電力供給要素の制限によって設定されうる。充電時間は、電力供給要件を制限するために調整されうる。作動力を正規化するために、三角波によって機械共振周波数を変更し、矩形波によってオフ共振周波数作動に電圧を印加することができる。

【0162】

図36Cは、触覚信号の駆動の別の変形例を示す。この例では、触覚フィードバックは、音声から触覚作動に変換されうる。例えば、発信者ID600またはその他の識別データに基づいて発信者を一意的に識別する触覚着信音606を自動的に生成することによ

10

20

30

40

50

て、触覚信号 610 が提供されうる。さらなる変形例では、処理は、音声 602 に基づいて触覚着信音 606 を生成する。その結果、学習は、ほとんどまたは全く必要とされない。例えば、電話が、(ジョンの発信者 ID に基づいて) 触覚周波数「ジョン・スミス」でブザーを鳴らすことにより、「ジョン・スミス」と「しゃべる」と、ユーザは、触覚着信音に基づいて発信者を特定できる。

【0163】

一変形例では、触覚フィードバックは、以下のように変換される。(発信者 ID) 600 -> (テキストから音声) 602 -> (音声から触覚) 604、606 -> (触覚アクチュエータへの出力) 608。例えば、デバイスが電話である場合、発信者の名前またはその他の識別情報を特定する触覚振動を提供することによって、電話はベルを鳴らし、または、振動することができる。低周波数搬送波(例えば、100 Hz)は、デバイスが、2音節の名前を持つ発信者を多音節の名前から区別することを可能にしうる。

10

【0164】

単純な音声-テキスト変換は、10 Hz 以下の音声信号を整流して低域通過フィルタリングすることにより、ラウドネスエンベロープ $L = f(t)$ を得ることを含む。このラウドネス信号は、触覚周波数(例えば、約 100 Hz)の搬送波振動の振幅を変調するために利用できる。これは、基本的な振幅変調であり、発信者の名前に含まれる音節の数、および、強調される分節を区別するのに十分である。よりリッチなコーディングは、周波数および振幅の両方を変調し、誘電体エラストマ・アクチュエータの忠実度をよりよく引き出す。無数の音声-テキスト変換が可能であり、その多くが適したものである(例えば、AM、FM、ウェーブレット、ポコダ)。実際に、聴覚障害者が唇の動きを読む助けとなる触覚補聴器のために、音声情報を保存するよう設計された音声-テキスト変換がすでに開発されている(例えば、Tactaid および Tactilator)。

20

【0165】

ハウジング

【0166】

本開示は、さらに、触覚フィードバックを改善または強化するためのデバイスを構成することを含む。図 37A に示すように、ユーザによって印加された力 518 がデバイス構造の剛性本体を通して伝わると、その力は、デバイス 520 と、地面 522 またはその他の支持面との間の摩擦の効果を増大させる。図 37A から図 37C に示すデバイス 520 は、コンピュータ周辺機器(マウス)であるが、ここで利用されている原理は、フィードバックを必要とする様々なデバイスに組み込むことができる。例えば、デバイスは、ボタン、キー、ゲームパッド、ディスプレイスクリーン、タッチスクリーン、コンピュータマウス、キーボード、および、他のゲームコントローラを含みうる。

30

【0167】

図 37A に戻ると、印加された力 518 は、支持面 522 に向かってデバイス 520 を押すことによって地面にとどめる。これにより、(矢印 526 で示すような) 任意の触覚フィードバック力が、シャーシ 528 またはハウジング 530 に作用する。すなわち、触覚力 526 は、デバイス 520 の作業面 532 に印加された力 518 によって抑制される。結果として、アクチュエータ 524 は、慣性効果を生み出すためにアクチュエータに結合された任意のマスのみを作動させる。

40

【0168】

改善された触覚効果を有するデバイス 520 を提供するために、ハウジング 530 の 1 または複数の表面 532 すなわち作業面 532 は、アクチュエータ 524 によって生成された触覚フィードバック力を強化するよう構成されうる。例えば、ユーザインターフェース面 532 に隣接する部分 534 は、所望のように触覚力を伝達するよう加工されうる。例えば、これらの部分は、ハウジングを通しての応答の感度を改善するために、より柔軟な結合点またはより少ない取り付け点を含みうる。さらなる変形例では、サブアセンブリの共振は、ハウジングの共振と適合または最適化されうる。別の変形例では、ハウジングの形状は、特定の応答を強化するように調整されうる。例えば、感度を向上させるか、ま

50

たは、ハウジングの共振を変えるために、1または複数の部分534を薄く、柔軟に、または、折り重なるように構成してよい。

【0169】

例えば、デバイス520の触覚フィードバックの改善は、異なる位置で異なる共振をもたらすようにケーシングを設計することによって調整されうる。例えば、指先部分534（例えば、図37Bに示すような部分）の近くの領域で、高い周波数が好ましく、手のひら部分536の下などの他の領域で、低い周波数が好ましい場合がある。駆動信号の選択によって、ユーザは局所的な応答を感じる。

【0170】

別の変形例では、図37Cに示すように、デバイス534は、支持面522と接するフレーム、ベース、または、シャーシ528にハウジング530を結合する1または複数のコンプライアント（柔軟）なマウント534を含む。コンプライアントなベースマウント534を用いると、デバイス520のベース528が接地面に対してとどまったまま、アクチュエータ524の作動エネルギーにより、触覚力でハウジング530を駆動することができる。このようなコンプライアントなベースマウント534は、アクチュエータ524からユーザインターフェース面532の関連部分への触覚力の伝達を可能にするためにデバイス520の任意の位置に配置され得る。例えば、1または複数のコンプライアントなマウント538は、デバイス520の周囲で上部ハウジング530をベース528に取り付けることができる。図37Cは、さらに、故障を防ぐため、または、パッケージングと共に、デバイス520の内部構造の環境への露出を低減するために、1または複数の機械的ストップ536を随意的に備えるデバイス520を示す。

10

20

【0171】

さらなる変形例では、触覚応答は、トランスデューサのサブアセンブリの設計によって調整されうる。利用するカートリッジ（または、結合されたトランスデューサ）を少なくすると、より低い周波数で実行できる比較的硬くないシステムが形成される。

【0172】

より多くのカートリッジを用いると、より広い範囲の周波数を含むより高い周波数に応答するようになる。慣性マスを選択することにより、共振応答を様々な周波数範囲に移すことができる。サブアセンブリは、駆動周波数が共振周波数に近い場合に、より強い応答によってより低い電圧で駆動されうる。より低い共振周波数では、より高い駆動周波数での性能に、よりシャープなカットオフが存在する。

30

【0173】

より高い共振周波数では、応答のピークが広く、より広い範囲の周波数にわたって高い忠実度が実現される。

【0174】

いくつかの変形例では、慣性マスは、アクチュエータモジュールおよび駆動回路の総体積を減らすために、変圧回路に置き換えることができる。例えば、図37Bに示すように、1または複数のバッテリーまたはキャパシタ蓄電器が、最大負荷時に電荷を提供することができる（かかるバッテリーまたはキャパシタを要素540で示す）。構造540は、ユーザインターフェースデバイスの重り、電源、バッテリー、回路基板、および、キャパシタを含みうる。デバイス520内の既存の構造を用いれば、アクチュエータアセンブリの全体のフォームファクタおよび空間利用が改善される。

40

【0175】

別の変形例は、インダクタを慣性マスとして利用することを含む。空間を節約する利点に加えて、最小サイズの別個の電子回路によって可能になる大きいインダクタの利用によって、より効率的な電力変換を実現することで、電力効率を改善できる（そして、電流引き込みを低減できる）。これは、共振駆動に特に当てはまるが、オーディオフォロワ設計にも当てはまる。

【0176】

上述のコンプライアントガスケットに加えて、または、その代わりに、システムは、任

50

意の駆動出力マスおよびベースマスを備えうる。駆動出力マスはデバイスの本体を含み、ベースマスはデバイスのベースを含む。トランスデューサを駆動することにより、両方のマスで振動を起こし、一方のマスがユーザにフィードバックを供給するために用いられる。

【0177】

触覚フィードバックを増大させるために、トランスデューサとベースとの間の摩擦を低減する任意の部材または構成を利用することができる。例えば、操作層は、接触面（例えば、ディスプレイ、タッチスクリーン、または、バックライト拡散板の下面）に対する摩擦係数が低い材料から形成されて表面積を最小化する突起または点状の成形された形状を含む。摩擦低減材料は、低い摩擦係数と移動可能な表面とを有する材料を含みうる。

10

【0178】

図38A～図38Eは、内部に位置するアクチュエータ524によって生成される触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングを用いる別の例のデバイス542（この例では、ハンドセットユニット）を示す。図38Aは、デバイスのユーザインターフェース面532を示す。図38Bは、ユーザインターフェース面532の側面図である。この例では、ユーザインターフェース面の背面は、ユニット542のシャーシ、本体、または、ベース528に対するユーザインターフェース面532の過度の移動を制限するための停止面536を備える。図38Cは、アクチュエータ524とユニットの他の構成要素548とを有するユニット542のベース528を示す。上述のように、構成要素548は、任意に、アクチュエータが慣性力を生み出すことを可能にするマスとして機能しうる。図38Dは、ベース528に結合されたユーザインターフェース面532を示す。

20

【0179】

図38Eは、ベース528とユーザインターフェース面532との間に位置する1または複数のベアリング544を有する別の変形例のデバイス542を示す。図に示すように、ベアリングは、任意に、レール550に配置されてよい。図の例のデバイス542は、デバイス542の長さに沿って2本のレール550を備えるが、変形例は、レールが摩擦を低減して、アクチュエータ524によって生み出される触覚力を強化できる限りは、デバイス内の任意の場所に配置された1または複数のレール550を備えてよい。

【0180】

触覚電子機器を駆動するために用いられる回路技術は、回路の専有面積を最適化し（すなわち、回路のサイズを小さくし）、触覚アクチュエータの効率を増大し、潜在的にコストを低減するように選択できる。以下の図は、かかる回路図の例を示すものである。図39Aは、フォトフラッシュコントローラのための電源を含む一例を示す。図39Bは、閉ループフィードバックを備えたプッシュプル金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）アレイを備える第2の例の回路を示す。

30

【0181】

本発明の他の詳細について、関連技術の当業者の技術水準の範囲で、材料および別の関連する構成が利用されてもよい。一般にまたは論理的に用いられるさらなる動作に関して、本発明の方法の態様にも、同じことが当てはまりうる。さらに、本発明は、いくつかの例（随意的に様々な特徴を含む）を参照しつつ説明されているが、本発明は、本発明の各変形例に関して予期されるように、記載または示唆されたものに限定されない。記載された発明に様々な変更を加えてよく、本発明の真の精神および範囲から逸脱することなく、等価物（本明細書に記載のもの、または、簡単のために記載されていないもの）に置き換えてよい。図に示した個々の部品またはサブアセンブリは、任意の数だけ設計に組み込まれてよい。かかる変更などは、アセンブリの設計の原則によって実行または指導されてよい。

