

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-162458

(P2017-162458A)

(43) 公開日 平成29年9月14日(2017.9.14)

(51) Int.Cl.

G06F 3/041 (2006.01)

F I

G06F 3/041 480

テーマコード (参考)

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L 外国語出願 (全 48 頁)

(21) 出願番号 特願2017-30592 (P2017-30592)
(22) 出願日 平成29年2月22日 (2017.2.22)
(31) 優先権主張番号 62/300,722
(32) 優先日 平成28年2月26日 (2016.2.26)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(31) 優先権主張番号 15/424,012
(32) 優先日 平成29年2月3日 (2017.2.3)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 500390995
イマージョン コーポレーション
IMMERSION CORPORATI
ON
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95
134 サンノゼ リオ ロブレス 50
(74) 代理人 100094112
弁理士 岡部 譲
(74) 代理人 100101498
弁理士 越智 隆夫
(74) 代理人 100107401
弁理士 高橋 誠一郎
(74) 代理人 100120064
弁理士 松井 孝夫

最終頁に続く

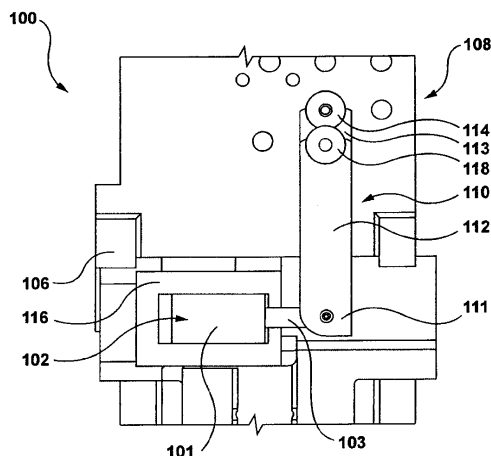
(54) 【発明の名称】 重量のあるフローティングタッチスクリーンハプティクスアセンブリを可能にする方法及び装置、並びに受動制動システム

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 重量のあるフローティングタッチスクリーンアセンブリにおいて、ハプティック効果を提供する。

【解決手段】 アクチュエーター増幅装置108は、ハウジング構成要素106と、ハウジング構成要素に結合し、力及び変位を与えるプッシュプルアクチュエーター102と、レバーアーム112及び支点部114を含むレバー構成要素110と、レバーアーム112に結合されたハプティックタッチ面とを備える。プッシュプルアクチュエーター102からハプティックタッチ面に伝達される変位の量は、レバー構成要素110によって低減する。プッシュプルアクチュエーター102からハプティックタッチ面に伝達される力の量は、レバー構成要素110によって増大する。ハプティックタッチ面が材料止めに接触すると、材料止めは圧縮され、ハプティックタッチ面の勢いを減衰させるようなヒステリシスを示す。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プッシュブルアクチュエーターによって提供されるハプティック効果を増幅するシステムであって、

力及び変位を与えるように構成されたプッシュブルアクチュエーターと、
アクチュエーター増幅装置であって、

ハウジング構成要素に前記アクチュエーター増幅装置を取り付けるように構成されたアクチュエーター取付台であって、前記プッシュブルアクチュエーターは前記アクチュエーター取付台内に配置されている、アクチュエーター取付台と、

レバーアーム及び支点部を含むレバー構成要素であって、前記レバーアームは、前記プッシュブルアクチュエーターに結合されて該プッシュブルアクチュエーターから前記力を受け取る第 1 の端部と、前記支点部に結合された反対側の第 2 の端部とを有し、前記レバーは、前記プッシュブルアクチュエーターから前記力を受け取ると前記支点部で駆動するように構成されている、レバー構成要素と、

前記レバーアームに結合され、かつ前記アクチュエーター増幅装置を可動質量体に取り付けるように構成された出力インターフェースと、

を備えるアクチュエーター増幅装置と、
を備え、

前記レバー構成要素は、前記プッシュブルアクチュエーターによって前記可動質量体を与えられる前記変位を伝達しかつ低減させ、前記レバー構成要素は、前記プッシュブルアクチュエーターによって前記可動質量体を与えられる前記力を伝達しかつ増幅する、システム。

【請求項 2】

前記可動質量体は、200 グラム～2000 グラムの重量である、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記可動質量体はハプティックタッチスクリーンを備える、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

前記ハウジング構成要素は、自動車のダッシュボードフレームである、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記出力インターフェースは、前記レバーアームに該レバーアームの前記第 2 の端部に隣接して結合されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記レバーアームの前記第 1 の端部は、前記プッシュブルアクチュエーターのプランジャーに結合され、前記プッシュブルアクチュエーターの本体は、前記アクチュエーター取付台に配置されている、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記ハウジング構成要素に結合された材料止めであって、前記可動質量体が前記材料止めに接触すると前記可動質量体の勢いを減衰させるように構成されている材料止めを更に備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

前記材料止めは、前記可動質量体が前記材料止めに接触すると圧縮され、該圧縮された材料止めは、前記可動質量体の勢いを減衰させるヒステリシスを示す、請求項 7 に記載のシステム。

【請求項 9】

前記材料止めは、エラストマー材料から形成されている、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 10】

前記材料止めは、スマート材料から形成されている、請求項 8 に記載のシステム。

【請求項 11】

プッシュプルアクチュエーターによって提供されるハプティック効果を増幅するシステムであって、

ハウジング構成要素と、

力及び変位を与えるように構成されたプッシュプルアクチュエーターであって、アクチュエーター取付台を介して前記ハウジング構成要素に結合されているプッシュプルアクチュエーターと、

レバーアーム及び支点部を含むレバー構成要素であって、前記レバーアームは、前記プッシュプルアクチュエーターに結合されて該プッシュプルアクチュエーターから前記力を受け取る第1の端部と、前記支点部に結合された反対側の第2の端部とを有し、それにより、前記レバーは、前記プッシュプルアクチュエーターから前記力を受け取ると前記支点部で枢動するように構成されている、レバー構成要素と、

出力インターフェースを介して前記レバーアームに結合されたハプティックタッチ面と、
を備え、

前記プッシュプルアクチュエーターから前記ハプティックタッチ面に伝達される変位の量は、前記レバー構成要素によって低減し、前記プッシュプルアクチュエーターから前記ハプティックタッチ面に伝達される力の量は、前記レバー構成要素によって増大する、システム。

【請求項 12】

前記ハプティックタッチ面は、200グラム～2000グラムの重量である、請求項11に記載のシステム。

【請求項 13】

前記ハプティックタッチ面はタッチスクリーンである、請求項12に記載のシステム。

【請求項 14】

前記ハウジング構成要素は、自動車のダッシュボードフレームである、請求項12に記載のシステム。

【請求項 15】

前記出力インターフェースは、前記レバーアームに該レバーアームの前記第2の端部に隣接して結合されている、請求項11に記載のシステム。

【請求項 16】

前記レバーアームの前記第1の端部は、前記プッシュプルアクチュエーターのプランジャーに結合され、前記プッシュプルアクチュエーターの本体は、前記アクチュエーター取付台に配置されている、請求項11に記載のシステム。

【請求項 17】

前記ハウジング構成要素に結合された材料止めであって、前記ハプティックタッチ面が前記材料止めに接触すると前記ハプティックタッチ面の勢いを減衰させるように構成されている材料止めを更に備える、請求項11に記載のシステム。

【請求項 18】

前記材料止めは、前記ハプティックタッチ面が前記材料止めに接触すると圧縮され、該圧縮された材料止めは、前記ハプティックタッチ面の勢いを減衰させるヒステリシスを示す、請求項17に記載のシステム。

【請求項 19】

前記ハプティックタッチ面は、該ハプティックタッチ面に結合されたスペーサーを含み、該スペーサーは前記材料止めに接触する、請求項17に記載のシステム。

【請求項 20】

ハウジング構成要素と、

可動質量体であって、前記ハウジング構成要素に結合されてそれに対して移動可能である可動質量体と、

前記ハウジング構成要素に対して前記可動質量体を移動させる力を与えるように構成さ

10

20

30

40

50

れたアクチュエーターと、

前記ハウジング構成要素に結合された材料止めであって、該材料止めは、前記可動質量体が前記材料止めに接触すると前記可動質量体の勢いを減衰させるように構成され、前記可動質量体が前記材料止めに接触すると圧縮され、該圧縮された材料止めは前記可動質量体の勢いを減衰させるようなヒステリシスを示す、材料止めと、
を備えるシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、包括的にはフローティングタッチスクリーンアセンブリに関し、より詳細には、重量のあるフローティングタッチスクリーンアセンブリに対するハプティック（haptic：触覚）効果を可能にする又は向上させる構成要素に関する。

【0002】

〔関連出願の相互参照〕

本出願は、2016年2月26日に提出された米国仮特許出願第62/300,722号、及び2017年2月7日に提出された米国特許出願第15/424,012号の出願日の米国特許法第119条（e）による利益を主張し、それらの出願の内容は、引用することによりその全体が本明細書の一部をなす。

【背景技術】

【0003】

ハプティクスは、ユーザーに対して、力、振動及び運動等のハプティックフィードバック効果（すなわち、「ハプティック効果」）を与えることによりユーザーの触覚を利用する、触覚及び力のフィードバック技術である。モバイルデバイス、タッチスクリーンデバイス、タッチパッドデバイス及びパーソナルコンピューター等のデバイスは、ハプティック効果を生成するように構成することができる。概して、ハプティック効果を生成することができる組込みハードウェア（アクチュエーター等）に対する呼出しは、デバイスのオペレーティングシステム（「OS」）内でプログラムすることができる。これらの呼出しは、いずれのハプティック効果を再生するべきかを指定する。例えば、ユーザーが、例えばボタン、タッチスクリーン、タッチパッド、レバー、ジョイスティックホイール又は他の何らかの制御装置を用いてデバイスとインタラクトする（interact：対話する）とき、デバイスのOSは、制御回路を通して組込みハードウェアに再生コマンドを送ることができる。そして、組込みハードウェアは、適切なハプティック効果を生成する。

【0004】

自動車環境では、ハプティクスは、自動車環境においてより確かでありかつ安全なユーザーエクスペリエンスを生成するのに役立つように触感フィードバックを提供することができる。ハプティクスの自動車応用には、回転つまみ、ジョイスティック、タッチパッド及びタッチスクリーンが含まれている。自動車環境におけるタッチスクリーンの使用は増加している。タッチスクリーンは、ナビゲーションシステムに対して自然なインターフェースであり、触感フィードバックは、ナビゲーションシステムのヒューマンマシンインターフェースの特定の特徴とともに、全体的なタッチスクリーンの有用性を向上させる。ユーザーは、より直観的なインタラクション、安全性の向上のための視認時間の短縮、及び省スペース設計を体験する。タッチスクリーンは、タッチスクリーンの移動を可能にするサスペンションに取り付けられているため、タッチスクリーンボタンは、ユーザーがタッチスクリーンを通して実際に感じることができる触覚パルスを送り、それにより、ユーザーは、すばやく視認しタッチスクリーンに触れることによりアイコンを選択することができる。さらに、近接検知技術を使用することにより、タッチスクリーンに近づく手を検出することができる。アイコンが押されると、タッチスクリーンは、コマンドの受取りを確認するようにパルス（振動）し、人が安全に道路から目を離さずにいることが可能になる。したがって、ハプティックタッチスクリーン又はタッチパッドの物理的なフィードバックにより、運転手はタッチスクリーン又はパッドを見ることなくシステムを操作するこ

10

20

30

40

50

とができる。C a d i l l a c C U E（登録商標）及びA c u r a R L X O n - D e m a n d M u l t i - U s e D i s p l a y（登録商標）は、2つの自動車用ハプティックタッチスクリーンアプリケーションである。L e x u s N Xは、ハプティックタッチパッドアプリケーションを利用している。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

自動車環境で使用されるタッチスクリーンは、大型ディスプレイであり、他のハプティックタッチスクリーンより重量がある可能性がある。例えば、10インチディスプレイが望ましい場合があり、システムは、視認性をより向上させるために光学接合（optical bonding：オプティカルボンディング）によってタッチパネルに固定されるLCDを含む場合があるため、約500gの重量がある可能性がある。タッチスクリーン又はパネルはフローティングスクリーンと呼ばれる場合があり、それは、ハプティック効果が生成される際にタッチスクリーンが移動することができるように、サスペンションシステムに取り付けられているためである。フローティングシステムデバイスにハプティクスを与えるために、小さい移動又は運動及び加速のための大きい力が必要である。タッチスクリーン及びそのアセンブリ等の可動質量体が大きく及び／又は重くなるに従い、必要な力は、費用効率が低いソレノイド又はプッシュプルアクチュエーターが提供することができる力を超えて増大する。その結果、この必要な力をもたらすために複数のソレノイド又はプッシュプルアクチュエーターが必要となり、それは、費用効率が低く、はるかに多くの空間を占める。したがって、要求される必要な変位及び加速をもたらすためにより大きい力で重量のある可動質量体を移動させることができるアクチュエーター増幅機構が必要とされる。

【0006】

現行の作動技術における別の問題は、より効率的かつ費用効率の高い制動機構が必要であるということである。現在、制動は、能動制動のプロセスを通して行うことができる。これは、質量体を最初に移動させるために使用されたものと同じアクチュエーターに反転信号を送ることによって行われる。しかしながら、この方法の問題は、正確な反転信号を送るために必要な測定要件に起因して、実施することが非常に困難である、ということである。測定及び計算は、達成することが非常に困難であるだけでなく、生成される制動力は、アクチュエーターの強度及びその能力によって制限される。その結果、これによって、制限された制動力しか生成されず、それにより、可動質量体は、完全に停止する前に移動又は振動し続けることが可能とされる。

【0007】

受動摩擦制動によってこの問題を解決しようという試みもなされた。これは、固定された質量体に取り付けられた材料が、可動質量体に取り付けられた材料の上に押し付けられ、可動質量体が、接地された（grounded）質量体に対して移動する際に移動に抵抗する摩擦力をもたらす場合に達成される。これにより、作動力が取り除かれると、可動質量体は減速する。これらの2つの材料の間の摩擦は、摩擦面に対して垂直に加えられる力によって、かつ互いにこすれ合う2つの材料の静的及び動的摩擦係数によって制御される。しかしながら、これもまた実施が非常に困難である可能性がある。なぜなら、可動質量体に摩擦を加える必要があり、この摩擦力は、表面に対して垂直に加えられる力によって著しく変化する可能性があるためである。さらに、この解決法は、摩擦力がハプティック効果の持続時間を通して常に反対の運動であるため、より強力なアクチュエーターの使用が必要であるために、実施が困難である可能性がある。したがって、こうした限界のない、より有効な制動を可能にすることができる制動機構もまた必要とされる。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の実施形態は、プッシュプルアクチュエーターによって提供されるハプティック効果を増幅するシステムに関する。本発明の実施形態によれば、システムは、力及び変位を与えるように構成されたプッシュプルアクチュエーターと、アクチュエーター増幅装置

とを含む。アクチュエーター増幅装置は、ハウジング構成要素にアクチュエーター増幅装置を取り付けるように構成されたアクチュエーター取付台と、レバーアーム及び支点部を含むレバー構成要素と、レバーアームに結合され、かつアクチュエーター増幅装置を可動質量体に取り付けるように構成された出力インターフェースとを備える。プッシュプルアクチュエーターは、アクチュエーター取付台内に配置されている。レバーアームは、プッシュプルアクチュエーターに結合されてプッシュプルアクチュエーターから力を受け取る第1の端部と、支点部に結合された反対側の第2の端部とを有する。レバーは、プッシュプルアクチュエーターから力を受け取ると支点部で枢動するように構成されている。レバー構成要素は、プッシュプルアクチュエーターによって可動質量体に与えられる変位を伝達しかつ低減させ、レバー構成要素はまた、プッシュプルアクチュエーターによって可動質量体に与えられる力を伝達しかつ増幅する。

10

【0009】

本発明の別の実施形態によれば、システムは、ハウジング構成要素と、力及び変位を与えるように構成されたプッシュプルアクチュエーターと、レバーアーム及び支点部を含むレバー構成要素と、出力インターフェースを介してレバーアームに結合されたハブティックタッチ面とを備える。プッシュプルアクチュエーターは、アクチュエーター取付台を介してハウジング構成要素に結合されている。レバーアームは、プッシュプルアクチュエーターに結合されてプッシュプルアクチュエーターから力を受け取る第1の端部と、支点部に結合された反対側の第2の端部とを有し、それにより、レバーは、プッシュプルアクチュエーターから力を受け取ると支点部で枢動するように構成されている。プッシュプルアクチュエーターからハブティックタッチ面に伝達される変位の量は、レバー構成要素によって低減し、プッシュプルアクチュエーターからハブティックタッチ面に伝達される力の量は、レバー構成要素によって増大する。

