

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-517684

(P2016-517684A)

(43) 公表日 平成28年6月16日(2016.6.16)

(51) Int.Cl.

H02N 2/18 (2006.01)
H01L 41/113 (2006.01)
H01L 41/193 (2006.01)
H01L 41/053 (2006.01)
H01L 41/332 (2013.01)

F 1

H02N 2/00
H01L 41/113
H01L 41/193
H01L 41/053
H01L 41/332

A

テーマコード(参考)

5 H 6 8 1

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 31 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2016-500152 (P2016-500152)

(86) (22) 出願日

平成25年12月31日 (2013.12.31)

(85) 翻訳文提出日

平成27年8月3日 (2015.8.3)

(86) 國際出願番号

PCT/US2013/078520

(87) 國際公開番号

W02014/143373

(87) 國際公開日

平成26年9月18日 (2014.9.18)

(31) 優先権主張番号

61/780,247

(32) 優先日

平成25年3月13日 (2013.3.13)

(33) 優先権主張国

米国(US)

(71) 出願人

515212091
マイクロジェン システムズ インコーポ
レイテッド
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ウエス
ト ヘンリエッタ ルーシャス ゴードン
ドライブ 150 スイート 110

(74) 代理人

100102978
弁理士 清水 初志
100102118
弁理士 春名 雅夫
100160923
弁理士 山口 裕孝
100119507
弁理士 刑部 俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】停止部構造を有する圧電エネルギー回収器デバイス

(57) 【要約】

本発明は、以下を備える、エネルギー回収器デバイスに関する：圧電材料を備え、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビーム；第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部；共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体；共振器ビームの第2の端部の少なくとも一部を包囲するパッケージ；塊体および/または共振器ビームの第2の端部に接続され、共振器ビームの第2の端部とパッケージとの間の接触を防止するように構成された停止部。また、電動装置に電力供給するシステム、方法、およびエネルギー回収器デバイスを製造する方法が開示される。

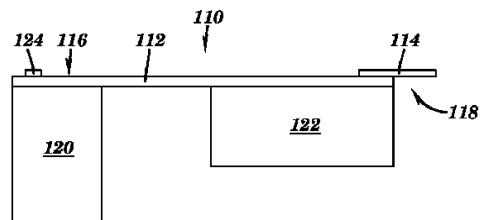
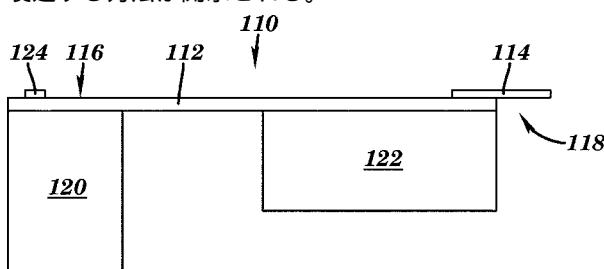


FIG. 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

圧電材料を備え、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、前記第1の端部で前記共振器ビームに接続され、前記第2の端部はカンチレバーとして前記基部から自由に延在している、基部と、

前記共振器ビームの前記第2の端部に取り付けられた塊体と、

前記共振器ビームの前記第2の端部の少なくとも一部を包囲するパッケージと、

前記塊体および／または前記共振器ビームの前記第2の端部に接続され、破損を防止するために前記共振器ビームの動きを安定化するように構成された停止部とを備える、エネルギー回収器デバイス。

10

【請求項 2】

前記停止部は、前記第2の端部および／または前記塊体から延在する部分を備える、請求項1に記載のデバイス。

【請求項 3】

前記停止部は、可撓性である、請求項1または請求項2に記載のデバイス。

【請求項 4】

前記パッケージは、前記基部を有する単一構造として形成される、前記請求項のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 5】

前記停止部は、前記第2の端部および／または前記塊体の単一表面に接続されている、前記請求項のいずれか一項に記載のデバイス。

20

【請求項 6】

前記停止部は、前記第2の端部および／または前記塊体の第1の表面ならびに前記第2の端部および／または前記塊体の第2の表面に接続されている、前記請求項のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 7】

前記第2の端部および／または前記塊体の前記第2の表面は、前記第2の端部および／または前記塊体の前記第1の表面に対置している、請求項6に記載のデバイス。

【請求項 8】

前記停止部は、金属、フォトレジスト、ポリイミド、SiO₂、他の相補型金属酸化物半導体適合性材料、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される材料で構築される、前記請求項のいずれか一項に記載のデバイス。

30

【請求項 9】

前記共振器ビームは、複数の層で形成されたラミネートを備える、前記請求項のいずれか一項に記載のデバイス。

【請求項 10】

前記複数の層は、少なくとも2つの異なる材料を含む、請求項9に記載のデバイス。

【請求項 11】

前記圧電材料と電気的に接触した1つ以上の電極をさらに備える、前記請求項のいずれか一項に記載のデバイス。

40

【請求項 12】

前記1つ以上の電極は、モリブデンおよび白金からなる群から選択される材料を含む、請求項11に記載のデバイス。

【請求項 13】

前記圧電材料から電気エネルギーを回収するための、前記1つ以上の電極と電気的に接続された電気回路をさらに備える、請求項11または請求項12に記載のデバイス。

【請求項 14】

前記圧電材料は、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、およびチタン酸ジルコン酸鉛化合物からなる群から選択される、請求項1から13のいずれか一項に記載のデバイス。

50

【請求項 15】

電動装置と、

前記装置に電気的に結合された請求項1に記載のデバイスと
を備える、システム。

【請求項 16】

前記電動装置は、ラップトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、携帯電話、スマートフォン、電子書籍リーダー、MP3プレーヤー、電話ヘッドセット、ヘッドフォン、ルータ、ゲームデバイス、ゲームコントローラ、モバイルインターネットアダプタ、カメラ、無線センサー、タブレット、PC、またはスマートフォンと通信するウェアラブルセンサー、(工業、レール、建物、農業等を監視するネットワーク用)無線センサーモート、タイヤ圧センサーモニタ、電動ツール上の電力供給用簡易ディスプレイ、家畜監視用農業デバイス、医療デバイス、人体監視デバイス、および玩具からなる群から選択される、請求項15に記載のシステム。10

【請求項 17】

前記停止部は、前記第2の端部および/または前記塊体から延在する部分を備える、請求項15または請求項16に記載のシステム。

【請求項 18】

前記停止部は、可撓性である、請求項17に記載のシステム。

【請求項 19】

前記パッケージは、前記基部を有する単一構造として形成される、請求項15から18のいずれか一項に記載のシステム。20

【請求項 20】

前記停止部は、前記第2の端部および/または前記塊体の单一表面に接続されている、請求項15から19のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 21】

前記停止部は、前記第2の端部および/または前記塊体の第1の表面ならびに前記第2の端部および/または前記塊体の第2の表面に接続されている、請求項15から20のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 22】

前記第2の端部および/または前記塊体の前記第2の表面は、前記第2の端部および/または前記塊体の前記第1の表面に対置している、請求項21に記載のシステム。30

【請求項 23】

前記停止部は、金属、フォトレジスト、ポリイミド、SiO₂、他の相補型金属酸化物半導体適合性材料、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される材料で構築される、請求項15から22のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 24】

前記共振器ビームは、複数の層で形成されたラミネートを備える、請求項15から23のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 25】

前記複数の層は、少なくとも2つの異なる材料を含む、請求項24に記載のシステム。40

【請求項 26】

前記圧電材料と電気的に接触した1つ以上の電極
をさらに備える、請求項15から25のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 27】

前記1つ以上の電極は、モリブデンおよび白金からなる群から選択される材料を含む、請求項26に記載のシステム。

【請求項 28】

前記圧電材料から電気エネルギーを回収するための、前記1つ以上の電極と電気的に接続された電気回路
をさらに備える、請求項26または請求項27に記載のシステム。50

【請求項 2 9】

前記圧電材料は、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、P V D F、およびチタン酸ジルコン酸鉛化合物からなる群から選択される、請求項 1 5 から 2 8 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 3 0】

請求項 1 5 から 2 9 のいずれか一項に記載のシステムを提供することと、

前記圧電材料から電気エネルギーを生成するために、前記システムを運動または振動に供することと、

電動装置に電力を提供するために、前記圧電材料から前記装置に前記電気エネルギーを伝達することと

を含む、電動装置に電力供給する方法。

【請求項 3 1】

前記装置は、ラップトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、携帯電話、スマートフォン、電子書籍リーダー、M P 3 プレーヤー、電話ヘッドセット、ヘッドフォン、ルータ、ゲームデバイス、ゲームコントローラ、モバイルインターネットアダプタ、カメラ、無線センサー、タブレット、P C、またはスマートフォンと通信するウェアラブルセンサー、(工業、レール、建物、農業等を監視するネットワーク用)無線センサーモート、タイヤ圧センサーモニタ、電動ツール上の電力供給用簡易ディスプレイ、家畜監視用農業デバイス、医療デバイス、人体監視デバイス、および玩具からなる群から選択される、請求項 3 0 に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 3 2】

前記停止部は、前記第 2 の端部および / または前記塊体から延在する部分を備える、請求項 3 0 または請求項 3 1 に記載の方法。

【請求項 3 3】

前記停止部は、可撓性である、請求項 3 2 に記載の方法。

【請求項 3 4】

前記パッケージは、前記基部を有する単一構造として形成される、請求項 3 0 から 3 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 5】

前記停止部は、前記第 2 の端部および / または前記塊体の単一表面に接続されている、請求項 3 0 から 3 4 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 6】

前記停止部は、前記第 2 の端部および / または前記塊体の第 1 の表面ならびに前記第 2 の端部および / または前記塊体の第 2 の表面に接続されている、請求項 3 0 から 3 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 7】

前記第 2 の端部および / または前記塊体の前記第 2 の表面は、前記第 2 の端部および / または前記塊体の前記第 1 の表面に対置している、請求項 3 6 に記載の方法。

【請求項 3 8】

前記停止部は、金属、フォトレジスト、ポリイミド、S i O₂、他の相補型金属酸化物半導体適合性材料、およびそれらの組み合わせからなる群から選択される材料で構築される、請求項 3 0 から 3 7 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 3 9】

前記共振器ビームは、複数の層で形成されたラミネートを備える、請求項 3 0 から 3 8 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 4 0】

前記複数の層は、少なくとも 2 つの異なる材料を含む、請求項 3 9 に記載の方法。

【請求項 4 1】

前記システムは、

前記圧電材料と電気的に接触した 1 つ以上の電極

をさらに備える、請求項 30 から 40 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 42】

前記 1 つ以上の電極は、モリブデンおよび白金からなる群から選択される材料を含む、請求項 41 に記載の方法。

【請求項 43】

前記システムは、

前記圧電材料から電気エネルギーを回収するための、前記 1 つ以上の電極と電気的に接続された電気回收回路

をさらに備える、請求項 41 または請求項 42 に記載の方法。

【請求項 44】

前記圧電材料は、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、PVDF、およびチタン酸ジルコン酸鉛化合物からなる群から選択される、請求項 30 から 43 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 45】

