

(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2017-168104

(P2017-168104A)

(43) 公開日 平成29年9月21日 (2017.9.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
G06F 3/041 (2006.01)	G06F 3/041 480	
	G06F 3/041 640	
	G06F 3/041 495	
	G06F 3/041 460	

審査請求 未請求 請求項の数 17 O L 外国語出願 (全 40 頁)

(21) 出願番号 特願2017-52071 (P2017-52071)
 (22) 出願日 平成29年3月17日 (2017.3.17)
 (31) 優先権主張番号 15/072, 485
 (32) 優先日 平成28年3月17日 (2016.3.17)
 (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

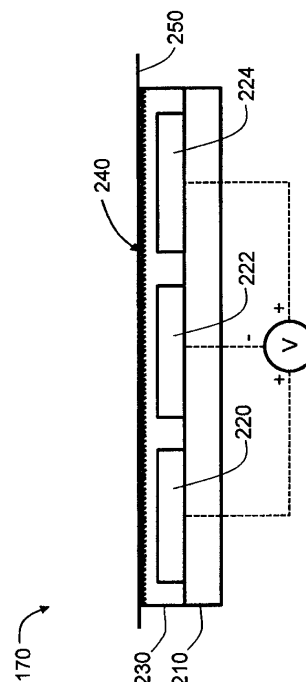
(54) 【発明の名称】 静電付着に基づく触覚出力デバイス

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的の1つは、触覚出力デバイスであって、従来のモーター及びアクチュエーターを用いることなくこのデバイスの可動部品間の力を制御することができる、触覚出力デバイスを提供することである。

【解決手段】触覚出力デバイスは、基板と、基板の上に配置された電極のアレイと、電極のアレイの上に配置された誘電材料の層とを含む。誘電材料の層は露出した外面を有し、露出した外面は、露出した外面と、この露出した外面と接触している接触面との間の付着力を増大させるように構成されたマイクロパターニングされたテクスチャーを備える。触覚出力デバイスは、電極のアレイにわたって電位をかけて、露出した外面と接触面との間に触覚効果として静電付着力を発生させるように構成されたコントローラーを含む。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

基板と、

前記基板の上に配置された電極のアレイと、

前記電極のアレイの上に配置された誘電材料の層であって、露出した外面を有し、該露出した外面は、該露出した外面と、該露出した外面と接触している接触面との間の付着力を増大させるように構成されたマイクロパターニングされたテクスチャーを備える、誘電材料の層と、

前記電極のアレイにわたって電位をかけて、前記露出した外面と前記接触面との間に触覚効果として静電付着力を発生させるように構成されたコントローラート、
を備える、触覚出力デバイス。

10

【請求項 2】

前記基板は、ポリメチルシロキサン、ポリフッ化ビニリデン、ポリエチレンテレフタレート、ポリスチレン、ポリプロピレン及びそれらの組合せからなる群から選択された材料を含む、請求項 1 に記載の触覚出力デバイス。

【請求項 3】

前記基板は可撓性フィルムである、請求項 1 に記載の触覚出力デバイス。

【請求項 4】

前記誘電材料の層は、パリレン、二酸化ケイ素、有機絶縁体、無機絶縁体及びそれらの組合せからなる群から選択された誘電材料を含む、請求項 1 に記載の触覚出力デバイス。

20

【請求項 5】

電子機器であって、

該電子機器のユーザーの行動を検知するように構成されたセンサーと、

前記センサーによって検知された前記ユーザーの前記行動に応じて触覚効果を発生させるように構成された触覚出力デバイスであって、

基板と、

前記基板の上に配置された電極のアレイと、

前記電極のアレイの上に配置された誘電材料の層であって、露出した外面を有し、該露出した外面は、該露出した外面と、該露出した外面と接触している接触面との間の付着力を増大させるように構成されたマイクロパターニングされたテクスチャーを備える、誘電材料の層と、

30

を備える、触覚出力デバイスと、

前記センサーから入力信号を受け取り、該入力信号に基づいて前記触覚出力デバイスによって生成される前記触覚効果を決定し、前記電極のアレイにわたって電位をかけて、前記露出した外面と前記接触面との間に触覚効果として静電付着力を発生させるように構成されたコントローラート、

を備える、電子機器。

【請求項 6】

前記センサーは、近接センサー又は圧力センサーである、請求項 5 に記載の電子機器。

【請求項 7】

前記基板は、熱可塑性材料、熱硬化性材料、エラストマー又はそれらの組合せを含む、請求項 5 に記載の電子機器。

40

【請求項 8】

前記基板は可撓性フィルムである、請求項 5 に記載の電子機器。

【請求項 9】

前記誘電材料の層は、パリレン又は二酸化ケイ素を含む誘電材料を含む、請求項 5 に記載の電子機器。

【請求項 10】

ハウジングを更に備え、前記触覚出力デバイスは該ハウジングに取り付けられている、請求項 5 に記載の電子機器。

50

【請求項 1 1】

前記触覚出力デバイスは、前記ハウジングの外面上に取り付けられている、請求項 1 0 に記載の電子機器。

【請求項 1 2】

前記電子機器の前記ユーザーによって回されるように構成された回転つまみを更に備え、該回転つまみは前記接触面を備える、請求項 5 に記載の電子機器。

【請求項 1 3】

前記コントローラーは、前記電子機器が電子メール又はテキストメッセージを受け取ったというインジケーションを受け取り、該インジケーションと前記入力信号とに基づいて前記触覚効果を決定するように更に構成される、請求項 5 に記載の電子機器。

10

【請求項 1 4】

触覚出力デバイスを用いて触覚効果を生じさせる方法であって、

コントローラーによって、電子機器のユーザーの行動を検知するように構成されたセンサーから入力信号を受け取ることと、

前記コントローラーによって、前記入力信号に基づいて、前記触覚出力デバイスによって生成される前記触覚効果を決定することと、

前記触覚出力デバイスの電極のアレイにわたって電位をかけて、該触覚出力デバイスの露出した外面と接触面との間に前記触覚効果として静電付着力を生じさせることと、を含む方法。

20

【請求項 1 5】

前記触覚出力デバイスは基板を備え、前記電極のアレイは該基板の上に配置され、誘電材料の層が該電極のアレイの上に配置され、前記誘電材料の層は前記露出した外面を備え、該露出した外面は、該露出した外面と、該露出した外面と接触している前記接触面との間の付着力を増大させるように構成されたマイクロパターン化されたテクスチャーを備える、請求項 1 4 に記載の方法。

【請求項 1 6】

前記コントローラーにより、前記電子機器が電子メール又はテキストメッセージを受け取ったというインジケーションを受け取ることを含み、前記触覚効果は、前記インジケーションと前記入力信号とに基づいて前記コントローラーによって決定される、請求項 1 5 に記載の方法。

30

【請求項 1 7】

前記材料は、ポリメチルシロキサン、ポリフッ化ビニリデン、ポリエチレンテレフタレート、ポリスチレン、ポリプロピレン及びそれらの組合せからなる群から選択される、請求項 7 に記載の電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は、静電付着 (electrostatic adhesive) に基づく触覚 (haptic: ハプティック) 出力デバイスと、静電付着に基づく触覚出力デバイスを組み込んだ電子機器とに関する。

40

【0 0 0 2】

本出願は、2016年3月17日に提出された米国特許出願第 15 / 072, 485 号の利益を主張し、その開示内容は、全体として引用することにより本明細書の一部をなすものとする。

【背景技術】

【0 0 0 3】

電子機器メーカーは、ユーザーのために豊富なインターフェースを製造する努力をしている。従来のデバイスは、視覚キュー及び聴覚キューを用いて、ユーザーにフィードバックを提供する。幾つかのインターフェースデバイスでは、運動感覚フィードバック (能動フィードバック及び抵抗カフィードバック等) 及び/又は触知性 (tactile) フィードバ

50

ック（振動、触感及び熱等）、より一般的には、まとめて「触覚フィードバック」又は「触覚効果」として知られるフィードバックもまた、ユーザーに提供される。触覚フィードバックは、ユーザーインターフェースを改善しかつ簡略化するキューを提供することができる。特に、振動効果、すなわち振動触知性触覚（vibrotactile haptic）効果は、電子機器のユーザーに、特定のイベントについて通知するように、又は現実的なフィードバックを提供して、シミュレート環境又は仮想環境内で感覚的没入感（sensory immersion）を増大させるように、ユーザーにキューを提供するのに有用である可能性がある。

【0004】

振動効果を発生させるために、多くの機器は、幾つかのタイプのアクチュエーター又は触覚出力デバイスを利用する。この目的で使用される既知の触覚出力デバイスとしては、偏心質量がモーターによって移動する偏心回転質量（「ERM」）等の電磁アクチュエーター、ばねに取り付けられた質量が前後に駆動されるリニア共振アクチュエーター（「LRA」）、又は圧電材料、電気活性ポリマー若しくは形状記憶合金等の「スマート材料」が挙げられる。触覚出力デバイスはまた、広義には、静電摩擦（「ESF」）、超音波表面摩擦（「USF」）を使用するデバイス、又は超音波触覚変換器を用いて音響放射圧を誘発するデバイス、又は触覚基板及び可撓性若しくは変形可能な表面を使用するデバイス、又はエアジェットを用いて空気パフ等の噴出された触覚出力をもたらすデバイス等、非機械的又は非振動性デバイスも含む。