40

【0182】

また、記載されている本発明の変形例の任意の随意的な特徴は、独立して、あるいは、本明細書に記載の特徴の内の任意の1または複数の特徴と組み合わせ、記載および請求されうることが想定される。単一の要素への言及は、同じ要素が複数存在する可能性を含

50

む。より具体的には、本明細書および添付の特許請求の範囲で用いられるように、単数形の「1つの(a)」、「1つの(an)」、「前記(said)」、および、「the」は、特に言及しない限りは複数の対象物を含む。換言すると、この冠詞を用いることは、上述の説明および以下の特許請求の範囲において「少なくとも1つの」対象要素が含まれるということの意味しうる。特許請求の範囲は、任意の随意的な要素を排除するように記載されうることに注意されたい。したがって、この記述は、請求項の要素の記載と組み合わせで「単独で(solely)」、「のみ(only)」などの排他的用語を用いるため、または、「否定的」限定を用いるための先行の根拠として機能することが意図されている。かかる排他的用語を用いない場合には、請求項における用語「備える(comprising)」は、一定数の要素が請求項内で列挙されるか、特徴の付加が請求項に記載されている要素の性質を改変すると見なされうるかに関係なく、任意の追加要素の包含を許容する。その他、本明細書で特に規定しない限りは、本明細書で用いられている技術用語および科学用語はすべて、請求項の妥当性を維持しつつ、可能な限り広い一般的に理解されている意味が与えられる。