20

【0010】

本発明の別の実施形態によれば、システムは、ハウジング構成要素と、ハウジング構成要素に結合されてそれに対して移動可能である可動質量体と、ハウジング構成要素に対して可動質量体を移動させる力を与えるように構成されたアクチュエーターと、ハウジング構成要素に結合された材料止めとを備える。材料止めは、可動質量体が材料止めに接触すると可動質量体の勢いを減衰させるように構成されている。材料止めは、可動質量体が材料止めに接触すると圧縮され、圧縮された材料止めは、可動質量体の勢いを減衰させるようなヒステリシスを示す。

30

【0011】

本発明の上述した特徴及び利点並びに他の特徴及び利点は、添付図面に図示されているような本発明の実施形態の以下の説明から明らかとなろう。

【図面の簡単な説明】

【0012】

【図1】本発明の一実施形態によるアクチュエーター増幅装置の上面図であり、アクチュエーター増幅装置は、レバーアーム及び支点部を含むレバー構成要素を含み、レバー構成要素は、プッシュプルアクチュエーターによって可動質量体に与えられる変位を伝達しかつ低減させるように構成され、またプッシュプルアクチュエーターによって可動質量体に与えられる力を伝達し増幅するようにも構成されている。

40

【図2】可動質量体が上に配置されかつ結合されている、図1のアクチュエーター増幅装置の上面図である。

【図3】単に例示の目的でアクチュエーター増幅装置から取り除かれている、図1のレバー構成要素のその動作を例示するための拡大図である。

【図4】図1のアクチュエーター増幅装置が組み込まれている、ハブティックデバイスの組立分解斜視図である。

【図4A】本発明の別の実施形態によるアクチュエーター増幅装置を備えたハブティックデバイスの組立分解斜視図であり、アクチュエーター増幅装置はハブティックデバイス内で、それが与えるか又は出力する増幅された力がZ軸に沿って上方向及び／又は下方向に

50

おける力であるように方向付けられている。

【図 4 B】図 4 A のハプティックデバイスのタッチスクリーンとハウジング構成要素との間に配置された図 4 A のアクチュエーター増幅装置のその動作を例示するための側面図である。

【図 5】本発明の別の実施形態によるシステムの断面図であり、システムは、可動質量体が接触したときにその可動質量体の勢いを減衰させるように構成された材料止めを含み、システムは、可動質量体の上向きの運動を可能にする。

【図 6 A】図 5 の材料止めのないシステムに適用されたハプティック効果のグラフ図である。

【図 6 B】材料止めのある図 5 のシステムに適用されたハプティック効果のグラフ図である。

【図 7】材料止めのある図 5 のシステムに逐次適用された 2 つのハプティック効果のグラフ図である。

【図 8】本発明の別の実施形態によるシステムの断面図であり、システムは、可動質量体が接触したときにその可動接触体の勢いを減衰させるように構成された材料止めを含み、システムは、可動質量体の下向きの運動を可能にする。

【図 9】本発明の別の実施形態によるシステムの断面図であり、システムは、可動質量体が接触したときにその可動接触体の勢いを減衰させるように構成された材料止めを含み、システムは、可動質量体の横方向の運動を可能にする。

【発明を実施するための形態】

【0013】

本明細書に組み込まれかつ本明細書の一部を形成する添付図面は、本発明の原理を説明し、かつ関係する技術分野における当業者が本発明を作成し使用するのを可能にするのに更に役立つ。図面は一定の縮尺にはなっていない。

【0014】

ここで、本発明の具体的な実施形態について、図を参照して説明する。図では、同様の参照符号が同じか又は機能的に同様の要素を示す。以下の詳細な説明は、本質的に単に例示的なものであり、本発明又は本発明の応用及び使用を限定するようには意図されていない。さらに、上記の技術分野、背景技術、発明の概要又は以下の詳細な説明に提示されているいかなる明示された又は暗示された理論によっても拘束される意図はない。さらに、本明細書に記載する実施形態は、主に、重量のあるフローティングタッチスクリーンアセンブリで使用されるアクチュエーター増幅装置に関するが、当業者は、本明細書が他の可動質量体に等しく適用されることを理解するであろう。本明細書に例示するアクチュエーター増幅装置の実施形態は、タッチ面又はタッチ要素の後方にグラフィカルディスプレイが配置されているタッチスクリーンの文脈内で記載する。しかしながら、本発明は、こうしたタッチスクリーン用のアクチュエーター増幅装置に限定されず、任意の触覚的に励起されるタッチ面又はタッチ要素にも等しく適用可能であることが理解されよう。例えば、アクチュエーター増幅装置は、ディスプレイ画面がタッチパッドと同一場所に配置されていないコンピューターのタッチパッドに適用することができる。静電容量式センサー、近接場効果センサー、圧電センサー又は他のセンサー技術によって生成することができる少なくとも 1 つのタッチセンシティブ領域又はタッチセンシティブ領域のアレイを備えたタッチ要素に適用することができる。グラフィカル要素は、タッチ要素の後方又は別個の場所に位置しホストコンピューターによって更新されるディスプレイとすることができ、又は、単に、関連するタッチ要素のタッチセンシティブ領域を示す特徴（例えば、グラフィックス）を含むプラスチック面とすることができる。したがって、以下の詳細な説明及び特許請求の範囲で使用する場合のハプティックタッチ面という用語は、従来のタッチスクリーンとともに、ハプティック効果を適用することができる任意のタッチ面又はタッチ要素及び関連するグラフィカル要素を包含するように解釈されるべきである。

【0015】

図 1 は、ソレノイド又はプッシュプルアクチュエーター 102 によって与えられるハプ

ティック効果を増幅するシステム１００の上面図である。システム１００は、本発明の一実施形態によるアクチュエーター増幅装置１０８を含み、図１は、固定質量体すなわちハウジング構成要素１０６の一部に結合されたアクチュエーター増幅装置１０８を示す。図２は、可動質量体すなわちハプティックタッチ面１０４の上面縮小図であり、ハプティックタッチ面１０４は、アクチュエーター増幅装置１０８がハウジング構成要素１０６の中に封入されるか又はハウジング構成要素１０６とハプティックタッチ面１０４との間に配置されるように、ハウジング構成要素１０６の上に配置されている。本明細書においてより詳細に説明するように、アクチュエーター増幅装置１０８は、レバーアーム１１２及び支点部１１４を有するレバー構成要素１１０を備える。レバー構成要素１１０は、プッシュプルアクチュエーター１０２によってハプティックタッチ面１０４に与えられる変位を伝達しかつ低減させるように構成され、また、プッシュプルアクチュエーター１０２によってハプティックタッチ面１０４に与えられる力を伝達しかつ増幅するようにも構成されている。言い換えれば、レバー構成要素１１０は、プッシュプルアクチュエーター１０２によって与えられる大きい移動／小さい力を受け取り、レバー構成要素１１０の使用を通してそれを小さい移動／大きい力に変換する。プッシュプルアクチュエーター１０２の出力される力を機械的に変更するか又は増大させることにより、レバー構成要素１１０は、レバー構成要素１１０の使用を通して重量のあるフローティングタッチスクリーン及びタッチ面ハプティクスアセンブリを可能にする。レバー構成要素１１０は、個々の力要件に対して又は任意の標準プッシュプルアクチュエーターに対して設計することができる。レバー構成要素１１０は、アクチュエーターの出力される力と設計のハプティック要件とによってのみ制限される力を与えるように設計されている。

【００１６】

より詳細には、図１を参照すると、アクチュエーター増幅装置１０８は、プッシュプルアクチュエーター１０２をハウジング構成要素１０６に取り付けるように構成されたアクチュエーター取付台１１６と、レバー構成要素１１０と、レバー構成要素１１０をハプティックタッチ面１０４に取り付けるように構成された出力インターフェース１１８とを備える。アクチュエーター取付台１１６は、ハウジング構成要素１０６に取り付けられるか又はそれと一体的に形成され、アクチュエーター取付台１１６の中又は上にプッシュプルアクチュエーター１０２を受け入れることによって、プッシュプルアクチュエーター１０２をハウジング構成要素１０６に結合するように構成されている。本発明の一実施形態では、ハウジング構成要素１０６は、自動車のダッシュボードフレームであり、ハプティックタッチ面１０４は、ハウジング構成要素１０６に対して移動するように構成されたタッチスクリーンである。一実施形態では、ハプティックタッチ面１０４は、２００グラム～２０００グラムの重量である。ハウジング構成要素１０６は据付構成要素であり、それは、プッシュプルアクチュエーター１０２を介して動かされるように意図又は構成されており、本発明の一実施形態では、システム１００の構成要素を少なくとも部分的に封入しかつ保護するケーシングであることを意味する。しかしながら、ハウジング構成要素１０６は、任意のタイプの固定又は接地された質量体とすることができ、ハプティックタッチ面１０４は、任意のタイプの可動質量体とすることができ、本明細書で用いる「固定質量体」という用語は、プッシュプルアクチュエーター１０２を介して動かされるように意図又は構成されていない据付構成要素を含み、本明細書で用いる「可動質量体」という用語は、固定質量体に対してプッシュプルアクチュエーター１０２を介して動かされるように意図又は構成されている構成要素を含む。

【００１７】

レバー構成要素１１０は、（固定質量体すなわちハウジング構成要素１０６に結合された）アクチュエーター取付台１１６と（可動質量体すなわちハプティックタッチ面１０４に結合された）出力インターフェース１１８との間に延在している。レバー構成要素１１０のレバーアーム１１２は、プッシュプルアクチュエーター１０２に結合されてそこから力を受け取る第１の端部１１１と、レバー構成要素１１０の支点部１１４に結合された反対側すなわち第２の端部１１３とを有している。支点部１１４は、ハウジング構成要素１

06の一部に取り付けられている。より詳細には、プッシュブルアクチュエーター102の本体101が、アクチュエーター取付台116内に又は上に配置され、レバーアーム112の第1の端部111は、プッシュブルアクチュエーター102のプランジャー103に結合されている。例えばピンである場合がある出力インターフェース118が、レバーアーム112にその第2の端部113に隣接して結合され、ハプティックタッチ面104に取り付けられている。本明細書で用いる第2の端部113に「隣接」とは、出力インターフェース118が、支点部114の動作を干渉しないように、支点部114のすぐ横にあるか又はわずかにのみ間隔を空けて配置されていることを含む。ハプティックタッチ面104は、ハウジング構成要素106に直接取り付けられておらず、出力インターフェース118にのみ直接取り付けられている。

10

【0018】

図3は、レバー構成要素110のその動作及び移動を例示する拡大図であり、レバー構成要素110は、単に例示の目的でアクチュエーター増幅装置108から取り外されている。プッシュブルアクチュエーター102は、力 F_O 及び変位 D_O を与えるか又は出力するように構成されている。例示的な実施形態では、プッシュブルアクチュエーター102は、レバーアーム112の第1の端部111に引張力を与えており、それにより、レバーアーム112の第1の端部111は変位 D_O の長さを動く、すなわち移動することになる。レバー構成要素110は、プッシュブルアクチュエーター102から力 F_O を受け取ると支点部114で枢動するように構成されている。より詳細には、レバーアーム112の第1の端部111が引張方向に移動するとき、レバー構成要素110は支点部114に沿って右回り（時計回り）に枢動する。レバー構成要素110の移動により、（レバーアーム112にその第2の端部113に隣接して結合されている）出力インターフェース118もまた移動し、その結果、出力インターフェース118に結合されているハプティックタッチ面104を移動させる。出力インターフェース118は、同様の引張方向に移動するが、出力インターフェース118によって動かされる距離は、レバーアーム112の第1の端部111によって動かされる距離よりはるかに小さい。図3に示すように、出力インターフェース118及びそれに結合されたハプティックタッチ面104は、変位 D_O ではなく低減した変位 D_R の長さにわたって動く、すなわち移動する。したがって、レバー構成要素110は、プッシュブルアクチュエーター102によってハプティックタッチ面104に与えられる変位を伝達しかつ低減させる。言い換えれば、プッシュブルアクチュエーター102からハプティックタッチ面104に伝達される変位の量は、レバー構成要素110によって低減する。本発明の一実施形態では、低減した変位 D_R は、マイクロメートルレベルであるが、低減した変位 D_R の量は、プッシュブルアクチュエーター102からの力 F_O の量、レバー構成要素110の寸法及び支点部114の位置によって決まることが理解されよう。

20

30

【0019】

機械効率のために、レバー構成要素110はまた、プッシュブルアクチュエーター102によってハプティックタッチ面104に与えられる力 F_O を伝達しかつ増幅する。言い換えれば、プッシュブルアクチュエーター102からハプティックタッチ面104に伝達される力の量は、レバー構成要素110によって増大する。より詳細には、レバー構成要素110は、プッシュブルアクチュエーター102からの入力される動力を保存し、移動に抗する力と引き換えに（trade off）、出力される力において所望の増幅を得る。レバー構成要素110に入る動力及びそこから出る動力は同じでなければならず、動力は、力と速度との積である。レバー構成要素110が支点部114の上で枢動する際、レバーアーム112の第1の端部111は、レバーアーム112の第2の端部113より支点部114から離れており、したがって、第1の端部111は第2の端部113より高速に移動する。したがって、レバーアーム112の第1の端部111に加えられる力 F_O は、レバーアーム112の第2の端部113において増幅した力 F_A まで増幅、すなわち増大する。そして、増幅した力 F_A は、出力インターフェース118からハプティックタッチ面104まで伝達されて、必要な加速度プロファイルをもたらす。したがって、レバー構成要

40

50

素 110 は、プッシュプルアクチュエーター 102 の出力される力（力 F_O ）に機械効率を掛け合わせ、したがって単独のプッシュプルアクチュエーター 102 に比較して、結合されたプッシュプルアクチュエーター 102 及びレバー構成要素 110 の新たな出力される力（増幅された力 F_A ）及び出力される移動（低減した変位 D_R ）がもたらされる。レバー構成要素 110 は、プッシュプルアクチュエーター 102 の出力される力及びプッシュプルアクチュエーター 102 のプランジャー 103 の移動を変更する。

【0020】

変位 D_O 及び低減した変位 D_R は、レバー構成要素 110 のそれぞれ異なる入力レバー及び出力レバーとみなすことができる。同様に、力 F_O 及び増幅した力 F_A は、それぞれ入力レバー及び出力レバーにおいて、それぞれ異なる入力される力及び出力される力とみなすことができる。力 F_O は入力レバーにおける入力であり、増幅した力 F_A は、出力レバーにおける出力である。増幅した力 F_A には、レバー構成要素 110 の機械効率が掛け合わされる。

【0021】

したがって、アクチュエーター増幅装置 108 は、プッシュプルアクチュエーター 102 によってハプティックタッチ面 104 に与えられるか又は出力される力を増幅する。アクチュエーター増幅装置 108 は、制限なしに所望の比で力を増幅することができる。例えば、比は、0.001 : 1 又は 1000 : 1 とすることができ、必要な変更は、出力インターフェースの位置のみである。本発明は、単一のレバー構成要素 110 のみを必要とし、アクチュエーター増幅装置 108 は、より大きい力又はより重量のあるフォームファクターでのハプティクスを可能にし、サイズ制限は、アクチュエーターの能力及び必要なハプティック効果のみに制限される。しかしながら、単一のプッシュプルアクチュエーターで利用されているように記載しているが、当業者により、システムの所望の又は必要な出力される力に応じて、複数のアクチュエーターとともに本明細書に記載するアクチュエーター増幅装置を使用することができることが理解されよう。

【0022】

図 4 は、アクチュエーター増幅装置 108 が組み込まれているハプティックデバイス 440 の様々な構成要素の組立分解斜視図である。ハプティックデバイス 440 は、タッチスクリーン 430 に対するハプティックフィードバックを与える。タッチスクリーン 430 に加えて、ハプティックデバイス 440 は、キャリアー 432 と、タッチスクリーン 430 のユーザーにハプティック効果を与えるプッシュプルアクチュエーター 102 と、ダストシール 434 と、LCD 構成要素 436 と、ハウジング構成要素 438 とを備える。タッチスクリーン 430 及びハウジング構成要素 438 は、タッチスクリーン 430 がハウジング構成要素 438 に対して移動可能であるように互いに結合される。言い換えれば、少なくともタッチスクリーン 430 は可動質量体であり、ハウジング構成要素 438 は固定質量体である。ハプティックデバイス 440 の他の構成要素は、その構成要素のサイズ、位置決め及び特定の構成に応じて、タッチスクリーン 430 に結合されてそれと同時に移動することができる。例えば、1つの実施形態では、キャリアー 432、ダストシール 434、LCD 構成要素 436 及びタッチスクリーン 430 は、これらの構成要素がまとめて可動質量体とみなされるように互いに結合することができる。キャリアー 432 は、鋼若しくはアルミニウム等の板金、又はポリカーボネート若しくは PC-ABS 等のプラスチック材料から形成することができる。アクチュエーター増幅装置 108 は、上述した出力インターフェース 118 を介して、出力インターフェース 118 がタッチスクリーン 430 に結合されるように、可動質量体の少なくとも 1つの構成要素に取り付けられる。アクチュエーター増幅装置 108 のサイズ及び位置決めは、可動質量体に取り付けるための出力インターフェース 118 の所望の位置決めに応じて、図 4 に示すものから変更することができる。別の実施形態では、キャリアー 432 及びタッチスクリーン 430 は、まとめて可動質量体とみなされるように互いに結合することができる。キャリアー 432 及びタッチスクリーン 430 がまとめて可動質量体であるとき、LCD 構成要素 436 は、ダストシール 434 が、タッチスクリーン 430 と LCD 構成要素 436 との間の塵埃