10

【0005】

特許文献1は、静電付着と、それがロボット（壁面走行ロボット）のような用途に転用される方法とに関して考察している。静電付着は、何世紀にもわたって基本的な力の1つであったが、近年、非常に注目を集めている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許出願公開第2014/0251701号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

スマートフォン等のスマート電子機器は、ますます薄くなっているが、機器の部品の動きを制御するために使用される通常の電磁ベースのモーターは、比較的かさばりかつ騒音が大きい。従来のもーター及びアクチュエーターを使用せずにスマート電子機器の移動体の間の力を制御することが望ましい。薄い及び/又は可撓性のスマート電子機器の次世代において触覚フィードバックを提供することもまた望ましい。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明の一態様によれば、基板と、基板の上に配置された電極のアレイと、電極のアレイの上に配置された誘電材料の層とを含む触覚出力デバイスが提供される。誘電材料の層は露出した外面を有し、露出した外面は、この露出した外面と、この露出した外面と接触している接触面との間の付着力を増大させるように構成されたマイクロパターンニングされたテクスチャーを備える。触覚出力デバイスは、電極のアレイにわたって電位をかけて、露出した外面と接触面との間に触覚効果として静電付着力を発生させるように構成されたコントローラーを含む。

40

【0009】

一実施形態では、基板は、ポリメチルシロキサン、ポリフッ化ビニリデン、ポリエチレンテレフタレート、ポリスチレン及びポリプロピレンからなる群から選択された材料を含むことができる、熱可塑性樹脂、熱硬化性樹脂及びエラストマー材料を含む。

【0010】

一実施形態では、基板は可撓性フィルムである。

【0011】

50

一実施形態では、誘電材料の層は、パリレン、及び二酸化ケイ素からなる群から選択される誘電材料を含む。

【0012】

本発明の一態様によれば、電子機器であって、電子機器のユーザーの行動を検知するように構成されたセンサーと、センサーによって検知されたユーザーの行動に応じて触覚効果を生じさせるように構成された触覚出力デバイスとを含む電子機器が提供される。触覚出力デバイスは、基板と、基板の上に配置された電極のアレイと、電極のアレイの上に配置された誘電材料の層であって、露出した外面を有し、露出した外面は、この露出した外面と、この露出した外面と接触している接触面との間の付着力を増大させるように構成されたマイクロパターニングされたテクスチャーを備える、誘電材料の層とを含む。電子機器は、センサーから入力信号を受け取り、入力信号に基づいて触覚出力デバイスによって生成される触覚効果を決定し、電極のアレイにわたって電位をかけて、露出した外面と接触面との間に触覚効果として静電付着力を生じさせるように構成されたコントローラーを含む。

10

【0013】

一実施形態では、センサーは、近接センサー又は圧力センサーである。

【0014】

一実施形態では、電子機器はハウジングを含み、触覚出力デバイスは該ハウジングに取り付けられている。一実施形態では、触覚出力デバイスは、ハウジングの外面に取り付けられている。

20

【0015】

一実施形態では、電子機器は、電子機器のユーザーによって回されるように構成された回転つまみを含み、回転つまみは接触面を含む。

【0016】

一実施形態では、コントローラーは、電子機器が電子メール又はテキストメッセージを受け取ったというインジケーションを受け取り、そのインジケーションと入力信号とに基づいて触覚効果を決定するように更に構成される。

【0017】

本発明の一態様によれば、触覚出力デバイスを用いて触覚効果を生じさせる方法が提供される。本方法は、コントローラーによって、電子機器のユーザーの行動を検知するように構成されたセンサーから入力信号を受け取ることと、コントローラーによって、入力信号に基づいて、触覚出力デバイスによって生成される触覚効果を決定することと、触覚出力デバイスの電極のアレイにわたって電位をかけて、触覚出力デバイスの露出した外面と接触面との間に触覚効果として静電付着力を生じさせることとを含む。

30

【0018】

一実施形態では、コントローラーにより、電子機器が電子メール又はテキストメッセージを受け取ったというインジケーションを受け取ることを含み、触覚効果は、このインジケーションと入力信号とに基づいてコントローラーによって決定される。

【0019】

本発明のこれらの及び他の態様、特徴及び特性は、構造の関連する要素の動作方法及び機能並びに部品の組合せ及び製造の経済性ととも、全てが本明細書の一部を形成する添付図面を参照して以下の説明及び添付の特許請求の範囲を考慮することでより明らかとなる。しかしながら、図面は、例示及び説明することのみを目的としており、本発明の範囲を定義するものとして意図されていないことが明確に理解されるべきである。本明細書及び特許請求の範囲において用いられる「ある(a, an)」及び「その(the)」という単数形は、明確に別段の指示がない限り、複数の対象物を含む。

40

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の実施形態による電子機器を概略的に示す図である。

【図2】図1の電子機器の触覚出力デバイスの一実施形態を概略的に示す図である。

50

【図3】図2の触覚出力デバイスのマイクロパターン化された外面の一部の詳細図を概略的に示す図である。

【図4】図1の電子機器のコントローラーの一実施形態を概略的に示す図である。

【図5】図1の電子機器の一実施形態の概略斜視図である。

【図6】図1の電子機器の一実施形態の概略斜視図である。

【図7】図1の電子機器のユーザーに対して触覚効果を与える方法を概略的に示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

以下の図の構成要素は、本開示の全体的な原理を強調するように図示されており、必ずしも正確な縮尺で描かれていない。対応する構成要素を示す参照符号は、一貫性及び明確さのために図を通して必要に応じて繰り返されている。

10

【0022】

図1は、本発明の一実施形態による電子機器100を示す。電子機器100は、デスクトップコンピューター、ラップトップコンピューター、電子ワークブック、電子ハンドヘルドデバイス（携帯電話、スマートフォン、ゲーム機、携帯情報端末（「PDA」）、ポータブル電子メールデバイス、ポータブルインターネットアクセスデバイス、計算機等）、キオスク（現金自動預け払い機、チケット販売機等）、プリンタ、販売時点情報管理デバイス、ゲームコントローラー、ウェアラブルデバイス、又はタッチスクリーン、タッチパッド若しくはボタンパネル等、車両の一部の電子機器等、他の電子機器を含むか又はその一部とすることができる。

20

【0023】

図示するように、電子機器100は、入出力デバイス110、コントローラー120及びメモリデバイス130を含む。入出力デバイス110は、バス140を介してコントローラー120及び/又はメモリデバイス130に相互接続することができ、それにより、コントローラー120と信号通信する。バス140は、有線通信リンク、無線通信リンク、及び/又はコントローラー120と入出力デバイス110との間の他の通信リンクを含むことができる。入出力デバイス110によってコントローラー120に信号を出力することができ、コントローラー120によって入出力デバイス110に信号を出力することができる。

30

【0024】

入出力デバイス110は、電子機器100のユーザーから入力を受け取るように構成された少なくとも1つのユーザー入力デバイスを含むことができる。一実施形態では、ユーザー入力デバイスは、ユーザーからの入力を検知するように構成されたセンサー150を含むことができる。センサー150は、タッチセンサーの形態であり、センサー150の表面をタップする、スライドする、こする又は押す等、ユーザーからのジェスチャーを検出するように構成することができる。この目的で、例えば、容量若しくは抵抗検知、圧力感知抵抗器又は光スイッチ等、様々な技術を使用することができる。一実施形態では、センサー150は、タッチパッドの一部とすることができる。一実施形態では、センサー150は、ユーザーに情報を出力しかつ表示するように構成されたディスプレイ160の上に重なるタッチスクリーンの一部とすることができる。一実施形態では、センサー150及びディスプレイ160を結合してタッチスクリーンデバイスにすることができる。一実施形態では、センサー150は、電子機器100に向かうユーザーの行動を検出するように構成されている近接センサー又は存在センサーの形態とすることができる。電子機器100は、異なる機能を有する複数のセンサーを含むことができる。

40

【0025】

入出力デバイス110は、ユーザーに音声フィードバックを提供するように構成された、スピーカー等の音声出力デバイス（図示せず）を含むことができる。一実施形態では、入出力デバイス110は、ユーザーが電子機器100に入力を与えるために操作することができるボタン、回転つまみ又はジョイスティック等、他のタイプのユーザー入力デバイ

50

スを含むことができる。ボタン、回転つまみ及びジョイスティックは、例えば、種々のゲーム周辺機器及び車両におけるユーザー入力デバイスとして、現時点で使用されており、こうしたデバイスの実施態様は、当業者には既知である。

【0026】

入出力デバイス110はまた、例えば入力が電子機器100によって受け取られたという確認として、ユーザーに触覚効果又はフィードバックを与えるように構成された触覚出力デバイス170も含む。触覚出力デバイス170は、1つ又は複数のアクチュエーター、駆動回路、及びアクチュエーター（複数の場合もあり）に対する駆動信号を生成するように構成された触覚エンジンを含むことができる。

【0027】

図1に示すように、メモリデバイス130はまた、バス140を介してコントローラ120とかつ入出力デバイス110に相互接続することもできる。メモリデバイス130は、1つ若しくは複数の内部に固定された記憶ユニット、取外し可能な記憶ユニット及び/又はリモートアクセス可能な記憶ユニットを含むことができる。様々な記憶ユニットは、揮発性メモリ及び不揮発性メモリの任意の組合せを含むことができる。記憶ユニットは、情報、データ、命令、ソフトウェアコード等の任意の組合せを格納するように構成することができる。より詳細には、記憶ユニットは、触覚効果プロファイル、触覚出力デバイス170がいかに駆動されるべきかに対する命令、又は触覚効果を生じさせる他の情報を含むことができる。