第 1 および第 2 の表面を有するシリコンウェハを提供することと、

前記シリコンウェハの前記第 1 の表面上に第 1 の二酸化ケイ素層を堆積させることと、前記第 1 の二酸化ケイ素層上にカンチレバー材料を堆積させることと、

前記カンチレバー材料上に第 2 の二酸化ケイ素層を堆積させることと、

前記第 2 の二酸化ケイ素層上に圧電スタックを堆積させることと、

前記圧電スタック層をパターニングすることと、

前記第 2 の二酸化ケイ素層、前記カンチレバー材料、および前記第 1 の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、

第 1 の端部と第 2 の端部との間に延在する細長共振器ビームと、

前記第 1 の端部で前記共振器ビームに接続され、前記第 2 の端部はカンチレバーとして前記基部から自由に延在している、基部と、

前記共振器ビームの前記第 2 の端部に取り付けられた塊体と、

前記共振器ビームの前記第 2 の端部にあるばね先端と

を備えるエネルギー回収デバイスを製造するために、前記シリコンウェハの前記第 2 の表面をエッティングすることと

を含む、エネルギー回収デバイスを製造する方法。

【請求項 46】

前記圧電スタック層は、第 2 の金属層により被覆された圧電材料層により被覆された第 1 の金属層を備える、請求項 45 に記載の方法。

【請求項 47】

前記圧電材料層は、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、PVDF、およびチタン酸ジルコン酸鉛化合物からなる群から選択される圧電材料を含む、請求項 46 に記載の方法。

【請求項 48】

前記圧電スタック層をパターニングすることは、

前記第 1 の金属層および圧電材料層の一部を除去することと、

前記第 2 の金属層の一部を除去するためおよびさらなる部分を電極として露出したままとするために、前記第 2 の金属層をパターニングすることと

を含む、請求項 45 から 47 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 49】

前記第 2 の二酸化ケイ素層、前記カンチレバー材料、および前記第 1 の二酸化ケイ素層をパターニングすることは、

前記シリコンウェハの第 1 の表面の一部を露出したままとするために、前記第 2 の二酸化ケイ素層の一部、前記カンチレバー材料の一部、および前記第 1 の二酸化ケイ素層の一部を除去すること

を含む、請求項 45 から 48 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 50】

前記パターニングされた圧電スタック層、ならびに前記パターニングされた第 2 の二酸

10

20

30

40

50

化ケイ素層、カンチレバー材料、および第1の二酸化ケイ素層の上に、第3の二酸化ケイ素層を堆積させることと、

前記第3の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、

前記パターニングされた第3の二酸化ケイ素層の上に金属接着パッド層を堆積させることと、

前記金属接着パッド層をパターニングすることと

をさらに含む、請求項45から49のいずれか一項に記載の方法。

【請求項51】

前記第3の二酸化ケイ素層をパターニングすることは、

前記圧電スタックの一部および前記シリコンウェハの一部を露出したままとするために、前記第3の二酸化ケイ素層の一部を除去すること

を含む、請求項45から50のいずれか一項に記載の方法。

【請求項52】

第1および第2の表面を有するシリコンウェハを提供することと、

前記シリコンウェハの前記第1の表面上に第1の二酸化ケイ素層を堆積させることと、

前記第1の二酸化ケイ素層上にカンチレバー材料を堆積させることと、

前記カンチレバー材料上に第2の二酸化ケイ素層を堆積させることと、

前記第2の二酸化ケイ素層上に圧電スタックを堆積させることと、

前記圧電スタック層をパターニングすることと、

前記第2の二酸化ケイ素層、前記カンチレバー材料、および前記第1の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、

第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、

前記第1の端部で前記共振器ビームに接続され、前記第2の端部はカンチレバーとして前記基部から自由に延在している、基部と、

前記共振器ビームの前記第2の端部に取り付けられた塊体と

を備えるエネルギー回収デバイスを画定するために、前記シリコンウェハの前記第2の表面をエッチングすることと、

停止部材料を堆積させることと、

前記細長共振器ビームの前記第2の端部で停止部を画定するために、前記停止部材料をエッチングすることと

を含む、エネルギー回収デバイスを製造する方法。

【請求項53】

前記圧電スタック層は、第2の金属層により被覆された圧電材料層により被覆された第1の金属層を備える、請求項52に記載の方法。

【請求項54】

前記圧電材料層は、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、PVDF、およびチタン酸ジルコン酸鉛化合物からなる群から選択される圧電材料を含む、請求項53に記載の方法。

【請求項55】

前記圧電スタック層をパターニングすることは、

前記第1の金属層および圧電材料層の一部を除去することと、

前記第2の金属層の一部を除去するためおよびさらなる部分を電極として露出したままとするために、前記第2の金属層をパターニングすることと

を含む、請求項52から54のいずれか一項に記載の方法。

【請求項56】

前記第2の二酸化ケイ素層、前記カンチレバー材料、および前記第1の二酸化ケイ素層をパターニングすることは、

前記シリコンウェハの前記第1の表面の一部を露出したままするために、前記第2の二酸化ケイ素層の一部、前記カンチレバー材料の一部、および前記第1の二酸化ケイ素層の一部を除去すること

を含む、請求項52から55のいずれか一項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 5 7】

前記パターニングされた圧電スタック層、ならびに前記パターニングされた第2の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第1の二酸化ケイ素層の上に、第3の二酸化ケイ素層を堆積させることと、

前記第3の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、

前記パターニングされた第3の二酸化ケイ素層の上に金属接着パッド層を堆積させることと、

前記金属接着パッド層をパターニングすることと

をさらに含む、請求項52から56のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5 8】

前記第3の二酸化ケイ素層をパターニングすることは、

前記圧電スタックの一部および前記シリコンウェハの一部を露出したままとするために、前記第3の二酸化ケイ素層の一部を除去すること

を含む、請求項57に記載の方法。

【請求項 5 9】

前記停止部材料を、前記パターニングされた金属接着パッド層の上に堆積させる、請求項57または請求項58に記載の方法。

【請求項 6 0】

停止部材料を堆積させることは、有機もしくは無機材料のインクジェット、または金属の電気めっき等の物理的堆積を含む、請求項52から59のいずれか一項に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本出願は、2013年3月13日出願の米国仮特許出願第61/780,247号に対する優先権の利益を主張するものであり、この出願は、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【0 0 0 2】**発明の分野**

本発明は、カンチレバー停止部構造を有する圧電エネルギー回収器デバイス、当該デバイスを含むシステム、ならびに当該デバイスを使用および作製する方法に関する。

【背景技術】**【0 0 0 3】****発明の背景**

集積回路のサイズおよび電力消費の両方の削減は、無線技術の急増をもたらした。例えば、タブレット、スマートフォン、携帯電話、ラップトップコンピュータ、MP3プレーヤー、電話ヘッドセット、ヘッドフォン、ルータ、ゲームコントローラ、モバイルインターネットアダプタ、無線センサー、タイヤ圧センサーモニタ、タブレット、PC、および/またはスマートフォンと通信するウェアラブルセンサー、家畜を監視するためのデバイス、医療デバイス、人体監視デバイス、玩具等を含む、低電力無線回路を使用した多種多様なデバイスが存在する。これらのデバイスはそれぞれ、動作するために独立電源を必要とする。典型的には、これらのデバイス用の電源は電池であり、多くの場合交換式電池である。

【0 0 0 4】

高い関心の対象となる他の無線技術は、無線センサーおよび無線センサネットワークである。そのようなネットワークにおいて、無線センサーは、特定の環境全体に分布し、測定データを中央ハブに伝えるアドホックネットワークを形成する。具体的な環境は、例えば、自動車、飛行機、工場、または建物を含む。無線センサネットワークは、ある距離にわたりマルチホップ伝送を使用して動作する数千から数万の無線センサー「ノード」を含み得る。各無線ノードは、一般に、センサー、無線電子機器、および電源を含む。これらの無線センサネットワークは、環境条件に応じて知的環境を形成するために使用さ

10

20

30

40

50

れ得る。

【0005】

上述の他の無線デバイス等の無線センサーノードは、そのノードの電子機器を作動させるために独立電源を必要とする。リチウムイオン電池、亜鉛空気電池、リチウム電池、アルカリ電池、ニッケル水素電池、およびニッケルカドミウム電池等の従来の電池が使用され得る。しかしながら、無線センサーノードがそのような電池の典型的な寿命より長く機能することが有利となり得る。さらに、電池交換は、特に多くのノードを有するより大きなネットワークにおいては負担が大きくなり得る。

【0006】

代替の独立電源は、周囲環境からエネルギーを捕集（または「回収」）することに依存する。例えば、電力駆動デバイスが十分な光に曝露される場合、好適な代替の独立電源は、光電池または太陽電池を含み得る。代替として、電力駆動デバイスが十分な空気の運動に曝露される場合、好適な代替の独立電源は、動く空気から電力を回収するためのタービンまたはマイクロタービンを含み得る。また、他の代替の独立電源は、温度変動、圧力変動、または他の環境の影響に基づくことができる。

【0007】

いくつかの環境は、特定のデバイスに電力供給するのに十分な光の量、空気の運動、温度変動、および／または圧力変動を含まない。そのような環境下であっても、デバイスは、例えば構造支持体から発生する適切に予測可能なおよび／または一定の振動（これは、一定周波数の振動、または多数の周波数を含む衝撃振動のいずれかの形態となり得る）に供され得る。そのような場合、運動（例えば振動エネルギー）を電気エネルギーに本質的に変換する捕集器（または回収器）が使用され得る。

【0008】

1つの特定の種類の振動エネルギー回収器は、周囲の振動（駆動力）により引き起こされるビームの共振の間に変形されると電荷を生成する圧電材料を組み込んだ、共振ビームを利用する。

【0009】

微小電気機械（「MEMS」）カンチレバー圧電エネルギー回収器が封入パッケージ（真空下のパッケージ、加圧下のパッケージ、または大気圧下にあり、さらに通気されてもよいパッケージを含む）内に設置される場合、たわんでいる間に、パッケージのたわみがパッケージの高さと等しくなるとそれがパッケージの上部または下部と相互作用する可能性がある。これは、カンチレバーの周波数応答のバンド幅を広げることができるために、望ましい場合がある。しかしながら、カンチレバーがパッケージの上部または下部と接触すると、カンチレバーの破損の危険性がある。先行技術は、パッケージとカンチレバーとの間の相互作用を安定化させるために、パッケージ内に停止部機構を設置することによりこの問題に対応してきた。しかしながら、これは、パッケージ製造および組み立てに余分なコストを加え、エネルギー回収に対するパッケージの精密な整合を必要とする。

【0010】

本発明は、当該技術分野におけるこれらの、および他の欠陥を克服することを目的とする。

【発明の概要】

【0011】

本発明の一態様は、圧電材料を備え、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームの第2の端部の少なくとも一部を包囲するパッケージと、塊体および／または共振器ビームの第2の端部に接続され、共振器ビームの第2の端部とパッケージとの間の接触を防止するように構成された停止部とを備える、エネルギー回収器デバイスに関する。