10

20

30

40

50

侵入を防止するように設置されて、任意の好適な方法でハウジング構成要素 438 に結合される。ハウジング構成要素 438 は、概して、コンパートメント又はケーシングである
とみなされるが、任意のタイプの基礎構成要素とすることができる。一実施形態では、ハ
プティックデバイス 440 は、例えば 7 インチタッチスクリーンディスプレイを備えた医
療デバイスとすることができる。ハプティックデバイス 440 は、例えば、コンピューター、
携帯電話、PDA、携帯ゲーム機、メディアプレイヤー、プリンター、オフィス電話
等、自動車用インターフェース（例えば、タッチスクリーン、タッチパッド又はタッチパ
ネル）を有する多数のデバイスのうちの任意のものとしてすることができる。ソフトウェアを
用いて、ハプティックデバイス 440 のユーザーに対してハプティックフィードバックが
与えられる。一実施形態では、タッチスクリーン 430 は、グラフィカルユーザーインター
フェース（GUI）等、実行しているアプリケーションプログラム及び／又はオペレー
ティングシステムに基づいてグラフィカル環境を表示することができる。グラフィカル環
境は、例えば、背景、ウィンドウ、データリスト、カーソル、ボタン等のアイコン、及び
GUI 環境において既知である他のグラフィカルオブジェクトを含むことができる。ユー
ザーは、タッチスクリーン 430 の様々な領域にタッチすることによってハプティックデ
バイス 440 とインタラクトして、画面に表示される仮想グラフィカルオブジェクトを作
動させ、移動させ、裏返し（フリップし）、前進させ又は他の方法で操作し、それにより
、デバイスに入力を与える。引用することにより本明細書の一部をなす Rosenberg 他の上
記米国特許第 8,059,105 号に例示されているように、こうしたタッチスクリーン
及び GUI は既知である。

10

20

【0023】

ハプティックデバイス 440 のタッチスクリーン 430 は、ハプティックタッチスクリ
ーンとみなすことができ、なぜなら、ハプティックデバイス 440 に対して、プッシュプ
ルアクチュエーター 102 と、プッシュプルアクチュエーター 102 がユーザーのタッチ
と協働してタッチスクリーン 430 の所望の動きをもたらすようにする信号をプッシュプ
ルアクチュエーター 102 に与える、関連する制御ハードウェア及びソフトウェアとが提
供されているためである。信号は、例えば、仮想ボタン押下又は仮想要素間の衝突に関連
してジョルト（jolt：激しい動き）を引き起こすか、又は画面を横切る仮想要素の移動に
関連して振動を引き起こすか、又は引用することにより本明細書の一部をなす Rosenberg
他の上記米国特許第 8,059,105 号により詳細に記載されているように他のタイプの
画面移動を引き起こすように与えることができる。触感フィードバック、タッチフィー
ドバック及び振動触覚フィードバックとしても知られるこうしたハプティックフィードバ
ック又はハプティック効果により、ハプティックデバイス 440 のユーザーに対してより
直観的な、魅力的なかつ自然な体験が可能になり、したがって、ユーザーとハプティック
デバイス 440 との間のインタラクションは、ハプティック効果によって与えられる触感
フィードバックを通して著しく改善される。

30

【0024】

図 4 の実施形態では、ハプティックデバイス 440 は、タッチスクリーン 430 の横方
向運動又は変位を許容する、すなわち可能にするように構成されている。言い換えれば、
アクチュエーター増幅装置 108 はハプティックデバイス 440 内で、プッシュプルアク
チュエーター 102 が x 軸に沿って左右にタッチスクリーン 430 を移動させるように方
向付けられている。しかしながら、本発明の別の実施形態によれば、プッシュプルアク
チュエーター及びアクチュエーター増幅装置は、タッチスクリーン又はハプティックタッ
チ面を z 軸に沿って上下に移動させるように構成することができる。より詳細には、図 4 A
は、ハプティックデバイス 440 A の様々な構成要素の組立分解斜視図である。ハプティ
ックデバイス 440 A は、ハプティックデバイス 440 と同じ構成要素を含むが、ハプテ
ィックデバイス 440 A は、ハプティックデバイス 440 A 内でアクチュエーター増幅装
置 408 によって与えられるか又は出力される増幅した力が z 軸に沿って上方向及び／又
は下方向であるように方向付けられている、プッシュプルアクチュエーター 402 及びア
クチュエーター増幅装置 408 を含むという点が異なる。より詳細には、図 4 B は、アク

40

50

チュエーター増幅装置 408 のその動作を例示するための側面図である。単に明確にするために、図 4 B には、キャリアー 432、ダストシール 434、LCD 構成要素 436 は図示しておらず、図 4 B は、固定質量体としてのハウジング構成要素 438 と唯一の可動質量体としてのタッチスクリーン 430 とを備えたアクチュエーター増幅装置 408 の動作を示す。しかしながら、図 4 に関して上述したように、キャリアー 432、ダストシール 434、LCD 構成要素 436 のうちの 1 つ又は複数は、タッチスクリーン 430 に結合され、それと同時に可動質量体として移動可能とすることができる。アクチュエーター増幅装置 408 は、プッシュプルアクチュエーター 402 をハウジング構成要素 438 に取り付けるように構成されたアクチュエーター取付台 416 と、レバーアーム 412 及び支点部 414 を有するレバー構成要素 410 と、レバー構成要素 410 をタッチスクリーン 430 に結合するように構成された出力インターフェース 418 とを含む。アクチュエーター取付台 416 は、ハウジング構成要素 438 の床 437 に取り付けられるか又は一体的に形成され（図 4 A を参照）、アクチュエーター取付台 416 の中又は上にプッシュプルアクチュエーター 402 を受け入れ、それによりプッシュプルアクチュエーター 402 をハウジング構成要素 438 に結合するように構成されている。この実施形態では、プッシュプルアクチュエーター 402 は、力 F_0 の方向矢印によって示すように、 z 軸に沿って上方向にレバーアーム 412 の第 1 の端部 411 を移動させるように方向付けられかつ構成されている。機械効率により、レバー構成要素 410 は、プッシュプルアクチュエーター 402 によってタッチスクリーン 430 に与えられる力 F_0 を伝達しかつ増幅する。レバー構成要素 410 が支点部 414 の上で枢動する際、レバーアーム 412 の第 1 の端部 411 に加えられる力 F_0 は、レバーアーム 412 の第 2 の端部 413 において増幅した力 F_A まで増幅、すなわち増大する。そして、増幅した力 F_A は、出力インターフェース 418 からタッチスクリーン 430 に伝達され、必要な加速度プロファイルがもたらされる。特に、この実施形態では、支点部 414 は、ハウジング構成要素 438 の側壁 439（図 4 A を参照）又はハウジング構成要素 438 の別の同様の部分に取り付けられて、その枢動を可能にする。さらに、この実施形態では、出力インターフェース 418 は、図 4 B において想像線で示すように、レバーアーム 412 の第 1 の端部 411 が上方向に移動するときにレバーアーム 412 のクリアランスを与えるのに十分な長さを有する。したがって、アクチュエーター増幅装置 408 は、アクチュエーター増幅装置 108 と同様に動作するが、アクチュエーター増幅装置 408 は、タッチスクリーン又はハプティックタッチ面を上下に移動させるように変更されているという点異なる。

【0025】

本発明の実施形態では、プッシュプルアクチュエーター 102 を介してハプティック効果を適用した後、ハプティックタッチ面 104 の移動を減衰させるか又は減速させる制動システム又は機構を含むことが望ましい場合がある。図 5 は、本発明の別の実施形態によるシステム 500 の断面図であり、そこでは、システム 500 は、可動質量体すなわちハプティックタッチ面 504 が接触するとハプティックタッチ面 504 の勢いを減衰させるように構成された、材料止め 522 を含む。図 5 の実施形態では、システム 500 は、本明細書においてより詳細に記載するように、ハプティックタッチ面 504 の上向きの（ z 軸の方向の）運動又は変位を可能にする。この例では、ハプティックタッチ面 504 はタッチスクリーンであるが、他の実施形態では、ハプティックタッチ面 504 は、リニア共振アクチュエーター（LRA）に一般にみられるもの等の固体質量体とすることができ、又は、本明細書に記載する任意のタイプの触覚的に励起されるタッチ面又はタッチ要素とすることができる。システム 500 は、固定質量体すなわちハウジング構成要素 506 と、ハウジング構成要素 506 に結合されてそれに対して移動可能であるハプティックタッチ面 504 と、ハウジング構成要素 506 に対してハプティックタッチ面 504 を移動させる力を与えるように構成されたアクチュエーター 502 と、ハウジング構成要素 506 に結合された材料止め 522 とを含む。材料止め 522 は、ハプティックタッチ面 504 が材料止め 522 に接触するとハプティックタッチ面 504 の勢いを減衰させるか又はそれを減速させるように構成された受動制動機構である。本明細書においてより詳細に説明

するように、ハプティックタッチ面 504 が材料止めに接触すると材料止め 522 は圧縮され、圧縮された材料止めは、ハプティックタッチ面 504 の勢いを減衰させるか又はそれを減速させるヒステリシスを示す。

【0026】

上述した構成要素に加えて、システム 500 はまた、1 つ又は複数のサスペンション要素 526 A、526 B も含むことができ、それらは、ハプティックタッチ面 504 に対して、システム 500 内に設置されたときに、z 方向又は z 軸等の一定方向における又は一定の並進軸に沿った優先的な移動を可能にする一方で、y 方向又は y 軸及び x 方向又は x 軸等の他の方向における又は他の並進軸に沿った移動を制限するように構成されている。サスペンション要素 526 A、526 B は、ばね要素として示されているが、引用することによりその全体が本明細書の一部をなす、Rosenberg 他 の米国特許出願公開第 2008 / 0111788 号、及び引用することによりその全体が本明細書の一部をなす Olien 他 の米国特許出願公開第 2010 / 0245254 号に例示されているようなゴム、発泡材又は可撓体等のコンプライアント材料とすることができる。サスペンション要素 526 A、526 B はまた、引用することによりその全体が本明細書の一部をなす Olien 他 の米国特許第 8,629,954 号に例示されているようなコンプライアントグロメットも含むことができ、又は、引用することによりその全体が本明細書の一部をなす Redelsheimer 他 の米国特許第 9,213,409 号に例示されているような二重剛性サスペンションシステムとすることができる。図 5 の実施形態では、サスペンション要素 526 A、526 B は、ハプティックタッチ面 504 をシステム 500 のハウジング構成要素 506 に結合し、ハプティックタッチ面 504 が z 軸に沿って移動するのを可能にする。

【0027】

図 5 の実施形態では、アクチュエーター 502 は、ハプティックタッチ面 504 の下側に結合されて示されており、ハプティックタッチ面 504 の上に、かつユーザーがハプティックタッチ面 504 に接触している場合はユーザーに、小さいパルス、振動又はテクスチャ感覚を出力する役割を果たす。アクチュエーター 502 は、ハプティックタッチ面 504 の下側に接続されて示されているが、アクチュエーター 502 の位置は、用途とシステム 500 で利用されるアクチュエーターのタイプとに応じて変更することができることは、当業者には明らかとなろう。アクチュエーター 502 は、ハプティックタッチ面 504 に結合されて示されることにより、ハウジング構成要素 506 に対してハプティックタッチ面 504 を移動させる力を与えるように構成されていることを表す。アクチュエーター 502 は、上述したプッシュプルアクチュエーター 102 とすることができ、その場合、アクチュエーター 502 は、ハウジング構成要素 506 に物理的に結合され、また、アクチュエーターによってハプティックタッチ面 504 に与えられるか又は出力される力を増幅するアクチュエーター増幅装置 108 を利用することができる。図 5 の実施形態では、より詳細に後述するように、アクチュエーター 502 は、方向矢印 524 によって示すように、ハプティックタッチ面 504 を z 軸に沿って上方向に移動させる。したがって、図 5 の実施形態においてアクチュエーター増幅装置 108 が利用される場合、アクチュエーター増幅装置 108 の向きは、図 4 A 及び図 4 B に関連して上述したようにアクチュエーターによって与えられるか又は出力される力を上方向及び／又は下方向に増幅するように変更される。さらに、材料止め 522 によって提供される受動制動機構は、他のハプティックアクチュエーターとともに利用することもでき、したがって、本発明の別の実施形態では、アクチュエーター 502 は、限定されないが、直動質量アクチュエーター (linear moveable mass actuator)、可動質量体を有する慣性アクチュエーター、圧電アクチュエーター、ボイスコイルアクチュエーター、偏心質量アクチュエーター、E コア型アクチュエーター、可動磁石アクチュエーター又は所望の他のタイプのアクチュエーターを含む、複数の既知のアクチュエータータイプとすることもできる。

【0028】

ハプティックタッチ面 504 の下側には、スパーサー 520 が結合されている。スパーサー 520 は、ハプティックタッチ面 504 の下側に、ハプティックタッチ面 504 と同

時に移動するように結合されており、本明細書で使用するスペーサー 520 は、存在する場合、ハプティックタッチ面 504 の一体構成要素又は延長部とみなされるべきである。言い換えれば、ハプティックタッチ面 504 及びスペーサー 520 は、まとめて可動質量体である。図 5 に示す実施形態では、スペーサー 520 は、ハプティックタッチ面 504 のいかなる下向きの移動も阻止するために使用され、したがって、スペーサー 520 は、その自由すなわち非取付端部 543 が材料止め 522 に近接して又は当接して配置されるような長さを有している。したがって、スペーサー 520 の反対側のすなわち取付端部 541 は、ハプティックタッチ面 504 に結合されており、スペーサー 520 の非取付端部 543 は、材料止め 522 に当接するが、それに結合されていない。他の実施形態（図示せず）では、スペーサー 520 は省略することができ、又は、ハプティックタッチ面 504 の幾分かの下向きの移動を可能にすることが望まれる場合、スペーサー 520 の非取付端部 543 と材料止め 522 との間に間隙が存在するように、より短い長さを有することができる。材料止め 522 は、ハウジング構成要素 506 に対して有効に固定又は接地されるように、ハウジング構成要素 506 に結合されている。図 5 の実施形態では、材料止め 522 は、ハウジング構成要素 506 の床に結合されている。接着剤で材料止め 522 をハウジング構成要素 506 に結合することができ、又は、限定されないがクリップ等の他の取付方法を用いることができる。

【0029】

ハプティックタッチ面 504 は、ゼロ又はそれより多いサイクルで振動運動を有してハプティック効果を与えるように構成されている。アクチュエーター 502 が、ハウジング構成要素 506 に対してハプティックタッチ面 504 を移動させる力を与えると、ハプティックタッチ面 504 は、方向矢印 524 によって示すように z 軸に沿って上方向に移動する。言い換えれば、ハプティックタッチ面 504 は、材料止め 522 を離れるように方向矢印 524 の方向に移動するように作動される。サスペンション要素 526 A、526 B は、ハプティックタッチ面 504 に対して、z 方向又は z 軸に沿った優先的な移動を可能にする一方で、y 方向又は y 軸及び x 方向又は x 軸における移動を制限するように構成されている。ハプティックタッチ面 504 は、そのピークに達すると、戻って、材料止め 522 に向かって反対方向に移動する。言い換えれば、ハプティックタッチ面 504 は、z 軸に沿って上方向に移動した後、共振して (resonate)、方向矢印 528 によって示すように z 軸に沿って下方向に移動する。ハプティックタッチ面 504 が、ハウジング構成要素 506 に向かって方向矢印 528 の方向に移動しているとき、ハプティックタッチ面 504 のスペーサー 520 は、材料止め 522 に衝突し、その後、材料止め 522 を圧縮する。材料止め 522 は、ハプティック効果の最後に、ヒステリシスを通して制動に受動的に関与するエラストマー又はゴム材料から作製されている。これにより、材料止め 522 がハプティックタッチ面 504 からエネルギーを吸収し、ハプティックタッチ面 504 からエネルギーを取り除くため、ハプティックタッチ面 504 が減速する。ハプティックタッチ面 504 と材料止め 522 との間の衝突により、圧縮された材料がヒステリシスを示すことによる停止（連続的なゼロ速度）の結果として、ハプティックタッチ面 504 が減速し、システムからハプティックタッチ面 504 のエネルギーが取り除かれる。ハプティックタッチ面 504 は、適用されたハプティック効果が終了すると（すなわち、アクチュエーター 502 がハプティックタッチ面 504 の作動又は移動を停止させた場合）、停止することになる。このエネルギーは、ハウジング構成要素 506 に対する強力な衝突効果として感じられる可能性があり、又は材料止め 522 によって完全に吸収されハウジング構成要素 506 に対して顕著ではない可能性がある。材料止め 522 は、限定なしにシリコーンゴム、天然ゴム及び熱可塑性エラストマー (TPE) 等、エネルギーを効率的に吸収し取り除くことができるエラストマー材料から形成することができる。本発明の別の実施形態では、材料止め 522 はスマート材料から形成される。