【0028】

図2は、本発明の一実施形態による触覚出力デバイス170の断面を概略的に示す。触覚出力デバイス170の製造は、更に詳細に後述するように、電子パターニング(electro-patterning)及び表面処理(surface engineering)を含む。図示するように、触覚出力デバイス170は、基板210と、基板210の上面に配置された複数の電極220、222、224と、電極220、222、224の上及び間に配置された誘電材料層230と、誘電材料230の基板210とは反対の側にあるマイクロパターニングされた外面240とを含む。電極220、222、224は、コントローラ120によって制御することができる電圧源Vと信号通信する。図3は、マイクロパターニングされた外面240の一部のより詳細な図を示す。

【0029】

基板210は、シリコンの薄い層、又は、例えば、有機絶縁体、無機絶縁体、ポリジメチルシロキサン(PDMS)、ポリフッ化ビニリデン(PVDF)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリスチレン(PS)、ポリプロピレン(PP)等から作製された薄い及び/又は可撓性ポリマーフィルムとすることができる。形状が円形又は矩形である電極のより大きいアレイの一部とすることができる電極220、222、224は、スパッタリング又は蒸着法を用いて基板210の上にパターニングすることができる。電極220、222、224に対して、Au、Al、Cr、Cu、Ag、カーボンナノチューブ、グラファイト、半導体等、異なる導電性材料を使用することができる。電極220、222、224及び基板210の上に、誘電材料230を堆積させることができる。一実施形態では、誘電材料230は、電極220、222、224を封入することができる。誘電材料層230は、パリレン、二酸化ケイ素等、誘電材料を含むことができる。

【0030】

誘電材料層230の外面240の有効表面積を増大させるために、外面240に対し、イオンビーム融合、ソフトリソグラフィ、又はポジティブ及びネガティブモールドイング技法、鋳造技法、若しくはレーザーエッチング等の表面エッチング技法等、微細加工技法を用いることによって、マイクロパターニングすることができる。こうした技法を用いて、プラスチック(導電性又は非導電性)又は金属からナノ/マイクロパターニングされた面を生成することができる。これらの技法は、誘電材料層230に直接、又は後に誘電材料層230に接合若しくは接着することができる別個の基板に適用することができる。触覚出力デバイス170の一実施形態を製造するために使用することができる製造技法の

10

20

30

40

50

一例については、全体として引用することにより本明細書の一部をなす、D. Ruffatto 11 1他による「Improving controllable adhesion on both rough and smooth surfaces with a hybrid electrostatic/gecko-like adhesive」(Journal of the Royal Society Interface 11: 20131089 (2014))に記載されている。外面240に生成された微細構造は、図3に示すように、複数のマイクロウェッジ(microwedge)を含むことができる。一実施形態では、微細構造は、複数のフィブリル、又は表面積の大きい他の要素を含むことができる。一実施形態では、微細構造は、ヤモリの足の微細構造を模倣するように構成し、ヤモリ状微細構造であるとみなすことができる。

【0031】

誘電材料層230にマイクロパターニングされた表面240が生成されない実施形態では、表面に絶縁体として誘電材料の非常に薄い層を堆積させることができる。外面240をマイクロ(又はナノ)パターニングすることにより、電極220、222、224に電界を印加することなく、外面240と、外面240と接触している別の面250との間の相互作用を増大させることができる。パターニングは、多面体、マイクロピラー、球形ドット等の特徴を含むことができる。

10

【0032】

図2及び図3に関連する更に別の実施形態では、本明細書に記載するように2つの接触領域の間の接触面積を増大させるようにパターニングされた表面に加えて又はその代わりに、印加電圧を上昇させ、そのため、2つの接触面の間誘引力を有効に増大させることにより、同様の又は改善された効果を達成することができる。電圧は、誘電材料の厚さ及び誘電強度値に応じて数百ボルト~数千ボルトの範囲とすることができる。一般に、電圧が高いほど力が大きくなる。

20

【0033】

電圧源Vによって電極220、222、224に電位が与えられるとき、触覚出力デバイス170の外面240と、外面240と接触している表面250との間に、静電付着力を発生させることができ、それにより、電子機器100のユーザーは、触覚効果として外面240と表面250との間の付着力の増大を感じることができる。

【0034】

図1に戻ると、コントローラー120は、電子機器100の動作及び機能を管理又は制御する汎用若しくは専用プロセッサ又はマイクロコントローラーとすることができる。例えば、コントローラー120は、視覚的情報を与えるためにディスプレイ160に対する出力信号と、触覚効果をもたらすために触覚出力デバイス170に対する出力信号とを制御するように、特定用途向け集積回路(「ASIC」)として特に設計することができる。幾つかの実施形態では、コントローラー120は、触覚出力デバイス170の一部とすることができる。コントローラー120は、事前に定義された要素に基づいて、発生させるべき触覚効果(複数の場合もあり)のタイプ(複数の場合もあり)、触覚効果が発生する順序、並びに、触覚効果の大きさ、頻度、持続時間及び/又は他のパラメータを求めように構成することができる。コントローラー120はまた、特定の触覚効果をもたらすように触覚出力デバイス170を駆動するために使用することができるストリーミングコマンドを与えるように構成することもできる。幾つかの実施形態では、コントローラー120は、実際には、複数のプロセッサを含むことができ、その各々が、電子機器100内で幾つかの機能を実行するように構成されている。

30

40

【0035】

図4は、コントローラー120の一実施形態のより詳細な図を示す。コントローラー120は、1つ又は複数のコンピュータプログラムモジュールを実行するように構成することができる。1つ又は複数のコンピュータプログラムモジュールは、コンテンツ提供モジュール122、入力判定モジュール124、触覚効果決定モジュール126、触覚出力デバイス制御モジュール128及び/又は他のモジュールのうちの1つ又は複数を含むことができる。コントローラー120は、ソフトウェア、ハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア、ハードウェア及び/若しくはファームウェアの何らかの組合せ、並びに

50

／又はコントローラ 120 における処理能力を構成するための他の機構により、モジュール 122、124、126 及び／又は 128 を実行するように構成することができる。

【0036】

モジュール 122、124、126 及び 128 は、図 4 では、単一処理ユニット内にも配置されているものとして示されているが、コントローラ 120 が複数の処理ユニットを含む実施形態では、モジュール 122、124、126 及び／又は 128 のうちの 1 つ又は複数は他のモジュールから遠隔に位置することができることが理解されるべきである。後述する異なるモジュール 122、124、126 及び／又は 128 によって提供される機能の説明は、モジュール 122、124、126 及び／又は 128 のうちのいずれも記載するものより多いか又は少ない機能を提供することができるため、例示を目的とし、限定するように意図されていない。例えば、モジュール 122、124、126 及び／又は 128 のうちの 1 つ又は複数はなくすことができ、その機能のうちの幾つか又は全てを、モジュール 122、124、126 及び／又は 128 のうちの他のものによって提供することができる。別の例として、コントローラ 120 は、以下、モジュール 122、124、126 及び／又は 128 のうちの 1 つに属する機能のうちの幾つか又は全てを行うことができる、1 つ又は複数の追加のモジュールを実行するように構成することができる。

10

【0037】

コンテンツ提供モジュール 122 は、ディスプレイ 160 を介する電子機器 100 のユーザーに対するコンテンツの提供を制御するように構成されている。コンテンツが、コンピュータ生成画像を含む場合、コンテンツ提供モジュール 122 は、ディスプレイ 160 を通してユーザーに表示する画像及び／又はビューを生成するように構成されている。コンテンツ、又はコンテンツが導出される情報は、図 4 に示すように、コントローラ 120 の一部とすることができる電子記憶装置 129 から、又は、図 1 に示すメモリデバイス 130 の一部等、コントローラ 120 とは別個とすることができる電子記憶装置からコンテンツ提供モジュール 122 によって取得することができる。

20

【0038】

入力判定モジュール 124 は、センサー 150 から入力信号を受け取るように構成されている。入力信号は、センサー 150 が電子機器 100 のユーザーの行動を検出したときに生成される。そうした行動は、ユーザーによるタッチ入力、又はユーザーが電子機器に近づくこと、すなわち、センサー 150 が、ユーザーがセンサー 150 に近接していることを検知することとすることができる。入力判定モジュール 124 は、入力信号の強度を意図された行動に対応する所定の閾値強度と比較することにより、検知された行動が、意図的な行動であるか、又は、センサー 150 への不注意の接触又はユーザーがセンサー 150 をわずかに横切った場合等、単なる不注意の行動であるかを判断するように構成することができる。入力判定モジュール 124 はまた、ユーザーが、センサー 150 に入力を与えているか又は電子機器 100 に向かって行動をとっているときに何を意図したかを判断するようにも構成されている。例えば、ユーザーは、センサー 150 の一定位置にタッチし、又は電子機器 100 によって一定の機能が実行されるべきであることを示す特定のジェスチャーをセンサー 150 に与えることができる。入力判定モジュール 124 は、所定のジェスチャー及びセンサー 150 上のタッチ位置のライブラリを用いてプログラムすることができる。それにより、ユーザーが、センサー 150 の特定の位置にタッチするか、又はセンサー 150 にジェスチャーを与えると、入力判定モジュール 124 は、対応する出力を決定することができる。