【0012】

10

20

30

40

50

本発明の別の態様は、電動装置と、装置に電気的に結合された本発明のエネルギー回収器デバイスとを備えるシステムに関する。

【0013】

本発明のさらなる態様は、電動装置に電力供給する方法に関する。この方法は、本発明によるシステムを提供することと、圧電材料から電気エネルギーを生成するために、システムを運動または振動に供することと、装置に電力を提供するために、圧電材料からの電気エネルギーを装置に伝達することとを含む。

【0014】

本発明の別の態様は、エネルギー回収器デバイスを製造する方法に関する。この方法は、第1および第2の表面を有するシリコンウェハを提供することと、シリコンウェハの第1の表面上に第1の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第1の二酸化ケイ素層上にカンチレバー材料を堆積させることと、カンチレバー材料上に第2の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第2の二酸化ケイ素層上に圧電スタックを堆積させることと、圧電スタック層をパターニングすることと、第2の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第1の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、エネルギー回収器デバイスを製造するために、シリコンウェハの第2の表面をエッティングすることとを含む。エネルギー回収器デバイスは、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームの第2の端部にあるばね先端とを備える。

10

20

30

【0015】

本発明のさらなる態様は、エネルギー回収器デバイスを製造する方法に関する。この方法は、第1および第2の表面を有するシリコンウェハを提供することと、シリコンウェハの第1の表面上に第1の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第1の二酸化ケイ素層上にカンチレバー材料を堆積させることと、カンチレバー材料上に第2の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第2の二酸化ケイ素層上に圧電スタックを堆積させることと、圧電スタック層をパターニングすることと、第2の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第1の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、エネルギー回収器デバイスを画定するために、シリコンウェハの第2の表面をエッティングすることとを含む。エネルギー回収器デバイスは、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体とを備える。方法は、停止部材料を堆積させることと、細長共振器ビームの第2の端部で停止部を画定するために、停止部材料をエッティングすることとをさらに含む。

40

【0016】

本発明のエネルギー回収器デバイスは、カンチレバー／パッケージ相互作用を安定化する機能を提供する停止部機構を組み込んでいる。停止部機構は、カンチレバー自体を作製するために、およびカンチレバー製造と同時に使用される材料から、または、相補型金属酸化物半導体（「CMOS」）適合性材料から作製されてもよく、それによりデバイス製造に追加的コストをほとんど、または全くもたらさない。さらに、本発明はまた、パッケージ上の機構にデバイスを整合させる必要性を回避し、これはもう1つのコスト削減である。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】第1および第2の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体とを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第2の端部は、塊体の端部を越えて延在する停止部構造を備える。

【図2】第1および第2の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第1の端部で共

50

振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体とを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第2の端部は、塊体の端部を越えて延在する停止部構造を備える。

【図3】図3Aは、第1および第2の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームの少なくとも一部を包囲するパッケージとを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第2の端部は、塊体の端部を越えて延在する停止部構造を備え、共振器ビームの第2の端部とパッケージとの間の接触を防止するように構成される。図3Bおよび3Cは停止部がパッケージと接触して、カンチレバーの動きを安定化および/または共振器ビームとパッケージとの接触を防止する際の、共振器ビームの振動中の2つの異なる時点での図3Aのデバイスを示す図である。

【図4】図4Aは、第1および第2の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームを包囲するパッケージとを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第2の端部は、塊体の端部を越えて延在する停止部構造を備え、共振器ビームの第2の端部とパッケージとの間の接触を防止するように構成される。図4Bおよび4Cは停止部がパッケージと接触して、カンチレバーの動きを安定化および/または共振器ビームとパッケージとの接触を防止する際の、共振器ビームの振動中の2つの異なる時点での図4Aのデバイスを示す図である。

【図5】図5Aは、第1および第2の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームの少なくとも一部を包囲するパッケージとを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第2の端部は、塊体の端部を越えて延在する停止部構造を備え、共振器ビームの第2の端部とパッケージとの間の接触を防止するように構成される。図5Bおよび5Cは停止部がパッケージと接触して、カンチレバーの動きを安定化および/または共振器ビームとパッケージとの接触を防止する際の、共振器ビームの振動中の2つの異なる時点での図5Aのデバイスを示す図である。

【図6】図6Aは、第1および第2の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームを包囲するパッケージとを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第2の端部は、塊体の端部を越えて延在する停止部構造を備え、共振器ビームの第2の端部とパッケージとの間の接触を防止するように構成される。図6Bおよび6Cは停止部がパッケージと接触して、カンチレバーの動きを安定化および/または共振器ビームとパッケージとの接触を防止する際の、共振器ビームの振動中の2つの異なる時点での図6Aのデバイスを示す図である。

【図7A】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する1つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図7B】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する1つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図7C】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する1つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図7D】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する1つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図7E】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する1つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

10

20

30

40

50

【図 7 F】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する 1 つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図 7 G】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する 1 つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図 7 H】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する 1 つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図 7 I】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する 1 つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図 7 J】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する 1 つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図 7 K】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する 1 つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図 7 L】本発明のエネルギー回収器デバイスの一部を形成する 1 つ以上の停止部構造を備える、共振器ビームの様々な実施形態の平面図である。

【図 8】第 1 および第 2 の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第 1 の端部で共振器ビームに接続され、第 2 の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第 2 の端部に取り付けられた塊体とを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第 2 の端部は、2 つの停止部構造を備え、その一方は塊体の上に位置し、他方は塊体の下に位置する。

【図 9】図 9 A ~ 9 B は、第 1 および第 2 の端部を有し圧電材料を備える共振器ビームと、第 1 の端部で共振器ビームに接続され、第 2 の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第 2 の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームの少なくとも一部を包囲するパッケージとを含む、本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態の側面図である。共振器ビームの第 2 の端部は、2 つの停止部構造を備え、その一方は塊体の上に位置し、他方は塊体の下に位置する。図 9 A および 9 B は、塊体の上に位置する停止部がパッケージと接触して、カンチレバーの動きを安定化および/または共振器ビームとパッケージとの接触を防止する際の(図 9 A)、ならびに、塊体の下に位置する停止部がパッケージと接触して、カンチレバーの動きを安定化および/または共振器ビームとパッケージとの接触を防止する際(図 9 B)の、共振器ビームの振動中の 2 つの異なる時点でのデバイスを示す図である。

【図 10】スマートフォンに電力供給するための電気エネルギーを提供するために、スマートフォンに電気的に結合された本発明のエネルギー回収器デバイスを含む、電動スマートフォンを含む本発明のシステムの一実施形態を示す図である。

【図 11】本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態を生成するための層状材料スタックの側面図である。層状材料スタックは、シリコンウェハ、第 1 の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、第 2 の二酸化ケイ素層、および任意選択の接着層、第 1 の金属層、圧電材料層、および第 2 の金属層を含む。

【図 12】層状材料スタックから圧電材料層および金属層(複数可)の一部を除去するように、本発明のエネルギー回収器デバイスを製造する方法の一実施形態に従いパターニングされた、図 11 の層状材料スタックの側面図である。

【図 13】第 1 の金属層が層状材料スタックからその一部を除去するようにパターニングされた、図 12 の層状材料スタックの側面図である。

【図 14】層状材料スタックから第 2 の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第 1 の二酸化ケイ素層の一部を除去するように、本発明のエネルギー回収器デバイスを製造する方法の一実施形態に従いさらにパターニングされた、図 13 の層状材料スタックの側面図である。

【図 15】パターニングされた圧電スタック層、ならびにパターニングされた第 2 の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第 1 の二酸化ケイ素層の上に、第 3 の二酸化ケイ素層が堆積した、図 14 の層状材料スタックの側面図である。

【図 16】第 3 の二酸化ケイ素層の一部を除去して、圧電スタックの一部およびシリコン

10

20

30

40

50

ウェハの一部を露出したままとするように、本発明のエネルギー回収デバイスを製造する方法の一実施形態に従いパターニングされた、図14の層状材料スタックの側面図である。

【図17】パターニングされた第3の二酸化ケイ素層、ならびに圧電スタックおよびシリコンウェハの一部の上に、金属接着パッド層が堆積した、図16の層状材料スタックの側面図である。

【図18】金属接着パッド層の一部を除去するようにパターニングされた、図17の層状材料スタックの側面図である。

【図19】共振器ビーム、基部、および塊体を形成し、ひいては塊体を越えて延在する停止部構造を有する本発明のエネルギー回収器デバイスの一実施形態を形成するように、シリコンウェハの一部がエッチングされた、図18の層状材料スタックの側面図である。 10

【図20】共振器ビーム、基部、および塊体を形成するように、シリコンウェハの一部がエッチングされた、図18の層状材料スタックの側面図である。例示される実施形態によれば、塊体は、共振器ビームの端部、または端部近くまで延在する。

【図21】パターニングされた金属接着パッド層上に停止部材料が堆積した、図20の層状材料スタックの側面図である。

【図22】パターニングされた金属接着パッド層上に堆積した停止部材料が、塊体の上で停止部構造を画定するようにエッチングされた、図21の層状材料スタックの側面図である。 20

【図23】停止部材料が、塊体の下側に堆積した、図22の層状材料スタックの側面図である。

【図24】塊体の下側に堆積した停止部材料が、塊体の下で停止部構造を画定するようにエッチングされた、図23の層状材料スタックの側面図である。 30

【発明を実施するための形態】

【0018】

発明の詳細な説明

本発明は、圧電エネルギー回収器デバイス、圧電エネルギー回収器デバイスを備えるシステム、ならびに圧電エネルギー回収器デバイスを使用および作製する方法に関する。本発明の圧電エネルギー回収器デバイスは、カンチレバー／パッケージ相互作用を安定化する機能を提供する停止部機構を組み込んでいる。 30

【0019】

本発明の一態様は、圧電材料を備え、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームの第2の端部の少なくとも一部を包囲するパッケージと、塊体および／または共振器ビームの第2の端部に接続され、共振器ビームの第2の端部とパッケージとの間の接触を防止するように構成された停止部とを備える、エネルギー回収器デバイスに関する。別の実施形態によれば、停止部は、破損を防止するように共振器ビームの動きを安定化する。

【0020】

図1は、本発明のエネルギー回収器デバイスの以下の部分の一実施形態の斜視図である：圧電材料を備え、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビーム；第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部；共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体；ならびに塊体および／または共振器ビームの第2の端部に接続された停止部。具体的には、エネルギー回収器デバイス10は、圧電材料を備える共振器ビーム12を含む。共振器ビーム12は、共振器ビーム12の第1の端部16と共振器ビーム12の第2の端部18との間に延在する。基部20は、第1の端部16で共振器ビーム12に接続され、第2の端部18は、カンチレバーとして基部20から自由に延在する。エネルギー回収器デバイス10はまた、共振器ビーム12の第2の端部18に取り付けられた塊体22を含む。停止部14は、塊体22 40

を越えて延在する、第2の端部18における共振器ビーム12の延長部として形成される。

【0021】

エネルギー回収器デバイス10はまた、共振器ビーム12の圧電材料と電気的に接触した1つ以上の電極24を含む。一実施形態によれば、電極24は、モリブデンおよび白金からなる群から選択される材料を含むが、電極構造を形成するのに好適な他の材料もまた使用され得る。加えて、エネルギー回収器デバイス10は、共振器ビーム12の圧電材料から電気エネルギーを回収するために、1つ以上の電極24と電気的に接続された電気回路をさらに含んでもよい。以下でさらに詳細に説明されるように、電気回路は、圧電材料から生成され供給された電力を装置に提供するために、電動装置に電気的に結合され得る。