【0030】

材料止め 522 は、システム 500 において比較的脆弱なアクチュエーターの使用を可能にする。なぜなら、材料止め 522 から離れる最初の移動に対する抵抗がないためであ

る。別の利益は、材料止め５２２は、受動制動機構であり、したがって、ハプティックタッチ面５０４を停止させるか又は能動的に制動するためにアクチュエーター５０２からいかなる入力も不要であるということである。能動制動では、アクチュエーター５０２からの反転信号が必要であり、一方で、受動制動機構では、可動質量体が制動されるために必要な処理、計算及び動力の量が低減する。材料止め５２２により、制動力に関して制限がないことも可能になる。なぜなら、材料止め５２２が、衝突時にハプティックタッチ面５０４から材料止め５２２に加えられる力に基づいて制動するために必要な必須の戻り力を生成することができるためである。

【００３１】

材料止め５２２の動作について、図６Ａと図６Ｂとの間の比較を介して例示する。図６Ａは、材料止め５２２のないシステムに適用されたハプティック効果のグラフ図５５０Ａであり、図６Ｂは、材料止め５２２のあるシステム５００に適用されたハプティック効果のグラフ図５５０Ｂである。図６Ａ及び図６Ｂの両方において、適用されるハプティック効果は、パルス５５２によって表されている。波形５５４Ａは、材料止め５２２のないシステムにおけるハプティックタッチ面の結果としての移動又は変位を示す。ハプティックタッチ面の勢いを減衰させる材料止め５２２がない場合、パルス５５２によって表されるハプティック効果により、ハプティックタッチ面は連続的に振動する。制動機構がない場合、可動質量体すなわちハプティックタッチ面は、振動し続け、したがって、それに力が加えられた後に望ましくないハプティック効果及び質量体移動がもたらされる。ハプティックタッチ面は、最終的に、摩擦等の自然なエネルギー損失から減速するが、ハプティックタッチ面は、依然として長時間移動し続け、したがって、望ましくないハプティック効果をもたらす可能性がある。

【００３２】

しかしながら、図６Ｂに示すように、パルス５５２によって表されるハプティック効果は、材料止め５２２に衝突することによって停止させることができる。波形５５４Ｂは、材料止め５２２のあるシステム５００におけるハプティックタッチ面５０４の結果としての移動又は変位を示す。材料止め５２２を、マイクロメートル範囲の小さい距離だけ偏向させることにより、システムからのエネルギーは放散され、ハプティックタッチ面５０４の移動が停止する。エネルギーは、材料止め５２２の減衰及びヒステリシス特性によって放散される。なぜなら、材料止め５２２を偏向させることによって材料止め５２２内に入るエネルギーが、材料止め５２２を加熱するように変換され、したがって、材料止め５２２からのエネルギーがハプティックタッチ面５０４に戻されないためである。ハプティックタッチ面５０４は、材料止め５２２と衝突し、その振動は、完全に又は略完全に停止し、それにより、ハプティックタッチ面５０４は、材料止め５２２への初期衝突の後に必要な、わずかな移動で停止することになる。材料止め５２２により、不要な移動又は望ましくない効果が出力されないことが確実になる。

【００３３】

場合によっては、ハプティックタッチ面５０４の振動は、特定の効果を伝えるために依然として望まれる場合がある。ハプティックタッチ面５０４の振動は、材料止め５２２が存在するにも関わらず依然として達成することができる。より詳細には、図７は、材料止め５２２があるシステム５００に対して逐次適用される２つのハプティック効果のグラフ図７５０である。逐次適用される２つのハプティック効果は、パルス７５２Ａ、７５２Ｂによって表され、波形７５４は、材料止め５２２のあるシステム５００におけるハプティックタッチ面５０４の結果としての移動又は変位を示す。第２のパルス７５２Ｂは、ハプティックタッチ面５０４の振動と同相である。アクチュエーター５０２からの２つ以上の連続したパルスの印加により、ハプティックタッチ面５０４が振動し、こうした振動は、クリック、ポップ、隆起又は粒子効果等の、より大きい効果である可能性がある。したがって、材料止め５２２が存在する場合であっても、ハプティックタッチ面５０４に２つ以上のパルスを印加することにより、ハプティックタッチ面５０４の振動をもたらすことができる。

【0034】

材料止めの構成又は配置は、ハプティックタッチ面の所望の優先的な移動に応じて、図5に示すものから変更することができる。図8は、ハプティックタッチ面804が接触したときにハプティックタッチ面804の勢いを減衰させるように構成されている材料止め822を含む、システム800の断面図である。図8の実施形態では、システム800により、システム500において可能な上向きの運動ではなくハプティックタッチ面804の下向きの運動又は変位が可能になる。より詳細には、システム800は、固定質量体すなわちハウジング構成要素806と、ハウジング構成要素806に結合されてそれに対して移動可能なハプティックタッチ面804と、ハプティックタッチ面804に結合されかつハウジング構成要素806に対してハプティックタッチ面を移動させる力を与えるように構成されたアクチュエーター802と、ハウジング構成要素806に結合された材料止め822とを備える。材料止め822は、ハウジング構成要素806に対して有効に固定されるか又は接地されるようにハウジング構成要素806に結合されている。図8の実施形態では、材料止め822は、ハウジング構成要素806の側壁（図示せず）又は他の同様の部分に結合することができる。接着剤によって材料止め822をハウジング構成要素806に結合することができ、又は、限定されないがクリップ等の他の取付方法を用いることができる。さらに、システム800は、1つ又は複数のサスペンション要素826A、826Bも含むことができ、1つ又は複数のサスペンション要素826A、826Bは、ハプティックタッチ面804に対して、システム800内に設置されたとき、z方向又はz軸等の一定方向における又は一定の並進軸に沿った優先的な移動を可能にするが、y方向又はy軸及びx方向又はx軸等の他の方向における又は他の並進軸に沿った移動を制限するように構成されている。上述した材料止め522と同様に、材料止め822は、ハプティックタッチ面804が材料止め822に接触したときにハプティックタッチ面804の勢いを減衰させるか又はそれを減速させるように構成された受動制動機構である。材料止め822は、ハプティックタッチ面804が材料止め822と接触したときに圧縮され、圧縮された材料止めは、ハプティックタッチ面804の勢いを減衰させるか又はそれを減速させるヒステリシスを示す。

【0035】

アクチュエーター802が、ハウジング構成要素806に対してハプティックタッチ面804を移動させる力を与えるとき、ハプティックタッチ面804は、方向矢印824によって示すように、z軸に沿って下方向に移動する。言い換えれば、ハプティックタッチ面804は、方向矢印824の方向に移動するように作動される。この実施形態では、アクチュエーター802から加えられる下向きの力により、ハプティックタッチ面804は、材料止め822に向かってそれと衝突することなく移動する。ハプティックタッチ面804は、そのピークに達すると、戻って反対方向に移動する。言い換えれば、z軸に沿って下方向に移動した後、ハプティックタッチ面804は、共振して、方向矢印828によって示すようにz軸に沿って上方向に移動する。戻りストローク中に（すなわち、方向矢印828によって示すように上向きに移動しているとき）受動制動を作動させるようにハプティックタッチ面804を材料止め822と衝突させるために、ハプティックタッチ面804にはL字型スペーサー820が結合されている。L字型スペーサー820は、ハプティックタッチ面804の下側に、それと同時に移動するように結合されており、本明細書で用いるL字型スペーサー820は、存在する場合、ハプティックタッチ面804の一体構成要素又は延長部とみなされるべきである。言い換えれば、ハプティックタッチ面804及びL字型スペーサー820は、まとめて可動質量体である。L字型スペーサー820は、軸状部844及び基部842を含む。ハプティックタッチ面804が上向きに移動するとき、L字型スペーサー820の基部842は、材料止め822と衝突し、その後、材料止め822を圧縮して、システム800の勢いを減衰させ、ハプティックタッチ面804に受動制動を与える。

【0036】

図9は、ハプティックタッチ面904が接触したときにハプティックタッチ面904の

勢いを減衰させるように構成された材料止め 922 を含む、システム 900 の断面図である。図 9 の実施形態では、システム 900 により、システム 500、800 それぞれにおいて可能な上向きの動き、下向きの運動ではなく、ハプティックタッチ面 904 の横方向の運動又は変位が可能になる。より詳細には、システム 900 は、固定質量体すなわちハウジング構成要素 906 と、ハウジング構成要素 906 に結合されてそれに対して移動可能なハプティックタッチ面 904 と、ハプティックタッチ面 904 に結合されかつハウジング構成要素 906 に対してハプティックタッチ面を移動させる力を与えるように構成されたアクチュエーター 902 と、ハウジング構成要素 906 に結合された材料止め 922 とを含む。材料止め 922 は、ハウジング構成要素 906 に対して有効に固定されるか又は接地されるように、ハウジング構成要素 906 に結合されている。図 9 の実施形態では、材料止め 922 は、ハウジング構成要素 906 の側壁（図示せず）又は他の同様の部分に結合することができる。接着剤によって材料止め 922 をハウジング構成要素 906 に結合することができ、又は、限定されないがクリップ等の他の取付方法を用いることができる。さらに、システム 900 は、1 つ又は複数のサスペンション要素 926 A、926 B も含むことができ、1 つ又は複数のサスペンション要素 926 A、926 B は、ハプティックタッチ面 904 に対して、システム 900 内に設置されたとき、x 方向又は x 軸等の一定方向における又は一定の並進軸に沿った優先的な移動を可能にする一方で、y 方向又は y 軸及び z 方向又は z 軸等の他の方向における又は他の並進軸に沿った移動を制限するように構成されている。サスペンション要素 926 A、926 B は、ばね要素として示されており、ばね要素は、x 方向又は x 軸における移動を可能にする一方で y 方向又は y 軸及び z 方向又は z 軸における移動を制限するようにサスペンション要素 926 A、926 B を構成するために、サスペンション要素 526 A、526 B とは異なる材料から形成することができる。代替的に、当業者には理解されるように、サスペンション要素 926 A、926 B は、x 方向又は x 軸における移動を選択的に可能にする一方で y 方向又は y 軸及び z 方向又は z 軸における移動を制限するために、異なるピッチで形成することができ、及び／又は、サスペンション要素 926 A、926 B は、x 方向又は x 軸における移動を選択的に可能にする一方で y 方向又は y 軸及び z 方向又は z 軸における移動を制限するために、上述したようなコンプライアントグロメット、又はゴム、発泡材又は可撓体等のコンプライアント材料から形成することができる。この実施形態では、ハウジング構成要素 906 には、ハプティックタッチ面 904 の横方向又は左右方向の移動を可能にするように、対向する溝又はチャンネル 907 が形成されている。上述した材料止め 522 と同様に、材料止め 922 は、ハプティックタッチ面 904 が材料止め 922 に接触したときにハプティックタッチ面 904 の勢いを減衰させるか又はそれを減速させるように構成された受動制動機構である。材料止め 922 は、ハプティックタッチ面 904 が材料止め 922 と接触すると圧縮され、圧縮された材料止めは、ハプティックタッチ面 904 の勢いを減衰させるか又はそれを減速させるヒステリシスを示す。

【0037】

この実施形態では、アクチュエーター 902 によってハプティックタッチ面 904 に対して生成されるか又は出力される力は、線形であり x 軸に沿っており、ハプティックタッチ面 904 の平面に対して平行である。アクチュエーター 902 がハウジング構成要素 906 に対してハプティックタッチ面 904 を移動させる力を与え、ハプティックタッチ面 904 は、方向矢印 942 によって示すように、x 軸に沿って右横方向に移動する。言い換えれば、ハプティックタッチ面 904 は、材料止め 922 から離れて、方向矢印 924 の方向に移動するように作動される。ハプティックタッチ面 904 は、そのピークに達すると、戻って反対方向に移動する。言い換えれば、ハプティックタッチ面 904 は、x 軸に沿って右横方向に移動した後、共振して、方向矢印 928 によって示すように x 軸に沿って左横方向に移動する。この実施形態では、ハプティックタッチ面 904 は、横方向に移動しているが、材料止め 922 は真下に位置する。戻りストローク中（すなわち、方向矢印 928 に示すように左横方向に移動しているとき）受動制動を作動させるようにハプティックタッチ面 904 を材料止め 922 に衝突させるために、ハプティックタッ

チ面 904 にはスペーサー 920 が結合されている。スペーサー 920 は、ハプティックタッチ面 904 の下側に、それと同時に移動するように結合されており、本明細書で用いるスペーサー 920 は、存在する場合、ハプティックタッチ面 904 の一体構成要素又は延長部とみなされるべきである。言い換えれば、ハプティックタッチ面 904 及びスペーサー 920 はまとめて可動質量体である。ハプティックタッチ面 904 が左横方向に移動するとき、スペーサー 920 は、材料止め 922 と衝突し、その後、材料止め 922 を圧縮して、システム 900 の勢いを減衰させハプティックタッチ面 904 に受動制動を与える。

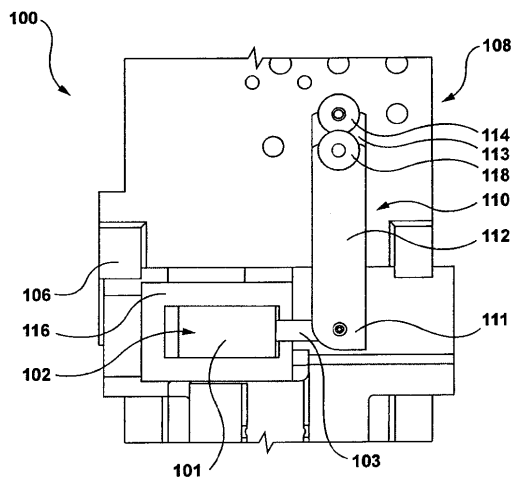
【0038】

上述した実施形態は、1つの移動方向において制動するための材料止めを示すが、本発明の実施形態は、2つ以上の移動方向において受動的に制動するための2つ以上の材料止めを含むことができる。

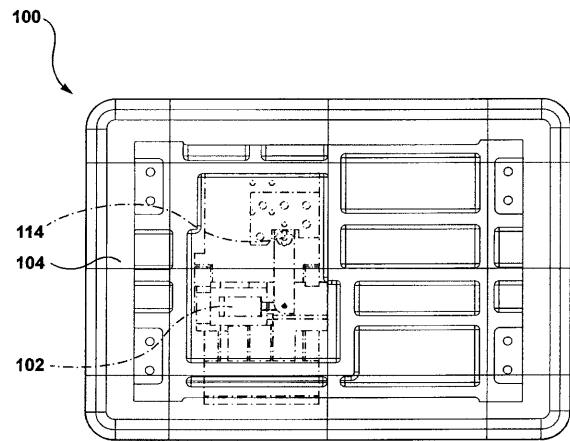
【0039】

本明細書において、いくつかの実施形態について具体的に例示し及び／又は記載している。しかしながら、開示した実施形態の変更及び変形は、上記教示によって包含され、かつ本発明の趣旨及び意図された範囲から逸脱することなく添付の特許請求の範囲の範囲内にあることが理解されよう。本発明による様々な実施形態について上述したが、それらは、限定ではなく単に例示及び例として提示されていることが理解されるべきである。本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく形態及び詳細の様々な変更を行うことができることは、当業者には明らかとなろう。したがって、本発明の範囲は、上述した例示的な実施形態のいずれによっても限定されるべきではなく、添付の特許請求の範囲及びそれらの均等物のみに従って定義されるべきである。本明細書で考察した各実施形態の各特徴及び本明細書で引用した各参考文献の各特徴は、他の任意の実施形態の特徴と組み合わせて使用することができることも理解されよう。本明細書において考察した全ての特許及び刊行物は、引用することによりその全体が本明細書の一部をなす。