30

40

【0039】

例えば、電子機器 100 がスマートフォンの形態である実施形態では、ユーザーは、自身の指でセンサー 150 上に記号を描くことができ、入力判定モジュール 124 は、描かれた記号が、ユーザーがスマートフォンと自由にインタラクトすることができるようにスマートフォンのロックを解除する等、特定のコマンドに対応すると判断することができる。センサー 150 が近接センサー又は存在センサーである実施形態では、入力判定モジュ

50

ール124は、センサー150がセンサー150に近接しているユーザーを検知する時間の持続時間に基づいて、対応する出力を判断するようにプログラムすることができる。

【0040】

一実施形態では、入力判定モジュール124は、タイマー等、リモートデバイスから信号を受け取るように構成することができ、リモートデバイスは、センサー150から受け取られた信号の代わりに又はそれに加えて、触覚効果が生成されるべきであることを示す入力を与える。さらに、入力判定モジュール124はまた、触覚効果決定モジュール126及び/又は触覚出力デバイス制御モジュール128に信号を出力することもでき、それにより、入力が検出され及び/又は許容されたことを確認する触覚効果をユーザーにもたらしすることができる。

10

【0041】

触覚効果決定モジュール126は、触覚出力デバイス170によって生成され電子機器100のユーザーに出力されるべき触覚効果又は感覚を決定するように構成されている。触覚効果の決定は、触覚効果のタイプ、及び、大きさ、頻度、持続時間等、触覚効果の1つ又は複数のパラメータを求めることを含むことができる。

【0042】

触覚出力デバイス制御モジュール128は、触覚効果決定モジュール126によって決定された触覚効果を生じさせるように触覚出力デバイス170を制御するように構成されている。これは、コントローラ120によって生成された触覚出力信号を、バス140を介して触覚出力デバイス170に通信することを含む。一実施形態では、触覚出力デバイス制御モジュール128に属する機能の少なくとも一部を、触覚出力デバイス170が所有するコントローラ又はプロセッサに配置することができる。

20

【0043】

本発明の実施形態による触覚出力デバイス170は、種々の実施態様において電子機器100において使用することができる。一実施形態では、センサー150を用いて、触覚出力デバイス170を含む電子機器100に向かうユーザーの行動を検出することができ、それにより、触覚出力デバイス170によって静電付着(electro-adhesion)を作動させて触覚効果をもたらすことができる。例えば、電子機器100がスマートフォンであり、スマートフォンのユーザーが、スマートフォンを引くか又は持ち上げ、スマートフォンとスマートフォンのすぐ下の接触面との間の摩擦/付着の増大を感じたとき、触覚効果は、ユーザーに対して、未読の電子メール若しくはテキストメッセージ又は不在着信があることを示すことができる。

30

【0044】

図5に示す電子機器500の一実施形態では、触覚出力デバイス170は、電子機器500用のハウジング510又はケースに適用することができ、電子機器500はスマートフォンとすることができる。例えば、上述した触覚出力デバイス170は、電子機器500のハウジング510の背面520にパッチ530として適用することができる。一実施形態では、電子機器500のユーザーは、電子機器500をつかんだときに電子機器500と下にある接触面との間の付着力の増大を感じることができ、それは、ユーザーが、例えば新たな電子メール又はテキストメッセージを受け取ったことを意味する。一実施形態では、電子機器500のユーザーは、パッチ530に直接タッチし、ユーザーが電子機器をつかんだときに電子機器500とユーザーの皮膚との間の付着力の増大を感じることができ、それは、ユーザーが、例えば新たな電子メール又はテキストメッセージを受け取ったことを意味する。

40

【0045】

一実施形態では、ハウジング用のカバーの内側面に触覚出力デバイス170を設けることができ、ユーザーが、カバーを開こうと試み、カバーとハウジング又はスマートフォンとの間の付着力の増大を感じたとき、ユーザーが新たな電子メール若しくはテキストメッセージを受け取ったか、又は電話を受け損ねたことをユーザーに対して通知することができる。

50

【0046】

図6に示す一実施形態では、触覚出力デバイス170は、回転つまみ600とともに、下にある面との回転つまみ600の摩擦/付着力を制御するように実施することができる。図示する実施形態では、触覚出力デバイス170は、ハウジング620の上面610の回転つまみ600のすぐ下に設けられている。一実施形態では、回転つまみ600の外面に触覚出力デバイス170を設けることができる。回転つまみ600を回しているユーザーにもたらされる触覚効果は、ユーザーが回転つまみ600を間違った方向に回したとき、増大した付着力/摩擦の形態とすることができる。他の触覚効果としては、回り止め(detent)、障壁(barrier)及び衝突(bump)が挙げられる。

【0047】

一実施形態では、ラップトップスクリーンのコーナーに触覚出力デバイス170を適用して、ユーザーがラップトップを開いたときに触覚出力デバイス170のラップトップの基部との付着力を制御することができる。ユーザーは、触覚出力デバイス170によって与えられる抵抗を感じたとき、電子メールの下書きを終了していないか、又は電子メールを送信するために送信ボタンを押すのを忘れていたことに気付くことができる。一実施形態では、コンピューターマウスのすぐ下で、マウスパッド又は支持面との触覚出力デバイス170の付着を制御して、ユーザーに対する触覚効果を発生させるように、触覚出力デバイス170を実施することができる。本発明の実施形態は、電子機器において互いに対して1つ又は複数の部品を移動させる(例えば、上下、摺動、折畳み、持ち上げ、引張り等)必要がある用途において実施することができ、それにより、電子機器と、触覚出力デバイス170と接触している面との間の付着力/摩擦の制御を用いて、ユーザーに対して通知を与えることができる。

【0048】

上述した触覚出力デバイス170に加えて、電子機器100は、入出力デバイス110の一部として複数の触覚出力デバイスを含むことができ、振動、変形、運動感覚、静電又は超音波摩擦等、触覚効果をもたらす方法のうち任意のものによって、追加の触覚フィードバックをもたらすことができる。一実施形態では、追加の触覚出力デバイスは、アクチュエーター、例えば、偏心質量がモーターによって移動する偏心回転質量(「ERM」)等の電磁アクチュエーター、ばねに取り付けられた質量が前後に駆動されるリニア共振アクチュエーター(「LRA」)、又は圧電材料、イオン系又は電子系の電気活性ポリマー、形状記憶材料、スマートヒドロゲル等の「スマート材料」、マクロコンジットファイバー(macrocomposite fiber)アクチュエーター、静電アクチュエーター、電気触知性(electrotactile)アクチュエーター、ナノコンジットアクチュエーター、空気圧式アクチュエーター、及び/又は振動触覚フィードバック等の物理的フィードバックをもたらす別のタイプのアクチュエーターを含むことができる。追加の触覚出力デバイスは、静電摩擦(ESF)、超音波摩擦(USF)を使用するデバイス、又は超音波触覚変換器を用いて音響放射圧を誘発するデバイス、又は触覚基板及び可撓性若しくは変形可能な表面を使用するデバイス、又は熱効果をもたらすデバイス、又はエアジェットを用いて空気パフ等の噴出された触覚出力をもたらすデバイス等、非機械的又は非振動性デバイスを含むことができる。

【0049】

図7は、本発明の実施形態による、上述した触覚出力デバイス170等、触覚出力デバイスを用いて触覚効果を発生させる方法700を示す。図示するように、方法は710で開始する。720において、方法は、コントローラーにより、電子機器のユーザーの行動を検知するように構成されたセンサーから入力信号を受け取ることを含む。センサーは、上述したセンサー150とすることができ、コントローラーは、上述したコントローラー120とすることができ、730において、方法は、コントローラーにより、入力信号に基づいて触覚出力デバイスによって生成される触覚効果を決定することを含む。740において、方法は、触覚出力デバイスの電極のアレイにわたって電位をかけることにより、触覚出力デバイスの露出した外面と接触面との間に触覚効果として静電付着力を発生さ

10

20

30

40

50

せることを含む。方法は750で終了する。一実施形態では、方法はまた、コントローラーにより、電子機器が電子メール又はテキストメッセージを受け取ったというインジケーションを受け取ることも含み、触覚効果は、そのインジケーション及び入力信号に基づいてコントローラーによって決定される。

【0050】

静電付着に基づく触覚出力デバイスと、静電付着に基づく触覚出力デバイスを組み込んだ電子機器との他の実施形態は、確認効果として接触面にある場合がある。一例では、ユーザーがタッチセンシティブ面にタッチすると、ユーザーの行動を確認するためにその効果が起動され、ユーザーは粘着面を感じるか、又はインタラクションが記録されていない場合は、何も感じない。

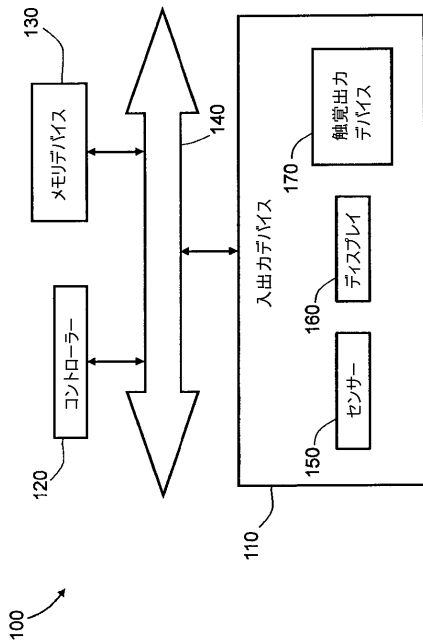
【0051】

本明細書に記載した実施形態は、複数のあり得る実施態様及び例を表し、必ずしも本開示をいずれかの特定の実施形態に限定するようには意図されていない。当業者には理解されるように、これらの実施形態に対して様々な変更を行うことができる。任意のこうした変更は、本開示の趣旨及び範囲内に含まれ、以下の特許請求の範囲によって保護されるように意図されている。