10

【0022】

エネルギー回収器デバイス10の共振器ビーム12は、圧電材料を含む。圧電材料は、機械的歪みに供された場合に電気的に分極する材料である。分極の程度は、印加される歪みに比例する。圧電材料は、広く知られており、単結晶（例えば、石英）、圧電セラミック（例えば、チタン酸ジルコン酸鉛またはPZT）、薄膜（例えば、スパッタ酸化亜鉛）、圧電セラミック粉末に基づくスクリーン印刷可能な厚膜（例えば、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、Baudry, "Screen-printing Piezoelectric Devices," Proc. 6th European Microelectronics Conference (London, UK) pp. 456-63 (1987) およびWhite & Turner, "Thick-film Sensors: Past, Present and Future," Meas. Sci. Technol. 8: 1-20 (1997) を参照されたい）、およびポリフッ化ビニリデン（「PVDF」）（例えば、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる、Loevinger, "Ferroelectric Polymers," Science 220: 1115-21 (1983) を参照されたい）等のポリマー材料を含む、多くの形態で利用可能である。

20

【0023】

圧電材料は、典型的には、異方性特性を示す。したがって、材料の特性は、力の方向ならびに分極および電極の配向に依存して異なる。材料の圧電活性のレベルは、表記の軸と併せて使用される一連の定数により定義される。圧電歪み定数dは、以下のように定義され得る：

$$d = \frac{\text{発生した歪み}}{\text{印加された電界}} \text{ m/V}$$

30

(Beeby et al., "Energy Harvesting Vibration Sources for Microsystems Applications," Meas. Sci. Technol. 17: R175-R195 (2006)、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる)。

【0024】

本発明のエネルギー回収器デバイスにおいて、共振器ビーム12は、カンチレバーとして基部20から自由に延在する第2の端部18を有する。圧電材料を含むカンチレバー構造は、屈曲モードで動作し、それにより圧電材料を変形させてd効果から電荷を生成するように設計される(Beeby et al., "Energy Harvesting Vibration Sources for Microsystems Applications," Meas. Sci. Technol. 17: R175-R195 (2006)、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる)。カンチレバーは、共振器ビーム12の第2の端部18で取り付けられた塊体22の存在によりさらに低減された、低い共振周波数を提供する。

40

【0025】

動作中の本発明のエネルギー回収器デバイス10の共振器ビーム12の共振周波数は、

50

約 50 Hz から約 4,000 Hz、約 100 Hz から約 3,000 Hz、約 100 Hz から約 2,000 Hz、または約 100 Hz から約 1,000 Hz の周波数を含み得る。

【 0026 】

一実施形態によれば、共振器ビーム 12 は、少なくとも 1 つが圧電材料を含む複数の層で形成されたラミネートを備える。好適な圧電材料は、限定されることなく、窒化アルミニウム、酸化亜鉛、PVDF、およびチタン酸ジルコン酸鉛系化合物を含む。圧電材料の層と共に、他の非圧電材料もまた使用され得る。他の層の限定されない例は、図 11 の層状材料スタック (50) に関して後述されるものを含む。

【 0027 】

共振器ビーム 12 は、共振器ビーム 12 の調整を補助し、構造的支持を提供するために様々な形状および構成をとる側壁を有してもよい。一実施形態によれば、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる米国仮特許出願第 61/780,203 号に記載のように、共振器ビーム 12 は、共振器ビーム 12 の面内で連続的に湾曲した側壁を有する。

10

【 0028 】

本発明のエネルギー回収器デバイス 10 は、共振器ビーム 12 の第 2 の端部 18 で塊体 22 を含む。塊体 22 は、共振器ビーム 12 の周波数を低下させ、また共振器ビーム 12 の電力出力（すなわち、圧電材料により生成される）を増加させるために提供される。塊体 22 は、単一材料または複数の材料（例えば、材料の層）で構築されてもよい。一実施形態によれば、塊体 22 は、シリコンウェハ材料で形成される。他の好適な材料は、限定されることなく、電気めっきまたは熱蒸着により付着させた銅、金、およびニッケルを含む。

20

【 0029 】

一実施形態において、共振器ビーム 12 当たり单一の塊体 22 が提供される。しかしながら、2 つ以上の塊体 22 が共振器ビーム 12 に取り付けられてもよい。他の実施形態において、塊体 22 は、例えば、共振器ビーム 12 に沿った異なる場所に提供される。

【 0030 】

当業者に容易に理解されるように、共振器ビーム 12 は、共振器ビーム 12 の断面形状、共振器ビーム 12 の断面寸法、共振器ビーム 12 の長さ、塊体 22 の質量、共振器ビーム 12 上の塊体 22 の位置、および共振器ビーム 12 を作製するのに使用される材料等の複数のパラメータの任意の 1 つ以上を変化させることにより調整され得る。

30

【 0031 】

動作中、1 つ以上の電極 24 は、共振器ビーム 12 が運動に供された際に、共振器ビーム 12 の圧電材料から電荷を回収する。したがって、電極 24 は、共振器ビーム 12 の圧電材料と電気的に接続されている。

【 0032 】

次いで、共振器ビーム 12 の圧電材料から収集された電気エネルギーは、同じく電極 24 またはその近くでエネルギー回収器デバイス 10 上に形成された電気回路に伝えられる。

【 0033 】

図 2 は、本発明のエネルギー回収器デバイスの代替の実施形態を示す。具体的には、エネルギー回収器デバイス 110 は、圧電材料を備える共振器ビーム 112 を含む。共振器ビーム 112 は、共振器ビーム 112 の第 1 の端部 116 と共振器ビーム 112 の第 2 の端部 118 との間に延在する。基部 120 は、第 1 の端部 116 で共振器ビーム 112 に接続され、第 2 の端部 118 は、カンチレバーとして基部 120 から自由に延在する。エネルギー回収器デバイス 110 はまた、共振器ビーム 112 の第 2 の端部 118 に取り付けられた塊体 122 を含む。停止部 114 は、共振器ビーム 112 上の第 2 の端部 118 に別個の構造として形成され、塊体 122 を越えて延在する。

40

【 0034 】

図 3A に示されるように、本発明のエネルギー回収器デバイスは、一体化された自己パッケージユニットとして形成され得る。特に、パッケージ 226 は、カンチレバー構造を

50

(少なくとも部分的に) 封入するように、カンチレバー構造(すなわち、共振器ビーム212、停止部214、塊体222、および基部220)を包囲するように示されている。図3Bおよび3Cは、カンチレバー構造(具体的には、停止部214)とパッケージ226との相互作用を示している。具体的には、図3Bにおいて、共振器ビーム212の第2の端部218は、共振器ビーム212の振動中に上方に屈曲し、停止部214は、パッケージ226のリップ228Aと接触して、共振器ビーム212とパッケージ226の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム212の動きを安定化する。図3Cにおいて、共振器ビーム212の第2の端部218は、共振器ビーム212の振動中に下方に屈曲し、停止部214は、パッケージ226のリップ228Bと接触して、共振器ビーム212(および塊体222)とパッケージ226の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム212の動きを安定化する。一方、共振器ビーム212の第1の端部216は、基部220に固定されたままである。

10

【0035】

図3A～3Bに示されるように、基部220は、パッケージ226とは別個の構造として示されている。しかしながら、一実施形態によれば、基部は、基部がパッケージの一部であって別個の構造ではないように、パッケージと一体化されて形成されてもよい。

【0036】

本発明のエネルギー回収器デバイスの他のパッケージもまた、図4～6に示されるように、また以下でさらに説明されるように使用され得る。例えば、図4Aに示されるように、パッケージ326は、共振器ビーム312の第2の端部318におけるカンチレバー構造を封入するが、共振器ビーム312の第1の端部316および基部320の近くの開口部を残すように、カンチレバー構造(すなわち、共振器ビーム312、停止部314、塊体322、および基部320)を包囲するように示されている。図4Bおよび4Cは、カンチレバー構造(具体的には、停止部314)とパッケージ326との相互作用を示している。具体的には、図4Bにおいて、共振器ビーム312の第2の端部318は、共振器ビーム312の振動中に上方に屈曲し、停止部314は、パッケージ326の壁330Aと接触して、共振器ビーム312とパッケージ326の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム312の動きを安定化する。図4Cにおいて、共振器ビーム312の第2の端部318は、共振器ビーム312の振動中に下方に屈曲し、停止部314は、パッケージ326の壁330Bと接触して、共振器ビーム312(および塊体322)とパッケージ326の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム312の動きを安定化する。一方、共振器ビーム312の第1の端部316は、基部320に固定されたままである。

20

【0037】

本発明のエネルギー回収器デバイスの別の実施形態が、図5Aに示されている。特に、パッケージ426は、カンチレバー構造を(少なくとも部分的に)封入するように、カンチレバー構造(すなわち、共振器ビーム412、停止部414、塊体422、および基部420)を包囲するように示されている。図5Bおよび5Cは、カンチレバー構造(具体的には、停止部414)とパッケージ426との相互作用を示している。具体的には、図5Bにおいて、共振器ビーム412の第2の端部418は、共振器ビーム412の振動中に上方に屈曲し、停止部414は、パッケージ426のリップ428Aと接触して、共振器ビーム412とパッケージ426の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム412の動きを安定化する。図5Cにおいて、共振器ビーム412の第2の端部418は、共振器ビーム412の振動中に下方に屈曲し、停止部414は、パッケージ426のリップ428Bと接触して、共振器ビーム412(および塊体422)とパッケージ426の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム412の動きを安定化する。一方、共振器ビーム412の第1の端部416は、基部420に固定されたままである。

30

【0038】

本発明のエネルギー回収器デバイスのさらなる実施形態が、図6Aに示されている。特

40

50

に、パッケージ 526 は、カンチレバー構造を（少なくとも部分的に）封入するように、カンチレバー構造（すなわち、共振器ビーム 512、停止部 514、塊体 522、および基部 520）を包囲するように示されている。図 6B および 6C は、カンチレバー構造（具体的には、停止部 514）とパッケージ 526 との相互作用を示している。具体的には、図 6B において、共振器ビーム 512 の第 2 の端部 518 は、共振器ビーム 512 の振動中に上方に屈曲し、停止部 514 は、パッケージ 526 の壁 530A と接触して、共振器ビーム 512 とパッケージ 526 の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム 512 の動きを安定化する。図 6C において、共振器ビーム 512 の第 2 の端部 518 は、共振器ビーム 512 の振動中に下方に屈曲し、停止部 514 は、パッケージ 526 の壁 530B と接触して、共振器ビーム 512（および塊体 522）とパッケージ 526 の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム 512 の動きを安定化する。一方、共振器ビーム 512 の第 1 の端部 516 は、基部 520 に固定されたままである。
10