【図 1】



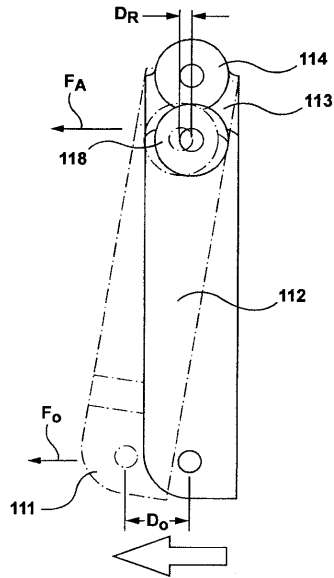
【図 2】



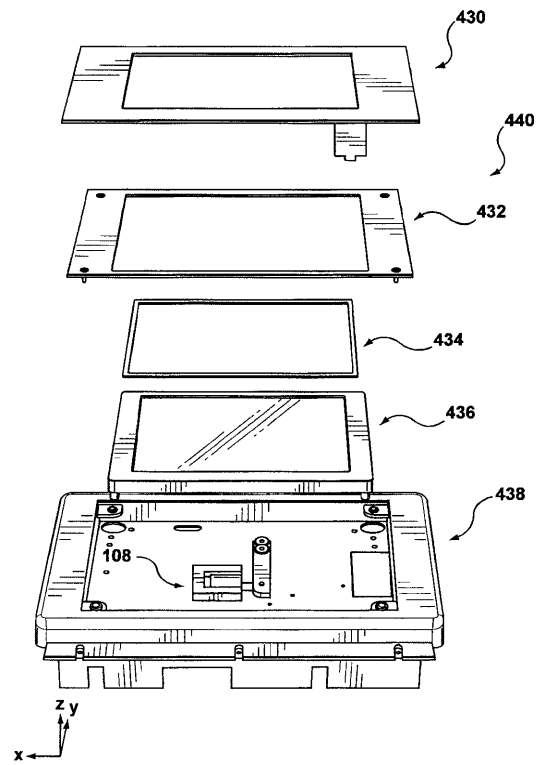
10

20

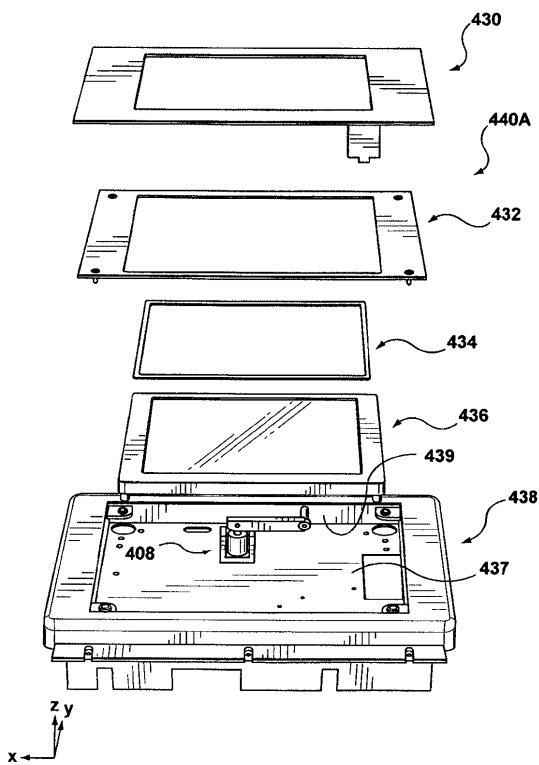
【図 3】



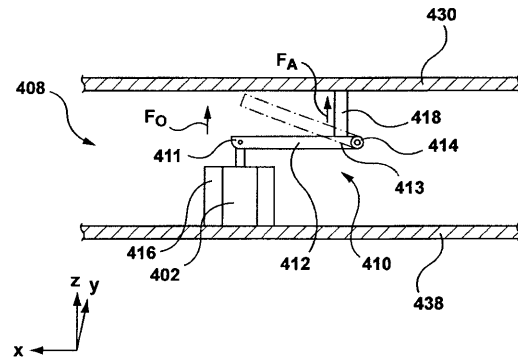
【図 4】



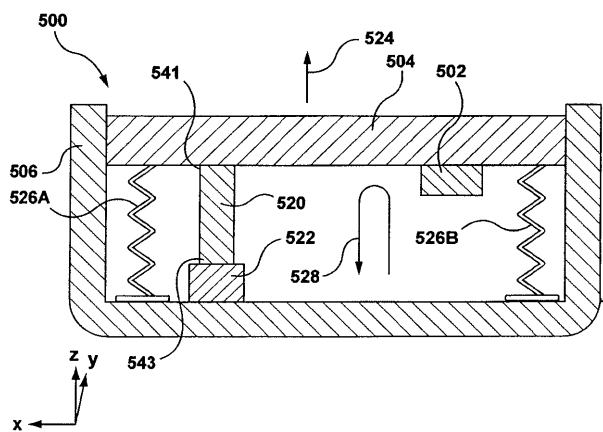
【図 4 A】



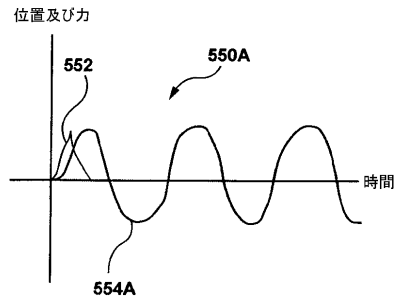
【図 4 B】



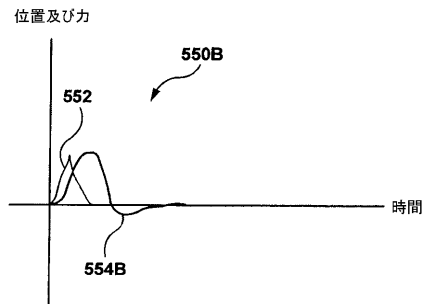
【図 5】



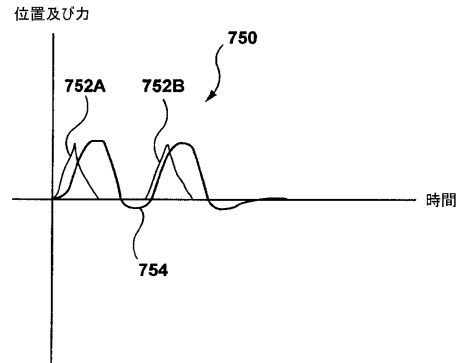
【図 6 A】



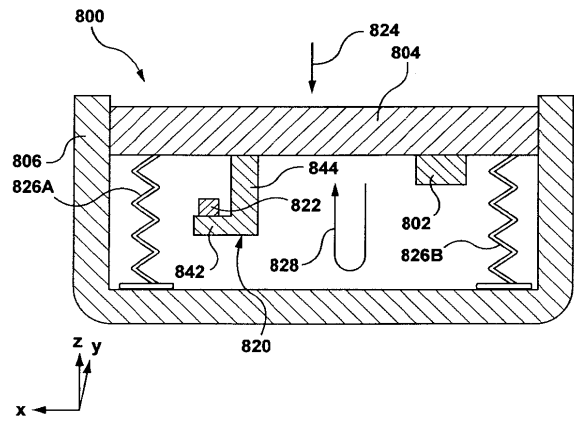
【図 6 B】



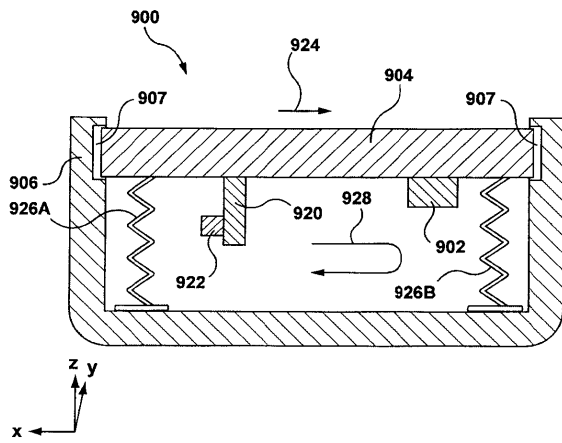
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(74)代理人 100154162

弁理士 内田 浩輔

(74)代理人 100182257

弁理士 川内 英主

(74)代理人 100202119

弁理士 岩附 秀幸

(72)発明者 ベノイト ポール ベレー

アメリカ合衆国 9 5 1 3 4 カリフォルニア, サンノゼ リオ ロブレス 5 0

(72)発明者 チャールズ バンター

アメリカ合衆国 9 5 1 3 4 カリフォルニア, サンノゼ リオ ロブレス 5 0

(72)発明者 ダニエル パーカー

アメリカ合衆国 9 5 1 2 5 カリフォルニア, サンノゼ, フェアオーチャード アヴェニュー
1 6 5 8

(72)発明者 伊本 浩平

アメリカ合衆国 9 5 0 1 4 カリフォルニア, クパーチノ, セレスト サークル 2 0 7 4 8

【外国語明細書】

[Title of the Invention]

**METHOD AND APPARATUS FOR ENABLING HEAVY FLOATING
TOUCHSCREEN HAPTICS ASSEMBLIES AND PASSIVE BRAKING SYSTEM**

[Technical Field]

[0001] Embodiments hereof are directed generally to floating touchscreen assemblies and more particularly to components that enable or improve haptic effects on a heavy floating touchscreen assembly.

CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATIONS

[0002] This application claims the benefit under 35 U.S.C. § 119(e) of the filing date of U.S. Provisional Application No. 62/300,722, filed on February 26, 2016, and U.S. Application No. 15/424,012 filed on February 7, 2017, the contents of which are incorporated by reference herein in their entirety.

[Background Art]

[0003] Haptics is a tactile and force feedback technology that takes advantage of a user's sense of touch by applying haptic feedback effects (i.e., "haptic effects"), such as forces, vibrations, and motions, to the user. Devices, such as mobile devices, touchscreen devices, touchpad devices and personal computers, can be configured to generate haptic effects. In general, calls to embedded hardware capable of generating haptic effects (such as actuators) can be programmed within an operating system ("OS") of the device. These calls specify which haptic effect to play. For example, when a user interacts with the device using, for example, a button, touchscreen, touchpad, lever, joystick wheel, or some other control, the OS of the device can send a play command through control circuitry to the embedded hardware. The embedded hardware then produces the appropriate haptic effect.

[0004] In an automotive environment, haptics can provide tactile feedback to help create a more confident and safe user experience in an automotive environment. Automotive applications of haptics have included rotary knobs, joysticks, touchpads and touchscreens. The use of

touchscreens in the automotive environment is increasing. Touchscreens are a natural interface for navigation systems, and tactile feedback improves the overall touchscreen usability as well as specific features of the navigation system human-machine interface. Users experience more intuitive interactions, reduced glance time for improved safety, and space-saving designs. The touchscreen buttons deliver a tactile pulse the user can actually feel through the touchscreen, since the touchscreen is mounted on a suspension that permits movement of the touchscreen, allowing the user to select an icon with a quick glance and touch of the touchscreen. Furthermore, with the use of proximity-sensing technology, a hand can be detected as it approaches the touchscreen. When the icon is pressed, the touchscreen pulses to acknowledge the command, allowing one to keep their eyes safely on the road. Thus the physical feedback of a haptic touchscreen or touchpad allows the driver to operate the system without looking at the touchscreen or pad. The Cadillac CUE and the Acura RLX On-Demand Multi-Use Display™ are two automotive haptic touchscreen applications. The Lexus NX utilizes a haptic touchpad application.

[0005] The touchscreens used in the automotive environment are large displays and can be heavier than other haptic touchscreens. For example, a 10-inch display may be desired and can weigh around 500g since the system may include a LCD secured to the touch panel by optical bonding for better visibility. The touchscreen or panel may be referred to as a floating screen, as it is mounted on a suspension system to allow the touchscreen to move as the haptic effects are generated. To provide haptics to a floating system device, low travel or motion and high force for acceleration is required. As moveable masses, such as the touchscreen and its assembly, become larger and/or heavier, the force required rises above what cost effective solenoids or push-pull actuators can provide. As a result, multiple solenoids or push-pull actuators have been needed to produce this required force which is not cost effective and takes up too much real estate. Thus there is a need for an actuator amplification mechanism that can move heavy moveable masses with a greater force to generate the required displacement and acceleration needs.

[0006] Another issue in current actuation technology is the need for a more efficient and cost effective braking mechanism. Currently braking can be done through the process of active braking. This is done by sending a reverse signal to the same actuator that was used to move the mass initially. However, the problem with this method is that it is very difficult to implement due to the measurement requirements needed to send an accurate reverse signal. Not only are the measurements and calculations very difficult to obtain, but the braking force that is created is

limited by the strength of actuator and its capabilities. As a result, this only creates a limited braking force which will permit the moveable mass to continue moving or oscillating before coming to a complete rest.

[0007] Others have also tried to solve this problem through passive friction braking. This is accomplished where a material attached to the fixed mass is pressed onto a material attached to the moveable mass, causing a friction force that opposes travel as the moveable mass moves in relation to the grounded mass. This causes the moveable mass to decelerate once the actuation force is removed. The friction between these two materials is controlled by the force applied normal to the friction surface and by the static and dynamic friction coefficient of the two materials rubbing against each other. However this also can be very difficult to implement because friction needs to be applied to the moveable mass, and this friction force can drastically vary with the force applied normal to the surface. Further, this solution can be difficult to implement because it requires the use of a stronger actuator because the friction force is always opposing motion throughout the duration of the haptic effect. Thus there is also a need for a braking mechanism that can provide more effective braking that does not have such limitations.

[Summary of the Invention]

[0008] Embodiments hereof relate to systems for amplifying haptic effects provided by a push-pull actuator. According to an embodiment hereof, the system includes a push-pull actuator configured to provide a force and a displacement and an actuator amplification apparatus. The actuator amplification apparatus includes an actuator mount configured to attach the actuator amplification apparatus to a housing component, a lever component including a lever arm and a fulcrum, and an output interface coupled to the lever arm and configured to attach the actuator amplification apparatus to a moveable mass. The push-pull actuator is disposed within the actuator mount. The lever arm has a first end coupled to the push-pull actuator to receive the force from the push-pull actuator and a second opposing end coupled to the fulcrum. The lever is configured to pivot on the fulcrum upon receiving the force from the push-pull actuator. The lever component transfers and reduces the displacement provided by the push-pull actuator to the moveable mass, and the lever component also transfers and amplifies the force provided by the push-pull actuator to the moveable mass.

[0009] According to another embodiment hereof, a system includes a housing component, a

push-pull actuator configured to provide a force and a displacement, a lever component including a lever arm and a fulcrum, and a haptic touch surface coupled to the lever arm via an output interface. The push-pull actuator is coupled to the housing component via an actuator mount. The lever arm has a first end coupled to the push-pull actuator to receive the force from the push-pull actuator and a second opposing end coupled to the fulcrum so that the lever is configured to pivot on the fulcrum upon receiving the force from the push-pull actuator. The amount of displacement transferred to the haptic touch surface from the push-pull actuator is reduced by the lever component and the amount of force transferred to the haptic touch surface from the push-pull actuator is increased by the lever component.

[0010] According to another embodiment hereof, a system includes a housing component, a moveable mass coupled to the housing component to be moveable relative thereto, an actuator configured to provide a force to move the moveable mass relative to the housing component, and a material stop coupled to the housing component. The material stop is configured to dampen the moveable mass when the moveable mass contacts the material stop. The material stop compresses when the moveable mass contacts the material stop and the compressed material stop exhibits hysteresis to dampen the moveable mass.

The foregoing and other features and advantages of the invention will be apparent from the following description of embodiments hereof as illustrated in the accompanying drawings.

[Brief Description of the Drawings]

[0011] FIG. 1 is a top view of an actuator amplification apparatus according to an embodiment hereof, wherein the actuator amplification apparatus includes a lever component including a lever arm and a fulcrum, the lever component being configured to transfer and reduce the displacement provided by a push-pull actuator to a moveable mass, and also configured to transfer and amplify the force provided by the push-pull actuator to the moveable mass.

[0012] FIG. 2 is a top view of the actuator amplification apparatus of FIG. 1 with the moveable mass disposed thereover and coupled thereto.

[0013] FIG. 3 is an enlarged view of the lever component of FIG. 1 to illustrate the operation thereof, the lever component being removed from the actuator amplification apparatus for illustrative purposes only.