【図1A】

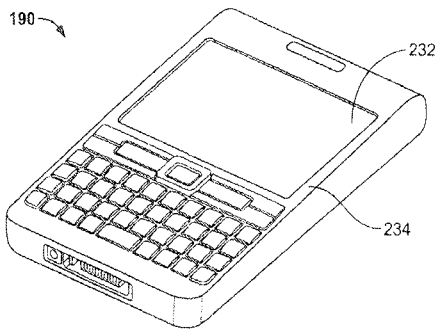


FIG. 1A

【図1B】

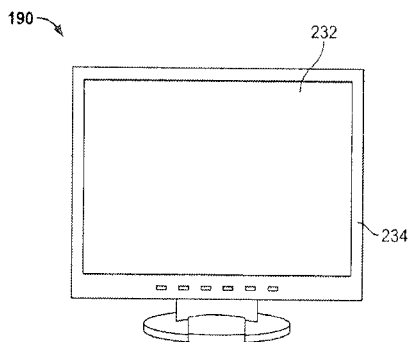


FIG. 1B

【図2A】

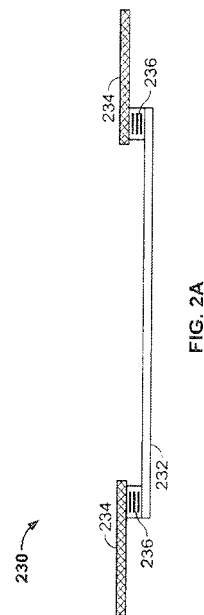


FIG. 2A

【 図 2 B 】

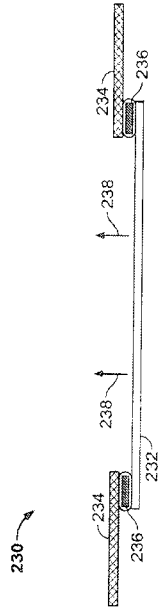


FIG. 2B

【 図 3 A 】

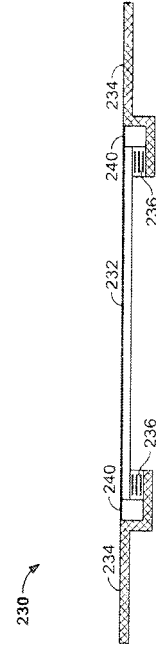


FIG. 3A

【 図 3 B 】

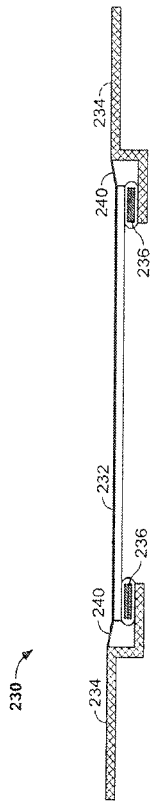


FIG. 3B

【 図 4 】

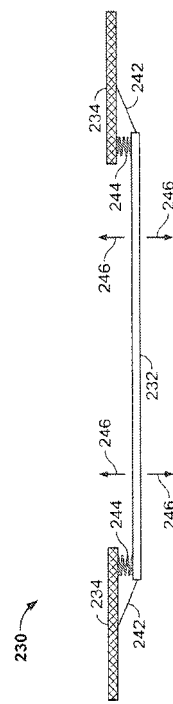


FIG. 4

【 図 5 】

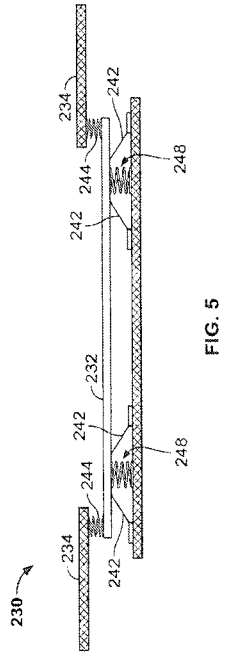


FIG. 5

【 図 6 A 】

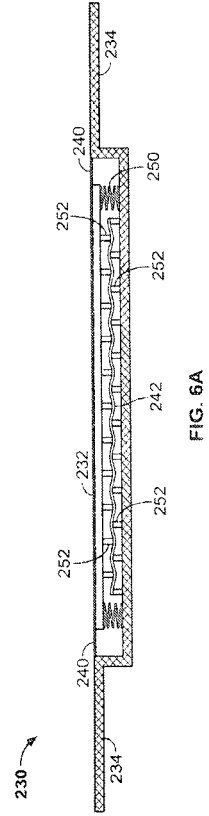


FIG. 6A

【 図 6 B 】

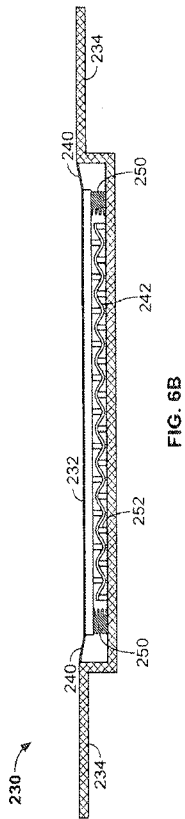


FIG. 6B

【 図 7 A 】

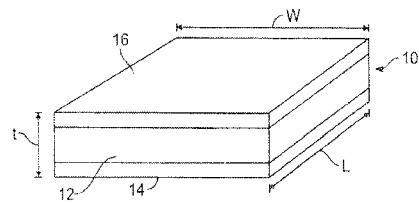


FIG. 7A

【 図 7 B 】

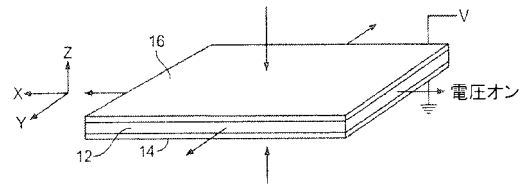


FIG. 7B

【 図 8 A 】

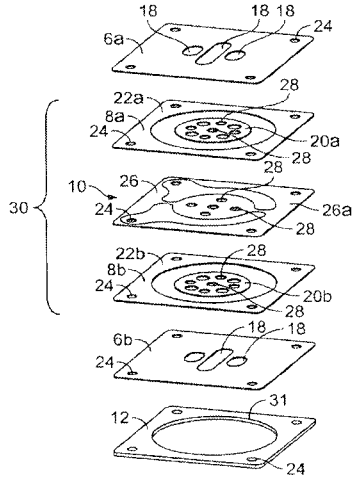


FIG. 8A

【 図 8 B 】

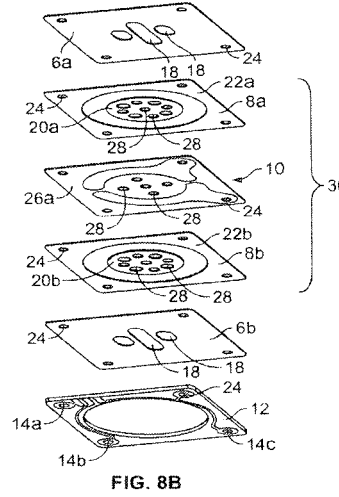


FIG. 8B

【 図 9 A 】

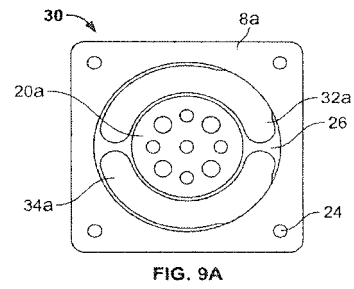


FIG. 9A

【 図 9 B 】

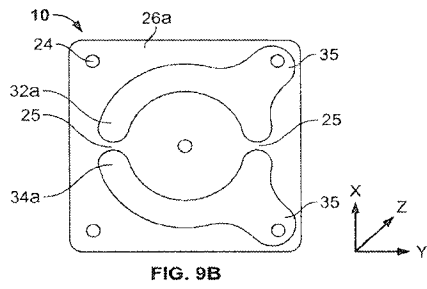


FIG. 9B

【 図 9 C 】

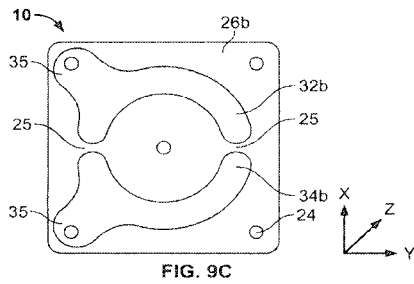


FIG. 9C

【 図 9 D 】

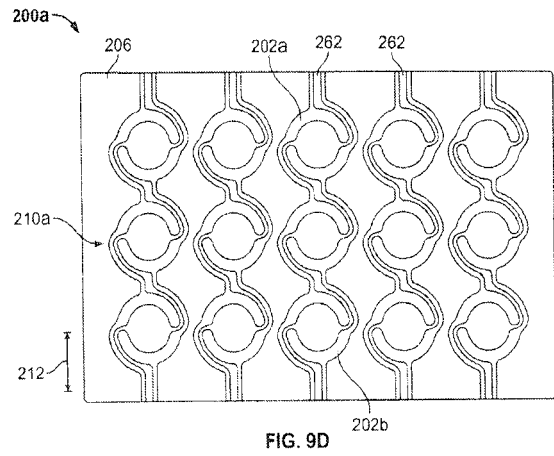


FIG. 9D

【 図 9 E 】

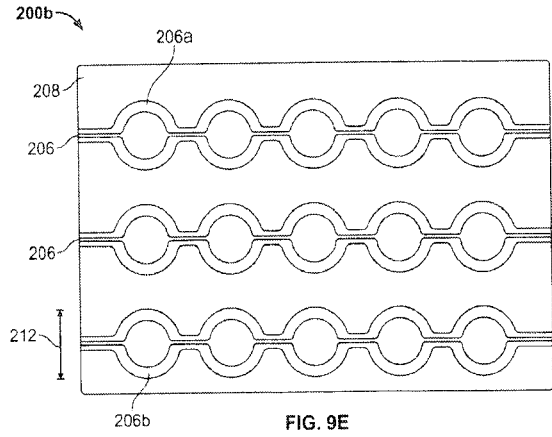


FIG. 9E

【 図 9 F 】

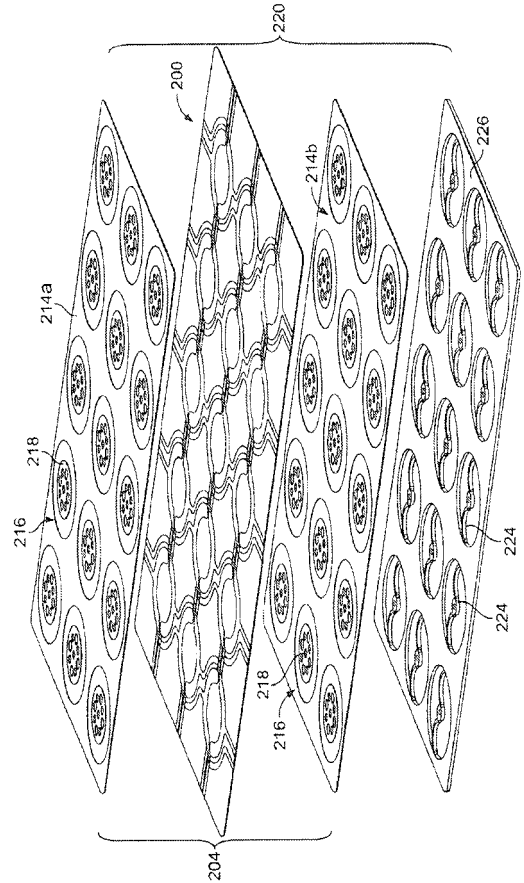


FIG. 9F

【 図 9 G 】

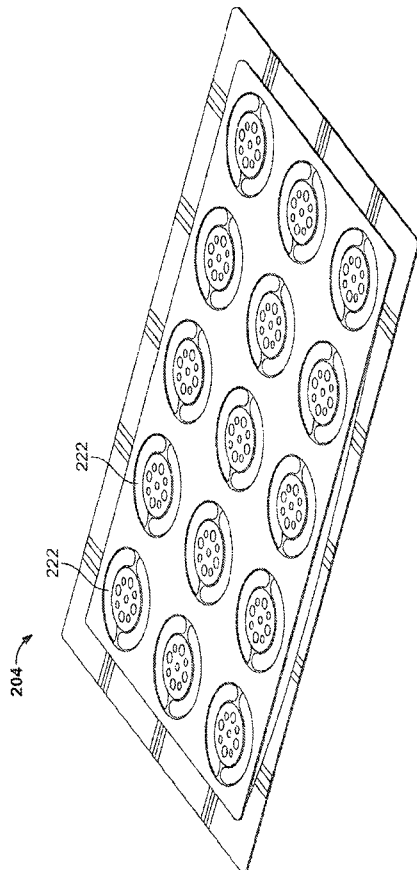


FIG. 9G

【 図 1 0 】

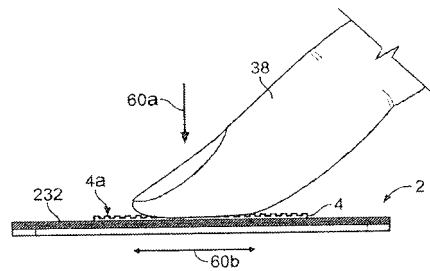


FIG. 10

【 図 1 1 A 】

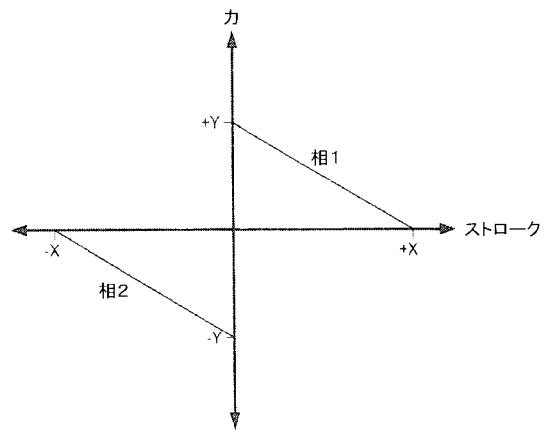