【0039】

本発明のエネルギー回収器デバイスの共振器ビームの停止部構造は、様々な設計となり得る。共振器ビームと一体化されてまたはその上に形成された停止部構造のいくつかの限定されない例が、図 7A～7L に示されている。図 7A において、共振器ビーム 12 は、共振器ビーム 12 の角部から生じる 2 つの停止部 14A および 14B を備える。図 7B において、共振器ビーム 12 上で、3 つの停止部 14A、14B、および 14C が使用される。図 7C において、停止部 14 は、共振器ビーム 12 の 3 つの異なる縁部に沿って形成される。図 7D において、停止部 14 は、共振器ビーム 12 の 1 つの縁部に沿って形成される。図 7E において、停止部 14A および 14B は、共振器ビーム 12 の 2 つの角部に位置する。図 7F は、3 つの停止部 14A、14B、および 14C を示し、これらは、共振器ビーム 12 の 3 つの異なる側面から突出する個々の構造として形成される。図 7G において、4 つの停止部 14A、14B、14C、および 14D が存在する。共振器ビーム 12 の第 1 の側面は、2 つの停止部 14B および 14C を含み、2 つの他の側面は、それぞれ単一の停止部（14A および 14D）を含む。図 7H は、共振器ビーム 12 の 3 つの異なる側面に沿った 3 つの停止部のセットとして形成される停止部 14A、14B、14C、14D、14E、14F、14G、14H、および 14I を含む、いくつかの停止部を使用している。図 7I、7J、7K、および 7L は、それぞれ図 7E、7F、7G、および 7H に示されるものと類似した構造を有する共振器ビーム 12 を示すが、但し、図 7I、7J、7K、および 7L における停止部 14 は、図 7E、7F、7G、および 7H における停止部 14 の矩形形状と比較して、丸い形状を有する。
20

【0040】

共振器ビームとは別個の構造として形成される場合、停止部は、金属、フォトレジスト、ポリイミド、SiO₂、および他の相補型金属酸化物半導体適合性材料、またはそれらの任意の組み合わせからなる群から選択される材料で構築され得る。
30

【0041】

一実施形態によれば、本発明のエネルギー回収器デバイスの停止部は、可撓性である。したがって、例えば、図 6B～6C を参照して、停止部 514 は、振動中に壁 530A および 530B と接触すると、曲がって共振器ビーム 512 の安定化を補助する。
40

【0042】

停止部構造は、本発明のエネルギー回収器デバイスの共振器ビーム上、および / または塊体上に形成され得る。したがって、図 8 に示されるように、エネルギー回収器デバイス 610 は、2 つの停止部 614A および 614B を含み得る。停止部 614A は、共振器ビーム 612 および第 1 第 2 の端部 618 上に形成され、停止部 614B は、塊体 622 の下側に形成される。共振器ビーム 612 は、基部 620 の第 1 の端部 616 に取り付けられる。

【0043】

図 9A および 9B は、部分的にパッケージ 626 内に封入された図 8 のカンチレバー構

造を示した。図9Aにおいて、共振器ビーム612の第2の端部618は、共振器ビーム612の振動中に上方に屈曲し、停止部614Aは、パッケージ626の壁630Aと接触して、共振器ビーム612とパッケージ626の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム612の動きを安定化する。図9Bにおいて、共振器ビーム612の第2の端部618は、共振器ビーム612の振動中に下方に屈曲し、停止部614Bは、パッケージ626の壁630Bと接触して、共振器ビーム612（および塊体622）とパッケージ626の任意の他の部分とのいかなる接触も防止し、共振器ビーム612の動きを安定化する。一方、共振器ビーム612の第1の端部616は、基部620に固定されたままである。停止部614Aおよび614Bは、共振器ビーム612の動きを安定化するために、エネルギー回収器デバイス610上に最適な態様で設置される。

10

【0044】

本発明の別の態様は、電動装置と、電動装置に電気的に結合された本発明のエネルギー回収器デバイスとを備えるシステムに関する。

【0045】

ここで図10を参照すると、電動装置（スマートフォン）32が、（その外部筐体内に）エネルギー回収器デバイス10を含むように示されている。この実施形態によれば、エネルギー回収器デバイス10は、別の独立エネルギー源（例えば、電池）の代わりに、またはそれと併せて使用される独立エネルギー源をスマートフォン32に給電するために提供する。代替の実施形態において、電動装置は、例えば、タブレット、PC、および／またはスマートフォンと電気的に通信する腕時計型デバイスまたはネックレス等の、ウェアラブルデバイスである。

20

【0046】

電動装置および本発明のエネルギー回収器デバイスを含む本発明の他のシステムは、限定されることなく、ラップトップコンピュータ、タブレットコンピュータ、携帯電話、電子書籍リーダー、MP3プレーヤー、電話ヘッドセット、ヘッドフォン、ルータ、ゲームデバイス、ゲームコントローラ、モバイルインターネットアダプタ、カメラ、無線センサー、タブレット、PC、および／またはスマートフォンと通信するウェアラブルセンサー、（工業、レール、建物、農業等を監視するネットワーク用）無線センサーモート、タイヤ圧センサーモニタ、電子ディスプレイ（例えば、電動ツール上）、家畜監視用農業デバイス、医療デバイス、人体監視デバイス、ならびに玩具を含む。

30

【0047】

例えば、一実施形態によれば、本発明のシステムは、例えば、任意の1つ以上の様々な環境特性（温度、湿度、光、音、振動、風、運動等）を監視するためのセンサーを含む無線センサーデバイスである。本発明のエネルギー回収器デバイスは、センサーと結合され、センサーに電力を提供する。

【0048】

一例によれば、本発明のシステムは、タイヤ圧を監視するためのセンサーを含むタイヤ圧監視システムである。本発明のエネルギー回収器デバイスは、センサーに結合されて電力を提供する。そのようなシステムは、例えば、自動車のホイールまたはタイヤ上に装着される小型デバイスとして形成され得る。

40

【0049】

別の例によれば、本発明のシステムは、家庭用または商業用衣類乾燥機の電子制御部と通信する湿度センサーである。本発明のエネルギー回収器デバイスは、センサーに結合されて電力を提供する。そのようなシステムは、例えば、衣類乾燥機内の湿度レベルに基づいて衣類の乾燥度を監視するために衣類乾燥機の内側に装着される小型デバイスとして形成され得る。代替として、デバイスは、衣類乾燥機の内側に装着されず、例えば、衣類と共に乾燥機内に投入され得るデバイス（例えば、ボール）である。次いで、センサーは、衣類乾燥機の電子制御部と通信して、例えば、サイクルの終了を決定することができる。

【0050】

本発明のさらなる態様は、電動装置に電力供給する方法に関する。この方法は、本発明

50

のシステムを提供することと、圧電材料から電気エネルギーを生成するために、システムを運動または振動に供することと、装置に電力を提供するために、圧電材料からの電気エネルギーを装置に伝達することとを含む。

【0051】

本発明の別の態様は、エネルギー回収器デバイスを製造する方法に関する。この方法は、エネルギー回収器デバイスを製造するために、第1および第2の表面を有するシリコンウェハを提供することと、シリコンウェハの第1の表面上に第1の二酸化ケイ素(SiO₂)層を堆積させることと、第1の二酸化ケイ素層上にカンチレバー材料を堆積させることと、カンチレバー材料上に第2の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第2の二酸化ケイ素層上に圧電スタック層を堆積させることと、圧電スタック層をパターニングすることと、第2の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第1の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、シリコンウェハの第2の表面をエッティングすることとを含む。エネルギー回収器デバイスは、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体と、共振器ビームの第2の端部にあるばね先端とを備える。

10

【0052】

一実施形態によれば、本発明の方法は、パターニングされた圧電スタック層、ならびにパターニングされた第2の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第1の二酸化ケイ素層の上に、第3の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第3の二酸化ケイ素層をパターニングすることとをさらに含んでもよい。別の実施形態によれば、本発明の方法は、パターニングされた第3の二酸化ケイ素層の上に金属接着パッド層を堆積させることと、金属接着パッド層をパターニングすることとをさらに含んでもよい。

20

【0053】

ここで、図11を参照すると、本発明のエネルギー回収器デバイスを製造する方法の一実施形態は、本明細書に記載のようなエネルギー回収器デバイスを形成するようにパターニングされる層状材料のスタックである、層状材料スタック50を形成することを含む。層状材料スタック50は、以下の層状材料を含む：シリコンウェハ52(第1の表面51および第2の表面53を有する)、第1の二酸化ケイ素層54、カンチレバー材料56、第2の二酸化ケイ素層58、接着層60(任意選択である)、ならびに圧電スタック層61(第1の金属層62、圧電材料層64、および第2の金属層66を備える)。

30

【0054】

図11に示されるように、本発明のエネルギー回収器デバイスを形成する方法は、第1の表面51および第2の表面53を有するシリコンウェハ52を提供することと、シリコンウェハ52の第1の表面51上に、第1の二酸化ケイ素層54を堆積させることと、第1の二酸化ケイ素層54上にカンチレバー材料56を堆積させることと、カンチレバー材料56上に第2の二酸化ケイ素層58を堆積させることと、第2の二酸化ケイ素層58上に任意選択の接着層60を堆積させることと、第2の二酸化ケイ素層58上に圧電スタック層61を堆積させることにより、層状材料スタック50を形成することを含む。

40

【0055】

シリコンウェハ52は、一実施形態によれば、単結晶両面研磨シリコンウェハである。一実施形態において、シリコンウェハ52は、約400μmから約1,000μm、約500μmから約900μm、約600μmから約800μm、または約700μmの厚さを有する。1つの具体例において、シリコンウェハ52は、約725μm(+/-15μm)の厚さ(すなわち、8インチウェハの標準厚さ)を有する両面研磨シリコンウェハである。代替として、シリコンウェハ52の代わりに、本発明の方法は、二酸化ケイ素の堆積層から開始して、その上に層状材料スタック50の後続の層が形成されてもよい。

40

【0056】

第1の二酸化ケイ素層54は、一実施形態によれば、熱酸化物層である。二酸化ケイ素層54は、カンチレバー材料56を解放し、また塊体がシリコンで作製される場合には塊

50

体も画定する、背面エッティング停止部のためのエッティング停止部を提供する。一実施形態において、第1の二酸化ケイ素層54は、約0.25μmから約2μmの厚さを有する。シリコンウェハ52への第1の二酸化ケイ素層54の堆積は、当該技術分野において知られている方法により行うことができる。例えば、二酸化ケイ素を熱成長させ、次いでシリコンウェハ上に堆積させてもよい。1つの具体例において、1μm(+/-0.05μm)の熱成長SiO₂がシリコンウェハ52上に堆積し、二酸化ケイ素層54が形成される。

【0057】

カンチレバー材料56は、シリコン、ポリSi、金属(例えば、CuもしくはNi)、または他の金属酸化物半導体(CMOS)適合性材料、あるいはポリイミド等の高温ポリマー等の任意の好適な材料であってもよい。一実施形態において、カンチレバー材料56は、約10μmから約200μm、約10μmから約75μm、または約10μmから約50μmの厚さの範囲で化学気相成長法により第1の二酸化ケイ素層54上に堆積する。堆積後、例えば化学機械研磨により、カンチレバー材料56の表面を平滑化することが望ましくなり得る。