[0014] FIG. 4 is an exploded perspective view of a haptic device with the actuator

amplification apparatus of FIG. 1 incorporated therein.

[0015] FIG. 4A is an exploded perspective view of a haptic device with an actuator amplification apparatus according to another embodiment hereof, wherein the actuator amplification apparatus is oriented within the haptic device such that the amplified force provided or output thereby is in an upward and/or downward direction along the z-axis.

[0016] FIG. 4B is a side view illustration of the actuator amplification apparatus of FIG. 4A disposed between a touchscreen and a housing component of the haptic device of FIG. 4A to illustrate the operation thereof.

[0017] FIG. 5 is a sectional view illustration of a system according to another embodiment hereof, wherein the system includes a material stop configured to dampen a moveable mass when the moveable mass contacts the material stop and the system allows for upward motion of the moveable mass.

[0018] FIG. 6A is a graphical illustration of a haptic effect applied to a system without the material stop of FIG. 5.

[0019] FIG. 6B is a graphical illustration of a haptic effect applied to the system FIG. 5 with the material stop.

[0020] FIG. 7 is a graphical illustration of two haptic effects applied sequentially to the system FIG. 5 with the material stop.

[0021] FIG. 8 is a sectional view illustration of a system according to another embodiment hereof, wherein the system includes a material stop configured to dampen a moveable mass when the moveable mass contacts the material stop and the system allows for downward motion of the moveable mass.

[0022] FIG. 9 is a sectional view illustration of a system according to another embodiment hereof, wherein the system includes a material stop configured to dampen a moveable mass when the moveable mass contacts the material stop and the system allows for lateral motion of the moveable mass.

[Configuration to Work the Invention]

[0023] The accompanying drawings, which are incorporated herein and form a part of the specification, further serve to explain the principles of the invention and to enable a person skilled

in the pertinent art to make and use the invention. The drawings are not to scale.

[0024] Specific embodiments of the present invention are now described with reference to the figures, wherein like reference numbers indicate identical or functionally similar elements. The following detailed description is merely exemplary in nature and is not intended to limit the invention or the application and uses of the invention. Furthermore, there is no intention to be bound by any expressed or implied theory presented in the preceding technical field, background, brief summary or the following detailed description. Furthermore, although embodiments described herein are primarily directed to an actuator amplification apparatus for use with heavy floating touchscreen assemblies, those skilled in the art would recognize that the description applies equally to other moveable masses. Embodiments of actuator amplification apparatuses illustrated herein are described within the context of a touchscreen wherein a graphical display is disposed behind a touch surface or touch element. It will be understood, however, that the invention is not limited to actuator amplification apparatuses for such touchscreens but is equally applicable to any haptically excited touch surface or touch element. For example, the actuator amplification apparatus might be applied to the touchpad of a computer wherein the display screen is not co-located with the touchpad. It may be applied to a touch element with at least one touch sensitive region or an array of touch sensitive regions that may be created by capacitive sensors, near field effect sensors, piezo sensors, or other sensor technology. The graphical element may be a display located behind or in a separate location from the touch element and updated by a host computer, or it may simply be a plastic surface with features (e.g. graphics) indicating touch sensitive regions of an associated touch element. Thus, the term haptic touch surface when used in the following detailed description and in the claims should be construed to encompass traditional touchscreens as well as any touch surface or touch element and associated graphical element to which haptic effects may be applied.

[0025] FIG. 1 is a top view of a system 100 for amplifying haptic effects provided by a solenoid or push-pull actuator 102. System 100 includes an actuator amplification apparatus 108 according to an embodiment hereof, and FIG. 1 illustrates actuator amplification apparatus 108 coupled to a portion of a fixed mass or housing component 106. FIG. 2 is a top, zoomed out view of a moveable mass or haptic touch surface 104 disposed over housing component 106 such that actuator amplification apparatus 108 is encapsulated within or disposed between housing component 106 and haptic touch surface 104. As will be explained in more detail herein, actuator amplification

apparatus 108 includes a lever component 110 with a lever arm 112 and a fulcrum 114. Lever component 110 is configured to transfer and reduce the displacement provided by push-pull actuator 102 to haptic touch surface 104, and is also configured to transfer and amplify the force provided by push-pull actuator 102 to haptic touch surface 104. Stated another way, lever component 110 receives the high travel/low force provided by push-pull actuator 102 and converts it to low travel/high force through the use thereof. By mechanically modifying or increasing the output force of push-pull actuator 102, lever component 110 enables heavy floating touchscreens and touch surface haptics assemblies through the use thereof. Lever component 110 can be designed for individual force requirements or for any standard push-pull actuator. Lever component 110 is designed to impart a force that is only limited by the output force of the actuator and the haptic requirements of the design.

[0026] More particularly, with reference to FIG. 1, actuator amplification apparatus 108 includes an actuator mount 116 configured to attach push-pull actuator 102 to housing component 106, lever component 110, and an output interface 118 configured to attach lever component 110 to haptic touch surface 104. Actuator mount 116 is attached to or integrally formed with housing component 106, and is configured to receive push-pull actuator 102 therein or thereon to thereby couple push-pull actuator 102 to housing component 106. In an embodiment hereof, housing component 106 is a dashboard frame of an automobile and haptic touch surface 104 is a touchscreen that is configured to move relative to housing component 106. In an embodiment, haptic touch surface 104 weighs between 200 grams and 2000 grams. Housing component 106 is a stationary component meaning that it is not intended or configured to be moved via push-pull actuator 102, and in an embodiment hereof is a casing that at least partially encloses and protects components of system 100. However, housing component 106 may be any type of fixed or grounded mass and haptic touch surface 104 may be any type of moveable mass. The term “fixed mass” as used herein includes a stationary component that is not intended or configured to be moved via push-pull actuator 102, while the term “moveable mass” as used herein includes a component that is intended or configured to be moved via push-pull actuator 102 relative to a fixed mass.

[0027] Lever component 110 extends between actuator mount 116 (coupled to fixed mass or housing component 106) and output interface 118 (coupled to moveable mass or haptic touch surface 104). Lever arm 112 of lever component 110 has a first end 111 coupled to push-pull

actuator 102 to receive a force therefrom and an opposing or second end 113 coupled to fulcrum 114 of lever component 110. Fulcrum 114 is attached to a portion of housing component 106. More particularly, a body 101 of push-pull actuator 102 is disposed within or on actuator mount 116 and first end 111 of lever arm 112 is coupled to a plunger 103 of push-pull actuator 102. Output interface 118, which may be for example a pin, is coupled to lever arm 112 adjacent to second end 113 thereof and is attached to haptic touch surface 104. As used herein, "adjacent" to second end 113 includes that output interface 118 is directly beside or only slightly spaced apart from fulcrum 114 such that output interface 118 does not interfere with the operation of fulcrum 114. Haptic touch surface 104 is not directly attached to housing component 106 but rather is only directly attached to output interface 118.

[0028] FIG. 3 is an enlarged view of lever component 110 to illustrate the operation and movement thereof, lever component 110 being removed from actuator amplification apparatus 108 for illustrative purposes only. Push-pull actuator 102 is configured to provide or output a force F_o and a displacement D_o . In the exemplary embodiment, push-pull actuator 102 is providing a pull force on first end 111 of lever arm 112, which results in first end 111 of lever arm 112 being moved or traveling the length of displacement D_o . Lever component 110 is configured to pivot on fulcrum 114 upon receiving force F_o from push-pull actuator 102. More particularly, when first end 111 of lever arm 112 is moved in the pull direction, lever component 110 pivots along fulcrum 114 in a clockwise direction. The movement of lever component 110 causes output interface 118 (which is coupled to lever arm 112 adjacent to second end 113 thereof) to also move and as a result move haptic touch surface 104 which is coupled to output interface 118. Output interface 118 moves in a similar pull direction but the distance moved by output interface 118 is much smaller than the distance moved by first end 111 of lever arm 112. As shown on FIG. 3, output interface 118 and haptic touch surface 104 coupled thereto moves or travels the length of a reduced displacement D_R rather than displacement D_o . Lever component 110 thus transfers and reduces the displacement provided by push-pull actuator 102 to haptic touch surface 104. Stated another way, the amount of displacement transferred to haptic touch surface 104 from push-pull actuator 102 is reduced by lever component 110. In an embodiment hereof, reduced displacement D_R is on a micrometer level although it will be understood that the amount of reduced displacement D_R depends on the amount of force F_o from push-pull actuator 102, the dimensions of lever component 110, and the position of fulcrum 114.

[0029] Due to mechanical advantage, lever component 110 also transfers and amplifies force F_o provided by push-pull actuator 102 to haptic touch surface 104. Stated another way, the amount of force transferred to haptic touch surface 104 from push-pull actuator 102 is increased by lever component 110. More particularly, lever component 110 preserves the input power from push-pull actuator 102 and trades off forces against movement to obtain a desired amplification in the output force. The power into and out of lever component 110 must be the same, and power is the product of force and velocity. As lever component 110 pivots on fulcrum 114, first end 111 of lever arm 112 is further away from fulcrum 114 than second end 113 of lever arm 112 and thus first end 111 moves faster than second end 113. Thus, force F_o applied to first end 111 of lever arm 112 will be amplified or increased at second end 113 of lever arm 112 to an amplified force F_A . Amplified force F_A is then transferred from output interface 118 to haptic touch surface 104 to cause the required acceleration profile. As such, lever component 110 operates to multiply the output force of push-pull actuator 102 (force F_o) by a mechanical advantage, thus resulting in a new output force (amplified force F_A) and output travel (reduced displacement D_R) of push-pull actuator 102 and lever component 110 combined together, as compared to push-pull actuator 102 alone. Lever component 110 modifies the output force of push-pull actuator 102 and the travel of plunger 103 of push-pull actuator 102.

[0030] Displacement D_o and reduced displacement D_R may be considered different input and output levers, respectively, of lever component 110. Similarly, force F_o and amplified force F_A may be considered different input and output forces, respectively, at the input and output levers, respectively. Force F_o is input at the input lever, and amplified force F_A is at the output lever. Amplified force F_A is multiplied by the mechanical advantage of lever component 110.

[0031] Accordingly, actuator amplification apparatus 108 amplifies a force provided or output by push-pull actuator 102 to haptic touch surface 104. Actuator amplification apparatus 108 can amplify force at a desired ratio without limitations. For example, the ratio can be 0.001 to 1 or 1,000 to 1, with the only modification needed being the location of the output interface. The present invention requires only a single lever component 110, and actuator amplification apparatus 108 enables haptics on larger or heavier form factors with the size limitation being only restricted to the actuator capabilities and the required haptic effect. However, although described as being utilized with a single push-pull actuator, it will be understood by one of ordinary skill in the art that actuator amplification apparatuses described herein may be used with multiple actuators

depending upon the desired or requisite output force of the system.

[0032] FIG. 4 is an exploded perspective view of various components of a haptic device 440 with actuator amplification apparatus 108 incorporated therein. Haptic device 440 provides haptic feedback to a touchscreen 430. In addition to touchscreen 430, haptic device 440 includes a carrier 432, push-pull actuator 102 for providing a haptic effect to a user of touchscreen 430, a dust seal 434, an LCD component 436, and a housing component 438. Touchscreen 430 and housing component 438 are coupled together such that touchscreen 430 is movable relative to housing component 438. Stated another way, at least touchscreen 430 is a moveable mass and housing component 438 is a fixed mass. Other components of haptic device 440 may be coupled to touchscreen 430 and move concurrently therewith, depending upon the size, positioning, and particular configuration of the components. For example, in one embodiment, carrier 432, dust seal 434, LCD component 436 and touchscreen 430 may be coupled together such that these components are collectively considered a moveable mass. Carrier 432 may be formed from a sheet metal such as steel or aluminum, or a plastic material such as polycarbonate or PC-ABS. Actuator amplification apparatus 108 is attached to at least one component of the moveable mass via output interface 118 described above such that output interface 118 is coupled to touchscreen 430. The size and positioning of actuator amplification apparatus 108 may vary from that shown in FIG. 4 depending upon the desired positioning of output interface 118 for attachment to the moveable mass. In another embodiment, carrier 432 and touchscreen 430 may be coupled together such that carrier 432 and touchscreen 430 are collectively considered a moveable mass. When carrier 432 and touchscreen 430 are collectively a moveable mass, LCD component 436 is coupled to housing component 438 in any suitable manner with dust seal 434 installed to prevent dust intrusion between touchscreen 430 and LCD component 436. Housing component 438 is generally considered to be a compartment or casing, but may be any type of base component. In an embodiment, haptic device 440 may be a medical device with a seven inch touchscreen display, for instance. Haptic device 440 may be any of a number of devices having an automotive interface (i.e., touchscreen, touchpad, or touch panel) such as, for instance, a computer, cellular telephone, PDA, portable gaming device, media player, a printer, an office telephone, or the like. Software is used to provide haptic feedback to the user of haptic device 440. In an embodiment, touchscreen 430 can display a graphical environment based on application programs and/or operating systems that are running, such as a graphical user interface (GUI). The graphical environment may include,

for example, backgrounds, windows, data listings, a cursor, icons such as buttons, and other graphical objects well known in GUI environments. A user interacts with haptic device 440 by touching various regions of touchscreen 430 to activate, move, flip, advance, or otherwise manipulate the virtual graphical objects displayed on the screen, and thereby to provide inputs to the device. Such touchscreens and GUIs are well known, as exemplified in U.S. Pat. No. 8,059,105 to Rosenberg et al. incorporated by reference above.

[0033] Touchscreen 430 of haptic device 440 may be considered a haptic touchscreen in that haptic device 440 is provided with push-pull actuator 102 and associated control hardware and software that provide signals to push-pull actuator 102 causing it to induce desired motion of touchscreen 430 in coordination with the user's touches. A signal may be provided to, for example, induce a jolt in conjunction with a virtual button press or collisions between virtual elements, or vibrations in conjunction with movement of virtual elements across the screen, or other types of screen movements as described in more detail in U.S. Pat. No. 8,059,105 to Rosenberg et al. incorporated by reference above. Such haptic feedback or effects, also known as tactile feedback, touch feedback, and vibro-tactile feedback, allows for a more intuitive, engaging, and natural experience for the user of haptic device 440 and thus interaction between the user and haptic device 440 is considerably enhanced through the tactile feedback provided by the haptic effects.

[0034] In the embodiment of FIG. 4, haptic device 440 is configured to permit or allow lateral motion or displacement of touchscreen 430. Stated another way, actuator amplification apparatus 108 is oriented within haptic device 440 such that push-pull actuator 102 moves touchscreen 430 in a side-to-side manner along the x-axis. However, according to another embodiment hereof, the push-pull actuator and the actuator amplification apparatus may be configured to move a touchscreen or haptic touch surface in an up-down manner along the z-axis. More particularly, FIG. 4A is an exploded perspective view of various components of a haptic device 440A. Haptic device 440A includes the same components as haptic device 440, except that haptic device 440A includes a push-pull actuator 402 and an actuator amplification apparatus 408 oriented within haptic device 440A such that the amplified force provided or output by actuator amplification apparatus 408 is in an upward and/or downward direction along the z-axis. More particularly, FIG. 4B is a side view illustration of actuator amplification apparatus 408 to illustrate the operation thereof. For sake of clarity only, carrier 432, dust seal 434, LCD component 436 are not shown in FIG. 4B and FIG. 4B illustrates operation of actuator amplification apparatus 408 with housing

component 438 as a fixed mass and only touchscreen 430 as a moveable mass. However, as described above with respect to FIG. 4, one or more of carrier 432, dust seal 434, LCD component 436 may be coupled to touchscreen 430 and moveable concurrently therewith as a moveable mass. Actuator amplification apparatus 408 includes an actuator mount 416 configured to attach push-pull actuator 402 to housing component 438, a lever component 410 having a lever arm 412 and a fulcrum 414, and an output interface 418 configured to couple lever component 410 to touchscreen 430. Actuator mount 416 is attached to or integrally formed on a floor 437 (see FIG. 4A) of housing component 438, and is configured to receive push-pull actuator 402 therein or thereon to thereby couple push-pull actuator 402 to housing component 438. In this embodiment, push-pull actuator 402 is oriented and configured to move a first end 411 of lever arm 412 in an upward direction along the z-axis as indicated by the directional arrow of force F_o . Due to mechanical advantage, lever component 410 transfers and amplifies force F_o provided by push-pull actuator 402 to touchscreen 430. As lever component 410 pivots on fulcrum 414, force F_o applied to first end 411 of lever arm 412 will be amplified or increased at a second end 413 of lever arm 412 to an amplified force F_A . Amplified force F_A is then transferred from output interface 418 to touchscreen 430 to cause the required acceleration profile. Notably, in this embodiment, fulcrum 414 is attached to a sidewall 439 (see FIG. 4A) of housing component 438, or another similar portion of housing component 438, to permit pivoting thereof. Further, in this embodiment output interface 418 has a length sufficient to provide clearance of lever arm 412 when first end 411 of lever arm 412 is moved in an upward direction, as shown in phantom in FIG. 4B. Thus, actuator amplification apparatus 408 operates in a similar manner to actuator amplification apparatus 108 except that actuator amplification apparatus 408 is modified to move a touchscreen or haptic touch surface in an up-down manner.