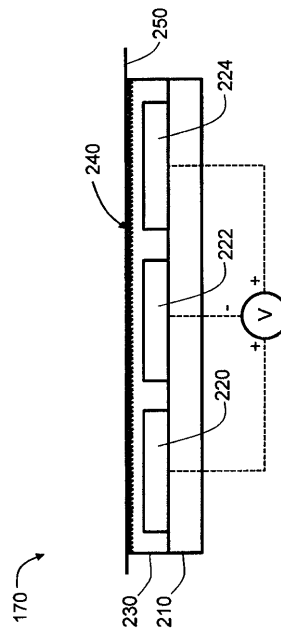
【0052】

本明細書で言及した全ての米国特許及び米国特許出願公開は、全体として引用することにより本明細書の一部をなすものとする。

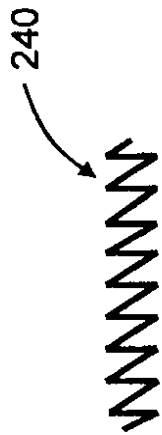
【図1】



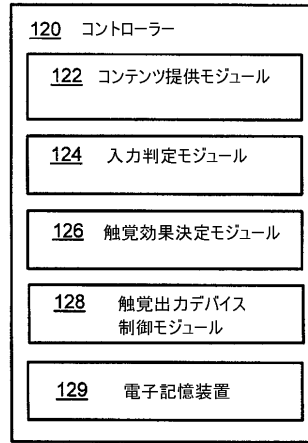
【図2】



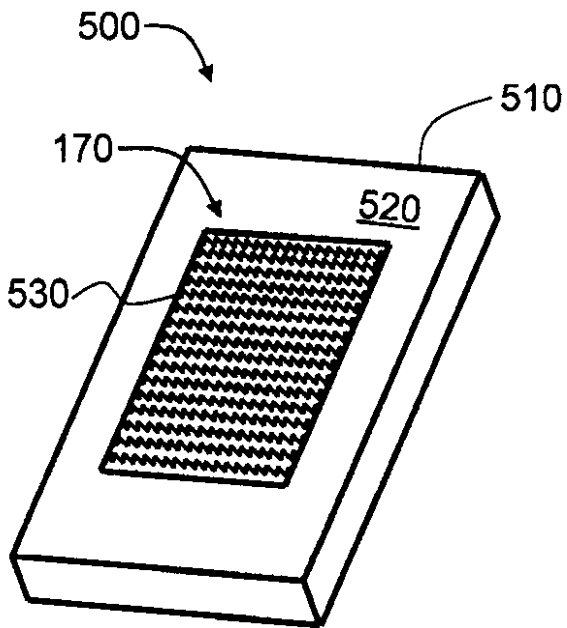
【 図 3 】



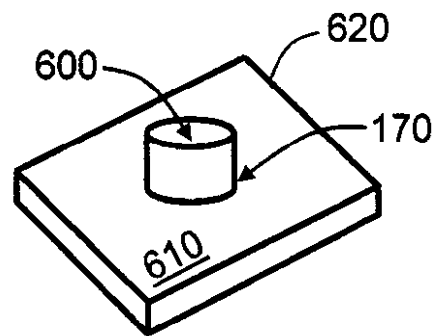
【 図 4 】



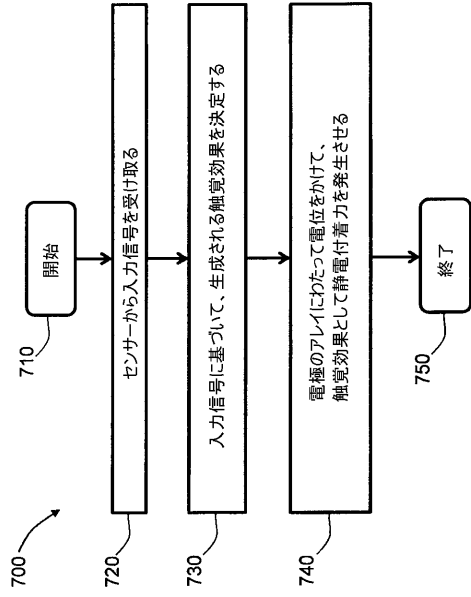
【 図 5 】



【 図 6 】



【 図 7 】



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 ヴァヒド コシュカヴァ

カナダ エッチ2エックス 3アール4, モントリオール, ナンバー ディー516, プリンス
アーサー ウエスト 350

(72)発明者 ジュアン マニユエル クルツ - ヘルナンデス

カナダ エッチ3ゼット 1ティー1, モントリオール, ステ - キャサリン ウエスト 4840

【外国語明細書】

[Title of the Invention]

ELECTROSTATIC ADHESIVE BASED HAPTIC OUTPUT DEVICE

[Technical Field]

[001] The present invention is directed to an electrostatic adhesive based haptic output device and an electronic device that incorporate an electrostatic adhesive based haptic output device.

[Background Art]

The present application claims benefit of U.S. Patent application No. 15/072,485, filed on March 17, 2016, the disclosure of which is incorporated by reference in its entirety.

[002] Electronic device manufacturers strive to produce a rich interface for users. Conventional devices use visual and auditory cues to provide feedback to a user. In some interface devices, kinesthetic feedback (such as active and resistive force feedback) and/or tactile feedback (such as vibration, texture, and heat) is also provided to the user, more generally known collectively as “haptic feedback” or “haptic effects.” Haptic feedback can provide cues that enhance and simplify the user interface. Specifically, vibration effects, or vibrotactile haptic effects, may be useful in providing cues to users of electronic devices to alert the user to specific events, or provide realistic feedback to create greater sensory immersion within a simulated or virtual environment.

[003] In order to generate vibration effects, many devices utilize some type of actuator or haptic output device. Known haptic output devices used for this purpose

include an electromagnetic actuator such as an Eccentric Rotating Mass (“ERM”) in which an eccentric mass is moved by a motor, a Linear Resonant Actuator (“LRA”) in which a mass attached to a spring is driven back and forth, or a “smart material” such as piezoelectric materials, electro-active polymers or shape memory alloys. Haptic output devices also broadly include non-mechanical or non-vibratory devices such as those that use electrostatic friction (“ESF”), ultrasonic surface friction (“USF”), or those that induce acoustic radiation pressure with an ultrasonic haptic transducer, or those that use a haptic substrate and a flexible or deformable surface, or those that provide projected haptic output such as a puff of air using an air jet, and so on.

[004] Pub. No.: US 2014/0251701 A1 discusses about electrostatic adhesion and how it is converted into an application like robotics (wall climbing robot). Electrostatic adhesion has been one of the fundamental force for centuries but recently has received much attention.

[005] Smart electronic devices, such as smartphones are becoming thinner and thinner, but typical electromagnetic based motors that are used to control movements of parts of the devices are relatively bulky and noisy. It is desirable to control forces between moving bodies of smart electronic devices without using conventional motors and actuators. It is also desirable to provide haptic feedback in the next generation of smart electronic devices that are thin and/or flexible.

[Summary of the Invention]

[006] According to an aspect of the invention, there is provided a haptic output device includes a substrate, an array of electrodes disposed on the substrate, and a layer of

dielectric material disposed on the array of electrodes. The layer of dielectric material has an exposed outer surface comprising a micro-patterned texture configured to increase adhesion between the exposed outer surface and a contact surface in contact with the exposed outer surface. The haptic output device includes a controller configured to direct a voltage potential across the array of electrodes to generate an electrostatic adhesive force between the exposed outer surface and the contact surface as a haptic effect.

[007] In an embodiment, the substrate includes thermoplastics, thermosets and elastomeric materials, which could include a material selected from the group consisting of: polymethylsiloxane, polyvinylidene fluoride, polyethylene terephthalate, polystyrene, and polypropylene.

[008] In an embodiment, the substrate is a flexible film.

[009] In an embodiment, the layer of dielectric material includes a dielectric material selected from the group consisting of: parylene and silicon dioxide.

[0010] According to an aspect of the invention, there is provided an electronic device that includes a sensor configured to sense an action of a user of the electronic device, and a haptic output device configured to generate a haptic effect in response to the action of the user sensed by the sensor. The haptic output device includes a substrate, an array of electrodes disposed on the substrate, and a layer of dielectric material disposed on the array of electrodes, the layer of dielectric material having an exposed outer surface comprising a micro-patterned texture configured to increase adhesion between the exposed outer surface and a contact surface in contact with the exposed outer surface. The electronic device includes a controller configured to receive an input signal from the

sensor, to determine the haptic effect to be generated by the haptic output device based on the input signal, and to direct a voltage potential across the array of electrodes to generate an electrostatic adhesive force between the exposed outer surface and the contact surface as the haptic effect.

[0011] In an embodiment, the sensor is a proximity sensor or a pressure sensor.

[0012] In an embodiment, the electronic device includes a housing, and the haptic output device is mounted to the housing. In an embodiment, the haptic output device is mounted on an outside surface of the housing.

[0013] In an embodiment, the electronic device includes a rotary knob configured to be rotated by the user of the electronic device, and the rotary knob includes the contact surface.