10

【0058】

第2の二酸化ケイ素層58は、一実施形態によれば、高温酸化物層である。この層は、圧電スタック層61が良好に接着し得る表面、および圧電スタック層61の下部電極をパターニングするためのエッティング停止部を提供する。一実施形態において、第2の二酸化ケイ素層58は、化学気相成長法により約1μmの厚さでカンチレバー材料56上に堆積する。

20

【0059】

圧電スタック層61が第2の二酸化ケイ素層58上に堆積し、金属/圧電材料/金属層が形成される。一実施形態によれば、圧電スタック層61は、厚さ約0.5μmから約6μm、または約2μmから約5μmの厚さを有する。第1の金属層62および第2の金属層66は、電極として適切に機能する任意の好適な金属で形成され得る。一実施形態によれば、これらの層は、モリブデンまたは白金等の同じ材料で形成される。しかしながら、層の両方が同じ材料で形成される必要はない。圧電材料層64は、上述のような任意の好適な圧電材料で形成される。一実施形態によれば、この層は、窒化アルミニウム(AlN)で形成される。

30

【0060】

圧電スタック層61の堆積は、当該技術において標準的であるように、その下に薄い接着層60を用いて行うことができる。好適な接着層60は、約0.02μmから約0.05μmの層厚のチタン、AlN、Al:Cu、またはAl等の材料を含み得る。

【0061】

本発明のエネルギー回収器デバイスを作製する方法の一実施形態は、図12~19に示されるように進行する。まず、図12~13に示されるように、圧電スタック層61がパターニングされる。特に、圧電材料層64および第2の金属層66の一部(例えば、部分68および70)が、スタック50から除去され、第1の金属層62が露出される。

40

【0062】

本発明の方法に従う圧電スタック層61のパターニングは、金属層に対するリン酸、および水酸化テトラメチルアンモニウムを用いた湿式エッティングと組み合わせた、リソグラフィー技術を使用して達成され得る。層の湿式または乾式エッティングのための他の好適な化学物質もまた、当業者により一般的に使用され、本発明の方法の実行に使用され得る。

【0063】

一実施形態によれば、圧電スタック層61のパターニングは、第2の金属層66および圧電材料層64の一部を除去することと、第1の金属層62をパターニングして、その一部(例えば、部分72)を除去し、そのさらなる部分を電極として露出したまとすることとを含む。電極のパターニングは、リン酸湿式エッティング、または塩素もしくはフッ素ガスを用いたプラズマ(乾式)エッティングを使用して実行され得る。接着層が存在する場

50

合、接着層は、湿式エッティングに基づくアンモニア過酸化物により除去され得る（例えば、チタン接着層の場合）。圧電スタック層61のパターニングのこの実施形態の得られた生成物の上面図が図17に示されているが、電極24は露出するように示されている。

【0064】

次に、第2の二酸化ケイ素層58、カンチレバー材料56、および第1の二酸化ケイ素層54がパターニングされる。この方法ステップは、図14に示されている。一実施形態によれば、二酸化ケイ素層58、カンチレバー材料56、および第1の二酸化ケイ素層54のパターニングは、第2の二酸化ケイ素層58の一部、カンチレバー材料56の一部、および第1の二酸化ケイ素層54の一部を除去して、シリコンウェハ52の第1の表面51の部分78を露出したまととすることを含む。10

【0065】

第2の二酸化ケイ素層58、カンチレバー材料56、および第1の二酸化ケイ素層54のパターニングは、第2の二酸化ケイ素層58、カンチレバー材料56、および第1の二酸化ケイ素層54の対置する側壁を除去して、側壁を有するカンチレバー材料を形成することをさらに含んでもよい。

【0066】

一実施形態によれば、このパターニングは全て、乾燥プロセスにより行われてもよい。例えば、酸化物の場合フッ素CHF₃/CF₄ガスおよび反応性イオンエッティング、ポリSiの場合SF₆/C₄F₈深掘り反応性イオンエッティングがある。Cu、Au、またはNi等の金属の場合、当該技術分野において周知の湿式エッティングプロセスを使用することができる。代替として、Cu、Ni、またはAuが、シリコン層のパターニングの後に電気めっきにより追加される。20

【0067】

図15に示されるさらなる（任意選択の）方法ステップにおいて、パターニングされた圧電スタック層61、ならびにパターニングされた第2の二酸化ケイ素層58、カンチレバー材料56、および第1の二酸化ケイ素層54の上に、第3の二酸化ケイ素層59を堆積させる。一実施形態によれば、このステップは、パッシベーション層用のケイ素を堆積させるために、シラン（ケイ素源）のプラズマ化学気相成長法を使用して行われる。この層は、約1μmの厚さまで堆積し得る。別の実施形態によれば、第3の二酸化ケイ素層の堆積は、磨耗に対する堅牢性を構造に提供する任意選択のステップである。30

【0068】

図16に示される次の方法ステップにおいて、存在する場合には、第3の二酸化ケイ素層59がパターニングされる。一実施形態によれば、このステップは、第3の二酸化ケイ素層59の一部を除去して、圧電スタック層61の部分68および69ならびにシリコンウェハの部分78を露出したまととすることを含む。一実施形態によれば、このパターニングは、CHF₃反応性イオンエッティングプロセスを使用して行われる。

【0069】

さらなる（任意選択の）方法ステップが図17に示されるが、これは、パターニングされた第3の二酸化ケイ素層59、ならびに圧電スタック層61の部分68およびシリコンウェハ52の部分78の上に堆積した、金属接着パッド層80を示している。接着パッド層80は、堅牢なワイヤボンドがデバイスに形成されることを可能にする表面を提供し、それにより、良好な電気接続を確実にする。一実施形態によれば、金属接着パッド層80は、約1μmの厚さまで堆積し、また金属材料（例えば、Al）である。この層は、ワイヤボンドの信頼性を改善するために堆積させる。40

【0070】

図18は、存在する場合には金属接着パッド層80をパターニングすることを含む次の方法ステップを示す。一実施形態によれば、金属接着パッド層80は、上部および下部電極接続用の開口部よりも若干長くパターニングされる。一実施形態において、金属接着パッド層80のパターニングは、リン酸に基づく湿潤エッティング化学を使用して行われる。しかしながら、他の方法もまた使用され得る。50

【0071】

次の方法ステップは、図19に示されるが、シリコンウェハ52が表面53でエッティングされて共振器ビーム12、基部20、塊体22、および停止部14を形成し、このようにして本発明のエネルギー回収デバイスの一実施形態が製造される。換言すれば、シリコンウェハ52の一部がエッティング除去されて、共振器ビーム12となったものの下に穴82を形成し、基部20となったシリコンウェハ52の一部と、塊体22となったシリコンウェハ52の一部との間に間隔を形成する。同様に、シリコンウェハ52の一部がエッティング除去されて、塊体52の縁部を越えて延在する共振器ビーム12である停止部14を形成する。一実施形態によれば、シリコンウェハ52のエッティングは、リソグラフィー技術およびSF₆/C₄F₈化学による深掘り反応性イオンエッティングを使用して行われる。

10

【0072】

本発明のさらなる態様は、エネルギー回収器デバイスを製造する方法に関する。この方法は、第1および第2の表面を有するシリコンウェハを提供することと、シリコンウェハの第1の表面上に第1の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第1の二酸化ケイ素層上にカンチレバー材料を堆積させることと、カンチレバー材料上に第2の二酸化ケイ素層を堆積させることと、第2の二酸化ケイ素層上に圧電スタックを堆積させることと、圧電スタック層をパターニングすることと、第2の二酸化ケイ素層、カンチレバー材料、および第1の二酸化ケイ素層をパターニングすることと、エネルギー回収器デバイスを画定するために、シリコンウェハの第2の表面をエッティングすることとを含む。エネルギー回収器デバイスは、第1の端部と第2の端部との間に延在する細長共振器ビームと、第1の端部で共振器ビームに接続され、第2の端部はカンチレバーとして基部から自由に延在している、基部と、共振器ビームの第2の端部に取り付けられた塊体とを備える。方法は、停止部材料を堆積させることと、細長共振器ビームの第2の端部で停止部を画定するために、停止部材料をエッティングすることとをさらに含む。

20

【0073】

本発明のこの方法を実行する際、図12～18に示されるのと同じステップが行われる。次のプロセスステップは、図20に示されるが、シリコンウェハ52が表面53でエッティングされて共振器ビーム12、基部20、および塊体22を形成する。換言すれば、シリコンウェハ52の一部がエッティング除去されて、共振器ビーム12となったものの下に穴82を形成し、基部20となったシリコンウェハ52の一部と、塊体22となったシリコンウェハ52の一部との間に間隔を形成する。図19に示されるものとは対照的に、このステップは、シリコンウェハ52の一部をエッティング除去して停止部14を形成することを、この段階では含まない。

30

【0074】

その代わり、プロセスは図21に示されるように続き、このプロセスは、一実施形態によればフォトレジストラミネートまたはポリマーラミネートであるラミネート材料86を、存在する場合には接着パッド層80、または圧電スタック層61の上の構造上に堆積させることを含む。

40

【0075】

次のプロセスステップは、ラミネート材料86をエッティングして、塊体22の上に停止部14Aを形成することを含む。

【0076】

一実施形態によれば、塊体の下にも停止部が形成されてもよい。これは、図23～24に示されるように実行され得る。具体的には、図23に示されるように、ラミネート材料88は、構造の下側（すなわち、塊体22の下、および必要に応じて基部20の下）に堆積させる。図24に示されるように、ラミネート材料88は、塊体22の下に停止部14Bを形成するようにエッティングされる。

【0077】

本発明のこの態様に従い塊体のいずれかの側で停止部を画定するための他の選択肢は、

50

限定されることなく、有機もしくは無機材料のインクジェット、または金属の電気めっき等の物理的堆積を含む。

【実施例】

【0078】

以下の実施例は、本発明の実施形態を例示するために提供されるが、決してその範囲を限定することを意図しない。

【0079】

実施例1 - 一体化されたばね先端停止部を有するエネルギー回収器デバイス

3, 146 μmの長さのカンチレバー × 20 μmの厚さのポリシリコンカンチレバー材料、4, 000 μmの長さ × 725 μmの厚さの塊体、ならびに1, 000 μmの長さおよび対応する20 μmの厚さのポリシリコン材料のカンチレバーの端部上のはね先端停止部を有する本発明のエネルギー回収器デバイスを、カンチレバーの上および下に1mmの空洞深さを有する空洞アセンブリ内に設置した。次いで、アセンブリを振動源の上に設置し、120 Hzの共振周波数に変化させた。カンチレバーの先端は、0.54 Gの加速で、カンチレバーに損傷を与えずに空洞の上部にぶつかり始めた。アセンブリは、同じ構成において3 Gまでの高い加速で振動したが、カンチレバーおよびばね先端への損傷は観察されなかった。

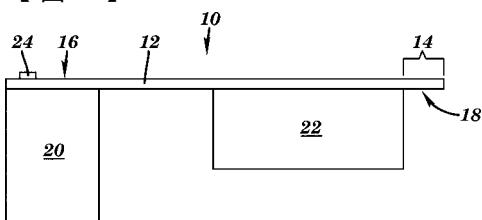
【0080】

2 mm空洞に対しても同じ実験を繰り返した。デバイスは、0.75 Gの加速でパッケージの上部にぶつかり始めたが、破損は観察されなかった。さらに、デバイスが3 Gの加速で振動した際にも、破損は観測されなかった。