FIG. 11A

【図11B】

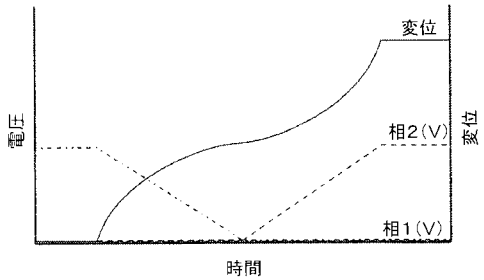


FIG. 11B

【図11D】

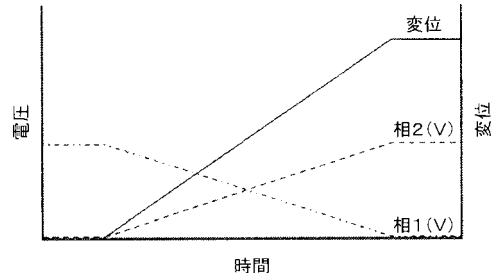


FIG. 11D

【図11C】

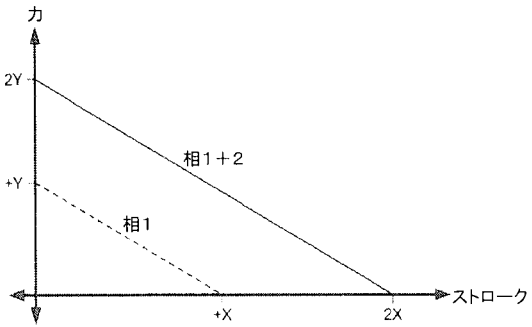


FIG. 11C

【図12A】

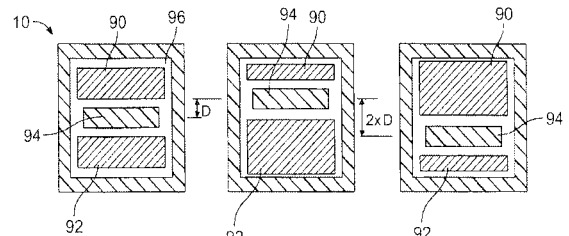


FIG. 12A

FIG. 12B

FIG. 12C

【図12B】

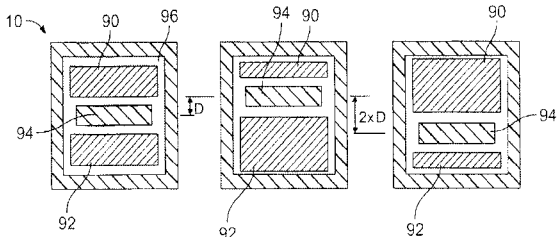


FIG. 12A

FIG. 12B

FIG. 12C

【図12D】

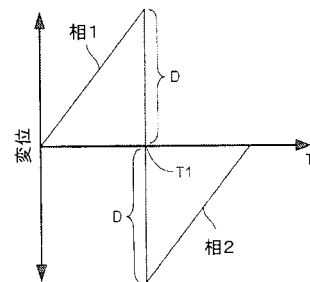


FIG. 12D

【図12C】

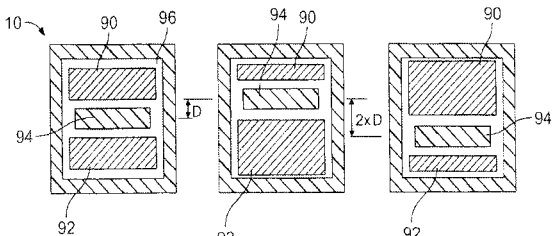


FIG. 12A

FIG. 12B

FIG. 12C

【図 13】

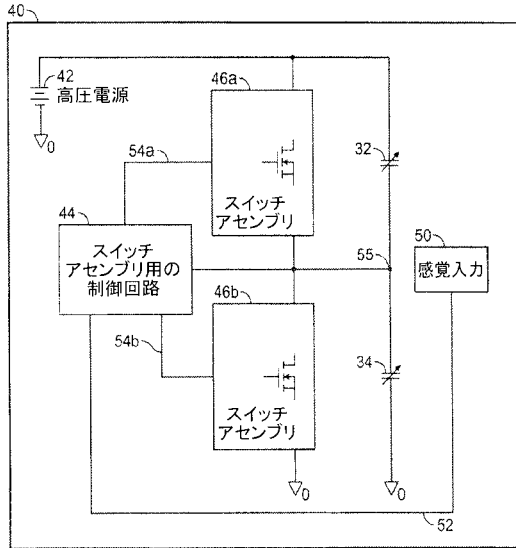


FIG. 13

【図 14 A】

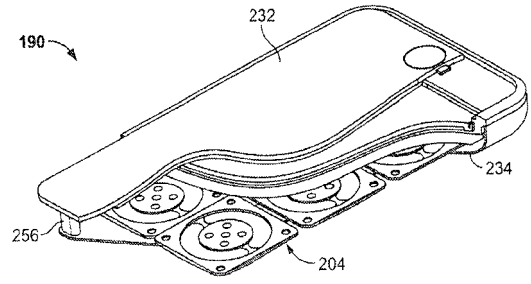


FIG. 14A

【図 14 B】

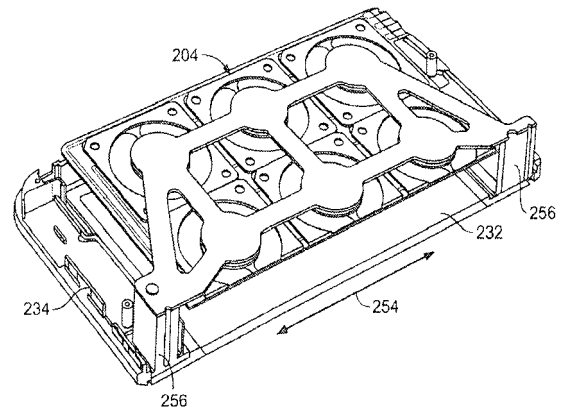


FIG. 14B

【図 15 A】

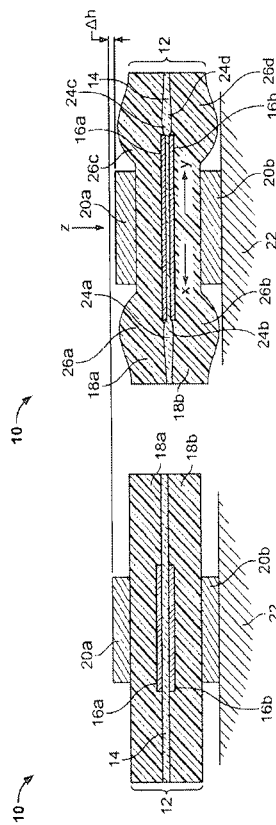


FIG. 15A

FIG. 15B

【図 15 B】

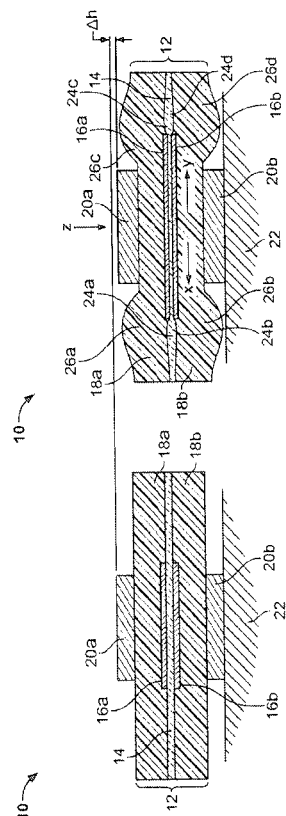


FIG. 15A

FIG. 15B

【 図 1 6 A 】

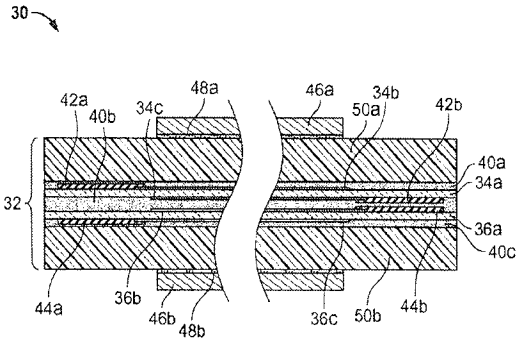


FIG. 16A

【 図 1 6 B 】

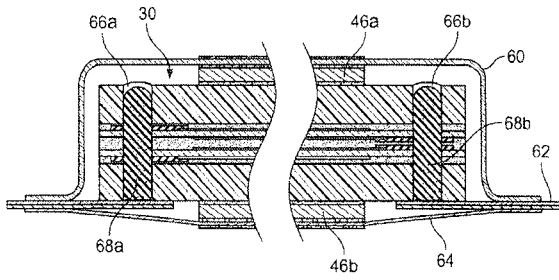


FIG. 16B

【 図 1 7 A 】

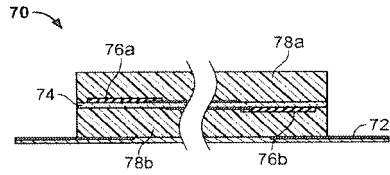


FIG. 17A

【 図 1 7 B 】

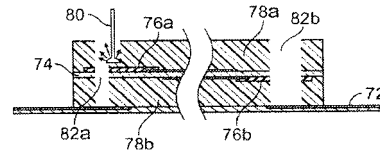


FIG. 17B

【 図 1 7 C 】

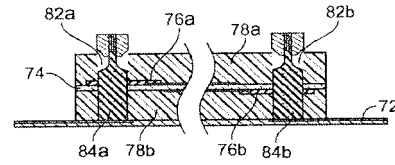


FIG. 17C

【 図 1 7 D 】

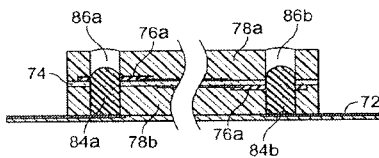


FIG. 17D

【 図 1 8 C 】

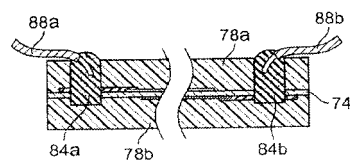


FIG. 18C

【 図 1 8 A 】

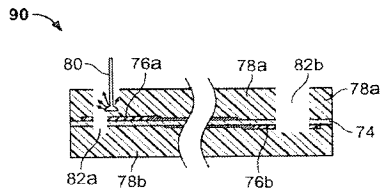


FIG. 18A

【 図 1 8 D 】

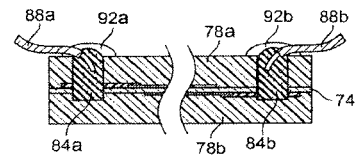