[0035] In embodiments hereof, it may be desirable to include a braking system or mechanism for damping or decelerating movement of haptic touch surface 104 after application of haptic effects via push-pull actuator 102. FIG. 5 is a sectional view illustration of a system 500 according to another embodiment hereof, wherein system 500 includes a material stop 522 configured to dampen a moveable mass or haptic touch surface 504 when haptic touch surface 504 contacts material stop 522. In the embodiment of FIG. 5, system 500 allows for upward (in the direction of the z-axis) motion or displacement of haptic touch surface 504 as will be described in more detail herein. In this example, haptic touch surface 504 is a touchscreen but in other embodiments

haptic touch surface 504 may be a solid mass such as one commonly found in a Linear Resonant Actuator (LRA) or may be any type of haptically excited touch surface or touch element described herein. System 500 includes a fixed mass or housing component 506, haptic touch surface 504 which is coupled to housing component 506 to be moveable relative thereto, an actuator 502 configured to provide a force to move haptic touch surface 504 relative to housing component 506, and material stop 522 coupled to housing component 506. Material stop 522 is a passive braking mechanism that is configured to dampen or decelerate haptic touch surface 504 when haptic touch surface 504 contacts material stop 522. As will be explained in more detail herein, material stop 522 compresses when haptic touch surface 504 contacts the material stop and the compressed material stop exhibits hysteresis to dampen or decelerate haptic touch surface 504.

[0036] In addition to the components described above, system 500 may also include one or more suspension elements 526A, 526B that are configured to allow preferential movement of haptic touch surface 504 in a certain direction or along a certain translational axis, such as a z-direction or axis, while limiting movement in other directions or along other translational axis, such as the y- direction or axis and x- direction or axis, when installed within system 500. Suspension elements 526A, 526B are shown as spring elements, but may be a compliant material such as rubber, foam, or flexures as illustrated in U.S. Pat. Appl. Pub. No. 2008/0111788 A1 to Rosenberg et al., herein incorporated by reference in its entirety, and U.S. Pat. Appl. Pub. No. 2010/0245254 A1 to Olien et al, herein incorporated by reference in its entirety. Suspension elements 526A, 526B may also include compliant grommets as illustrated in U.S. Patent No. 8,629,954 to Olien et al, herein incorporated by reference in its entirety, or may be a dual-stiffness suspension system as illustrated in U.S. Patent No. 9,213,409 to Redelsheimer et al, herein incorporated by reference in its entirety. In the embodiment of FIG. 5, suspension elements 526A, 526B couple haptic touch surface 504 to housing component 506 of system 500 and allow haptic touch surface 504 to be moved along the z-axis.

[0037] In the embodiment of FIG. 5, actuator 502 is shown coupled to the underside of haptic touch surface 504 and serves to output a small pulse, vibration, or texture sensation onto haptic touch surface 504 and to the user if the user is contacting haptic touch surface 504. Although actuator 502 is shown coupled to the underside of haptic touch surface 504, it will be apparent to one of ordinary skill in the art that the location of actuator 502 may vary depending upon application and the type of actuator utilized in system 500. It is shown coupled to haptic touch

surface 504 to represent that it is configured to provide a force to move haptic touch surface 504 relative to housing component 506. Actuator 502 may be push-pull actuator 102 described above, in which case it would be physically coupled to housing component 506, and may utilize actuator amplification apparatus 108 for amplifying a force provided or output by the actuator to haptic touch surface 504. In the embodiment of FIG. 5, as described below in more detail, actuator 502 moves haptic touch surface 504 in an upward direction along the z-axis as indicated by a directional arrow 524. As such, when actuator amplification apparatus 108 is utilized in the embodiment of FIG. 5, the orientation of actuator amplification apparatus 108 is modified so as to amplify a force provided or output by the actuator in an upward and/or downward direction as described above with respect to FIGS. 4A and 4B. In addition, the passive braking mechanism provided by material stop 522 may also be utilized with other haptic actuators and thus in another embodiment hereof actuator 502 may also be a number of known actuator types including, without limitation, a linear moveable mass actuator, an inertial actuator that has a moveable mass, piezo actuator, voice coil actuator, an eccentric mass actuator, an E-core type actuator, a moving magnet actuator, or other type of actuator as desired.

[0038] Haptic touch surface 504 includes a spacer 520 coupled to the underside thereof. Spacer 520 is coupled to the underside of haptic touch surface 504 such that it moves concurrently therewith, and as used herein, spacer 520 when present is to be considered an integrated component or extension of haptic touch surface 504. Stated another way, haptic touch surface 504 and spacer 520 are collectively a moveable mass. In the embodiment shown in FIG. 5, spacer 520 is used to prevent any downward movement of haptic touch surface 504 and as such spacer 520 has a length such that a free or unattached end 543 thereof is placed proximate to or abutting against material stop 522. Thus, an opposing or attached end 541 of spacer 520 is coupled to haptic touch surface 504 and unattached end 543 of spacer 520 abuts against material stop 522 but is not coupled thereto. In other embodiments (not shown), spacer 520 may be omitted or may have a shorter length such that there exists a gap between unattached end 543 of spacer 520 and material stop 522 if permitting some downward movement of haptic touch surface 504 is desired. Material stop 522 is coupled to housing component 506 such that material stop 522 is effectively fixed or grounded relative to housing component 506. In the embodiment of FIG. 5, material stop 522 is coupled to the floor of housing component 506. Material stop 522 may be coupled to housing component 506 with adhesive, or other mounting methods may be used such as but not limited to a clip.

[0039] Haptic touch surface 504 is configured to have oscillatory motion, with zero or more cycles, to provide haptic effects. When actuator 502 provides a force to move haptic touch surface 504 relative to housing component 506, haptic touch surface 504 moves in an upward direction along the z-axis as indicated by directional arrow 524. Stated another way, haptic touch surface 504 is actuated so as to move in the direction of directional arrow 524, away from material stop 522. Suspension elements 526A, 526B are configured to allow preferential movement of haptic touch surface 504 along the z- direction or axis, while limiting movement in the y- direction or axis and x- direction or axis. As haptic touch surface 504 reaches its peak, haptic touch surface 504 will then return and move in an opposing direction, towards material stop 522. Stated another way, after moving in an upward direction along the z-axis, haptic touch surface 504 resonates and moves in a downward direction along the z-axis as indicated by a directional arrow 528. When haptic touch surface 504 is moving in the direction of directional arrow 528, towards housing component 506, spacer 520 of haptic touch surface 504 collides and subsequently compresses material stop 522. Material stop 522 is made from an elastomer or rubber material that passively engages braking through hysteresis at the end of a haptic effect. This results in a deceleration of haptic touch surface 504 as material stop 522 absorbs the energy from haptic touch surface 504 and removes it from haptic touch surface 504. The collision between haptic touch surface 504 and material stop 522 decelerates haptic touch surface 504 as a result to rest (continual zero velocity) due to the compressed material exhibiting hysteresis, and the energy of haptic touch surface 504 is removed from the system. Haptic touch surface 504 will come to rest if the applied haptic effect has ended (i.e., if actuator 502 has stopped actuating or moving haptic touch surface 504). This energy may be felt as a strong collision effect to housing component 506 or may be completely absorbed by material stop 522 and not noticeable to housing component 506. Material stop 522 may be formed from an elastomeric material that is able to absorb and remove energy efficiently such as without limitation silicone rubber, natural rubber and a thermoplastic elastomer (TPE). In another embodiment hereof, material stop 522 is formed from a smart material.

[0040] Material stop 522 allows a weaker actuator to be used in system 500 because the initial travel away from material stop 522 is not opposed. Another benefit is that material stop 522 is a passive braking mechanism and thus does not need any input from actuator 502 to stop or actively brake haptic touch surface 504. Active braking requires a reverse signal from actuator 502, while passive braking mechanisms reduces the amount of processing, calculation and power needed to

cause a moveable mass to brake. Material stop 522 also allows for no limitations in relation to braking force because material stop 522 is able to generate the requisite return force necessary for braking based off the force applied to it from haptic touch surface 504 upon impact.

[0041] The operation of material stop 522 is illustrated via a comparison between FIGS. 6A and 6B. FIG. 6A is a graphical illustration 550A of a haptic effect applied to a system without material stop 522, and FIG. 6B is a graphical illustration 550B of a haptic effect applied to system 500 having material stop 522. In both FIGS. 6A and 6B, an applied haptic effect is represented by a pulse 552. Waveform 554A illustrates the resulting movement or displacement of a haptic touch surface in a system without material stop 522. Without material stop 522 to apply dampening thereof, the haptic effect represented by pulse 552 causes a haptic touch surface to vibrate continually. When there is no braking mechanism, the movable mass or haptic touch surface will keep oscillating and thus create unwanted haptic effects and mass movement after a force is applied to it. The haptic touch surface will eventually slowdown from natural energy loss, such as friction, but the haptic touch surface may still continue to move for an elongated period of time and thus produce unwanted haptic effects.

[0042] However, as shown in FIG. 6B, the haptic effect represented by pulse 552 can be stopped by impacting material stop 522. Waveform 554B illustrates the resulting movement or displacement of haptic touch surface 504 in system 500 having material stop 522. By deflecting material stop 522 a small distance in the micrometer range, energy from the system is dissipated causing the movement of haptic touch surface 504 to stop. Energy is dissipated through the damping and hysteresis properties of material stop 522 in that the energy put into material stop 522 by deflecting it is converted to heating material stop 522, and thus the energy from material stop 522 is not returned to haptic touch surface 504. Haptic touch surface 504 will collide with material stop 522 and the oscillation thereof will stop either completely or near completely such that haptic touch surface 504 will come to rest with as little movement as required after initial impact into material stop 522. Material stop 522 ensures that unnecessary movements or unwanted effects are not output.

[0043] In some cases, oscillation of haptic touch surface 504 may still be desired in order to convey a particular effect. Oscillation of haptic touch surface 504 may still be achieved despite the presence of material stop 522. More particularly, FIG. 7 is a graphical illustration 750 of two haptic effects applied sequentially to system 500 having material stop 522. The two haptic effects

applied sequentially are represented by pulses 752A, 752B, and waveform 754 illustrates the resulting movement or displacement of haptic touch surface 504 in system 500 having material stop 522. Second pulse 752B is in phase with the vibrations of haptic touch surface 504. Application of two or more sequential pulses from actuator 502 result in oscillation of haptic touch surface 504, and such oscillation may be a larger effect such as a click, pop, bump, or grain effect. Thus, even with material stop 522 present, oscillation of haptic touch surface 504 may be produced by applying two or more pulses to haptic touch surface 504.

[0044] The configuration or disposition of the material stop may vary from that shown in FIG. 5 depending upon the desired preferential movement of the haptic touch surface. FIG. 8 is a sectional view illustration of a system 800 that includes a material stop 822 configured to dampen a haptic touch surface 804 when haptic touch surface 804 contacts material stop 822. In the embodiment of FIG. 8, system 800 allows for downward motion or displacement of haptic touch surface 804 rather than upward motion allowed in system 500. More particularly, system 800 includes a fixed mass or housing component 806, haptic touch surface 804 which is coupled to housing component 806 to be moveable relative thereto, an actuator 802 coupled to haptic touch surface 804 and configured to provide a force to move the haptic touch surface relative to housing component 806, and material stop 822 coupled to housing component 806. Material stop 822 is coupled to housing component 806 such that material stop 822 is effectively fixed or grounded relative to housing component 806. In the embodiment of FIG. 8, material stop 822 may be coupled to a sidewall (not shown) or other similar portion of housing component 806. Material stop 822 may be coupled to housing component 806 with adhesive, or other mounting methods may be used such as but not limited to a clip. In addition, system 800 may also include one or more suspension elements 826A, 826B that are configured to allow preferential movement of haptic touch surface 804 in a certain direction or along a certain translational axis, such as an z-direction or axis, while limiting movement in other directions or along other translational axis, such as the y-direction or axis and x-direction or axis, when installed within system 800. Similar to material stop 522 described above, material stop 822 is a passive braking mechanism that is configured to dampen or decelerate haptic touch surface 804 when haptic touch surface 804 contacts material stop 822. Material stop 822 compresses when haptic touch surface 804 contacts material stop 822 and the compressed material stop exhibits hysteresis to dampen or decelerate haptic touch surface 804.

[0045] When actuator 802 provides a force to move haptic touch surface 804 relative to housing component 806, haptic touch surface 804 moves in a downward direction along the z-axis as indicated by a directional arrow 824. Stated another way, haptic touch surface 804 is actuated so as to move in the direction of directional arrow 824. In this embodiment, the downward force applied from actuator 802 will move haptic touch surface 804 towards material stop 822 without colliding with it. As haptic touch surface 804 reaches its peak, haptic touch surface 804 will then return and move in an opposing direction. Stated another way, after moving in a downward direction along the z-axis, haptic touch surface 804 resonates and moves in an upward direction along the z-axis as indicated by a directional arrow 828. In order to have haptic touch surface 804 collide with material stop 822 to activate the passive braking during the return stroke (i.e., when moving upward as indicated by directional arrow 828), haptic touch surface 804 includes an L-shaped spacer 820 coupled thereto. L-shaped spacer 820 is coupled to the underside of haptic touch surface 804 such that it moves concurrently therewith, and as used herein, L-shaped spacer 820 when present is to be considered an integrated component or extension of haptic touch surface 804. Stated another way, haptic touch surface 804 and L-shaped spacer 820 are collectively a moveable mass. L-shaped spacer 820 includes a stem 844 and a base 842. When haptic touch surface 804 travels upward, base 842 of L-shaped spacer 820 collides with material stop 822 and subsequently compresses material stop 822 to dampen system 800 and provide passive braking to haptic touch surface 804.

[0046] FIG. 9 is a sectional view illustration of a system 900 that includes a material stop 922 configured to dampen a haptic touch surface 904 when haptic touch surface 904 contacts material stop 922. In the embodiment of FIG. 9, system 900 allows for lateral motion or displacement of haptic touch surface 904 rather than upward, downward motion allowed in systems 500, 800, respectively. More particularly, system 900 includes a fixed mass or housing component 906, haptic touch surface 904 which is coupled to housing component 906 to be moveable relative thereto, an actuator 902 coupled to haptic touch surface 904 and configured to provide a force to move the haptic touch surface relative to housing component 906, and material stop 922 coupled to housing component 906. Material stop 922 is coupled to housing component 906 such that material stop 922 is effectively fixed or grounded relative to housing component 906. In the embodiment of FIG. 9, material stop 922 may be coupled to a sidewall (not shown) or other similar portion of housing component 906. Material stop 922 may be coupled to housing component 906

with adhesive, or other mounting methods may be used such as but not limited to a clip. In addition, system 900 may also include one or more suspension elements 926A, 926B that are configured to allow preferential movement of haptic touch surface 904 in a certain direction or along a certain translational axis, such as an x- direction or axis, while limiting movement in other directions or along other translational axis, such as the y- direction or axis and z- direction or axis, when installed within system 900. Suspension elements 926A, 926B are shown as spring elements, which may be formed from a different material from suspension elements 526A, 526B in order to configure suspension elements 926A, 926B to allow movement in the x- direction or axis while limiting movement in the y- direction or axis and z- direction or axis. Alternatively, as will be understood by one of ordinary skill in the art, suspension elements 926A, 926B may be formed with a different pitch in order to selectively allow movement in the x- direction or axis while limiting movement in the y- direction or axis and z- direction or axis, and/or suspension elements 926A, 926B may be formed from a compliant grommet or a compliant material such as rubber, foam, or flexures as described above in order to selectively allow movement in the x- direction or axis while limiting movement in the y- direction or axis and z- direction or axis. In this embodiment, housing component 906 includes opposing grooves or channels 907 formed therein to permit lateral or side-to-side movement of haptic touch surface 904. Similar to material stop 522 described above, material stop 922 is a passive braking mechanism that is configured to dampen or decelerate haptic touch surface 904 when haptic touch surface 904 contacts material stop 922. Material stop 922 compresses when haptic touch surface 904 contacts material stop 922 and the compressed material stop exhibits hysteresis to dampen or decelerate haptic touch surface 904.