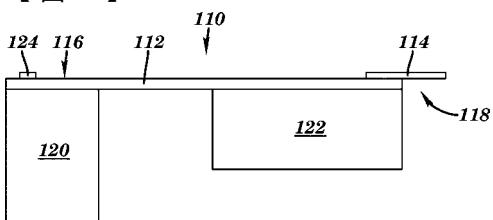
【0081】

本明細書（任意の添付の特許請求の範囲、要約および図面を含む）に記載の特徴の全て、ならびに／またはそのように開示された任意の方法もしくはプロセスのステップの全ては、そのような特徴および／またはステップの少なくともいくつかが相互に排他的である組み合わせを除いて、任意の組み合わせとして上述の態様のいずれかと組み合わされてもよい。

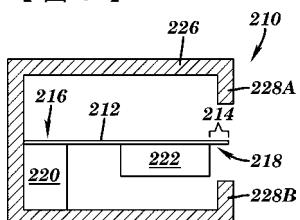
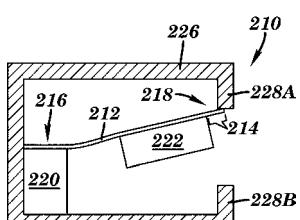
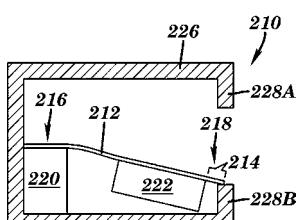
【図1】



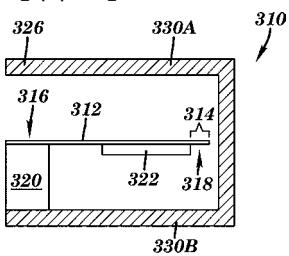
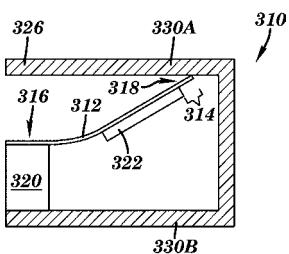
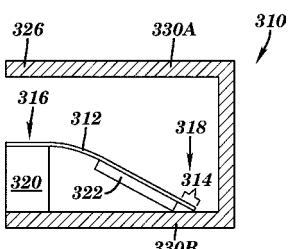
【図2】



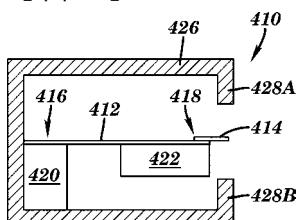
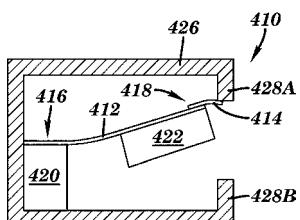
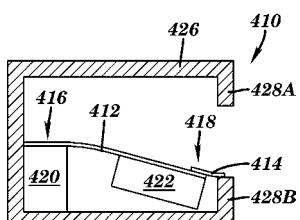
【図3】

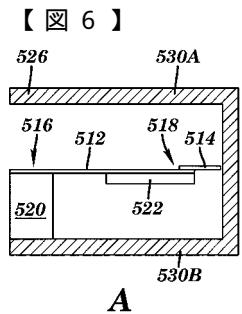
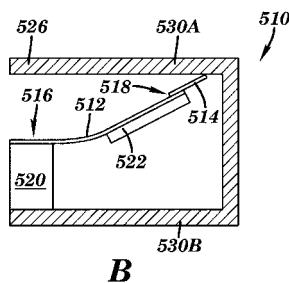
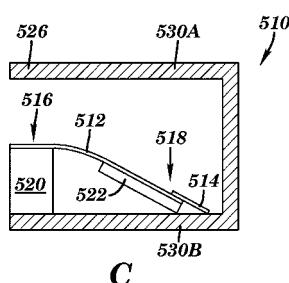
**A****B****C**

【図4】

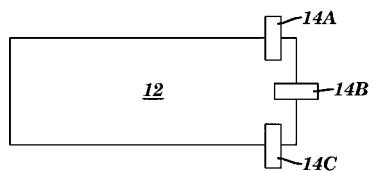
**A****B****C**

【図5】

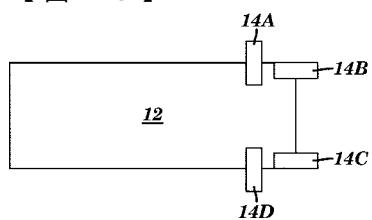
**A****B****C**

**A****B****C**

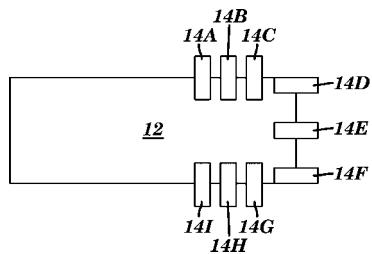
【図 7 F】



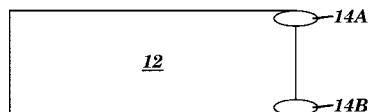
【図 7 G】



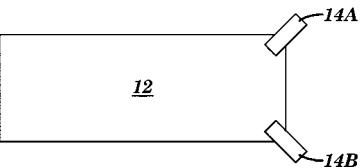
【図 7 H】



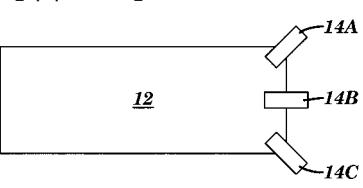
【図 7 I】



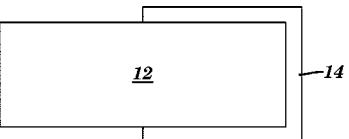
【図 7 A】



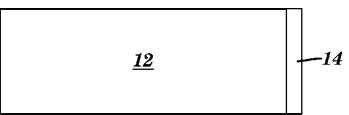
【図 7 B】



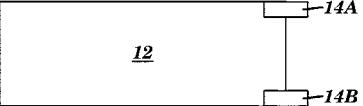
【図 7 C】



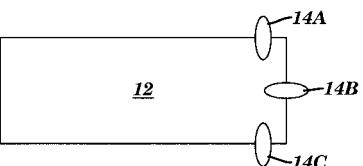
【図 7 D】



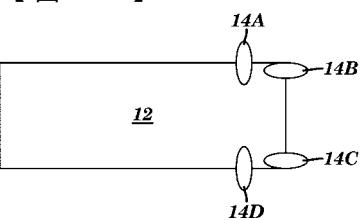
【図 7 E】



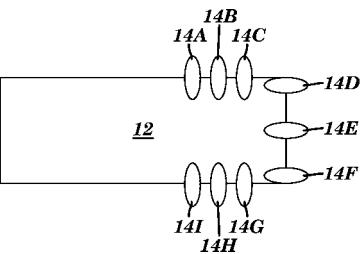
【図 7 J】



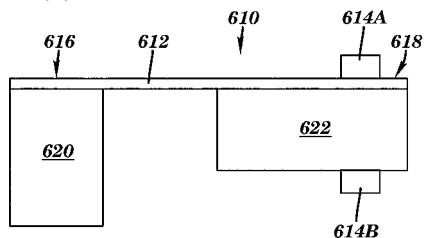
【図 7 K】



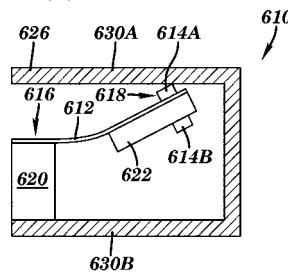
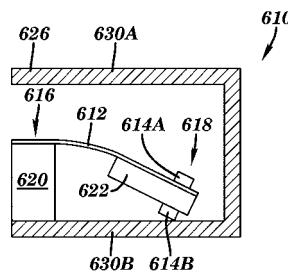
【図 7 L】



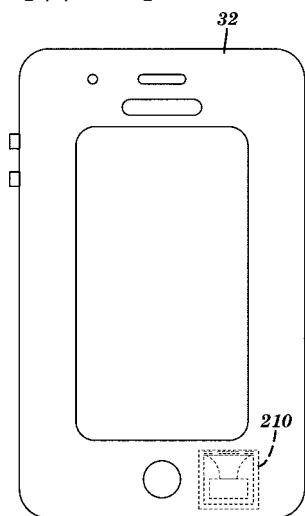
【図 8】



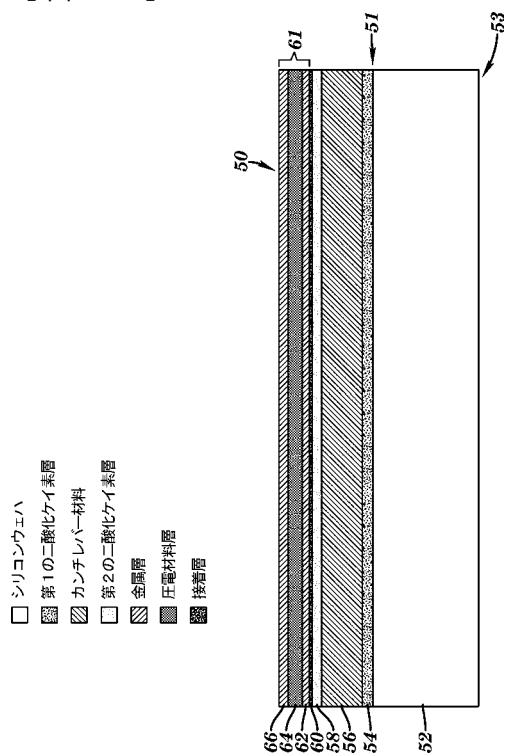
【図 9】

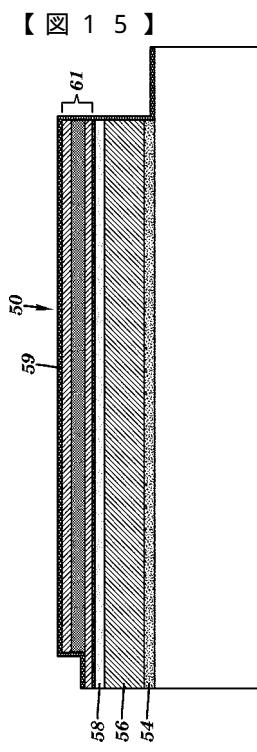
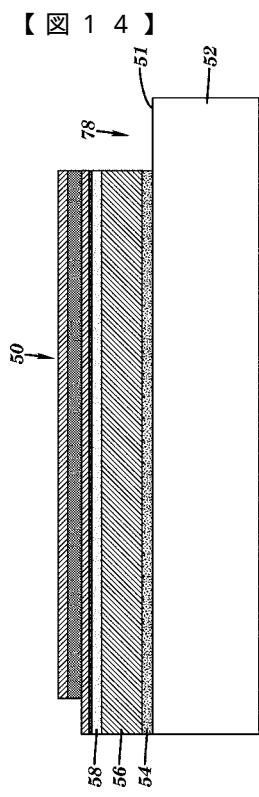
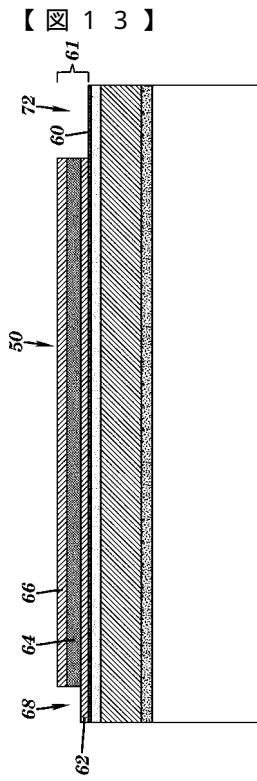
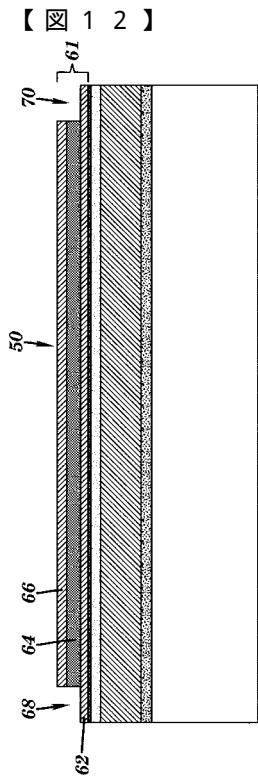
**A****B**