[0014] In an embodiment, the controller is further configured to receive an indication that the electronic device has received an e-mail or text message, and to determine the haptic effect based on the indication and the input signal.

[0015] According to an aspect of the invention, there is provided a method for generating a haptic effect with a haptic output device. The method includes receiving an input signal from a sensor configured to sense an action of a user of an electronic device with a controller, determining the haptic effect to be generated by the haptic output device based on the input signal with the controller, and directing a voltage potential across an array of electrodes of the haptic output device to generate an electrostatic adhesive force between an exposed outer surface of the haptic output device and a contact surface as the haptic effect.

[0016] In an embodiment, the method includes receiving an indication that the electronic device has received an e-mail or text message with the controller, and the haptic effect is determined by the controller based on the indication and the input signal.

[0017] These and other aspects, features, and characteristics of the present invention, as well as the methods of operation and functions of the related elements of structure and the combination of parts and economies of manufacture, will become more apparent upon consideration of the following description and the appended claims with reference to the accompanying drawings, all of which form a part of this specification. It is to be expressly understood, however, that the drawings are for the purpose of illustration and description only and are not intended as a definition of the limits of the invention. As used in the specification and in the claims, the singular form of "a", "an", and "the" include plural referents unless the context clearly dictates otherwise.

[Brief Description of the Drawings]

[0018] Figure 1 schematically illustrates an electronic device in accordance with embodiments of the invention;

[0019] Figure 2 schematically illustrates an embodiment of a haptic output device of the electronic device of Figure 1;

[0020] Figure 3 schematically illustrates a detailed view of a portion of an outer micro-patterned surface of the haptic output device of Figure 2;

[0021] Figure 4 schematically illustrates an embodiment of a controller of the electronic device of Figure 1;

[0022] Figure 5 is a schematic perspective view of an embodiment of the electronic device of Figure 1;

[0023] Figure 6 is a schematic perspective view of an embodiment of the electronic device of Figure 1; and

[0024] Figure 7 schematically illustrates a method for providing a haptic effect to a user of the electronic device of Figure 1.

[Configuration to Work the Invention]

[0025] The components of the following Figures are illustrated to emphasize the general principles of the present disclosure and are not necessarily drawn to scale. Reference characters designating corresponding components are repeated as necessary throughout the Figures for the sake of consistency and clarity.

[0026] Figure 1 illustrates an electronic device 100 in accordance with an embodiment of the invention. The electronic device 100 may include or be part of a desktop computer, laptop computer, electronic workbook, electronic handheld device (such as a mobile phone, smartphone, gaming device, personal digital assistant ("PDA"), portable e-mail device, portable Internet access device, calculator, etc.), kiosk (such as an automated teller machine, ticket purchasing machine, etc.), printer, point-of-sale device, game controller, wearable device, or other electronic device, such as an electronic device that is part of a vehicle, such as a touch screen, touch pad, or button panel.

[0027] As illustrated, the electronic device 100 includes input/output devices 110, a controller 120, and a memory device 130. The input/output devices 110 may be interconnected to the controller 120 and/or the memory device 130 via a bus 140 such that the input/output devices 110 are in signal communication with the controller 120. The bus 140 may include wired communication links, wireless communication links, and/or other communication links between the controller 120 and the input/output devices 110.

Signals may be output by the input/output devices 110 to the controller 120 and signals may be output by the controller 120 to the input/output devices 110.

[0028] The input/output devices 110 may include at least one user input device configured to receive an input from the user of the electronic device 100. In an embodiment, the user input device may include a sensor 150 configured to sense an input from the user. The sensor 150 may be in the form of a touch sensor and configured to detect gestures from the user, such as tapping, sliding, rubbing, or pressing a surface of the sensor 150. Several technologies may be used for this purpose, such as capacitive or resistive sensing, force-sensitive resistors, or optical switches, for example. In an embodiment, the sensor 150 may be part of a touch pad. In an embodiment, the sensor 150 may be part of a touch screen that overlays a display 160 configured to output and display information to the user. In an embodiment, the sensor 150 and the display 160 may be combined into a touch screen device. In an embodiment, the sensor 150 may be in the form of a proximity sensor or a presence sensor that is configured to detect a user's action toward the electronic device 100. The electronic device 100 may include a plurality of sensors that have different functionalities.

[0029] The input/output devices 110 may include an audio output device (not shown), such as a speaker, that is configured to provide audio feedback to the user. In an embodiment, the input/output devices 110 may include other types of user input devices, such as a button, a rotary knob, or a joystick that may be manipulated by the user in order for the user to provide input to the electronic device 100. Buttons, rotary knobs and joysticks are currently used, for example, as user input devices in a variety of gaming

peripherals and vehicles and implementations of such devices are known to one of ordinary skill in the art.

[0030] The input/output devices 110 also include a haptic output device 170 configured to provide a haptic effect or feedback to the user as, for example, confirmation that an input was received by the electronic device 100. The haptic output device 170 may include one or more actuators, driving circuitry, and a haptic engine configured to generate driving signals for the actuator(s).

[0031] As illustrated in Figure 1, the memory device 130 may also be interconnected with the controller 120 and to the input/output devices 110 via the bus 140. The memory device 130 may include one or more internally fixed storage units, removable storage units, and/or remotely accessible storage units. The various storage units may include any combination of volatile memory and non-volatile memory. The storage units may be configured to store any combination of information, data, instructions, software code, etc. More particularly, the storage units may include haptic effect profiles, instructions for how the haptic output device 170 is to be driven, or other information for generating haptic effects.

[0032] Figure 2 schematically illustrates a cross-section of the haptic output device 170 in accordance with an embodiment of the invention. Fabrication of the haptic output device 170 involves electro-patterning and surface engineering, as described in further detail below. As illustrated, the haptic output device 170 includes a substrate 210, a plurality of electrodes 220, 222, 224 disposed on an upper surface of the substrate 210, a dielectric material layer 230 disposed on and in between the electrodes 220, 222, 224, and a micro-patterned outer surface 240 on a side of the dielectric material 230 that is

opposite the substrate 210. The electrodes 220, 222, 224 are in signal communication with a voltage source V, which may be controlled by the controller 120. Figure 3 illustrates a more detailed view of a portion of the micro-patterned outer surface 240.

[0033] The substrate 210 may be a thin layer of silicone or a thin and/or flexible polymer film made from, for example, an organic insulator, an inorganic insulator, polydimethylsiloxane (PDMS), polyvinylidene fluoride (PVDF), polyethylene terephthalate (PET), polystyrene (PS), polypropylene (PP), etc. The electrodes 220, 222, 224, which may be part of a larger array of electrodes that are circular or rectangular in shape, may be patterned on the substrate 210 using sputtering or vapor deposition methods. Different conductive metals, such as Au, Al, Cr, Cu, Ag, carbon nanotubes, graphite, semiconductor, etc., may be used for the electrodes 220, 222, 224. The dielectric material 230 may be deposited onto the electrodes 220, 222, 224 and the substrate 210. In an embodiment, the dielectric material 230 may encapsulate the electrodes 220, 222, 224. The dielectric material layer 230 may include a dielectric material, such as parylene, silicon dioxide, etc.

[0034] In order to increase the effective surface area of the outer surface 240 of the dielectric material layer 230, the outer surface 240 may be micro-patterned by using ion beam fusion, soft lithography or micro-fabrication techniques, such as positive and negative molding techniques, casting techniques, or surface etching techniques, such as laser etching, etc. Such techniques may be used to create nano/micro-patterned surfaces from plastics (conductive or non-conductive) or metals. These techniques may be applied directly to the dielectric material layer 230 or to a separate substrate that may then be bonded or glued to the dielectric material layer 230. An example of a fabrication technique

that may be used to fabricate an embodiment of the haptic output device 170 is described in "Improving controllable adhesion on both rough and smooth surfaces with a hybrid electrostatic/gecko-like adhesive," by D. Ruffatto III, et al. in the Journal of the Royal Society Interface 11: 20131089 (2014), which is incorporated herein by reference in its entirety. The microstructure created in the outer surface 240 may include a plurality of microwedges, as illustrated in Figure 3. In an embodiment, the microstructure may include a plurality of fibrils or other elements that have high surface areas. In an embodiment, the microstructure may be configured to mimic the microstructure of a foot of a gecko and considered to be a gecko-like microstructure.

[0035] In embodiments in which the micro-patterned surface 240 is not created in the dielectric material layer 230, a very thin layer of a dielectric material may be deposited on the surface as an insulator. By micro- (or nano-) patterning the outer surface 240, the interaction between the outer surface 240 and another surface 250 in contact with the outer surface 240 may be increased without applying an electric field to the electrodes 220, 222, 224. The patterning could include features such as polyhedral, micro pillar, spherical dots, etc.

[0036] In yet another embodiment related to Figure 2 and 3, in addition to or in lieu of the surface patterning to increase the contact area between the two contact areas as described herein one can achieve a similar or improved effect by increasing the applied voltage, so effectively increasing the attraction forces between the two contact areas. The voltages could be in the range of few hundreds to thousands volts depending on the dielectric material's thickness and dielectric strength value. Generally, the higher the voltage, the larger the force.

[0037] When a voltage potential is provided to the electrodes 220, 222, 224 by the voltage source V, an electrostatic adhesive force may be generated between the outer surface 240 of the haptic output device 170 and the surface 250 in contact with the outer surface 240 such that a user of the electronic device 100 may feel an increase in adhesion between the surfaces 240, 250 as a haptic effect.