FIG. 18D

【 図 1 8 B 】

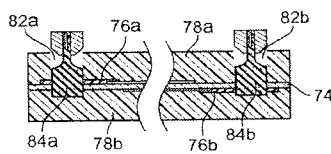


FIG. 18B

【 図 19 】

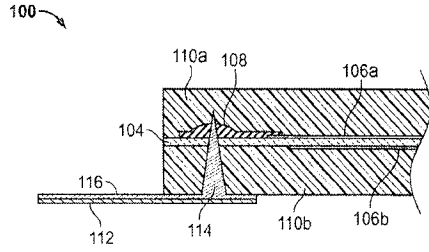


FIG. 19

【 図 20 B 】

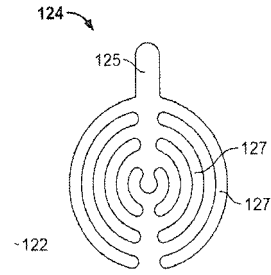


FIG. 20B

【 図 20 A 】

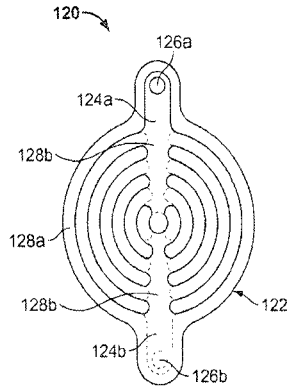


FIG. 20A

【 図 21 】

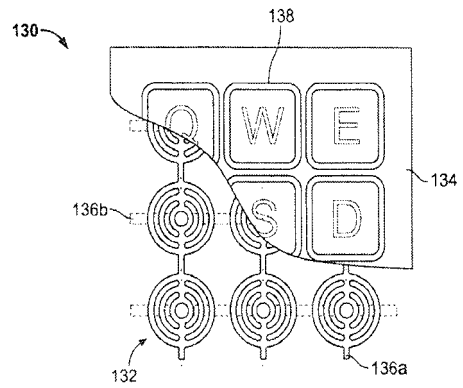


FIG. 21

【 図 22 】

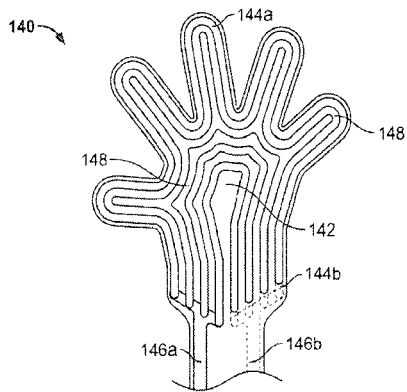


FIG. 22

【 図 23 】

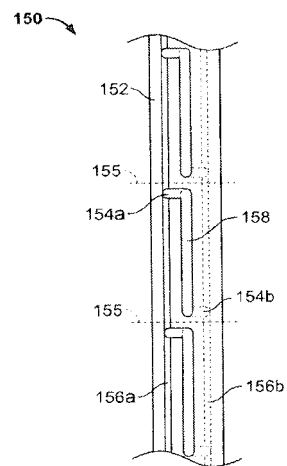


FIG. 23

【 図 2 4 】

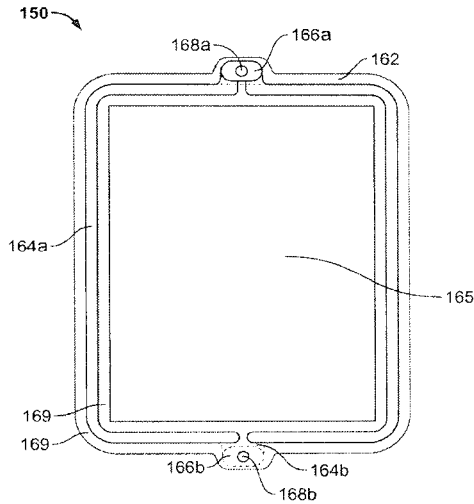


FIG. 24

【 図 2 5 A 】

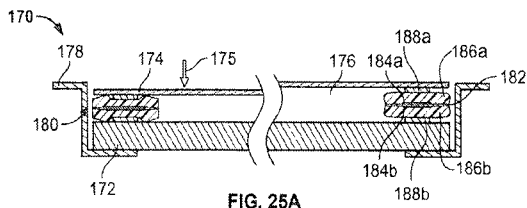


FIG. 25A

【 図 2 5 B 】

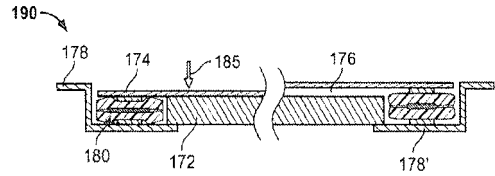


FIG. 25B

【 図 2 5 C 】

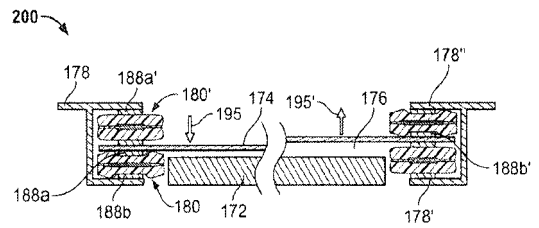


FIG. 25C

【 図 2 5 D 】

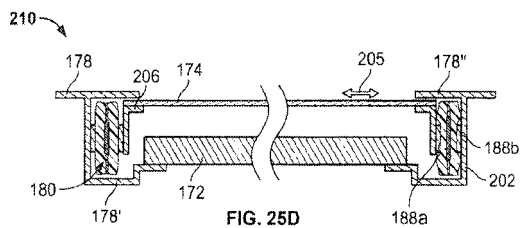


FIG. 25D

【 図 2 6 A 】

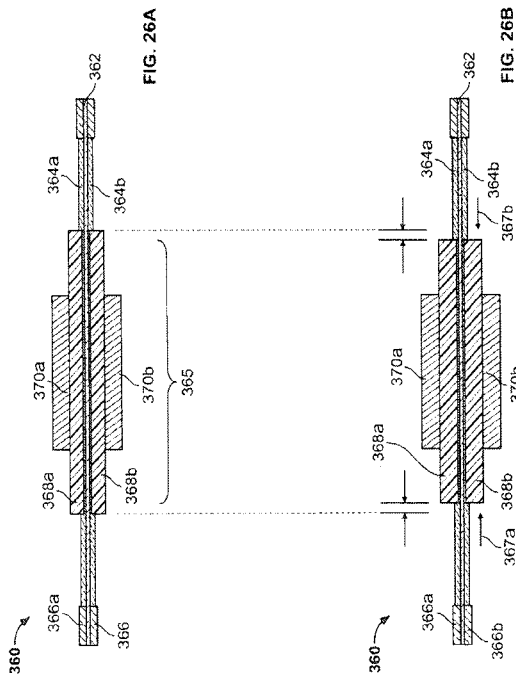


FIG. 26A

FIG. 26B

【 図 2 6 B 】

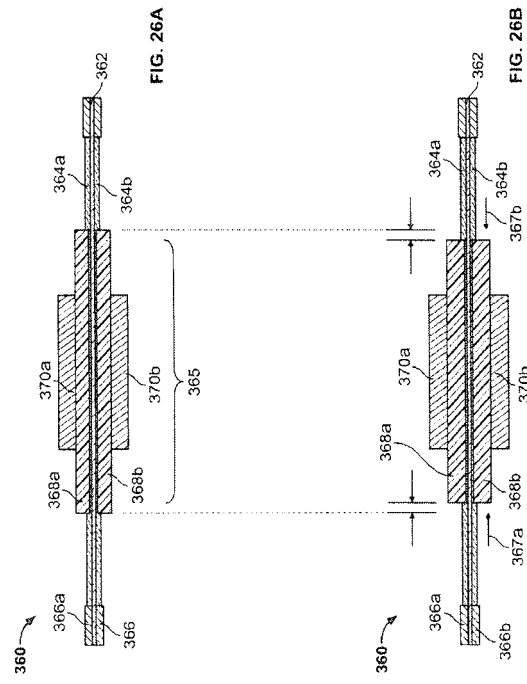


FIG. 26A

FIG. 26B

【 図 27 A 】

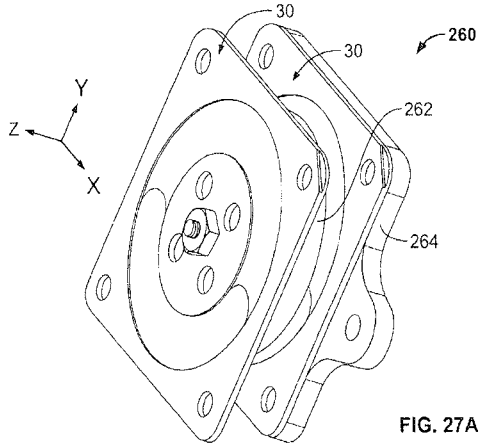


FIG. 27A

【 図 27 B 】

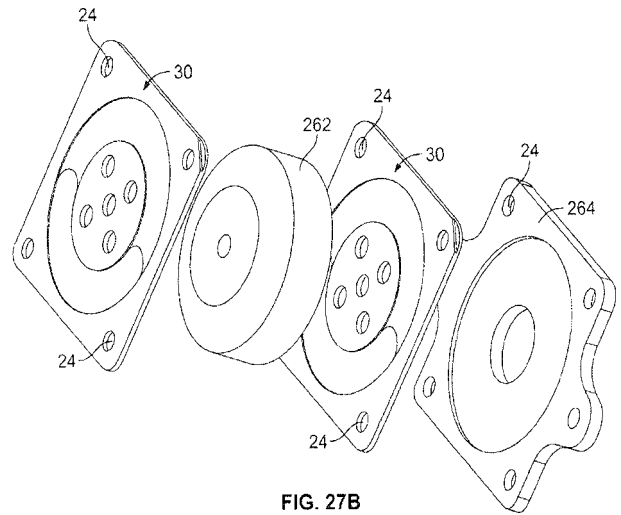


FIG. 27B

【 図 27 C 】

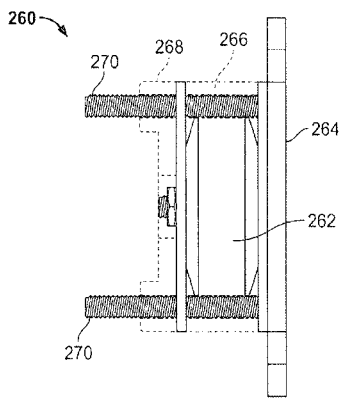


FIG. 27C

【 図 27 D 】

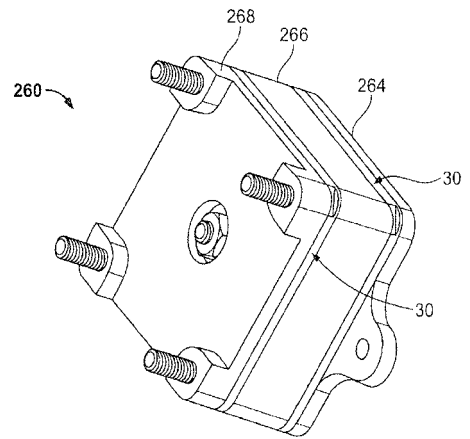


FIG. 27D

【図 27E】

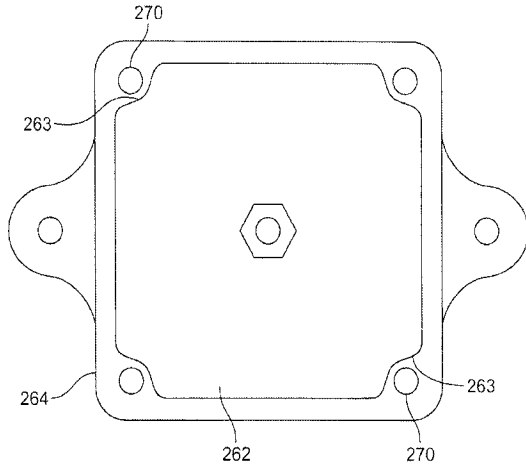


FIG. 27E

【図 28A】

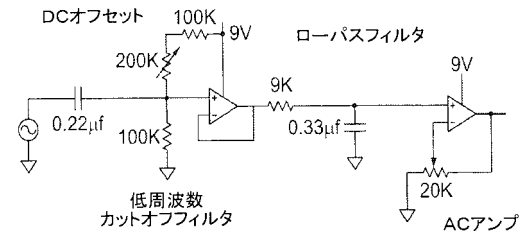


FIG. 28A

【図 28B】

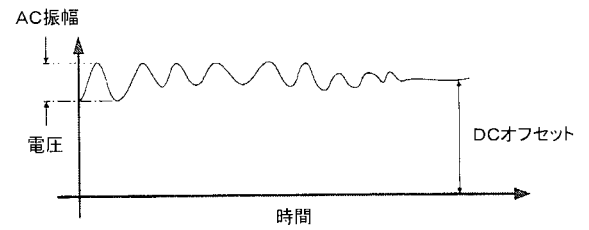
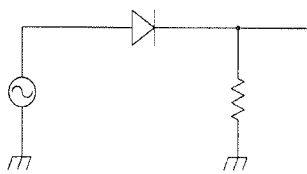