【図 10】

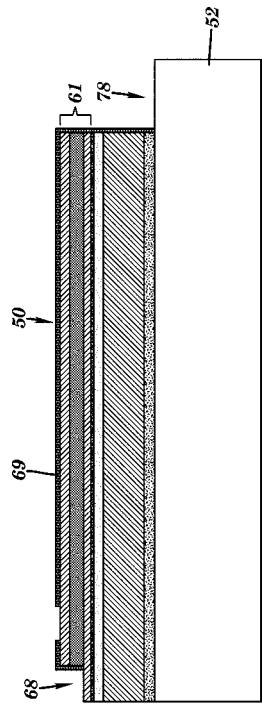


【図 11】

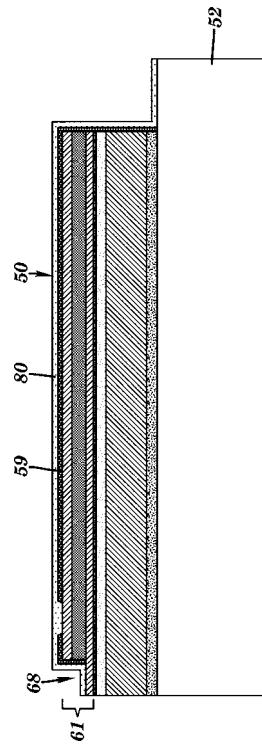




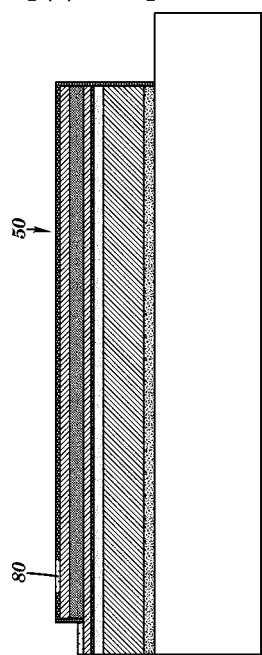
【図 1 6】



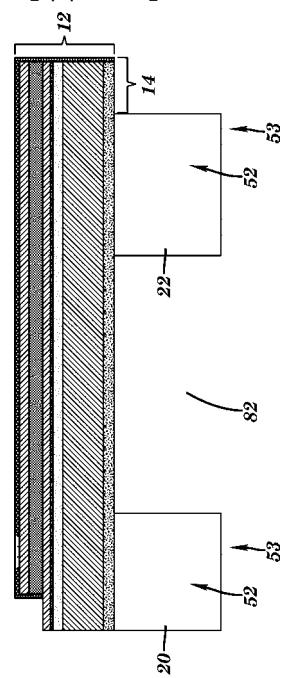
【図 1 7】

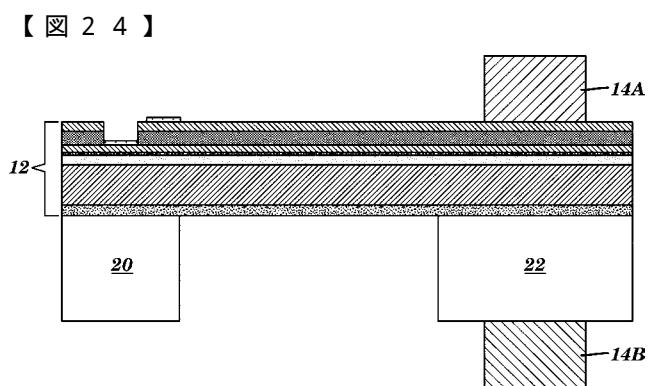
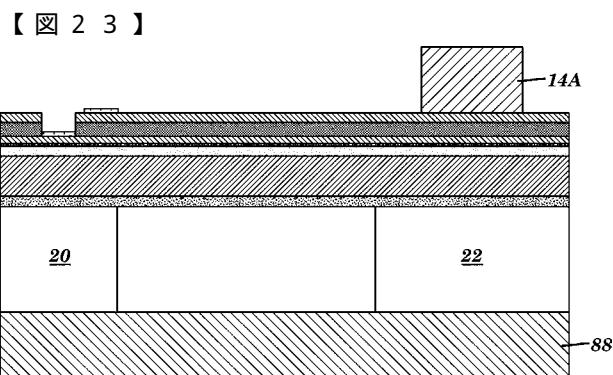
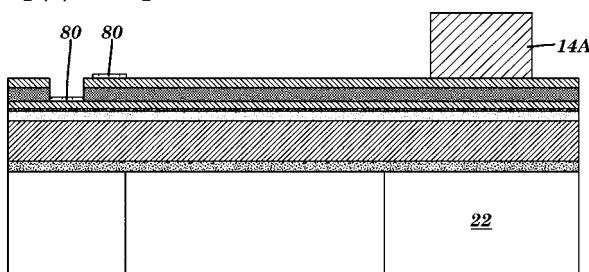
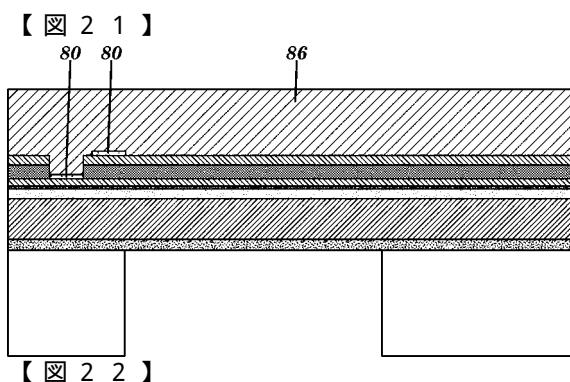
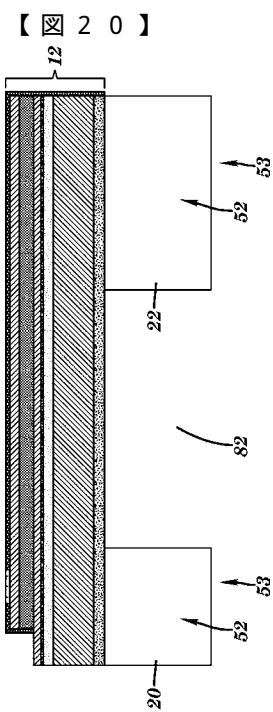


【図 1 8】



【図 1 9】





【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US13/78520
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(8) - F03G 7/08; H01L 41/047, 41/113 (2014.01) USPC - 310/319, 339; 290/1R According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC(8) Classification(s): F03G 7/08; H01L 41/047, 41/113; H02N 2/18 (2014.01) USPC Classification(s): 310/319, 339, 366; 290/1R.		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) MicroPatent (US Granted, US Applications, EP-A, EP-B, WO, JP, DE-G, DE-A, DE-T, DE-U, GB-A, FR-A); ProQuest (Derwent, INSPEC, NTIS, PASCAL, Current Contents Search, Dissertation Abstracts Online, Inside Conferences); IP.com; Google Scholar; KEYWORDS: cantilever*, harvest*, energy*, piezoelectric*, stop*, prevent*, over flex*, laptop*, computer, phone, strain*, wafer*, silicon*, "oxide"		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X -- Y	US 2010/0194240 A1 (CHURCHILL, D et al.) August 5, 2010; abstract; figure 9; paragraph [0081]	1-2, 3/1, 3/2 -- 15-18, 45-48, 52-55
Y	US 2011/0309618 A1 (GIERAS, J et al.) December 22, 2011; abstract; paragraph [0056]	15-18
Y	US 5,248,912 A (ZDEBLICK, M et al.) September 28, 1993; abstract; figures 10, 11, and 23-38b; column 2, lines 48-53; column 15, lines 40-50; column 16, lines 1-7 and 36-41; column 18, lines 42-48	45-48, 52-55
A	US 2010/0072759 A1 (ANDOSCA, R et al.) March 25, 2010; entire document	1-3, 15-18, 45-48, 52-55
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/>		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 11 April 2014 (11.04.2014)	Date of mailing of the international search report 07 MAY 2014	
Name and mailing address of the ISA/US Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450 Facsimile No. 571-273-3201	Authorized officer: Shane Thomas PCT Helpdesk: 571-272-4300 PCT OSP: 571-272-7774	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US13/78520
Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)		
This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:		
1.	<input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2.	<input type="checkbox"/>	Claims Nos.: because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3.	<input checked="" type="checkbox"/>	Claims Nos.: 4-14, 19-44, 49-51, and 56-60 because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).
Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)		
This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:		
1.	<input type="checkbox"/>	As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2.	<input type="checkbox"/>	As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3.	<input type="checkbox"/>	As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4.	<input type="checkbox"/>	No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:
Remark on Protest		<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
		The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee. The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation. No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
F 0 3 G	7/08	(2006.01)
	F 0 3 G	7/08
		Z

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

(74) 代理人 100142929
弁理士 井上 隆一
 (74) 代理人 100148699
弁理士 佐藤 利光
 (74) 代理人 100128048
弁理士 新見 浩一
 (74) 代理人 100129506
弁理士 小林 智彦
 (74) 代理人 100114340
弁理士 大関 雅人
 (74) 代理人 100114889
弁理士 五十嵐 義弘
 (74) 代理人 100121072
弁理士 川本 和弥
 (72) 発明者 アンドースカ ロバート ジー。
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 フェアポート モンロー ストリート 17
 (72) 発明者 マクドナルド ティー. ガス
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ピクター カムデン ヒル ドライブ 6683
 (72) 発明者 トラウアーニヒト デビット
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェスター エルムウッド ドライブ 281
 (72) 発明者 ベース キャスリーン エム。
アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ペンフィールド マウント イーグル ドライブ 20
 F ターム(参考) 5H681 BB08 DD23 DD46