[0038] Returning to Figure 1, the controller 120 may be a general-purpose or specific-purpose processor or microcontroller for managing or controlling the operations and functions of the electronic device 100. For example, the controller 120 may be specifically designed as an application-specific integrated circuit (“ASIC”) to control output signals to the display 160 to provide visual information and to the haptic output device 170 to provide haptic effects. In some embodiments, the controller 120 may be part of the haptic output device 170. The controller 120 may be configured to determine, based on predefined factors, the type(s) of haptic effect(s) to be generated, the order in which the haptic effects are generated, and the magnitude, frequency, duration, and/or other parameters of the haptic effects. The controller 120 may also be configured to provide streaming commands that can be used to drive the haptic output device 170 for providing a particular haptic effect. In some embodiments, the controller 120 may actually include a plurality of processors, each configured to perform certain functions within the electronic device 100.

[0039] Figure 4 illustrates a more detailed view of an embodiment of the controller 120. The controller 120 may be configured to execute one or more computer program modules. The one or more computer program modules may include one or more of a content provision module 122, an input determination module 124, a haptic effect determination module 126, a haptic output device control module 128, and/or other modules. The

controller 120 may be configured to execute the modules 122, 124, 126, and/or 128 by software, hardware, firmware, some combination of software, hardware, and/or firmware, and/or other mechanisms for configuring processing capabilities on the controller 120.

[0040] It should be appreciated that although modules 122, 124, 126, and 128 are illustrated in Figure 4 as being co-located within a single processing unit, in embodiments in which the controller 120 includes multiple processing units, one or more of modules 122, 124, 126, and/or 128 may be located remotely from the other modules. The description of the functionality provided by the different modules 122, 124, 126, and/or 128 described below is for illustrative purposes, and is not intended to be limiting, as any of the modules 122, 124, 126, and/or 128 may provide more or less functionality than is described. For example, one or more of the modules 122, 124, 126, and/or 128 may be eliminated, and some or all of its functionality may be provided by other ones of the modules 122, 124, 126, and/or 128. As another example, the controller 120 may be configured to execute one or more additional modules that may perform some or all of the functionality attributed below to one of the modules 122, 124, 126, and/or 128.

[0041] The content provision module 122 is configured to control the provision of content to the user of the electronic device 100 via the display 160. If the content includes computer generated images, the content provision module 122 is configured to generate the images and/or views for display to the user through the display 160. The content, or information from which the content is derived, may be obtained by the content provision module 122 from an electronic storage 129, which may be part of the controller 120, as illustrated in Figure 4, or may be separate from the controller 120, such as part of the memory device 130 illustrated in Figure 1.

[0042] The input determination module 124 is configured to receive an input signal from the sensor 150. The input signal is generated when the sensor 150 detects an action of a user of the electronic device 100, which may be a touch input by the user or the user approaching the electronic device, i.e. the sensor 150 sensing the user is in proximity of the sensor 150. The input determination module 124 may be configured to determine whether the sensed action is an intentional action or merely an inadvertent action, such as an inadvertent touch to the sensor 150 or an inconsequential passing of the user by the sensor 150, by comparing the strength of the input signal to a predetermined threshold strength that corresponds to an intentional action. The input determination module 124 is also configured to determine what was intended by the user when providing an input to the sensor 150 or taking an action toward the electronic device 100. For example, the user may touch a certain location of the sensor 150 or provide a particular gesture to the sensor 150 that indicates that a certain function is to be performed by the electronic device 100. The input determination module 124 may be programmed with a library of predetermined gestures and touch locations on the sensor 150 so that when the user touches a particular location on the sensor 150 or provides a gesture to the sensor 150, the input determination module 124 may determine a corresponding output.

[0043] For example, in an embodiment in which the electronic device 100 is in the form of a smartphone, the user may draw a symbol on the sensor 150 with his or her finger and the input determination module 124 may determine that the drawn symbol corresponds to a particular command, such as unlocking the smartphone so that the user may freely interact with the smartphone. In embodiments in which the sensor 150 is a proximity or presence sensor, the determination module 124 may be programmed to

determine a corresponding output based on a duration of time that the sensor 150 senses the user in proximity to the sensor 150.

[0044] In an embodiment, the input determination module 124 may be configured to receive a signal from a remote device, such as a timer, that provides an input to indicate that a haptic effect is to be generated, instead of or in addition to the signal received from the sensor 150. In addition, the input determination module 124 may also output a signal to the haptic effect determination module 126 and/or the haptic output device control module 128 so that a haptic effect verifying the input has been detected and/or accepted may be provided to the user.

[0045] The haptic effect determination module 126 is configured to determine the haptic effect or sensation to be generated by the haptic output device 170 and output to the user of the electronic device 100. Determining the haptic effect may include determining the type of haptic effect and one or more parameters of the haptic effect, such as amplitude, frequency, duration, etc.

[0046] The haptic output device control module 128 is configured to control the haptic output device 170 to generate the haptic effect determined by haptic effect determination module 126. This includes communicating a haptic output signal generated by the controller 120 to the haptic output device 170 via the bus 140. In an embodiment, at least a portion of the functionality attributed to the haptic output device control module 128 may be disposed in a controller or processor carried by the haptic output device 170.

[0047] The haptic output device 170 in accordance with embodiments of the invention may be used in the electronic device 100 in a variety of implementations. In an embodiment, the sensor 150 may be used to detect a user's action towards an electronic

device 100 that includes the haptic output device 170 so that electro-adhesion may be activated by the haptic output device 170 to create a haptic effect. For example, when the electronic device 100 is a smartphone and a user of the smartphone drags or lifts the smartphone and feels increased friction/adhesion between the smartphone and the contact surface underneath the smartphone, the haptic effect may indicate to the user that there is an unread e-mail or text message or a missed call.

[0048] In an embodiment of an electronic device 500 illustrated in Figure 5, the haptic output device 170 may be applied to a housing 510 or case for the electronic device 500, and the electronic device 500 may be a smartphone. For example, the haptic output device 170 described above may be applied on a back side 520 of the housing 510 of the electronic device 500 as a patch 530. In an embodiment, the user of the electronic device 500 may feel increased adhesion between the electronic device 500 and an underlying contact surface when the user grabs the electronic device 500, which means that the user has received a new e-mail or text message, for example. In an embodiment, the user of the electronic device 500 may directly touch the patch 530 and feel increased adhesion between the electronic device 500 and the user's skin when the user grabs the electronic device, which means that the user has received a new e-mail or text message, for example.

[0049] In an embodiment, the haptic output device 170 may be provided to an inside surface of a cover for the housing and when user attempts to open the cover and feels an increased adhesion between the cover and the housing or the smartphone, the user may be notified that he/she has a new e-mail or text message, or has missed a call.

[0050] In an embodiment illustrated in Figure 6, the haptic output device 170 may be implemented in conjunction with a rotary knob 600 to control the friction/adhesion of the rotary knob 600 with an underlying surface. In the illustrated embodiment, the haptic output device 170 is provided on a top surface 610 of a housing 620, underneath the rotary knob 600. In an embodiment, the haptic output device 170 may be provided to an outer surface of the rotary knob 600. The haptic effect provided to the user turning the rotary knob 600 may be in the form of increased adhesion/friction when the user turns the rotary knob 600 in a wrong direction. Other haptic effects include detents, barrier and bumps.

[0051] In an embodiment, the haptic output device 170 may be applied on the corners of a laptop screen to control its adhesion with the base part of the laptop when the user opens the laptop. When the user feels the resistance provided by the haptic output device 170, the user may realize that he/she has not finished drafting an e-mail or forgot to hit the send button to send an e-mail. In an embodiment, the haptic output device 170 may be implemented underneath a computer mouse so that its adhesion with a mouse pad or a supporting surface may be controlled to generate a haptic effect to the user. Embodiments of the invention may be implemented in applications in which there is a need to move (e.g., up and down, sliding, folding, lifting, dragging, etc.) one or two parts relative to each other in an electronic device such that controlling the adhesion/friction between the electronic device and a surface contacting the haptic output device 170 may be used to provide notifications to the user.

[0052] In addition to the haptic output device 170 described above, the electronic device 100 may include multiple haptic output devices as part of the input/output devices

110, and additional haptic feedback may be created with any of the methods of creating haptic effects, such as vibration, deformation, kinesthetic sensations, electrostatic or ultrasonic friction, etc. In an embodiment, an additional haptic output device may include an actuator, for example, an electromagnetic actuator such as an Eccentric Rotating Mass ("ERM") in which an eccentric mass is moved by a motor, a Linear Resonant Actuator ("LRA") in which a mass attached to a spring is driven back and forth, or a "smart material" such as piezoelectric materials, electroactive polymers, such as ionic or electronic based electroactive polymers, shape memory materials, smart hydrogels, a macrocomposite fiber actuator, an electrostatic actuator, an electrotactile actuator, a nanocomposite actuator, a pneumatic-based actuator and/or another type of actuator that provides a physical feedback such as vibrotactile feedback. The additional haptic output device may include non-mechanical or non-vibratory devices such as those that use electrostatic friction (ESF), ultrasonic friction (USF), or those that induce acoustic radiation pressure with an ultrasonic haptic transducer, or those that use a haptic substrate and a flexible or deformable surface, or those that provide thermal effects, or those that provide projected haptic output such as a puff of air using an air jet, and so on.