FIG. 28B

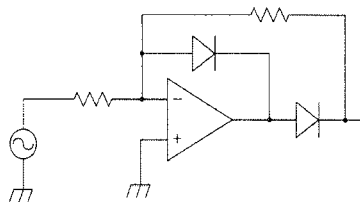
【図 28C】



正整流器

FIG. 28C

【図 28D】



他方の相のための
負整流器およびインバータ

FIG. 28D

【図 28E】

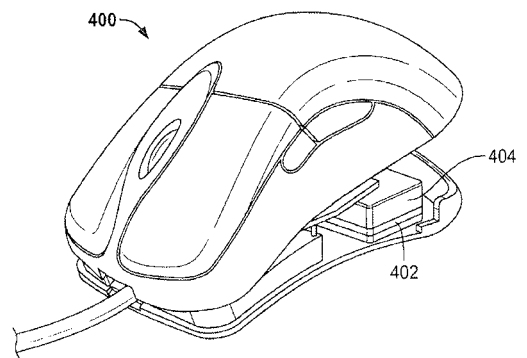


FIG. 28E

【 図 28 F 】

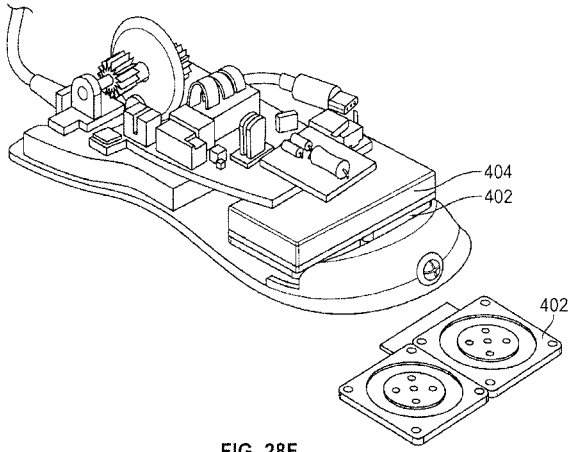


FIG. 28F

【 図 29 A 】

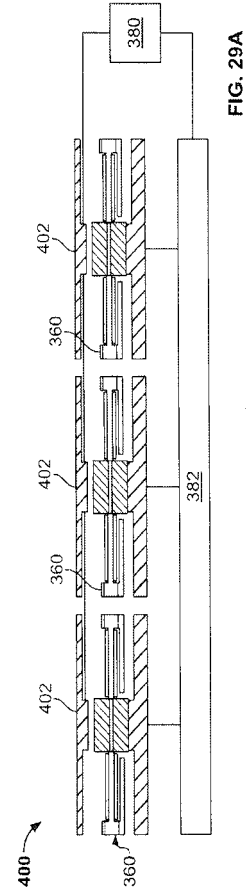


FIG. 29A

【 図 29 B 】

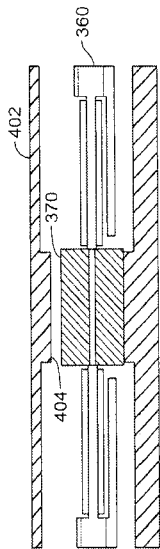


FIG. 29B

【 図 29 C 】

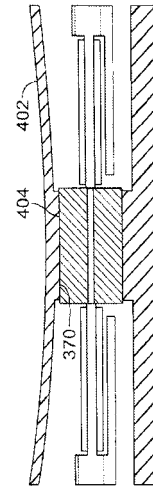


FIG. 29C

【図30A】

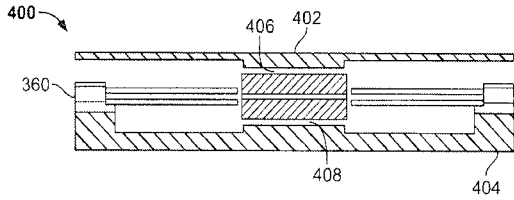


FIG. 30A

【図30B】

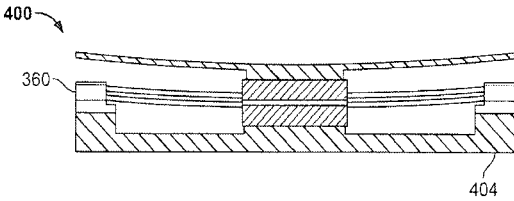


FIG. 30B

【図31B】

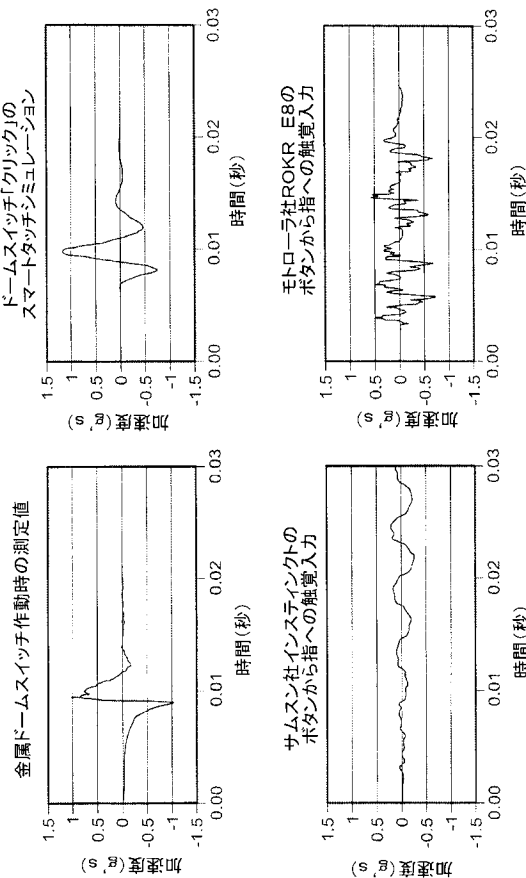
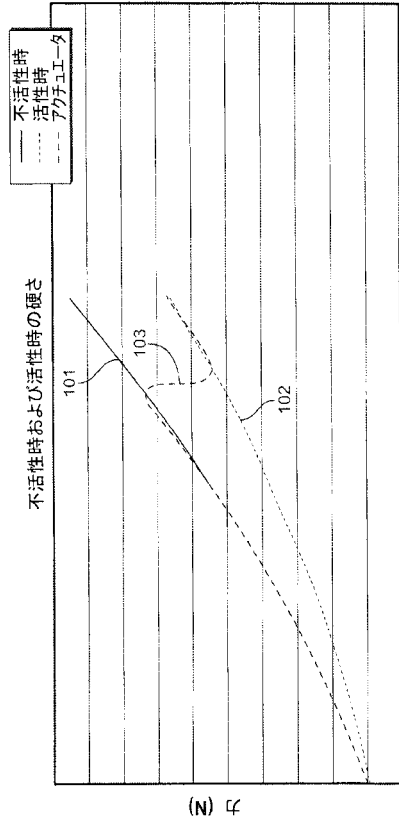


FIG. 31B

【図31A】



変位 (mm)