[0047] In this embodiment, the forces produced or output by actuator 902 onto haptic touch surface 904 are linear and along the x-axis, parallel to the planar surface of haptic touch surface 904. When actuator 902 provides a force to move haptic touch surface 904 relative to housing component 906, haptic touch surface 904 moves in lateral, right direction along the x-axis as indicated by a directional arrow 924. Stated another way, haptic touch surface 904 is actuated so as to move in the direction of directional arrow 924, away from material stop 922. As haptic touch surface 904 reaches its peak, haptic touch surface 904 will then return and move in an opposing direction. Stated another way, after moving in a lateral, right direction along the x-axis, haptic touch surface 904 resonates and moves in a lateral, left direction along the x-axis as indicated by

a directional arrow 928. In this embodiment, haptic touch surface 904 is moving laterally but material stop 922 lies beneath. In order to have haptic touch surface 904 collide with material stop 922 to activate the passive braking during the return stroke (i.e., when moving lateral, left direction as indicated by directional arrow 928), haptic touch surface 904 includes a spacer 920 coupled thereto. Spacer 920 is coupled to the underside of haptic touch surface 904 such that it moves concurrently therewith, and as used herein, spacer 920 when present is to be considered an integrated component or extension of haptic touch surface 904. Stated another way, haptic touch surface 904 and spacer 920 are collectively a moveable mass. When haptic touch surface 904 travels in the lateral, left direction, spacer 920 collides with material stop 922 and subsequently compresses material stop 922 to dampen system 900 and provide passive braking to haptic touch surface 904.

[0048] Although embodiments described above illustrate a material stop for braking in one direction of travel, embodiments hereof may include two or more material stops for passively braking in two or more directions of travel.

[0049] Several embodiments are specifically illustrated and/or described herein. However, it will be appreciated that modifications and variations of the disclosed embodiments are covered by the above teachings and within the purview of the appended claims without depending from the spirit and intended scope of the invention. While various embodiments according to the present invention have been described above, it should be understood that they have been presented by way of illustration and example only, and not limitation. It will be apparent to persons skilled in the relevant art that various changes in form and detail can be made therein without departing from the spirit and scope of the invention. Thus, the breadth and scope of the present invention should not be limited by any of the above-described exemplary embodiments, but should be defined only in accordance with the appended claims and their equivalents. It will also be understood that each feature of each embodiment discussed herein, and of each reference cited herein, can be used in combination with the features of any other embodiment. All patents and publications discussed herein are incorporated by reference herein in their entirety.

1. A system for amplifying haptic effects provided by a push-pull actuator, the system comprising:

a push-pull actuator configured to provide a force and a displacement; and

an actuator amplification apparatus including

an actuator mount configured to attach the actuator amplification apparatus to a housing component, wherein the push-pull actuator is disposed within the actuator mount,

a lever component including a lever arm and a fulcrum, the lever arm having a first end coupled to the push-pull actuator to receive the force from the push-pull actuator and a second opposing end coupled to the fulcrum, wherein the lever is configured to pivot on the fulcrum upon receiving the force from the push-pull actuator, and

an output interface coupled to the lever arm and configured to attach the actuator amplification apparatus to a moveable mass,

wherein the lever component transfers and reduces the displacement provided by the push-pull actuator to the moveable mass and wherein the lever component transfers and amplifies the force provided by the push-pull actuator to the moveable mass.

2. The system of claim 1, wherein the moveable mass weighs between 200 grams and 2000 grams.
3. The system of claim 2, wherein the moveable mass includes a haptic touchscreen.
4. The system of claim 2, wherein the housing component is a dashboard frame of an automobile.
5. The system of claim 1, wherein the output interface is coupled to the lever arm adjacent to the second end of the lever arm.
6. The system of claim 1, wherein the first end of the lever arm is coupled to a plunger of

the push-pull actuator and a body of the push-pull actuator is disposed on the actuator mount.

7. The system of claim 1, further comprising:
 - a material stop coupled to the housing component, wherein the material stop is configured to dampen the moveable mass when the moveable mass contacts the material stop.
8. The system of claim 7, wherein the material stop compresses when the moveable mass contacts the material stop and the compressed material stop exhibits hysteresis to dampen the moveable mass.
9. The system of claim 8, wherein the material stop is formed from an elastomeric material.
10. The system of claim 8, wherein the material stop is formed from a smart material.
11. A system for amplifying haptic effects provided by a push-pull actuator, the system comprising:
 - a housing component;
 - a push-pull actuator configured to provide a force and a displacement, wherein the push-pull actuator is coupled to the housing component via an actuator mount;
 - a lever component including a lever arm and a fulcrum, the lever arm having a first end coupled to the push-pull actuator to receive the force from the push-pull actuator and a second opposing end coupled to the fulcrum so that the lever is configured to pivot on the fulcrum upon receiving the force from the push-pull actuator; and
 - a haptic touch surface coupled to the lever arm via an output interface,wherein the amount of displacement transferred to the haptic touch surface from the push-pull actuator is reduced by the lever component and wherein the amount of force transferred to the haptic touch surface from the push-pull actuator is increased by the lever component.

12. The system of claim 11, wherein the haptic touch surface weighs between 200 grams and 2000 grams.
13. The system of claim 12, wherein the haptic touch surface is a touchscreen.
14. The system of claim 12, wherein the housing component is a dashboard frame of an automobile.
15. The system of claim 11, wherein the output interface is coupled to the lever arm adjacent to the second end of the lever arm.
16. The system of claim 11, wherein the first end of the lever arm is coupled to a plunger of the push-pull actuator and a body of the push-pull actuator is disposed on the actuator mount.
17. The system of claim 11, further comprising:
 - a material stop coupled to the housing component, wherein the material stop is configured to dampen the haptic touch surface when the haptic touch surface contacts the material stop.
18. The system of claim 17, wherein the material stop compresses when the haptic touch surface contacts the material stop and the compressed material stop exhibits hysteresis to dampen the haptic touch surface.
19. The system of claim 17, wherein the haptic touch surface includes a spacer coupled thereto and the spacer contacts the material stop.
20. A system comprising:
 - a housing component;
 - a moveable mass, wherein the moveable mass is coupled to the housing component to be moveable relative thereto;

an actuator configured to provide a force to move the moveable mass relative to the housing component; and

a material stop coupled to the housing component, the material stop being configured to dampen the moveable mass when the moveable mass contacts the material stop, wherein the material stop compresses when the moveable mass contacts the material stop and the compressed material stop exhibits hysteresis to dampen the moveable mass.

[Abstract]

An object of the invention is to enable or improve haptic effects on a heavy floating touchscreen assembly.

A system for amplifying haptic effects provided by a push-pull actuator includes a housing component, a push-pull actuator coupled to the housing component and configured to provide a force and a displacement, a lever component including a lever arm and a fulcrum, and a haptic touch surface coupled to the lever arm via an output interface. The push-pull actuator is via an actuator mount. The amount of displacement transferred to the haptic touch surface from the push-pull actuator is reduced by the lever component and the amount of force transferred to the haptic touch surface from the push-pull actuator is increased by the lever component. The system may include a material stop coupled to the housing component that when compressed by the haptic touch surface exhibits hysteresis to dampen the haptic touch surface.

[Representative Drawing]

Fig. 1

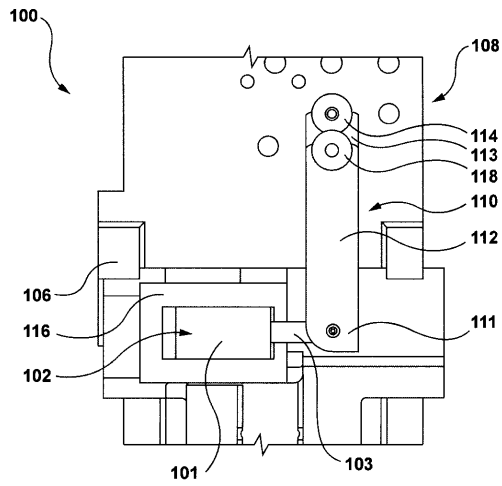


FIG. 1

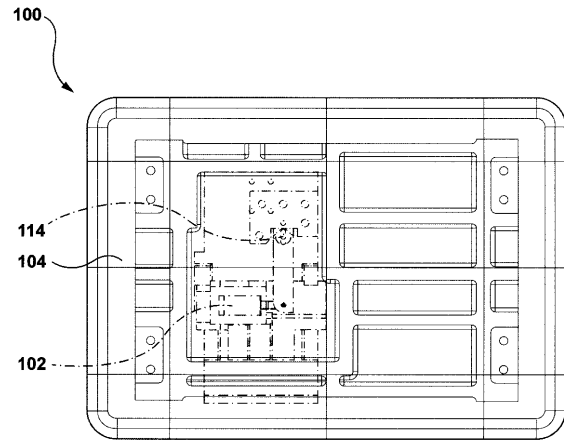


FIG. 2

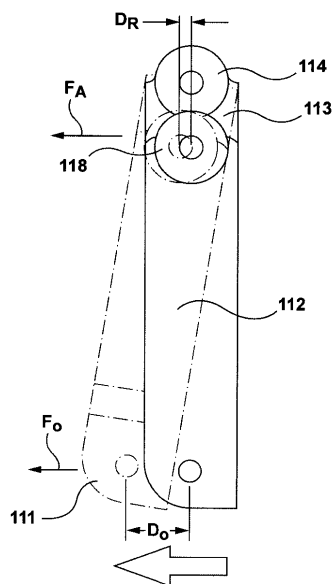


FIG. 3

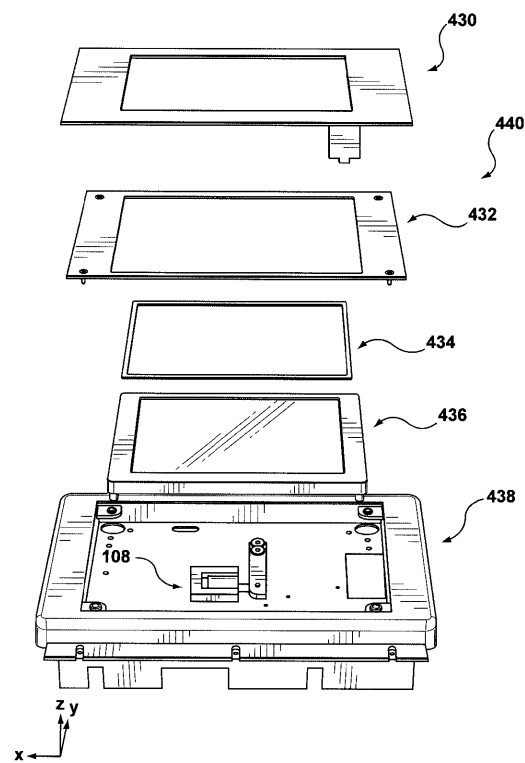


FIG. 4

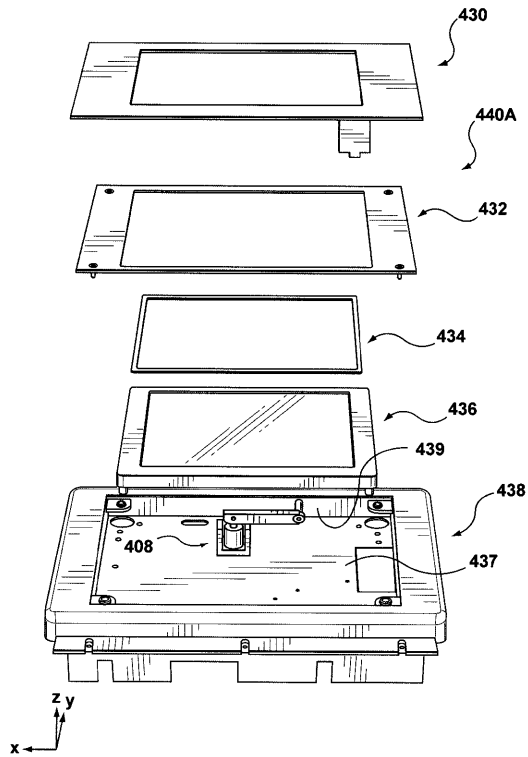


FIG. 4A

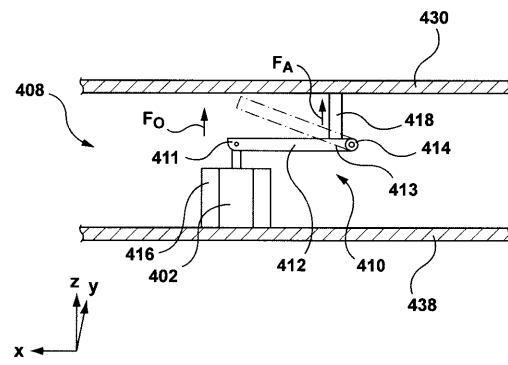


FIG. 4B

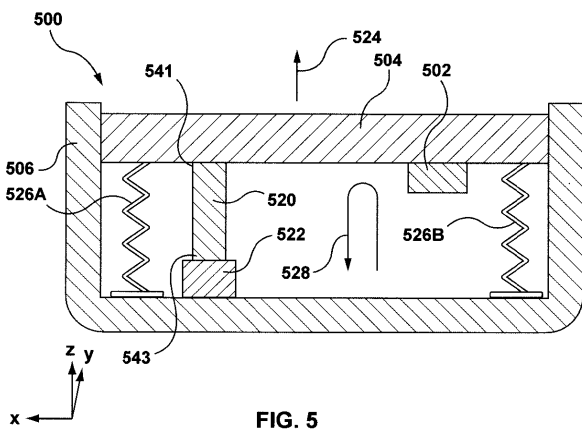


FIG. 5

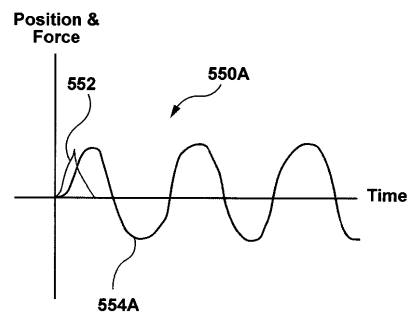


FIG. 6A

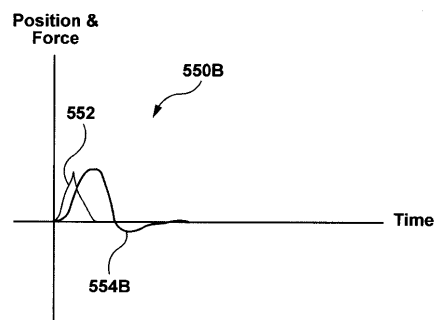


FIG. 6B

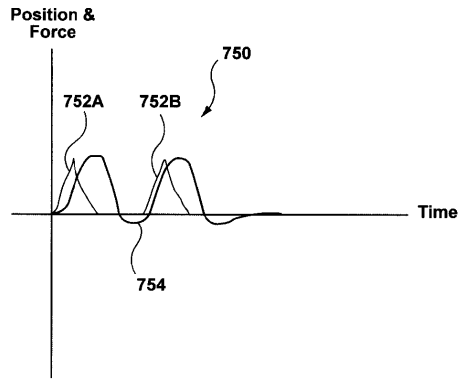


FIG. 7

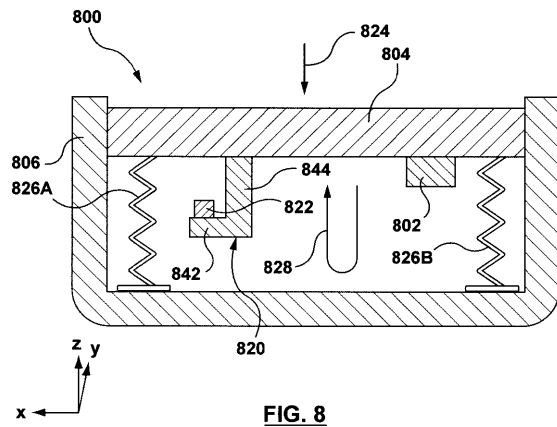


FIG. 8

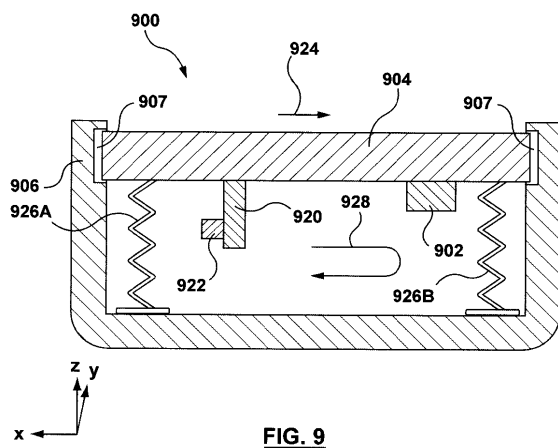


FIG. 9