[0053] Figure 7 illustrates a method 700 for generating a haptic effect with a haptic output device, such as the haptic output device 170 described above, in accordance with embodiments of the invention. As illustrated, the method starts at 710. At 720, the method includes receiving an input signal from a sensor configured to sense an action of a user of an electronic device with a controller. The sensor may be the sensor 150 described above, and the controller may be the controller 120 described above. At 730, the method includes determining the haptic effect to be generated by the haptic output

device based on the input signal with the controller. At 740, the method includes directing a voltage potential across an array of electrodes of the haptic output device to generate an electrostatic adhesive force between an exposed outer surface of the haptic output device and a contact surface as the haptic effect. The method ends at 750. In an embodiment, the method also includes receiving an indication that the electronic device has received an e-mail or text message with the controller, and the haptic effect is determined by the controller based on the indication and the input signal.

[0054] Other embodiments of an electrostatic adhesive based haptic output device and an electronic device that incorporate an electrostatic adhesive based haptic output device could be in contact surfaces, as confirmation effect. In one example, when the user touches the touch sensitive surface, to confirm the user action the effect is activated and the user will feel a sticky surface or nothing if the interaction was not registered.

[0055] The embodiments described herein represent a number of possible implementations and examples and are not intended to necessarily limit the present disclosure to any specific embodiments. Various modifications can be made to these embodiments as would be understood by one of ordinary skill in the art. Any such modifications are intended to be included within the spirit and scope of the present disclosure and protected by the following claims.

[0056] All US Patents and US Patent Application Publications mentioned in the application are incorporated herein in their entirety.

1. A haptic output device comprising:
 - a substrate;
 - an array of electrodes disposed on the substrate;
 - a layer of dielectric material disposed on the array of electrodes, the layer of dielectric material having an exposed outer surface comprising a micro-patterned texture configured to increase adhesion between the exposed outer surface and a contact surface in contact with the exposed outer surface; and
 - a controller configured to direct a voltage potential across the array of electrodes to generate an electrostatic adhesive force between the exposed outer surface and the contact surface as a haptic effect.

2. The haptic output device according to claim 1, wherein the substrate comprises a material selected from the group consisting of: polymethylsiloxane, polyvinylidene fluoride, polyethylene terephthalate, polystyrene, polypropylene, and combinations thereof.

3. The haptic output device according to claim 1, wherein the substrate is a flexible film.

4. The haptic output device according to claim 1, wherein the layer of dielectric material comprises a dielectric material selected from the group consisting of: parylene, silicon dioxide, an organic insulator, an inorganic insulator, and combinations thereof.

5. An electronic device comprising:

a sensor configured to sense an action of a user of the electronic device;

a haptic output device configured to generate a haptic effect in response to the action of the user sensed by the sensor, the haptic output device comprising

- a substrate,
- an array of electrodes disposed on the substrate, and
- a layer of dielectric material disposed on the array of electrodes, the layer of dielectric material having an exposed outer surface comprising a micro-patterned texture configured to increase adhesion between the exposed outer surface and a contact surface in contact with the exposed outer surface; and
- a controller configured to receive an input signal from the sensor, to determine the haptic effect to be generated by the haptic output device based on the input signal, and to direct a voltage potential across the array of electrodes to generate an electrostatic adhesive force between the exposed outer surface and the contact surface as the haptic effect.

6. The electronic device according to claim 5, wherein the sensor is a proximity sensor or a pressure sensor.

7. The electronic device according to claim 5, wherein the substrate comprises a thermoplastic material, a thermoset material, an elastomer or combinations thereof.

8. The electronic device according to claim 5, wherein the substrate is a flexible film.

9. The electronic device according to claim 5, wherein the layer of dielectric material comprises a dielectric material comprising parylene or silicon dioxide.

10. The electronic device according to claim 5, further comprising a housing, wherein the haptic output device is mounted to the housing.

11. The electronic device according to claim 10, wherein the haptic output device is mounted on an outside surface of the housing.

12. The electronic device according to claim 5, further comprising a rotary knob configured to be rotated by the user of the electronic device, wherein the rotary knob comprises the contact surface.

13. The electronic device according to claim 5, wherein the controller is further configured to receive an indication that the electronic device has received an e-mail or text message, and to determine the haptic effect based on the indication and the input signal.

14. A method for generating a haptic effect with a haptic output device, the method comprising:

receiving an input signal from a sensor configured to sense an action of a user of an electronic device with a controller;

determining the haptic effect to be generated by the haptic output device based on the input signal with the controller; and

directing a voltage potential across an array of electrodes of the haptic output device to generate an electrostatic adhesive force between an exposed outer surface of the haptic output device and a contact surface as the haptic effect.

15. The method according to claim 14, wherein the haptic output device comprises a substrate, the array of electrodes disposed on the substrate, and a layer of

dielectric material disposed on the array of electrodes, the layer of dielectric material comprising the exposed outer surface, wherein the exposed outer surface comprises a micro-patterned texture configured to increase adhesion between the exposed outer surface and the contact surface in contact with the exposed outer surface.

16. The method according to claim 15, further comprising receiving an indication that the electronic device has received an e-mail or text message with the controller, wherein the haptic effect is determined by the controller based on the indication and the input signal.

17. The electronic device according to claim 7, wherein the material is selected from the group consisting of: polymethylsiloxane, polyvinylidene fluoride, polyethylene terephthalate, polystyrene, polypropylene, and combinations thereof.

[Abstract]

One of objects of the invention is to provide a haptic output device capable of controlling forces between moving parts of the device without using conventional motors and actuators.

A haptic output device includes a substrate, an array of electrodes disposed on the substrate, and a layer of dielectric material disposed on the array of electrodes. The layer of dielectric material has an exposed outer surface comprising a micro-patterned texture configured to increase adhesion between the exposed outer surface and a contact surface in contact with the exposed outer surface. The haptic output device includes a controller configured to direct a voltage potential across the array of electrodes to generate an electrostatic adhesive force between the exposed outer surface and the contact surface as a haptic effect.

[Representative Drawing]

Fig. 2

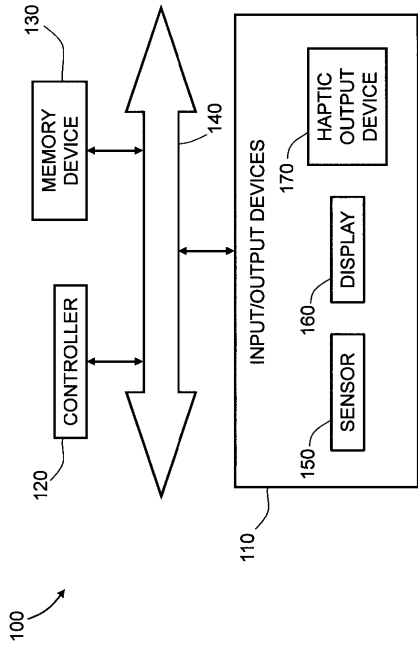


FIG. 1

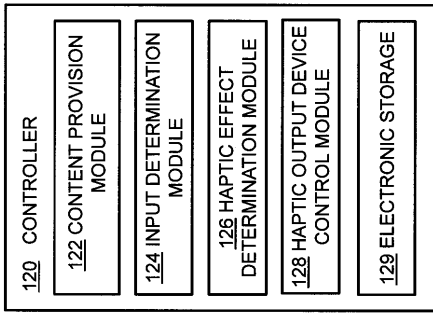


FIG. 4

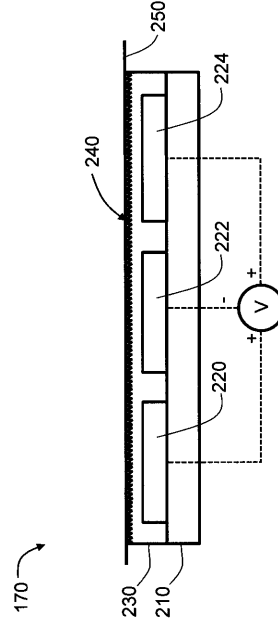


FIG. 2



FIG. 3

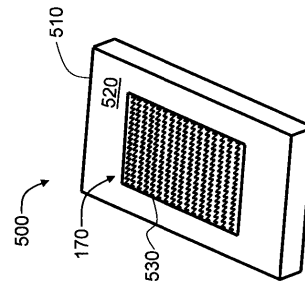


FIG. 5

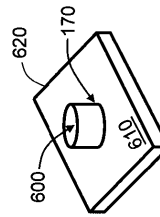


FIG. 6

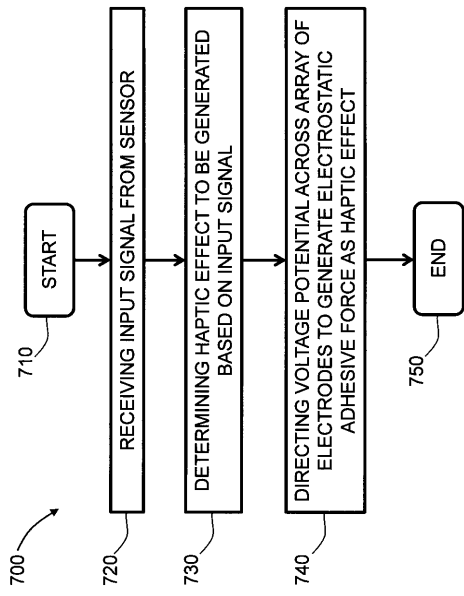


FIG. 7