FIG. 31A

【図32】

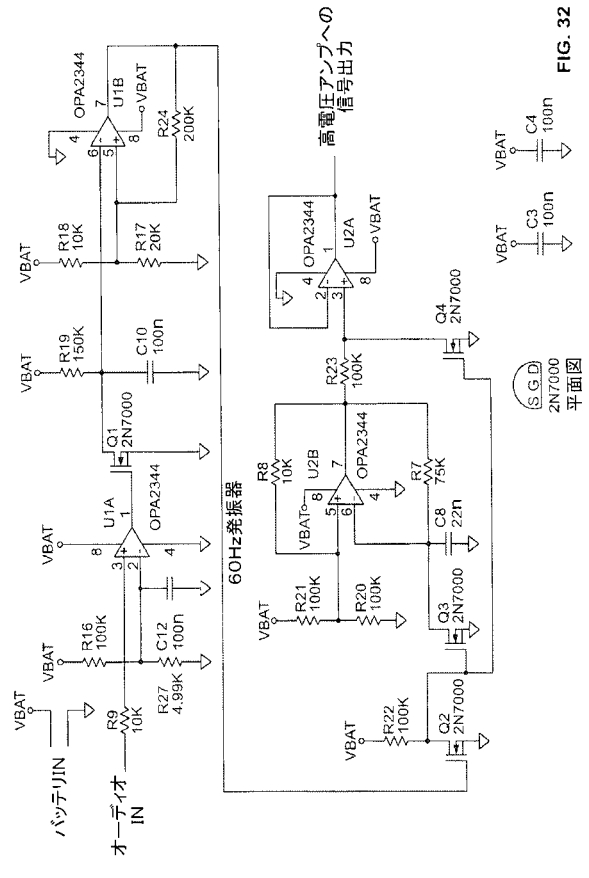


FIG. 32

【図 3 3 A】

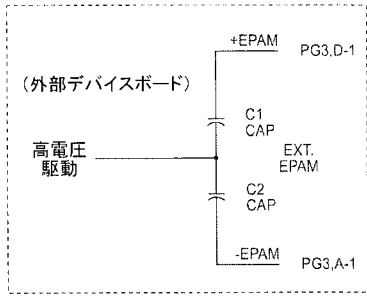


FIG. 33A

【図 3 3 B】

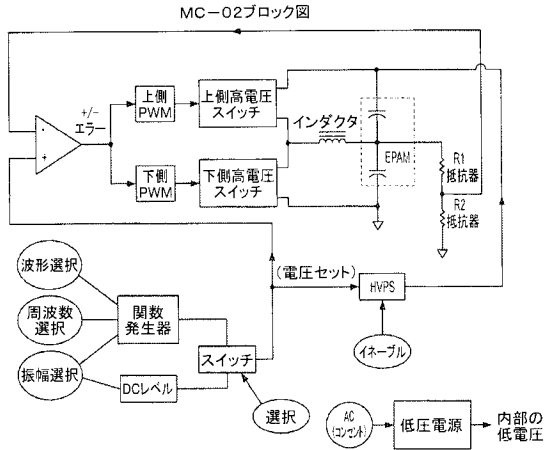


FIG. 33B

【図 3 4 D】

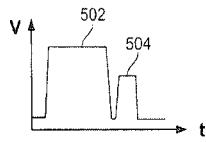


FIG. 34D

【図 3 5】

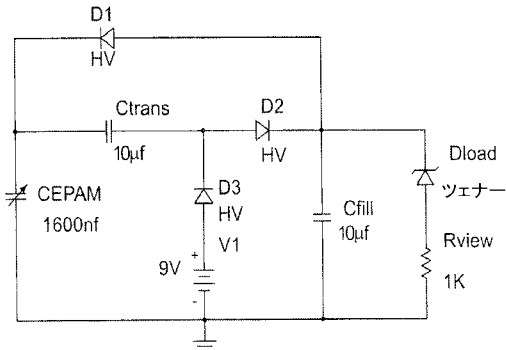


FIG. 35

【図 3 4 A】

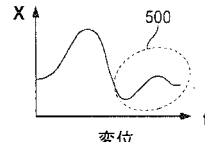


FIG. 34A

【図 3 4 B】

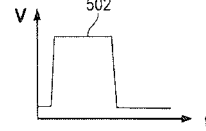


FIG. 34B

【図 3 4 C】

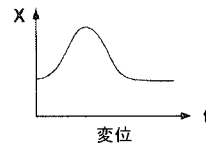


FIG. 34C

【図 3 6 A】

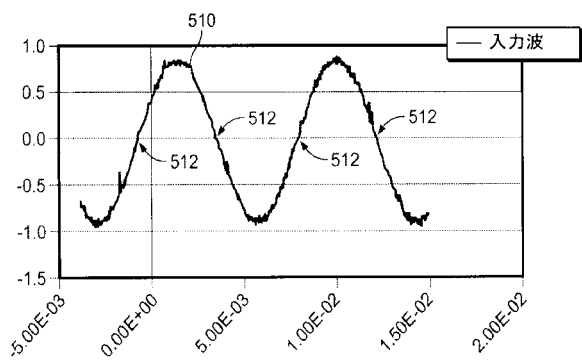


Fig. 36A

【図 3 6 B】

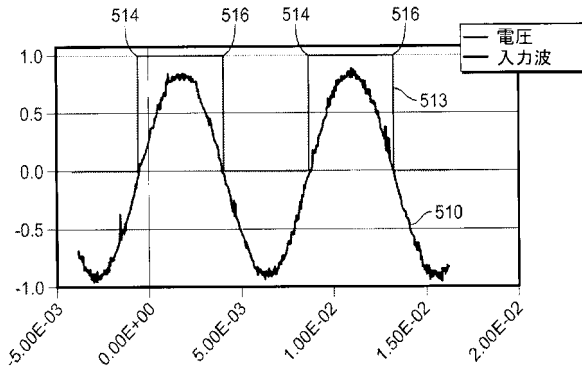


Fig. 36B

【図36C】

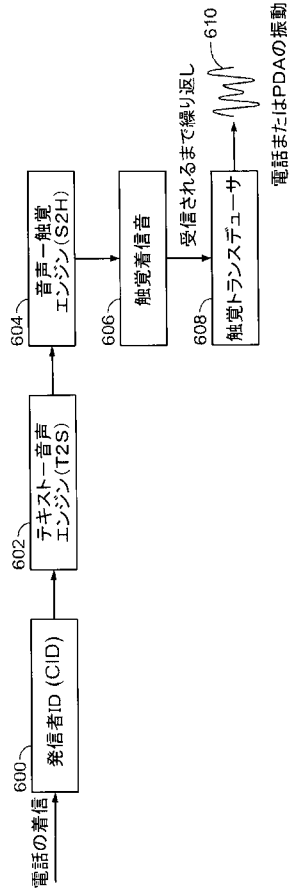


Fig. 36C

【図37A】

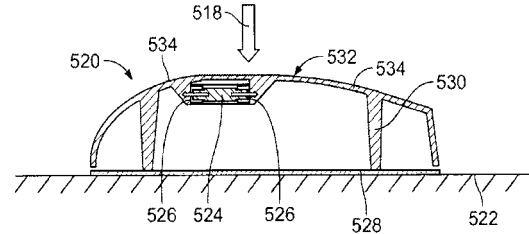


Fig. 37A

【図37B】

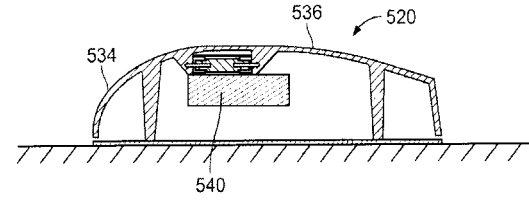


Fig. 37B

【図37C】

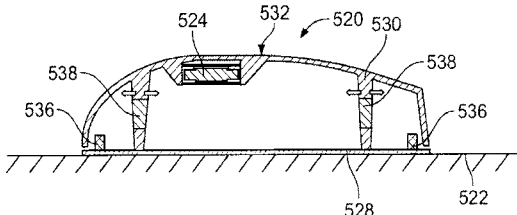


Fig. 37C

【図38B】

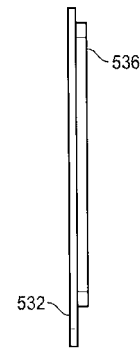


Fig. 38B

【図38A】

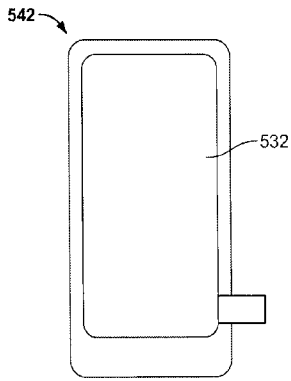


Fig. 38A

【図38C】

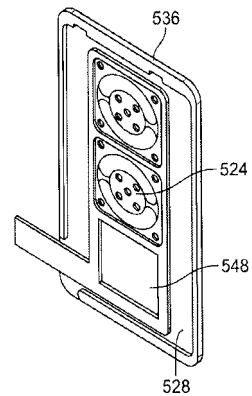


Fig. 38C

【 図 3 8 D 】

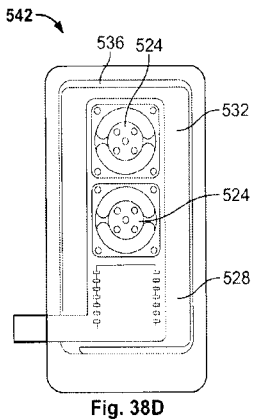


Fig. 38D

【 図 3 8 E 】

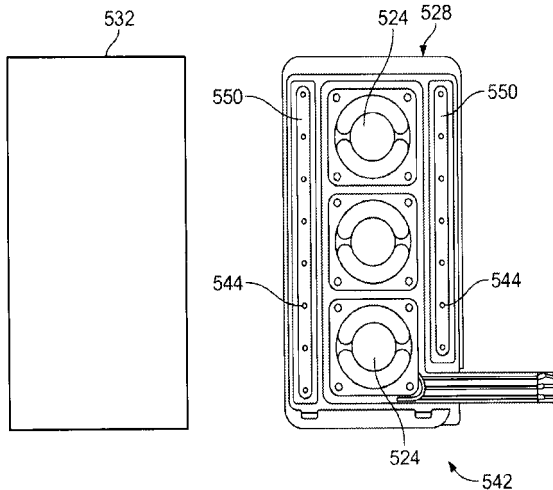


Fig. 38E

【 図 3 9 A 】

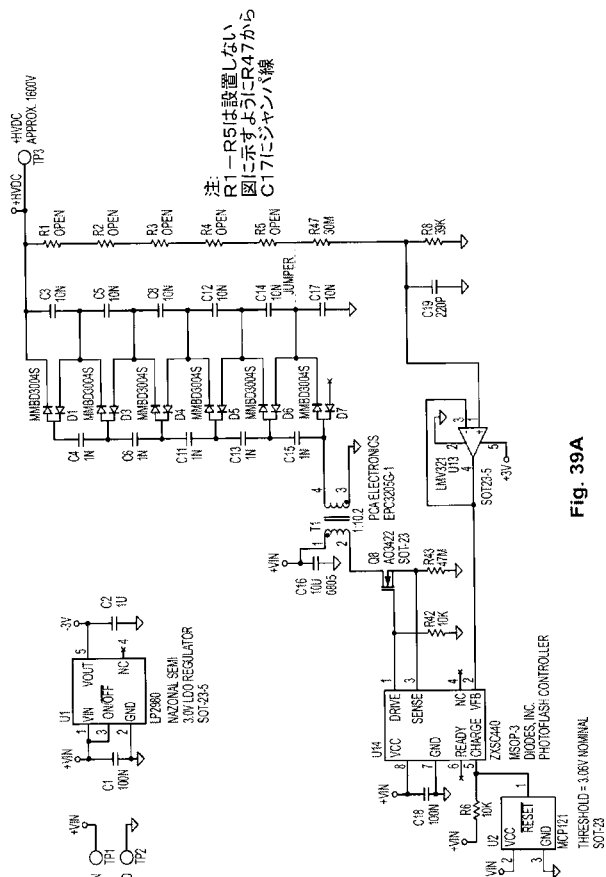


Fig. 39A

【 図 3 9 B 】

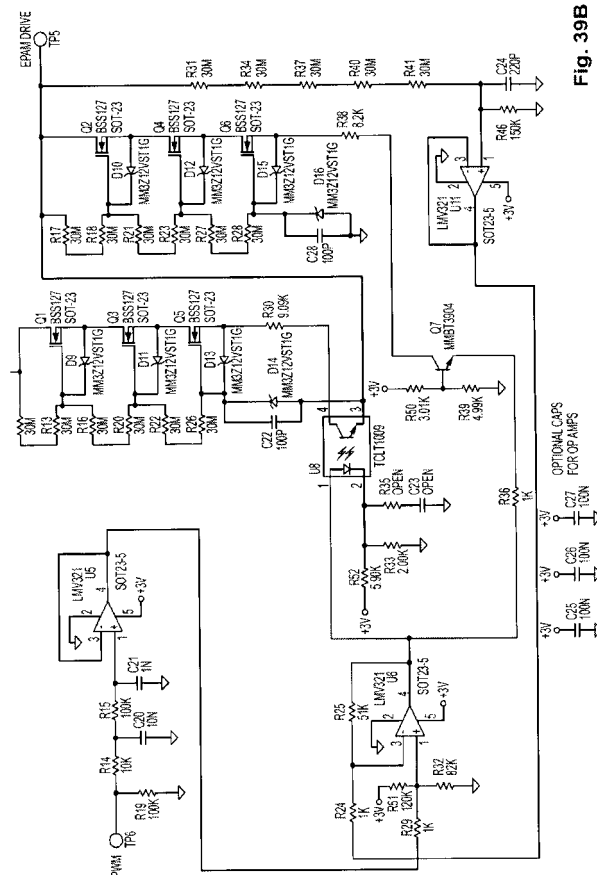


Fig. 39B

【手続補正書】

【提出日】平成23年12月6日(2011.12.6)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0042

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0042】

【図1A】ディスプレイスクリーンまたはセンサおよびデバイス本体にEAPトランスデューサを結合すれば、触覚フィードバックを利用できるユーザインターフェースの例を示す図。

【図1B】ディスプレイスクリーンまたはセンサおよびデバイス本体にEAPトランスデューサを結合すれば、触覚フィードバックを利用できるユーザインターフェースの例を示す図。

【図2A】ユーザの入力に対して触覚フィードバックで反応する表面を有するディスプレイスクリーンを備えたユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図2B】ユーザの入力に対して触覚フィードバックで反応する表面を有するディスプレイスクリーンを備えたユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図3A】アクティブガスケット内に形成された活性EAPを備えた柔軟膜によって覆われたディスプレイスクリーンを有するユーザインターフェースデバイスの別の変形例を示す断面図。

【図3B】アクティブガスケット内に形成された活性EAPを備えた柔軟膜によって覆われたディスプレイスクリーンを有する別の変形例のユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図4】ディスプレイスクリーンの縁部の周囲に位置するバネ付勢されたEAP膜を有するさらなる変形例のユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図5】ディスプレイスクリーンが複数のコンプライアントなガスケットを用いてフレームに結合され、ディスプレイのための駆動力は複数のEAPアクチュエータダイヤフラムであるユーザインターフェースデバイスを示す断面図。

【図6A】ディスプレイに結合された波形のEAP膜または薄膜を有するユーザインターフェース230を示す断面図。

【図6B】ディスプレイに結合された波形のEAP膜または薄膜を有するユーザインターフェース230を示す断面図。

【図7A】本発明の一実施形態に従って、電圧印加前のトランスデューサを示す上面斜視図。

【図7B】本発明の一実施形態に従って、電圧印加後のトランスデューサを示す上面斜視図。

【図8A】ユーザインターフェースデバイスで利用する感覚フィードバックデバイスの分解上面斜視図。

【図8B】ユーザインターフェースデバイスで利用する感覚フィードバックデバイスの分解底面斜視図。

【図9A】本発明の組立済み電気活性ポリマアクチュエータを示す上面図。

【図9B】図8Aのアクチュエータの薄膜部分を示す上面図であって、特にアクチュエータの二相構成を示す図。

【図9C】図8Aのアクチュエータの薄膜部分を示す底面図であって、特にアクチュエータの二相構成を示す図。

【図9D】デバイスのフレームから離間されたディスプレイスクリーンの表面にわたって配置するための電気活性ポリマトランスデューサの配列の一例を示す図。

【図9E】デバイスのフレームから離間されたディスプレイスクリーンの表面にわたって配置するための電気活性ポリマトランスデューサの配列の一例を示す図。

【図 9 F】本明細書で開示したようなユーザインターフェースデバイスで用いるためのアクチュエータの配列を示す分解図。

【図 9 G】本明細書で開示したようなユーザインターフェースデバイスで用いるためのアクチュエータの配列を示す組立図。

【図 10】デバイスの接触面に有効に接触するヒトの指と共にユーザインターフェースデバイスを示す側面図。

【図 11 A】単相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータに関する力とストロークとの関係を示すグラフ。

【図 11 B】単相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータの電圧応答曲線を示すグラフ。

【図 11 C】二相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータに関する力とストロークとの関係を示すグラフ。

【図 11 D】二相モードで動作された場合の図 9 A ~ 図 9 C のアクチュエータの電圧応答曲線を示すグラフ。

【図 12 A】別の変形例の二相トランスデューサを示す図。

【図 12 B】別の変形例の二相トランスデューサを示す図。

【図 12 C】別の変形例の二相トランスデューサを示す図。

【図 12 D】図 12 A ~ 図 12 C の二相トランスデューサの変位対時間のグラフ。

【図 13】感覚フィードバックデバイスを作動させるための電源および制御電子回路を備える電子回路のブロック図。

【図 14 A】ユーザ入力デバイスに結合された平面配列の E A P アクチュエータの一例を示す部分断面図。

【図 14 B】ユーザ入力デバイスに結合された平面配列の E A P アクチュエータの一例を示す部分断面図。

【図 15 A】トランスデューサが活性化された時に作業出力を提供するためにポリマ表面形状を利用するアクチュエータとして用いられる表面変形 E A P トランスデューサを示す概略図。

【図 15 B】トランスデューサが活性化された時に作業出力を提供するためにポリマ表面形状を利用するアクチュエータとして用いられる表面変形 E A P トランスデューサを示す概略図。

【図 16 A】本発明のアクチュエータの構成例を示す断面図。

【図 16 B】本発明のアクチュエータの構成例を示す断面図。

【図 17 A】プリント回路基板 (P C B) またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 17 B】プリント回路基板 (P C B) またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 17 C】プリント回路基板 (P C B) またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 17 D】プリント回路基板 (P C B) またはフレックスコネクタに接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18 A】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18 B】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18 C】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 18 D】電線に接続するために本発明のトランスデューサ内に電気接続を形成するための処理工程を示す図。

【図 19】穿孔タイプの電気接点を有する本発明のトランスデューサを示す断面図。

【図 20 A】ボタン型アクチュエータで用いる厚みモードトランスデューサを示す上面図

。

【図 2 0 B】ボタン型アクチュエータで用いる電極パターンを示す上面図。

【図 2 1】図 6 A および図 6 B のボタン型アクチュエータの配列を利用したキーパッドを示す上面切断図。

【図 2 2】ヒトの手の形態の新規のアクチュエータで用いる厚みモードトランスデューサを示す上面図。

【図 2 3】連続ストリップ構成の厚みモードトランスデューサを示す上面図。

【図 2 4】ガasket型アクチュエータで用いる厚みモードトランスデューサを示す上面図。

【図 2 5 A】様々なタイプのガasket型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 2 5 B】様々なタイプのガasket型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 2 5 C】様々なタイプのガasket型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 2 5 D】様々なタイプのガasket型アクチュエータを用いたタッチスクリーンを示す断面図。

【図 2 6 A】トランスデューサの活性および不活性領域の相対位置が上述の実施形態と逆になった本発明の厚みモードトランスデューサの別の実施形態を示す断面図。

【図 2 6 B】トランスデューサの活性および不活性領域の相対位置が上述の実施形態と逆になった本発明の厚みモードトランスデューサの別の実施形態を示す断面図。

【図 2 7 A】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 2 7 B】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 2 7 C】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 2 7 D】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 2 7 E】電気活性慣性トランスデューサの一例を示す図。

【図 2 8 A】電気活性ポリマアクチュエータに最適な触覚周波数の範囲で機能するように音声信号を調整するための回路の一例を示す図。

【図 2 8 B】図 2 8 A の回路によってフィルタリングされた変調触覚信号の一例を示す図

。

【図 2 8 C】単相および二相の電気活性トランスデューサのための信号を生成するさらなる回路を示す図。

【図 2 8 D】単相および二相の電気活性トランスデューサのための信号を生成するさらなる回路を示す図。

【図 2 8 E】デバイス本体内に収容され慣性マスに結合された 1 または複数の電気活性ポリマアクチュエータを有するデバイスの一例を示す図。

【図 2 8 F】デバイス本体内に収容され慣性マスに結合された 1 または複数の電気活性ポリマアクチュエータを有するデバイスの一例を示す図。

【図 2 9 A】トランスデューサの一部および / またはユーザインターフェース面がスイッチを閉じてトランスデューサに電力を供給するユーザインターフェースデバイスで用いられた場合の電気活性ポリマトランスデューサの一例を示す図。

【図 2 9 B】トランスデューサの一部および / またはユーザインターフェース面がスイッチを閉じてトランスデューサに電力を供給するユーザインターフェースデバイスで用いられた場合の電気活性ポリマトランスデューサの一例を示す図。

【図 2 9 C】トランスデューサの一部および / またはユーザインターフェース面がスイッチを閉じてトランスデューサに電力を供給するユーザインターフェースデバイスで用いられた場合の電気活性ポリマトランスデューサの一例を示す図。

【図 3 0 A】トランスデューサへの電力供給のための 2 つのスイッチを形成するよう構成された電気活性ポリマトランスデューサの別の例を示す図。

【図 3 0 B】トランスデューサへの電力供給のための 2 つのスイッチを形成するよう構成

された電気活性ポリマトランスデューサの別の例を示す図。

【図3 1 A】機械スイッチ効果を模倣する触覚効果を生み出すための電気活性ポリマトランスデューサの活性化遅延を示す際のグラフ。

【図3 1 B】機械スイッチ効果を模倣する触覚効果を生み出すための電気活性ポリマトランスデューサの活性化遅延を示すグラフ。

【図3 2】トリガ信号（音声信号など）を用いて所望の触覚効果を生み出す格納波形を供給することで電気活性ポリマトランスデューサを駆動するための回路の一例を示す図。

【図3 3 A】単一の駆動回路で二相の活性化を提供することによって電気活性ポリマトランスデューサを駆動するための別の変形例を示す図。

【図3 3 B】単一の駆動回路で二相の活性化を提供することによって電気活性ポリマトランスデューサを駆動するための別の変形例を示す図。

【図3 4 A】図3 4 Bの信号によってトリガされた触覚効果の後の残留運動を示す変位曲線の一例を示す図。

【図3 4 B】触覚応答を生み出すためのインパルス波形を示す図。

【図3 4 C】図3 4 Dに示す触覚効果および抑制信号により、電子的な抑制技術を用いて残留運動を低減した場合の変位曲線の一例を示す図。

【図3 4 D】触覚応答を生み出すための、触覚駆動部分および抑制部分を含むより複雑なインパルス波形を示す図。

【図3 5】電気活性ポリマトランスデューサに電力供給するためのエネルギー生成回路の一例を示す図。

【図3 6 A】ゼロ交差構成を用いて音声信号から触覚信号を駆動する一例を示す図。

【図3 6 B】ゼロ交差構成を用いて音声信号から触覚信号を駆動する一例を示す図。

【図3 6 C】情報信号内のデータが触覚効果から認識可能であるように、情報信号に基づいて触覚信号を駆動する一例を示す図。

【図3 7 A】出力信号に応答する改善触覚効果を有する、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスの一例を示す図。

【図3 7 B】出力信号に応答する改善触覚効果を有する、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスの一例を示す図。

【図3 7 C】出力信号に応答する改善触覚効果を有する、ユーザによる操作のためのユーザインターフェースデバイスの一例を示す図。

【図3 8 A】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図3 8 B】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図3 8 C】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図3 8 D】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図3 8 E】アクチュエータによって生み出された触覚フィードバック力を強化するよう構成されたハウジングの変形例を示す図。

【図3 9 A】フォトフラッシュコントローラのための電源を含む、触覚電子機器を駆動する回路を示す図。

【図3 9 B】閉ループフィードバックを備えたプッシュプル金属酸化膜半導体電界効果トランジスタ（MOSFET）アレイを備える、他の触覚電子機器を駆動する回路を示す図

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正の内容】

【 0 0 5 2 】

図 4 は、ディスプレイスクリーン 2 3 2 の縁部の周囲に位置するバネ付勢された E A P 膜 2 4 2 を有するさらなる変形例のユーザインターフェースデバイス 2 3 0 を示す。E A P 膜 2 4 2 は、スクリーンの周囲に配置されてもよいし、スクリーンが触覚フィードバックをユーザにもたらずことを可能にする位置にのみ配置されてもよい。この変形例において、パッシブなコンプライアントガasketまたはバネ 2 4 4 は、スクリーン 2 3 2 に対して力を供給することにより、E A P 膜 2 4 2 を引張状態にする。(再び、ユーザ入力によって生成された信号に応答して)電場 2 4 2 を膜に印加すると、E A P 膜 2 4 2 が弛緩してスクリーン 2 3 2 の変位を引き起こす。矢印 2 4 6 によって示されるように、ユーザ入力デバイス 2 3 0 は、ガasket 2 4 4 によって提供されるバイアスに対して任意の方向にスクリーン 2 3 2 の移動を生じるように構成されうる。さらに、一部の E A P 膜 2 4 2 を作動させれば、スクリーン 2 3 2 の非一様な移動が引き起こされる。

【 手 続 補 正 3 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 7 5

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 7 5 】

図 1 2 A ~ 図 1 2 C は、別の変形例の二相電気活性ポリマトランسدューサを示す。この変形例では、トランسدューサ 1 0 は、誘電体薄膜 9 6 に囲まれた第 1 の電極対 9 0 と、誘電体薄膜 9 6 に囲まれた第 2 の電極対 9 2 とを備えており、2 つの電極対 9 0 および 9 2 は、運動を伝達するために別の構造に結合することを容易にするバーすなわち機械部材 9 4 の両側に配置されている。図 1 2 A に示すように、両電極 9 0 および 9 2 は同じ電圧である(例えば、両方ともゼロ電圧である)。第 1 の相では、図 1 2 B に示すように、一方の電極対 9 2 が、電圧を印加され、薄膜を伸張させて、バー 9 4 を距離 D だけ移動させる。第 1 の電極対 9 0 は、薄膜に結合されているために圧縮されるが、ゼロ電圧である。図 1 2 C は、第 2 の電極対 9 2 の電圧が低減またはオフにされると共に、第 1 の電極対 9 0 に電圧が印加される第 2 の相を示す。この第 2 の相は、変位が D の 2 倍になるように、第 1 の相と同期される。図 1 2 D は、図 1 2 A ~ 図 1 2 C のトランسدューサ 1 0 の変位を経時的に示す図である。図に示すように、相 1 は、第 1 の電極 9 2 が相 1 に向けて電圧を与えられ、バー 9 4 が量 D だけ変位されると起きる。時間 T 1 において、相 2 が開始され、反対側の電極 9 0 は、第 1 の電極 9 2 の電圧の低下と同期して電圧を印加される。2 つの相が切り替わる際のバー 9 4 の正味の変位は、 $2 \times D$ である。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US 10/26829
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - G06F 3/01 (2010.01) USPC - 715/702 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) USPC: 715/702 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched USPC: 715/700; 345/173 (keyword limited - see search terms below) Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) PubWEST (PGPB, USPT, USOC, EPAB, JPAB); GOOGLE; Google Scholar Terms: surface, touch, haptic, polymer, housing, electroactive, sound, audio, resonance, brake, stop, inertial, frequency, feedback.		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/0146317 A1 (Schna) 28 June 2007 (28.06.2007), entire document, especially abstract, para [0003], [0004], [0058], [0061], [0062], [0063], [0069], [0070], [0071], [0076], [0084], [0085], [0087], [0088], [0089], [0095], [0100], [0104], [0109], [0112], [0119], [0121], [0123], [0128].	1-5, 7, 11-22 6, 8-10
Y	US 2008/0084384 A1 (Gregorio et al.) 10 April 2008 (10.04.2008), entire document, especially abstract, para [0005], [0006], [0007], [0018], [0020], [0117].	6, 8-10
A	US 2009/0007758 A1 (Schlosser et al.) 08 January 2009 (08.01.2009), entire document, especially abstract, para [0005], [0037], [0059], [0064], [0068].	1-22
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 20 April 2010 (20.04.2010)		Date of mailing of the international search report <div style="text-align: center; font-size: 1.2em; font-weight: bold;">04 MAY 2010</div>
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201		Authorized officer: Lee W. Young PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

- (72)発明者 ヒッチコック・ロジャー・ネルソン
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 5 7 7 サン・リアンドロ, グラフ・アベニュー, 1 6 1 4
- (72)発明者 ポリャコフ・イーリヤ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 1 2 2 サン・フランシスコ, テンス・アベニュー, 1 4 2 1, # 1 0 4
- (72)発明者 ローゼンサール・マーカス・エー.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 4 4 パシフィカ, リンダ・マー・ブルバード, 7 9 6
- (72)発明者 ウィーバー・クリス・エー.
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 4 0 3 7 モンタラ, メイン・ストリート, 1 3 5 0
- (72)発明者 ザラビ・アリレザ
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 1 サニーベイル, イェナ・テラス, 1 0 3 5
- (72)発明者 マーチェク・ミハエル
 アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 5 0 5 1 サンタ・クララ, アルタ・ミラ・ドライブ, 1 0 9 7 ビー